

MINISTERO PER I BENI E LE ATTIVITÀ CULTURALI

BOLLETTINO D'ARTE

VOLUME SPECIALE



GIOTTO NELLA CAPPELLA SCROVEGNI:
MATERIALI PER LA TECNICA PITTORICA

Studi e ricerche dell'Istituto Centrale per il Restauro

GIOTTO IN THE SCROVEGNI CHAPEL:
MATERIALS USED IN THE PAINTING TECHNIQUE

Studies and research by Istituto Centrale per il Restauro

ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO

LIBRERIA DELLO STATO

Volume Speciale - 2005

GiOTTO nella Cappella Scrovegni: Materiali per la tecnica pittorica
GiOTTO in the Scrovegni Chapel: Materials used in the painting technique

BOLLETTINO D'ARTE

Spedizione in abbonamento postale 70% - Filiale di Roma

Coordinamento della redazione LUCIANO ARCANGELI

Consiglio di redazione CRISTINA ACIDINI LUCHINAT – PIO BALDI – EVELINA BOREA – ANGELO BOTTINI – ANNA GALLINA ZEVI – PIER GIOVANNI GUZZO – ELENA LATTANZI – MARIO LOLLI GHETTI – GIOVANNA NEPI SCIRÈ – ANTONIO PAOLUCCI – PAOLA PELAGATTI – NICOLA SPINOSA – LIGIA VLAD BORRELLI

Redazione tecnico-scientifica LUCIANO ARCANGELI – MARINA COCCIA – LUCILLA DE LACHENAL – ELISABETTA GUIDUCCI – ANNA MELOGRANI – LUISA MOROZZI

Segreteria di Redazione e Produzione LUISA TURSI e ELISABETTA DIANA VALENTE

Redattore per la grafica CESARE ESPOSITO

Assistenti LOREDANA FRANCESONE – DONATO LUNETTI – ALBERTO QUADRINI

Redazione Indici MARIA GUARINO

Segreteria ANTONIETTA FERMO
con la collaborazione di RENATA SARTI

Sede della Redazione: Via di San Michele, 22 – 00153 ROMA
Tel. 06 58434328/4329, 06 58434324/4332 – Telefax 06 58434325
e-mail: bollettinodarte@arti.beniculturali.it

In copertina:

PADOVA, CAPPELLA DEGLI SCROVEGNI - GIOTTO: PRESENTAZIONE DI GESÙ AL TEMPIO, PARTICOLARE

Padua, Scrovegni Chapel - Giotto: Presentation of Jesus in the Temple, particular

BOLLETTINO D'ARTE

MINISTERO PER I BENI E LE ATTIVITÀ CULTURALI
DIREZIONE GENERALE PER IL PATRIMONIO STORICO, ARTISTICO ED ETNOANTROPOLOGICO
Direttore MARIO SERIO

VOLUME SPECIALE 2005



GIOTTO NELLA CAPPELLA SCROVEGNI:
MATERIALI PER LA TECNICA PITTORICA
Studi e ricerche dell'Istituto Centrale per il Restauro

GIOTTO IN THE SCROVEGNI CHAPEL:
MATERIALS USED IN THE PAINTING TECHNIQUE
Studies and research by Istituto Centrale per il Restauro

a cura di / Edited by
GIUSEPPE BASILE

Il coordinamento editoriale del volume è di Luciano Arcangeli.
La cura editoriale del volume è stata realizzata da Antonietta Fermo, Donato Lunetti, Alberto Quadrini, Elisabetta Diana Valente.
Copertina: Cesare Esposito.



SOMMARIO
CONTENTS

Premesse <i>Forewords</i>	
MARIO SERIO	VII
GIUSTINA MISTRELLO DESTRO	IX
CATERINA BON VALSASSINA	XI
GIUSEPPE BASILE:	1
Per la tecnica di Giotto agli Scrovegni. Scoperte e conferme <i>Giotto's technique in the Scrovegni Chapel. Discoveries and confirmations</i>	
PIER LUIGI BIANCHETTI:	5
L'intonaco di preparazione e di finitura del ciclo pittorico di Giotto nella Cappella degli Scrovegni <i>Characteristics of preparatory plaster and finishing layer for Giotto's wall paintings in the Scrovegni Chapel</i>	
MAURIZIO MARABELLI, PAOLA SANTOPADRE, MARCELLA IOELE, PIER LUIGI BIANCHETTI, ALFREDO CASTELLANO, ROBERTO CESAREO:	17
La tecnica pittorica di Giotto nella Cappella degli Scrovegni: studio dei materiali <i>Giotto's painting techniques in the Scrovegni Chapel: a study of the materials</i>	
FRANCESCA CAPANNA, ANTONIO GUGLIELMI:	47
Osservazioni relative alla tecnica di esecuzione dei dipinti murali nella Cappella, effettuate durante il cantiere di restauro <i>Observations made during restoration regarding the techniques used for the wall paintings in the Chapel</i>	
ANTONIO GUGLIELMI, FRANCESCA CAPANNA:	73
L'intonaco giottesco per la realizzazione dei finti marmi: riflessioni e comparazioni sui procedimenti esecutivi <i>The plaster used by Giotto for the imitation marble surfaces: comparison with ancient techniques</i>	
GIOVANNI BOTTIROLI, ANTONIETTA GALLONE, BARBARA MASALA:	83
Analisi microspettrofluorimetrica di leganti organici <i>Microspectrofluorometric analysis of organic binders</i>	
ROBERTO CIABATTONI:	107
Analisi in frequenza delle immagini <i>Image frequency analyses</i>	
FABIO FERNETTI:	109
Considerazioni sulla tipologia delle stesure a secco <i>Notes on the types of "a secco"</i>	

MAURIZIO MARABELLI, PAOLA SANTOPADRE, MARCELLA IOELE, ROBERTO CESAREO,
ALFREDO CASTELLANO, MARCO VERITÀ: 121
Le lamine metalliche utilizzate nella decorazione dei dipinti murali giotteschi
Metal leaves utilized for decoration of Giotto's mural paintings

LUCIA TRAVAINI: 145
Monete, battiloro e pittori. L'uso dell'oro nella pittura murale e i dati della Cappella degli
Scrovegni
*Coins, gold-beaters and painters. How gold was used in wall paintings: some examples from
the Scrovegni Chapel*

Attività svolte 157
Activities carried out



REFERENZE FOTOGRAFICHE:

Le immagini delle foto contenute in questo volume sono state realizzate da Angelo Rubino dell'Istituto Centrale per il Restauro.

Photos by Angelo Rubino – Istituto Centrale per il Restauro.

Con il Convegno Internazionale di studi su Giotto e la Cappella Scrovegni dopo i recenti restauri (Padova, 21-23 novembre 2002), giunge a compimento il programma finanziato dal Ministero per i Beni e le Attività Culturali che ha avuto il suo perno fondamentale nel cantiere di restauro dei dipinti murali di Giotto (3 luglio 2001 – 18 marzo 2002), ma che ha visto realizzate anche le attività elencate in appendice, inerenti il restauro e la documentazione, la fruizione e la comunicazione, le pubblicazioni e i documentari (in italiano e in inglese).

Certo non tutto è stato portato a termine rispetto al progetto conoscitivo globale messo a punto dalla Direzione lavori, affidata a Giuseppe Basile: troppo numerose sono state le informazioni recuperate e troppo esiguo il tempo per elaborarle o per confrontarle mentre in altri casi non si è avuta l'opportunità di reperire in tempo le necessarie risorse. Intendo riferirmi agli approfondimenti archivistici, alle ricognizioni sulle tombe terragne dell'abside, ai saggi sul sito del Palazzo Scrovegni: per essi e per gli altri argomenti che non potranno trovare spazio nel convegno di questo 2002 è previsto fin da ora un secondo appuntamento il prossimo anno a Padova a cura della competente Soprintendenza PSAD.

Mi corre l'obbligo infine di rilevare che certamente non sarebbe stato possibile realizzare questo programma in modo così esauriente ed in tempi così brevi senza l'appoggio e la collaborazione ininterrotti del Comune di Padova. Tale attività sinergica dovrà continuare a tutto campo e che ce ne siano tuttora le condizioni lo dimostra l'*Aggiunta al Protocollo d'intesa* che prevede la collaborazione tra Ministero responsabile della tutela e Comune proprietario del monumento anche per il controllo e la manutenzione.

The International Study Conference on Giotto and the Scrovegni Chapel after the recent restoration (Padua, November 21-23, 2002) brings to a fitting conclusion the project financed by the Ministry for the Cultural Heritage which focused on the restoration worksite for Giotto's wall paintings but which also included in the list of activities in appendix concerning the restoration and the documentation, the fruition and communication, the publications and documentaries (in Italian and in English).

Of course, not everything has been completed according to the overall plan drawn up by the project director Giuseppe Basile. So much new information has been gleaned and there has been so little time to process it and compare it, while in other cases there was no chance of finding the necessary resources in time. Such activities include in-depth research in archives, the examination of the floor-level tombs in the apse, and investigations on the site of the Palazzo Scrovegni. For these projects and for others that were not included in the 2002 conference, there will be a second occasion next year in Padua, organised by the regional Superintendence bodies.

It would not have been possible to carry out this programme so fully and so quickly without the support and continuous collaboration of the Padua City Council. This combined action must continue in every field. The fact that the conditions still exist is demonstrated by the "addition to the protocol of understanding" which includes further collaboration between the Ministry (responsible for overall protection) and the Padua City Council (owner of the Chapel and responsible for checking and maintaining it).

MARIO SERIO

*Direttore Generale per il Patrimonio Storico, Artistico ed Etnoantropologico
General Director for the Italian Historical, Artistic, Ethnologic and Anthropological Heritage*



Ora che la Cappella è tornata alla sua piena fruibilità e possono venire già diffusi i primi, importanti risultati conoscitivi conseguenti al restauro ritengo di particolare importanza rendere pubblico quanto l'Amministrazione comunale ha recentemente fatto ovvero è intenzionata a fare.

E innanzitutto le iniziative per la salvaguardia della Cappella in futuro, affinché non possa più succedere quanto accaduto in passato, dopo il restauro degli anni '60, quando il degrado del ciclo di Giotto riprese a correre inarrestabile proprio perché non ci si era preoccupati di tenere sotto controllo l'ambiente: un'Aggiunta al Protocollo d'intesa per il restauro dei dipinti di Giotto impegna il Comune di Padova ed il Ministero per i Beni e le Attività Culturali, ciascuno per la sua parte, ad esercitare in permanenza il controllo e l'eventuale manutenzione della Cappella e della sua decorazione.

Strettamente connessi a questo, l'impegno a proseguire nell'attività di recupero delle memorie legate alla Cappella attraverso l'indagine e le ricerche volte a dare una configurazione il più possibile attendibile all'insediamento del Palazzo Scrovegni e le iniziative finalizzate ad una più larga fruizione della Cappella, a cominciare dall'imminente apertura del Wiegand Multimedia Room.

Now that the Chapel has been opened to the public again and the results of the restoration are there for all to see, it is especially important to confirm what the Municipal Administration has done, or rather, intends to do in the future.

First and foremost, it intends to continuously safeguard the Chapel so as to ensure that past events are not repeated. Following the restoration work carried out in the 1960s, Giotto's frescoes began to deteriorate almost immediately since adequate steps were not taken to control the building's internal conditions.

An addition to the original agreement regarding the restoration of Giotto's wall paintings commits both the Municipality of Padua and the Ministry for the Cultural Heritage, each on its own part, to continuously control and, if necessary, implement actions to preserve the Chapel and its artwork. Closely connected to the foregoing is the commitment to continue, via study and research, the restoration of the entire structure in a manner as faithful as possible to its original architecture and use.

Secondly, the Ministry and the Municipal Administration undertake to make the Chapel ever more accessible to the public, beginning with the forthcoming opening of the Wiegand Multimedia Room.

GIUSTINA MISTRELLO DESTRO
Sindaco di Padova
Mayor of Padua



I "materiali" qui pubblicati costituiscono un primo resoconto delle osservazioni, dei rilevamenti e delle indagini effettuate prima e durante il cantiere di restauro sul ciclo di Giotto nella Cappella Scrovegni.

Lo studio approfondito dell'intonaco, dei pigmenti, dei leganti, delle dorature e delle caratteristiche della loro messa in opera, assieme alla mappatura completa non solo delle "giornate" ma delle diverse tecniche pittoriche impiegate (nel CD allegato al volume) ne fanno l'esempio finoggi più completo di documentazione della tecnica di un grande ciclo pittorico su muro.

Tali "materiali" erano stati presentati in maniera parziale nel corso di una Giornata di studio presso l'Accademia Nazionale dei Lincei (Roma, 30 maggio 2002) e poi, integralmente, in occasione del Convegno internazionale di studi *Giotto e la Cappella Scrovegni dopo i recenti restauri* (Padova, 21-23 novembre 2002) sotto la duplice forma di CD ROM forniti ai partecipanti alla tavola rotonda finale — per il cui svolgimento erano stati preparati — e di alcune prime copie tipografiche, allora consegnate alle autorità presenti, che poi però non sono state mai trasformate, a causa del venire meno dell'editore, in copie a stampa acquistabili da chiunque ne fosse interessato.

Ritenendo che gli interventi raccolti nel volume non avessero perso nulla del loro interesse nei due anni trascorsi finora e nella convinzione, d'altra parte, della utilità di metterli a disposizione degli studiosi anche nella forma grezza in cui allora si trovavano piuttosto che rinviare la loro diffusione ad un momento successivo agli approfondimenti e confronti del caso da parte degli autori (approfondimenti e confronti che avrebbero richiesto tempi necessariamente piuttosto lunghi) l'Istituto ha accolto ben volentieri l'invito del Direttore Generale Mario Serio a farne un numero speciale del *Bollettino d'Arte* del nostro Ministero.

Il volume aggiunge un tassello importante alla conoscenza tecnica dell'opera di Giotto, chiudendo definitivamente alcuni interrogativi (più di uno studioso aveva, per esempio, ipotizzato che le campiture azzurre fossero costituite da lapislazzuli o comunque da pigmento diverso dall'azzurrite) ma soprattutto trovando riscontri solidi e concreti alla fama di insuperabile maestria conquistata da Giotto ancora vivo.

Il ciclo infatti, lungi dall'essere soltanto un esempio, per quanto alto e precoce, di pittura a fresco, si presenta al contrario come il caso più antico e più eclatante, se non unico, di contemporanea presenza di tutte le tecniche possibili su muro: la tempera con impiego dei due leganti più diffusi (colla animale e uovo), la pittura a secco a calce, lo "stucco romano" nei finti marmi e perfino l'olio laddove il pittore fa uso della biacca.

È questa una scoperta che fa seguito a quella precedentemente effettuata dall'Istituto nella Basilica Superiore di San Francesco in Assisi, in occasione del cantiere di restauro conseguente al sisma del '97, indagando la tecnica impiegata nella pittura del cosiddetto Maestro Oltremontano a confronto con quella di Cimabue e delle maestranze romane allo scopo di dare una risposta scientifica al fenomeno della alterazione della biacca (nonché del minio e del cinabro): a ulteriore dimostrazione di come la ricerca scientifica a fini conservativi possa servire anche ad una migliore conoscenza delle caratteristiche tecniche dell'opera presa in considerazione.

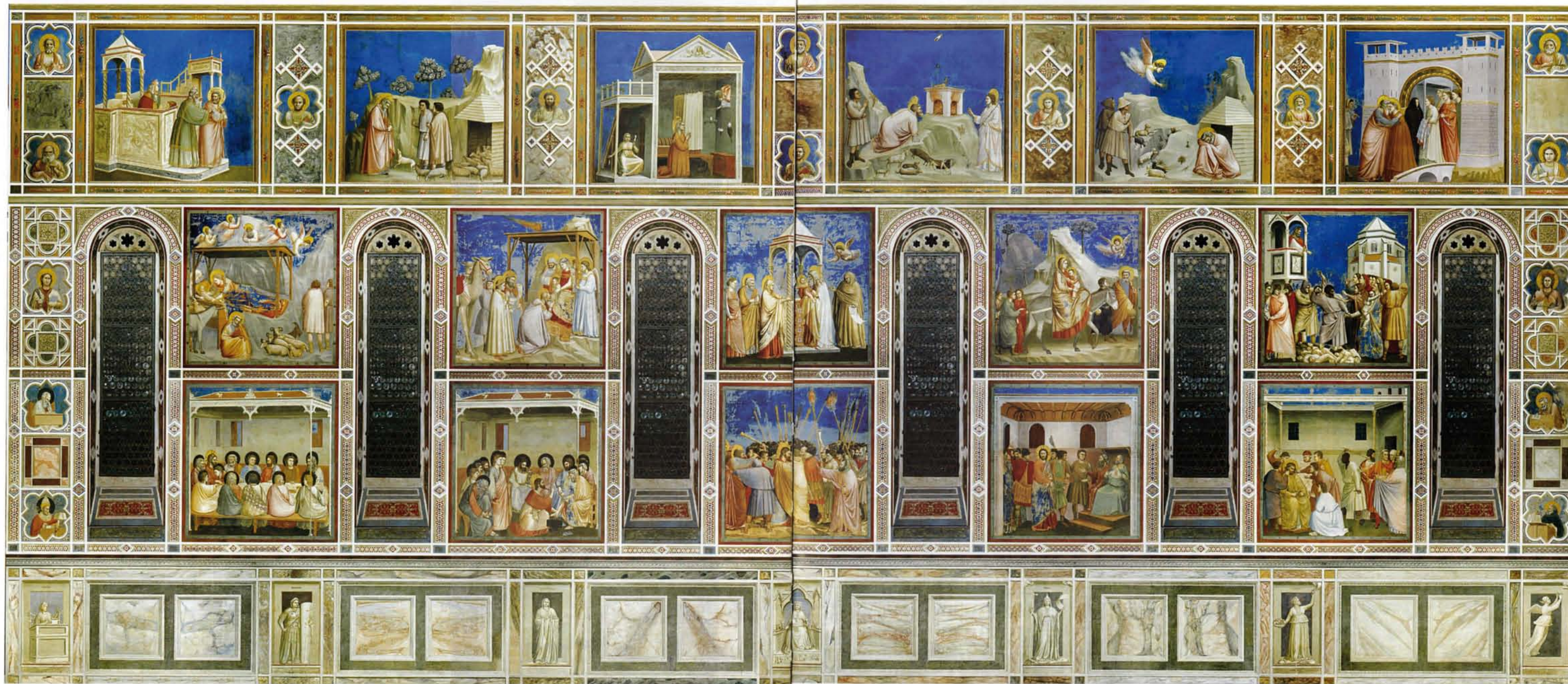
The papers included in this volume constitute an initial summary of the observations, surveys and measurements conducted before and during the restoration work carried out on Giotto's cycle of wall paintings in the Scrovegni Chapel.

The detailed studies of the plaster, the pigments, the binders, the gilding and how they were used, together with the complete mapping not only of the "giornate" (day's work) but also of the diverse painting techniques employed (on the CD-Rom that goes with this volume) make this the most complete documentation available today regarding the techniques used for a major cycle of wall paintings.

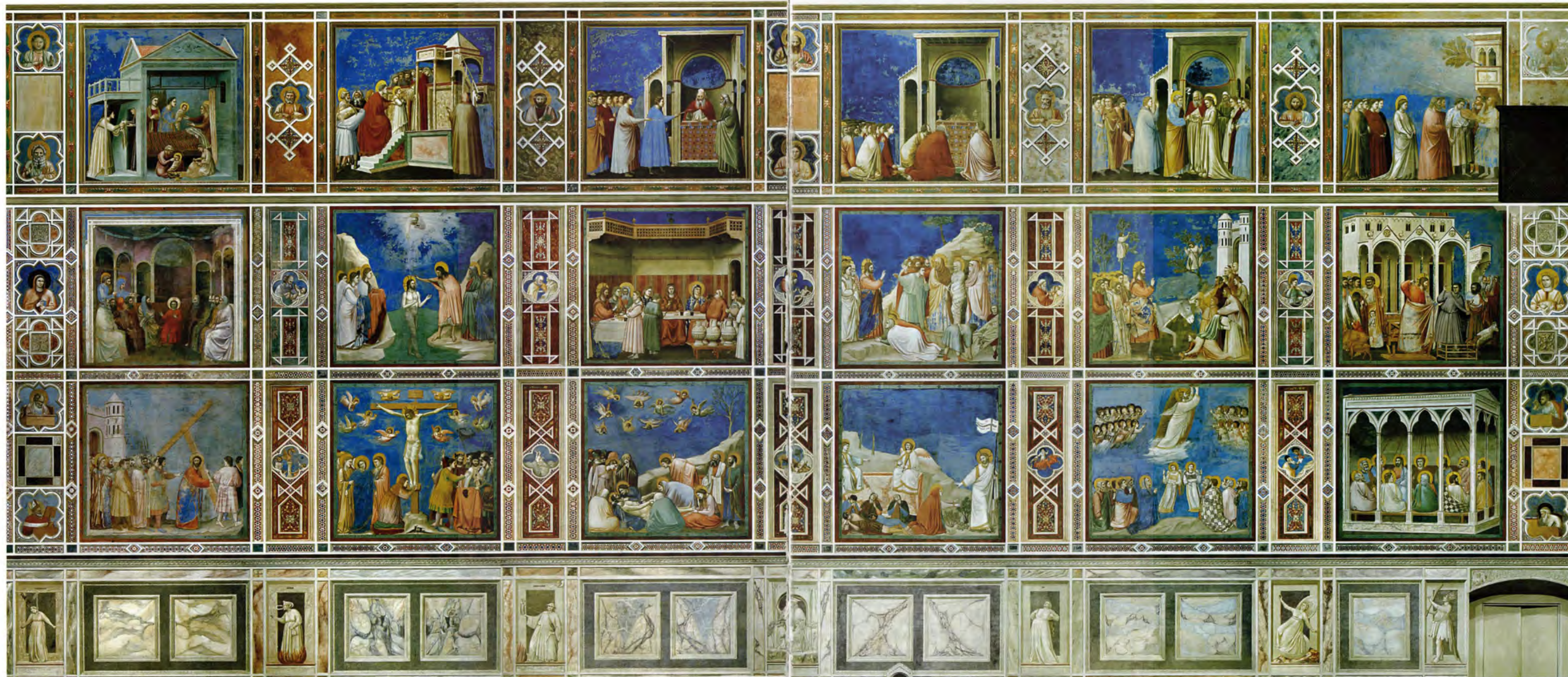
Some of these papers were presented during a study day at the "Accademia Nazionale dei Lincei" (Rome, May 30, 2002) and then, in their complete form, at the international study conference on "Giotto e la Cappella Scrovegni dopo i recenti restauri" (Padua, November 21-23, 2002) both as a CD-Rom for the round table participants — for which it was specially prepared — and as a few printed copies, distributed to the main participating figures. However, due to publishing problems, the draft version was never produced as a proper book to be bought through the normal channels by anyone who was interested.



PADOVA, CAPPELLA DEGLI SCROVEGNI – ARCO TRIONFALE, IL CICLO PITTORICO DOPO IL RESTAURO
Padua, Scrovegni Chapel – Triumphal Arch, cycle of wall paintings after restoration



PADOVA, CAPPELLA DEGLI SCROVEGNI – PARETE DESTRA, IL CICLO PITTORICO DOPO IL RESTAURO
Padua, Scrovegni Chapel – Right wall, cycle of wall paintings after restoration



PADOVA, CAPPELLA DEGLI SCROVEGNI – PARETE SINISTRA, IL CICLO PITTORICO DOPO IL RESTAURO
Padua, Scrovegni Chapel – Left wall, cycle of wall paintings after restoration



PADOVA, CAPPELLA DEGLI SCROVEGNI – VOLTA, IL CICLO PITTORICO DOPO IL RESTAURO
Padua, Scrovegni Chapel – Ceiling, cycle of wall paintings after restoration



PADOVA, CAPPELLA DEGLI SCROVEGNI – CONTROFACCIATA, IL CICLO PITTORICO DOPO IL RESTAURO
Padua, Scrovegni Chapel – Inside wall of façade, cycle of wall paintings after restoration

GIUSEPPE BASILE

PER LA TECNICA DI GIOTTO AGLI SCROVEGNI SCOPERTE E CONFERME

Giotto's technique in the Scrovegni Chapel Discoveries and confirmations

A giudicare dalla quantità sempre più massiccia di iniziative volte a studiare la tecnica di artisti grandi e meno grandi si direbbe che siamo in presenza di una svolta se non storica sicuramente radicale, se solo si pensa che, non più di 13 anni fa, poteva suscitare grande emozione presso un pubblico di specialisti in storia dell'arte la notizia che il ciclo aretino di Piero della Francesca presentava diverse zone non dipinte a fresco (anzi, come allora si diceva, «ad affresco»).

Certo bisogna non dimenticare che la conoscenza degli aspetti materiali dei processi produttivi dei manufatti artistici, in un periodo in cui veniva privilegiata, nell'opera d'arte, la capacità di trasmettere messaggi, era talmente approssimativa e astratta che il termine di «affresco» veniva applicato indifferentemente ad ogni tipo di pittura su muro.

Di conseguenza, tutto l'interesse era rivolto alla individuazione della cosiddetta «tavolozza» dell'artista, cioè alla identificazione dei pigmenti, con risultati informativi generalmente piuttosto magri, dato che almeno per tutto il periodo preindustriale il numero dei pigmenti usati era ridottissimo e con incrementi nel tempo assolutamente modesti.

Come sempre in casi del genere, chi si provava a colmare il vuoto erano coloro che per mestiere avevano rapporti diretti e continuativi con la fisicità delle opere e che pertanto erano convinti di potere distinguere ad occhio, basandosi sulla loro esperienza, i diversi tipi di tecnica di pittura murale, non andando però generalmente oltre l'individuazione dell'affresco e della tempera e limitandosi nei casi più complessi ad utilizzare definizioni di comodo quali mezzofresco o mezzosecco, in realtà prive di vero contenuto tecnico.

Si trattava per lo più di conoscenze desunte dalla pratica più recente, quella appresa nelle Accademie o nelle botteghe tramite i manuali di tecnica pittorica che nell'Ottocento avevano avuto una diffusione enorme ma che, proprio per la loro funzione di insegnare a fare, non avevano una impostazione storica ma si ponevano come fuori dal tempo. In più, spesso l'individuazione era desunta dalla reazione che il dipinto mostrava ai diversi tipi di trattamento conservativo, nella convinzione tutta empirica che un affresco resiste ed

Judging from the increasing number of initiatives aimed at studying the techniques of great and not-so-great artists, it seems we are at a turning-point that is certainly radical, if not historic. Not more than thirteen years ago, the news that Piero della Francesca's paintings in Arezzo contained areas not painted «a fresco» (or in the old manner, «ad affresco») would have caused great interest among art historians.

We must not forget that knowledge of the material aspects of the productive processes involved in artistic works – at a time when a work of art was supposed to be able to transmit a message – was so imprecise and abstract that the term «fresco» was applied indifferently to every type of wall painting.

Consequently, interest was directed at discovering the so-called «palette» of the artist, to identify his pigments. The results were generally rather sparse because, during the entire pre-industrial period, the number of pigments used was very small and very few were added in the course of time.

As always in cases of this type, the individuals who tried to fill the void were those who by trade had direct, ongoing relationships with the actual works of art and were convinced they could, on the basis of their experience, identify the various types of wall paintings with the naked eye. However, they did not generally go beyond identifying works as fresco or tempera and limited themselves, in the most complex instances, to the use of convenient terms such as «mezzofresco» or «mezzosecco» which actually had no real technical meaning.

Their knowledge was gained from the practices they had learned in the Academies or in the workshops by consulting manuals on painting techniques. In the 19th century, these manuals were widely used but, because they were only used for teaching, they did not adopt a historical approach, and were immune to the passage of time. Furthermore, identification was obtained from the reaction the painting showed to various types of preservation treatment, in the completely empirical conviction that a fresco remained fresh, while other types of paint-

invece una tempera o comunque una campitura a secco (o a mezzo) «smonta», cioè tende a deteriorarsi.

La situazione anche in questo campo ha cominciato ad evolvere positivamente soltanto quando si è capito che era necessario da una parte studiare le fonti storiche, soprattutto i manuali di tecnica artistica, e dall'altra metterle a confronto con le risultanze delle indagini, analisi ed esami scientifici che cominciavano a fare la loro prima comparsa in un campo fino allora ignorato o quasi.

Tale esigenza era stata rilevata tra i primi dall'Istituto Centrale del Restauro già al momento della sua fondazione e contributi precoci sono rintracciabili già nel primo numero del Bollettino ICR. E quanto alla bontà del nuovo modo di procedere, basterà ricordare come Paolo Mora (*Proposte sulla tecnica della pittura murale romana*, in *Bollettino ICR*, 1967, pp. 63-84) dimostrò, con dati oggettivi alla mano, che gli intonaci pompeiani non era stati dipinti ad encausto ma, sulla scorta della descrizione di Vitruvio, secondo il più tipico (e solido) procedimento per dipingere a fresco su muro.

La messa a punto di sempre nuovi metodi (e apparecchiature) scientifici ha garantito a quella che ormai viene chiamata diagnostica artistica uno sviluppo tanto impetuoso e veloce da apparire perfino ipertrofico – quanto meno se lo si paragona alla scarsità di risultati incisivi che nel frattempo sono stati conseguiti nel campo della diagnostica conservativa e, a maggior ragione, sotto l'aspetto della messa a punto di metodi e strumenti di intervento di provata efficacia.

Per la verità non siamo ancora al punto in cui con i metodi della diagnostica artistica si riesce a risolvere ogni problema, e tuttavia i progressi fatti negli anni più recenti per esempio nel riconoscimento dei leganti appaiono certamente notevolissimi.

Ed è proprio a livello di leganti che nello studio del ciclo Scrovegni si sono avuti i maggiori risultati, individuando nell'olio (aggiunto di materiale proteico) il medium impiegato nelle stesure a biacca e quindi deducendone, di fatto, la spiegazione del perché essa non si è alterata.

L'impiego delle più recenti tecniche di indagine ha d'altra parte consentito di escludere la presenza di materiali organici nei finti marmi, come era stato ipotizzato da Leonetto Tintori proprio alla luce delle sue conoscenze della moderna tecnica del «marmorino» (o stucco romano o stucco veneziano) e di confermarne invece la rispondenza alla analoga tecnica ben conosciuta nella tradizione di Roma antica ma di cui non parrebbe essere rimasta traccia per parecchi secoli lungo il Medioevo se essa non compare né nelle Storie francescane né nella Cappella di San Nicola ad Assisi né al Santo a Padova ma bensì nella parte bassa della Cappella della Maddalena e poi in tutti gli altri cicli della Basilica Inferiore (è al momento difficile stabilire se si è trattato di una «scoperta» di Giotto o della persistenza a livello locale – veneziano? – della prassi operativa antica o non piuttosto, e sembrerebbe più verosimile, dell'interazione delle due possibilità).

ing – «a tempera» or «a secco» or «mezzosecco» – «faded», that is deteriorated.

The situation began to improve when it became clear that it was necessary on the one hand to study historical sources, especially technical manuals, and on the other hand to compare these sources with the results of the investigation, analysis and scientific examination that began to appear in a field where they had previously been almost completely ignored.

*The Central Institute for Restoration recognized this need from the moment of its founding, and early contributions can be seen in the first issue of the ICR Bulletin. As for the value of this new method of proceeding, we only have to remember how Paolo Mora (*Proposte sulla tecnica della pittura murale romana*, in *Bollettino ICR*, 1967, pp. 63-84) demonstrated, from objective data, that the Pompeian wall paintings were not painted with encaustic material but (as described by Vitruvius) with a more typical (and more solid) procedure for painting «a fresco» on walls.*

The perfection of new scientific methods and equipment has caused what is known as artistic diagnostics to develop so suddenly and so quickly that it sometimes appears excessive. Progress has been less rapid in the field of preservation diagnostics, as shown by the relative scarcity of definite results, and also in the field of perfecting the methods and instruments used in preservation operations, for obvious reasons.

Actually, we are not yet at the point where artistic diagnostic methods can resolve every problem. Nevertheless, progress made in recent years in the recognition of binders, for example, is definitely significant.

It is precisely in binders that the study of the Scrovegni cycle has achieved its best results, identifying oil (with the addition of protein-based material) as the medium used in the white-lead layer and thereby explaining why it did not alter over time.

The use of more recent investigation techniques has made it possible to exclude the presence of organic material in the imitation marble, first suggested by Leonetto Tintori based on his knowledge of the modern technique of painting imitation marble (also known as Roman stucco or Venetian stucco). Instead our investigation confirmed its similarity with the technique well-known in ancient Rome but of which there were no traces during the Middle Ages, neither in the paintings of the Stories of Saint Francis in the Chapel of San Nicola in Assisi nor in the paintings dedicated to Saint Anthony in Padua. However, this technique does appear in the lower part of the «Cappella della Maddalena» and then in all the other cycles in the Lower Basilica. Incidentally, it is difficult to establish if it was a «discovery» by Giotto, or a persistence at a local level – perhaps Venetian – of the ancient practice or perhaps an interaction of the two, which seems more probable.

Se a ciò si aggiunge che Giotto, in questo ciclo, ricorre altresì – a seconda degli effetti che intende raggiungere – all'impiego della tempera (sia a colla che ad uovo) e della tecnica a secco a calce, ne risulterà che qui sono rappresentate tutte le tecniche di pittura murale conosciute e che, di conseguenza, non si tratta di un ciclo a fresco, anche se è vero che proprio in quest'opera si affermano definitivamente le caratteristiche essenziali del procedimento pittorico su intonaco «fresco». Naturalmente non sfugge a chi scrive, nonostante l'interesse di informazioni come quelle riguardanti i modi in cui Giotto lavora ad intonaco risparmiato ovvero ottiene gli sfumati o i cangianti (e ancora una volta risulta confermato quanto Cennino Cennini prescriverà circa un secolo più tardi), che la messa a punto di queste informazioni rappresenta solo il primo momento in direzione di uno studio adeguato della tecnica dell'artista: appunto materiali, certo indispensabili ma pur sempre propedeutici alla individuazione dei modi tramite i quali essi diventano «forma», anzi quella particolare forma in cui si concretizza la rappresentazione della realtà da parte di Giotto.

Questo mio chiarimento potrebbe apparire (e sarebbe) superfluo se non ci fossero segni sempre più chiari e inequivocabili della tendenza a ridurre la complessità del tema al mero rilevamento dei dati materici pur se desunti da esiti di indagini e misurazioni scientifiche (comunque di solito non automaticamente fruibili): tocca infatti ancora una volta ad una struttura pubblica, soprattutto se investita – come l'ICR – di poteri normativi nello specifico campo, richiamare l'attenzione sui rischi di certi atteggiamenti troppo semplificatori, nonché (per altro verso) sui rischi derivanti da una non intransigente convinzione sulla intangibilità della integrità del manufatto artistico.

Proprio a dimostrazione di quella che è diventata ormai, e da tempo, una norma di comportamento indiscutibile non si troveranno, in questo volume, dati sugli incarnati dei diversi personaggi che animano la decorazione della Cappella perchè questo avrebbe richiesto dei prelievi di materiale pittorico originale.

Lo sviluppo delle tecniche di indagine non distruttive (PnD) consentirà certamente, a più o meno lunga scadenza, di superare questa *empasse*: non è forse vero che la conoscenza è un processo senza fine?

If we then consider that Giotto in this cycle also used tempera (both with glue and with egg) – depending on the effect he wanted to achieve – and the «a secco a calce» technique, it turns out that we have here all the known wall painting techniques and that, consequently, it is not a fresco cycle even though the work has the essential characteristics of painting on wet plaster.

Naturally it is clear, despite the interest in the ways Giotto worked on «risparmiato» plaster, in other words how he obtained the «sfumato» effect and the skin tones (as described by Cennino Cennini about a century later), that the validity of this information represents only a first step in the direction of an appropriate study of the artist – the materials, certainly indispensable but still only preliminary to the identification of the methods by which they become form, that particular form which Giotto used to represent reality.

This clarification might appear (and would actually be) superfluous if there were not clear, unequivocal signs of a tendency to reduce the complexity of the theme to a mere gathering of material data, even though it comes from the results of investigations and scientific measurements (usually not immediately useful). Once again a public institution, especially charged – as is the ICR – with regulatory powers in its specific field, has called attention to the risks of certain over-simplified attitudes, and also to the risks deriving from a lukewarm conviction regarding the inviolability of a work of art's integrity.

Contrary to what has become normal practice, in this volume you will not find data regarding the skin tones of the various personages who animate the decoration of the Chapel, because this would have required taking samples from the original paintings.

The development of non-destructive investigation techniques will certainly make it possible, some time in the future, to overcome this impasse. Isn't it true that acquiring knowledge is a never-ending process?



PIER LUIGI BIANCHETTI

L'INTONACO DI PREPARAZIONE E DI FINITURA DEL CICLO PITTORICO DI GIOTTO NELLA CAPPELLA DEGLI SCROVEGNI

Characteristics of preparatory plaster and finishing layer for Giotto's wall paintings in the Scrovegni Chapel

I. PREMessa

Nel corso delle indagini effettuate in passato per lo studio dello stato di conservazione dei dipinti murali della Cappella degli Scrovegni, sono state eseguite numerose analisi riguardanti la superficie e gli strati di preparazione alla pittura. Queste analisi erano finalizzate principalmente alla determinazione dei prodotti d'alterazione, della quantità d'acqua e dei sali solubili nelle murature, degli inquinanti aerodispersi. Una minore attenzione è stata invece dedicata alla caratterizzazione mineralogica e petrografica degli strati d'intonaco di preparazione originari.

Sayre e Majewski,¹⁾ nel corso degli studi effettuati negli anni Sessanta sul deterioramento dei dipinti murali, effettuarono degli esami microscopici su sezione sottile di alcuni frammenti dell'intonaco di preparazione.

I campioni, prelevati in zone in cui non vi erano evidenti fenomeni d'alterazione, comprendevano lo strato di finitura sottostante le stesure di pigmento per uno spessore di circa cinque millimetri. Tale strato è stato descritto come un agglomerato di piccole particelle minerali costituite da sabbia silicea, frammenti di marmo e lamelle di mica legate insieme da carbonato di calcio finemente cristallino.

Nel quadro delle indagini riguardanti i fattori di degrado ambientali e lo stato di conservazione dei dipinti, eseguite nel 1976 nei laboratori dell'Istituto Centrale del Restauro, furono effettuate analisi chimiche e di diffrattometria dei raggi X su polveri per identificare il tipo d'intonaco di preparazione alla pittura.²⁾

In particolare furono analizzati dei campioni d'intonaco prelevati dai riquadri del 'Battesimo di Gesù', della 'Crocifissione' e di 'Giuda Iscariota che tradisce Gesù'.

Mediante l'analisi di diffrattometria dei raggi X furono individuate le fasi mineralogiche: calcite, dolomite, quarzo, albite, muscovite, clorite. Dai risultati ottenuti si concluse che l'intonaco di preparazione era stato ottenuto miscelando calce preparata da un calcare dolomitico e sabbia, secondo la proporzione di circa una parte di legante ed una di aggregato sabbioso.

I. INTRODUCTION

During the surveys conducted in the past regarding the state of preservation of the wall paintings in the Scrovegni Chapel, many analyses were carried out on the painted surfaces and the preparatory layers. These analyses were aimed at determining the substances produced by alteration, the amount of water and mineral salts in the masonry, and levels of air-borne pollution. Less attention was given to the mineralogy and petrography of the materials which make up the plaster in the original preparatory layers.

Sayre and Majewski,¹⁾ during their investigations in the 1960s regarding the deterioration of the wall paintings, carried out microscope examination of thin sections of plaster fragments taken from the preparatory plaster.

The samples were taken from areas where there was no evident sign of alteration, and included the top layer beneath the painted layer for a thickness of about five millimetres. They described this layer as an agglomerate of small mineral particles made up of siliceous sand, powdered marble and mica, bound together by calcium carbonate in a fine crystal form.

In the frame regarding environmental decay factors and the state of conservation of the paintings, conducted in 1976 by the laboratories of the Central Institute for Restoration, chemical analyses were carried out as well as diffraction X-ray tests on dust samples to identify the type of preparatory plaster.²⁾

In particular, the analyzed samples were taken from the plaster in the following scenes: The 'Baptism of Jesus', 'The Crucifixion' and 'Jesus betrayed by Judas Iscariot'.

Diffraction X-ray analysis was used to determine the mineral components: calcite, dolomite, quartz, albite, muscovite, chlorite. The results showed that the preparatory plaster was made by mixing, dolomitic lime and sand, in the proportion of about one part of binder to one of sandy aggregate.

Nel corso dell'attuale restauro, con l'intenzione di meglio definire le caratteristiche dei materiali costituiti gli strati di preparazione originari della pittura, è stato effettuato uno studio analitico mineralogico-petrografico di alcuni campioni rappresentativi di tali strati. Un campione ha riguardato il caso particolare delle raffigurazioni di specchiature "marmoree" nella fascia inferiore, dove era stata visivamente identificata una tecnica di lavorazione simile a quella del così detto "stucco lucido" o "stucco romano".

2. METODOLOGIA E CAMPIONAMENTO

Le tecniche analitiche utilizzate per lo studio della successione stratigrafica costituita dagli strati preparatori sono state quelle tradizionalmente impiegate per lo studio dei materiali lapidei quali: l'osservazione di sezioni sottili al microscopio polarizzatore (TLM), la diffrattometria dei raggi X su polveri (XRD) e la microscopia elettronica a scansione con sistema di microanalisi (SEM-EDS). In alcuni casi sono state effettuate analisi termogravimetriche (DTGA) e gascromatografiche (PY-GC-MS).

Queste tecniche analitiche hanno permesso di valutare la composizione, l'aspetto dimensionale e l'addensamento dell'aggregato, le caratteristiche della matrice legante e il rapporto proporzionale tra legante e aggregato delle malte impiegate.

Le apparecchiature e le relative condizioni operative impiegate nel corso delle indagini sono state le seguenti:

– per le osservazioni di microscopia ottica è stato impiegato uno stereomicroscopio Wild M420, e un microscopio polarizzatore Zeiss Universal. I prelievi stratigrafici, costituiti da piccoli frammenti, dopo essere stati inglobati in resina epossidica, sono stati tagliati e assottigliati in modo da ricavare delle sezioni sottili;

– per l'analisi diffrattometrica è stata impiegata un'apparecchiatura automatica per polveri Seifert ID 3000 utilizzando la radiazione $K\alpha$ del rame ($\lambda=1.5406 \text{ \AA}$). Gli spettri sono stati registrati nell'intervallo $6 - 70^\circ 2\theta$, scansione angolare di $0.02^\circ 2\theta$, tempo di conteggio di 4 secondi, voltaggio di accelerazione 35 kV, corrente 28 mA;

– per l'analisi al microscopio elettronico è stata utilizzata un'apparecchiatura Hitachi S - 2500, con sistema di spettrometria dei raggi X a dispersione di energia XEDS Kevax - 8000. Le condizioni operative di acquisizione delle mappe degli elementi chimici sono state le seguenti: voltaggio di accelerazione 15 KV, corrente 25 mA, tempo di acquisizione 1000 secondi.

Nella Tabella 1 sono elencati i campioni, la zona di prelievo, la tipologia e il tipo di analisi.

Ulteriori osservazioni e analisi sono state eseguite sulle sezioni stratigrafiche dei campioni già utilizzate per lo studio della tecnica pittorica.³⁾

One of the aims of the current restoration was to learn more about the characteristics of the materials used in the original preparatory layers, and an analytical study was conducted on the mineralogy and petrography of several representative samples taken from these layers. One sample regarded the particular case of the imitation marble on the lower band of the walls, where there were clear signs of a technique similar to what is known as "polished stucco" or "Roman-type stucco".

2. METHODOLOGY AND SAMPLING

The analytical techniques used to examine the stratigraphic sequence of the preparatory layers were those traditionally employed for studying stone material in general, such as: examination of thin sections under a polarising microscope (TLM), X-ray diffraction tests on dust samples (XRD) and a scanning electron microscope for micro-analysis (SEM-EDS). In some cases, we also carried out thermo-gravimetric (DTGA) and gas-chromatographic (PY-GC-MS) tests.

These tests made it possible to measure the composition, the grain size and the density of the aggregate, the characteristics of the binder, and the proportional ratio between the binder and the aggregate in the mortar.

The apparatus used and the operating conditions were as follows:

– *for examination under an optical microscope, we used a stereo-microscope, Wild M420, and a polarising microscope, Zeiss Universal. The samples, made up of small fragments, were first treated with epoxy resin, then cut and polished to obtain thin cross-sections;*

– *for diffraction analysis, we used an automatic apparatus for dust samples, Seifert ID 3000, employing $K\alpha$ radiation of copper ($\lambda=1.5406 \text{ \AA}$). The spectra were recorded at the intervals of $6-70^\circ 2\theta$, angular scanning of $0.02^\circ 2\theta$, time interval four seconds, acceleration voltage 35 kV, current 28 mA;*

– *for analysis by electronic microscope, we used Hitachi S-2500 equipment, with spectrometry system for dispersed X-rays XEDS Kevax-8000. The operating conditions for mapping the chemical elements were as follows: acceleration voltage 15 KV, current 25 mA, acquisition time 1000 seconds.*

Table 1 lists the samples, the areas they were taken from, the types, and the analyses carried out.

Further observations and analyses were carried out on stratigraphic sections from samples used to study the painting technique.³⁾

Tabella 1 – Elenco dei prelievi
Table 1 – List of samples

Campione <i>Sample</i>	Zona prelievo <i>Area where taken</i>	Tipologia <i>Type</i>	Analisi <i>Analyses</i>
01	Fascia con profeta tra le scene: 'Gioachino tra i pastori' e 'Annunciazione di Anna' <i>Figure of prophet in the scenes: 'Joachim amongst the shepherds' and 'Annunciation to Anna'</i>	Strato di finitura (intonachino) <i>Finishing layer (intonachino)</i>	TLM, XRD, SEM-EDS, DTG
02	Fascia con profeta tra le scene: 'Gioachino tra i pastori' e 'Annunciazione di Anna' <i>Figure of prophet in the scenes: 'Joachim amongst the shepherds' and 'Annunciation to Anna'</i>	Strato di preparazione (intonaco) <i>Preparatory layer (plaster)</i>	TLM, XRD, SEM-EDS, DTG
03	Fascia con profeta tra le scene: 'Gioachino tra i pastori' e 'Annunciazione di Anna' <i>Figure of prophet in the scenes: 'Joachim amongst the shepherds' and 'Annunciation to Anna'</i>	Intonachino con strato pittorico della decorazione azzurra <i>Intonachino with paint layer from blue decoration</i>	TLM, XRD, SEM-EDS
04	Volta, lato destro, vicino all'arco trionfale <i>Ceiling vault, right side, near chancel arch</i>	Stella dorata su cielo blu <i>Gilded star set in blue sky</i>	TLM
05	Parete sinistra, zoccolatura: fascia rosata sotto la scena di 'Gesù che sale al Golgota' <i>Left wall, lower part: band beneath the scene of 'Jesus going up to Golgotha'</i>	Finto marmo ("stucco lustro") <i>Imitation marble ("polished stucco")</i>	TLM, XRD, SEM-EDS, DTG, PY-CG-MS
06	Parete sinistra: 'Gesù che sale al Golgota' Figura di soldato, limite superiore dell'elmo (esecuzione fine giornata) <i>Left wall: 'Jesus going up to Golgotha', figure of soldier, top of helmet (painted at end of giornata = day's work)</i>	Frammento di pellicola pittorica con intonachino <i>Fragment of paint layer with intonachino</i>	TLM
07	Parte bassa dell'arco trionfale <i>Lower part of main chancel arch</i>	Frammento di pellicola pittorica con intonachino <i>Fragment of paint film with intonachino</i>	TLM, XRD

TLM: Microscopia in luce trasmessa; XRD: diffrazione dei raggi X su polveri; SEM-EDS: microscopia elettronica a scansione e spettrometria dei raggi X in dispersione di energia; DTG: analisi termogravimetrica differenziale; PY-CG-MS: pirolisi accoppiata a gascromatografia di massa.

TLM: Transmitted light microscopy; XRD: X-ray powder diffraction; SEM-EDS: scanning electron microscope and energy dispersive X-ray spectrometry; DTG: thermo-gravimetric differential analysis; PY-CG-MS: pyrolysis coupled with mass gas-chromatography.

3. RISULTATI DELLE ANALISI

3.1. Descrizione dei materiali

Le osservazioni visive sulla successione stratigrafica degli strati di preparazione originari sono state condotte su tutte le superfici dipinte, prima e durante l'arco temporale del restauro. Si è constatata la presenza di una situazione omogenea per quanto riguarda sia la composizione, la struttura e la tessitura della malta, sia gli spessori degli strati (mediamente 2 cm per lo strato d'intonaco e 0,5 cm per lo strato di finitura dell'intonachino). Gli impasti hanno buone caratteristiche di coesione e una buona adesione tra le diverse stesure. Nella matrice di colore bianco risaltano gli elementi più scuri dell'aggregato sabbioso. Quest'ultimo presenta una buona distribuzione e una granulometria fine e omogenea. Nella composizione dell'intonaco vi sono frammenti di mattone macinato, assenti nello strato d'intonachino. Lo strato dell'intonaco di finitura in corrispondenza delle specchiature marmoree dipinte mostra caratteristiche analoghe come composizione, ma con una granulometria d'aggregato più fine.

3.2. Osservazioni al microscopio polarizzatore

Lo strato di intonachino, a diretto contatto con la pellicola pittorica (campioni 1, 3, 6, 7), è costituito da una malta omogenea e compatta. L'aggregato sabbioso, infatti, è molto ben classato e distribuito omogeneamente nella compagine dell'impasto. La stima del valore di addensamento dato dal rapporto clasti/matrice è circa 30 - 35 %. Le dimensioni dei clasti sono comprese in prevalenza nella classe granulometrica "arenaceo fine", che comprende l'intervallo dimensionale 0,25-0,125 mm.

L'aggregato è composto sia da frammenti a composizione quarzoso-silicatica, sia da frammenti di natura carbonatica. Tra i primi, prevalenti nel numero, si trovano clasti di quarzo monocristallino, quarzo policristallino, associazioni di granuli di quarzo, feldspati e clorite, granuli sporadici di selce, plagioclasti (oligoclasio, albite), singole lamelle di fillosilicati costituiti da clorite, muscovite e rara biotite. Discreta è la presenza di frammenti litici di natura carbonatica, costituiti da associazioni di cristalli euedrali di forma romboedrica, granuli di micrite, biomicrite e frammenti di origine bioclastica costituiti da gusci di molluschi e di foraminiferi.

Il legante è costituito da calce carbonatata a struttura micritica molto omogenea e relativamente poco porosa.⁴⁾

[figg. 1, 2, 3]

Lo strato sottostante d'intonaco (campione 2) ha composizione simile al precedente. Esso si differenzia, invece, per alcuni aspetti quali: il rapporto clasti/matrice leggermente superiore, stimato circa 35 - 40 %; la granulometria d'aggregato variabile da "arenaceo medio" a "arenaceo fine"; la presenza nell'aggregato sabbioso di materiale ceramico costituito da frammenti di mattone, a volte di dimensioni superiori al millimetro.

3. RESULTS OF THE ANALYSES

3.1. Description of the materials

Visual observation of the stratigraphic sequence of the original preparatory layers was carried out on all the painted surfaces, before and during the period of restoration. These observations showed the presence of a homogeneous situation in terms of the composition, the structure and the texture of the mortar, and the thickness of the layers (on average 2 cm for the plaster layer, and 0.5 cm for the finishing layer of intonachino). The mix showed good characteristics of physical consistency and good adhesion between the various layers. Within the matrix of the white colour, the darker elements were made up of sandy aggregate. The latter was evenly distributed and had a fine, homogeneous grain size. The composition of the plaster included fragments of powdered brick, which was not present in the intonachino layer. The layer of finishing plaster for the polished imitation marble had similar characteristics in terms of composition, but with a much finer grain size for the aggregate.

3.2. Observation under polarising microscope

The layer of intonachino in contact with the paint film (samples 1, 3, 6, 7), is made up of homogeneous and compact mortar. The sandy aggregate is very fine and evenly distributed throughout the mixture. The estimated figure for the density, given by the ratio clasts/matrices is about 30-35%. The clasts fall within the category of grain size "fine sand", ranging from 0.25-0.125 mm.

The aggregate is composed of fragments of quartz-silicate composition, as well as fragments of a carbonate nature. Amongst the former, present in larger quantities, there are clasts of mono-crystalline quartz, poly-crystalline quartz, combinations of quartz, feldspars and chlorite, sporadic granules of flint, plagioclase (oligo-clase, albite), single elements of sheet silicates made up of chlorite, muscovite and rare traces of biotite. There is quite a strong presence of stone of a carbonate nature, made up of associations of regular rhomboid crystals, granules of mycrite, bio-mycrite and fragments of bio-clastic origin made up of sea shells and foraminifers.

The binder is made up of carbonated lime with a very homogeneous and relatively non-porous mycritic structure.⁴⁾

[figs. 1-3]

The underlying layer of plaster (sample 2) has a composition similar to the above. However, it differs in several respects: the ratio clasts/matrices is slightly higher, estimated at about 35-40%; the grain size of the aggregate varies from "medium sand" to "fine sand"; and the presence in the aggregate of sand and ceramic material made up of brick fragments, sometimes as large as one millimeter or more.

Il legante, similmente all'intonachino, è costituito da calce carbonatata a struttura micritica molto omogenea e relativamente poco porosa.

[figg. 4, 5, 6]

Il campione 5, prelevato in corrispondenza delle specchiature "marmoree" della fascia inferiore dell'affresco, ha una composizione sia dell'aggregato sia del legante molto simile a quelle dell'intonaco e dell'intonachino viste precedentemente. Differenze sensibili si hanno, invece, a causa di una migliore classazione e omogeneità distributiva dell'aggregato; per l'aspetto dimensionale dell'aggregato "arenaceo fine-molto fine"; per un più basso rapporto clasti/matrice, stimato inferiore al 30 %. Nello strato superiore, a contatto con la pellicola pittorica, si osserva un forte richiamo di calce carbonatata, effetto, si ritiene, di un'accurata opera di levigazione della superficie.

[figg. 7, 8, 9]

Il campione 4 è stato prelevato dalla volta stellata per studiare lo strato di finitura, che appariva perfettamente bianco in corrispondenza della caduta della doratura delle stelle e del pigmento blu del cielo. Questo strato di finitura ha, nella sezione, uno spessore di circa un millimetro ed è composto da sola calce carbonatata a struttura micritica e tessitura omogenea e compatta data in più mani. La stratigrafia è completata da uno strato grigio con pigmento nero (animale e vegetale) e una stesura con azzurrite parzialmente caduta.

[figg. 10, 11].

3.3. Analisi di diffrazione dei raggi X (XRD)

Le riprese diffrattometriche relative alle diverse tipologie di campioni - intonaco, intonachino e lo strato di finitura delle specchiature marmoree ("stucco lustro") - hanno fornito dei risultati molto simili tra loro per quanto riguarda la composizione, confermando i risultati ottenuti con l'analisi microscopica. In ordine decrescente di abbondanza si hanno le seguenti fasi cristalline: quarzo, calcite, dolomite, feldspato sodico e potassico, clorite (clinocloro), mica muscovite.

Una differenza semiquantitativa, per quanto riguarda i rapporti tra le fasi cristalline presenti, è stata rilevata per il campione 5 dove la fase calcite è relativamente superiore rispetto ai tracciati ottenuti per gli strati preparatori delle altre parti della pittura, indice di una maggior presenza della frazione legante rispetto all'aggregato.

Un'ulteriore valutazione delle quantità relative della parte legante è stata ottenuta anche mediante analisi termogravimetriche (DTGA) eseguite su campioni tal quali (campioni 2, 3, 5). La perdita in peso, attribuita alla dissociazione del carbonato di calcio (CaCO_3), nell'intervallo di temperatura compreso tra 500 e 900°C, è stata rispettivamente del 48, 52 e 64%. I valori ottenuti, tenuto conto della relativa bassa incidenza dei clasti carbonatici nell'impasto, indicano tendenzialmente un aumento della parte legante dell'intonachino rispetto

The binder, similar to the plaster layer (intonachino), is made up of carbonated lime with homogeneous and relatively non-porous mycric structure.

[figs. 4-6]

In sample 5, taken from the imitation marble in the band below the frescoes, the composition of the aggregate and the binder is very similar to that of the plaster and the intonachino as described above. However, there are significant differences regarding better disposition and more even distribution of the aggregate; in terms of aggregate size, the category is "fine sand/very fine sand"; the ratio clasts/matrices is lower, estimated at less than 30 %. In the upper layer, in contact with the paint film, there is a strong presence of carbonated lime, probably caused by the action of smoothing and polishing the surface.

[figs. 7-9]

Sample 4 was taken from the vaulted ceiling in order to study the finishing layer which seemed to be perfectly white in the areas where the gilding of the stars and the blue pigment of the sky had fallen off. This finishing layer is about one millimetre thick and is made up only of carbonated lime with a homogeneous and compact mycric structure applied in several coats. The stratigraphy is completed by a grey layer with black vegetal/animal pigment, and a layer of azurite which has partially fallen off.

[figs. 10-11].

3.3. Analyses with X-ray diffraction (XRD)

Diffraction analyses on the various types of samples (plaster, intonachino and the "polished stucco" finishing layer of the imitation marble) gave results that were very similar to one another in terms of the composition, confirming the results obtained by microscope analysis. The following crystalline phases are present (listed in decreasing order of amounts): quartz, calcite, dolomite, feldspar (with traces of sodium and potassium), chlorite (clinocllore), mica, muscovite.

A semi-quantitative difference, in terms of the crystalline phases, was found in sample 5 where the amount of calcite is somewhat higher than that found in the preparatory layers in other parts of the wall paintings, indicating a higher proportion of binder with respect to the aggregate.

A further evaluation of the quantity of binder was obtained by thermo-gravimetric analyses (DTGA) carried out on untreated samples (samples 2, 3, 5). The loss in weight due to the dissociation of the calcium carbonate (CaCO_3) was respectively 48, 52 and 64%, within the temperature range 500 to 900°C. Bearing in mind the low incidence of carbonated clasts in the mix, the values obtained indicate an increase in the amount of the binder in the intonachino with respect to the plaster, as well as

all'intonaco e l'impiego di una malta ancora più grassa per le parti lavorate a "stucco lustro".

[fig. 11]

3.4. *Analisi al microscopio elettronico a scansione e analisi elementale (SEM-EDS)*

Attraverso l'osservazione al microscopio elettronico di sezioni lucide, sottili, e di singoli frammenti tal quali si sono potute definire nel dettaglio la composizione del legante e quella dell'aggregato, insieme alla struttura e alla tessitura generale dell'impasto dei campioni, già analizzati al microscopio ottico e mediante diffrattometria dei raggi X. In particolare il confronto delle mappe di distribuzione, ottenute attraverso la microanalisi, degli elementi chimici calcio, magnesio e silicio mostra che: il silicio è correlato ai clasti costituiti da quarzo e silicati; il calcio e il magnesio ai clasti carbonatici costituiti da dolomite; il calcio da solo è correlato alla parte legante e ai clasti calcarei, minoritari rispetto ai clasti dolomitici. Le microanalisi condotte sui singoli granuli di dolomite indicano che in questo minerale il ferro è presente solamente in quantità minime, tali da classificarlo chimicamente vicino al composto puro $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$.

[figg. 12, 13]

4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Gli strati di preparazione: intonaco e intonachino, sono stati ottenuti miscelando calce e sabbia a composizione mista, prevalentemente quarzoso silicatica con una presenza minoritaria di clasti carbonatici di origine per lo più dolomitica. Frammenti di mattone macinato sono presenti solamente nell'intonaco di preparazione, aggiunti alla sabbia forse per dare caratteristiche di idraulicità all'impasto. Lo strato d'intonachino è simile per composizione a quello dell'intonaco, mentre si differenzia da esso per una migliore omogeneità granulometrica dell'aggregato.

La malta utilizzata per la preparazione delle specchiature marmoree ha una composizione paragonabile a quella degli strati preparatori delle altre zone dipinte. Le differenze si rinvengono nella struttura e nella tessitura dell'impasto. In particolare vi è una maggiore presenza percentuale di legante rispetto all'aggregato, una granulometria più fine della parte clastica, e una maggiore omogeneità d'insieme.

Queste caratteristiche dovevano migliorare molto la lavorabilità del materiale, condizione indispensabile per raggiungere la qualità formale superficiale desiderata. L'aggiunta nell'impasto di additivi di natura organica non è al momento da escludere, sebbene una ricerca in tal senso, mediante analisi cromatografica (PY-GC-MS) su un frammento del campione 5, non abbia dato esito positivo.⁵⁾

Le microanalisi, eseguite al microscopio elettronico a scansione sulla parte legante della malta, mostrano

the use of a richer mortar for the areas treated with the "polished stucco" effect.

[figs. 11]

3.4. *Analyses by scanning electron microscope (SEM-EDS)*

Examining polished thin sections and single untreated fragments under an electronic microscope made it possible to define the detailed composition of the binder and of the aggregate, as well as the structure and the general texture of the samples, previously examined under an optical microscope and by X-ray diffraction. In particular, comparison of distribution maps, obtained by micro-analysis, of calcium, magnesium and silica, shows that the silica is correlated to clasts made up of quartz and silicates; the calcium and the magnesium, to carbonated clasts made up of dolomite; calcium alone is correlated to the binder part and to the calcareous clasts, present in smaller quantities than dolomitic clasts. Micro-analysis conducted on single granules of dolomite show that iron is present only in very small quantities, so that it can be chemically classified as being close to the pure compound $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$.

[figs. 12-13]

4. CONCLUSIONS

The preparatory layers (plaster and intonachino) are made from a mixture of lime and sand, mainly composed of quartz-based silicate with smaller amounts of carbonate clasts mostly of dolomitic origin. Fragments of crushed brick are present only in the plaster preparatory layer, possibly added to the sand to give hydraulic characteristics to the mixture. The layer of intonachino is similar in composition to the plaster, but differs in having a finer and more even grain size for the aggregate.

The mortar used for the preparation of the imitation marble surfaces has a similar composition to that of the preparatory layers for other painted areas. It differs in the structure and texture of the mixture. In particular, there is a higher proportion of binder with respect to the aggregate, a finer grain size for the clastic part, and it is more homogeneous as a mixture.

These features must have made the material much more workable, indispensable for achieving the surface quality required. It is possible that the mixture contained additives of an organic nature, though research in that sense, by means of chromatographic analysis (PY-GC-MS) on a fragment of sample 5, did not show positive results.⁵⁾

Micro-analyses, carried out by scanning electron microscope on samples of the mortar binder, showed

che la calce utilizzata non è stata preparata da calcari dolomitici, come supposto precedentemente attraverso la sola analisi diffrattometrica, mentre sono la maggior parte dei clasti carbonatici ad essere costituiti da dolomite.

Lo strato di finitura sotto la pellicola pittorica del cielo, pigmentata con azzurrite, è costituito da sottili stesure di sola calce carbonatata a struttura finemente micritica e priva di carica smagrante.

In conclusione i materiali utilizzati per la malta degli strati preparatori del dipinto provengono dalle medesime zone di approvvigionamento. Dalla composizione mista quarzoso-silicatica e calcareo-dolomitica dell'aggregato si può dedurre che il materiale proviene da sabbie fluviali originate dall'azione di acque che hanno attraversato zone geologicamente varie delle Alpi Orientali, dove affiorano terreni molto diversi per natura ed età. Tali sono le caratteristiche dei sedimenti del bacino fluviale del fiume Brenta che nasce nel Trentino, percorre la Valsugana, scende verso Bassano per poi lambire Padova e sfociare nell'Adriatico. Le formazioni rocciose attraversate comprendono: le metamorfite del basamento cristallino nel cui complesso si trovano filladi e gneiss (e minerali come quarzo, feldspati albitici, muscovite, cloriti); le rocce intrusive del plutone di Cima d'Asta (quarzo, feldspato potassico e sodico, miche); le formazioni mesozoiche e terziarie di natura calcareo dolomitica.

Da ultimo è da notare che, se si confrontano i dati risultanti dalle analisi dei materiali originari con quelli impiegati successivamente per molte stuccature, in diversi interventi di restauro, si riscontra molto spesso una composizione molto simile tra loro. Le analisi di diffrazione X effettuate per controllare la composizione delle malte e stucchi di restauro mostrano, infatti, la presenza delle medesime fasi cristalline principali trovate nell'intonaco originario quali: calcite, quarzo, dolomite e clorite.⁶⁾ Questo risultato indica che le fonti locali di approvvigionamento dei materiali non sono cambiate col passare del tempo.

1) E. V. SAYRE, L. J. MAJEWSKI, *Studies for preservation of the frescoes by Giotto in the Scrovegni Chapel at Padua - Technical investigation of the deterioration of the paintings*, in *Studies in Conservation*, VIII, 1963, pp. 42-54.

2) D. ARTIOLI, M. MARABELLI, C. MEUCCI, *Fattori ambientali e stato di conservazione dei dipinti murali della Cappella degli Scrovegni*, in *Bollettino d'Arte*, LXIII, Serie Speciale, *Giotto a Padova*, 1982, pp. 59-67.

3) Cfr. in questo volume, M. MARABELLI ET ALII, *La tecnica pittorica di Giotto nella Cappella degli Scrovegni: studio dei materiali*.

4) Raccomandazione NORMAL 13/83 "Aggregati artificiali di clasti e matrice legante non argillosa: schema di descrizione", ed. CNR-ICR, Roma 1983.

that the lime used was not made with calcareous dolomitic material (as might have been supposed from the diffraction tests carried out previously), while the carbonate clasts were indeed composed mainly of dolomite.

The finishing layer beneath the painted film for the sky, pigmented with azurite, is made up only of thin layers of carbonated lime with a fine mycric structure and texture.

In conclusion, the materials used for the mortar in the preparatory layers for the wall paintings probably came from the same region. From the mixed composition (quartz-silicate and calcareous-dolomitic) of the aggregate, one can deduce that the material comes from river-sand deposited by water that has flowed through geologically diverse areas of the Eastern Alps, where the various types of rock and soil are very different in composition and age. These are the characteristic features of the deposits in the basin of the river Brenta which rises in the Trentino region, flows through Valsugana, down towards Bassano, skirting Padua, before flowing into the Adriatic Sea. The rock formations on this route include: metamorphites of the crystalline type including fillades and gneiss (and minerals such as quartz, albitic feldspars, muscovite, chlorites); intrusive rocks from the Cima d'Asta range (such as quartz, feldspar with traces of potassium and sodium, micas); Mesozoic and tertiary formations of a calcareous dolomitic type.

Finally, it is worth pointing out that, when comparing the results of analyses on the original materials with those for materials used during much of the subsequent restoration, one often finds that they have very similar composition. X-ray diffraction analyses carried out to check the composition of restoration mortar and stucco indicate the presence of the same crystalline phases found in the original plaster, such as: calcite, quartz, dolomites and chlorites.⁶⁾ The conclusion is that local sources of supply have not changed much over the centuries.

1) E. V. SAYRE, L. J. MAJEWSKI, *Studies for preservation of the frescoes by Giotto in the Scrovegni Chapel at Padua - Technical investigation of the deterioration of the paintings*, in *Studies in Conservation*, VIII, 1963, pp. 42-54.

2) D. ARTIOLI, M. MARABELLI, C. MEUCCI, *Fattori ambientali e stato di conservazione dei dipinti murali della Cappella degli Scrovegni*, in *Bollettino d'Arte*, LXIII, Special Series, *Giotto a Padova*, 1982, pp. 59-67.

3) Cfr. in this volume, M. MARABELLI ET ALII, *Giotto's painting techniques in the Scrovegni Chapel: a study of the materials*.

4) Raccomandazione NORMAL 13/83 "Aggregati artificiali di clasti e matrice legante non argillosa: schema di descrizione", ed. CNR-ICR, Roma 1983.

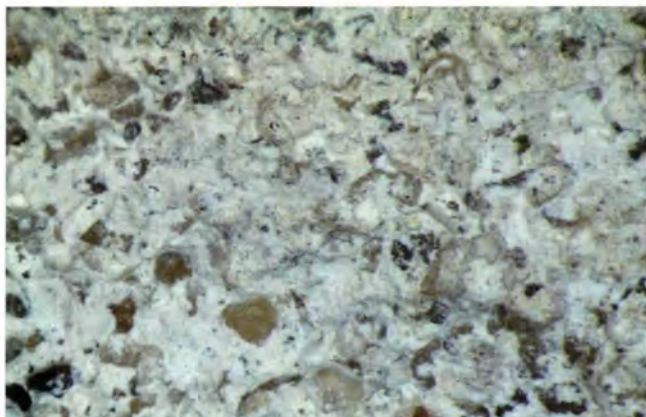
5) M. MARABELLI, P. SANTOPADRE, M. IOELE, G. CHIAVARI, S. PRATI, *Studio dei materiali di restauro e dei prodotti di alterazione tramite analisi microdistruttive* (cfr. Tabella 3, campione md30), in *Il restauro della Cappella degli Scrovegni*, Milano 2003, pp. 132-140.

6) *Ibidem* (cfr. Tabella 7, campioni 1ms, 4ms, 5ms, 6ms, 9ms, 14ms, 18ms).

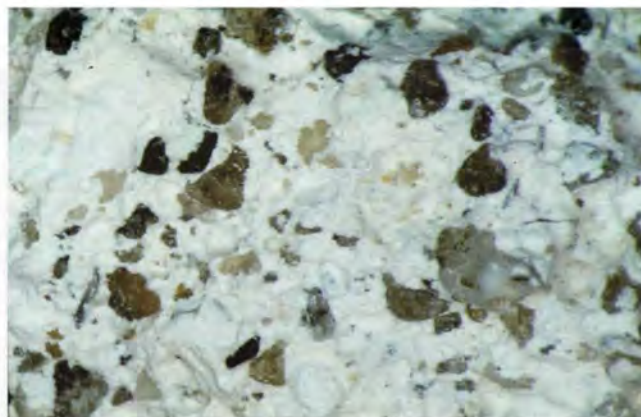
5) M. MARABELLI, P. SANTOPADRE, M. IOELE, G. CHIAVARI, S. PRATI, *Studio dei materiali di restauro e dei prodotti di alterazione tramite analisi microdistruttive* (cfr. Table 3, sample md30), in *Restoration of the Scrovegni Chapel*, Milano 2003, pp. 132-140.

6) *Ibidem*, (cfr. Table 7, samples 1ms, 4ms, 5ms, 6ms, 9ms, 14ms, 18ms).

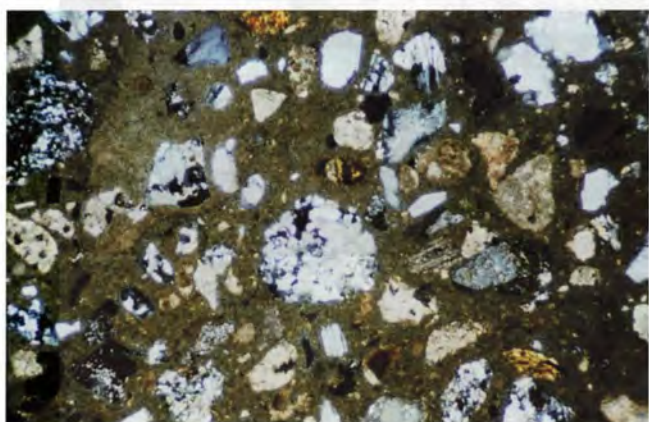




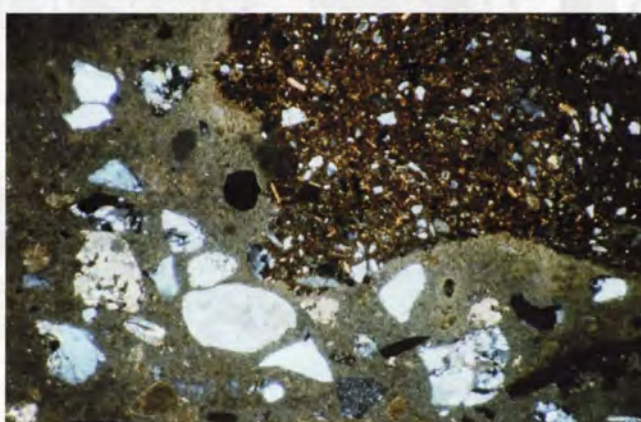
1 – CAMPIONE 1 – IMMAGINE ALLO STEREO-MICROSCOPIO – ASPETTO DI UNA SUPERFICIE DI FRATTURA DELL'INTONACO DI FINITURA
Sample 1 – Image by stereo-microscope – Part of surface fracture of the plaster finish



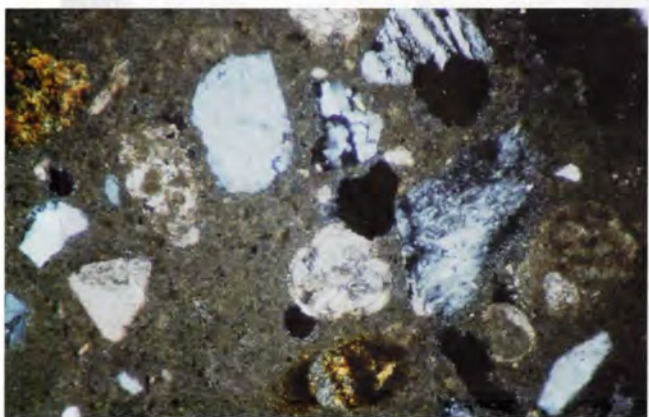
4 – CAMPIONE 2 – IMMAGINE ALLO STEREO-MICROSCOPIO – ASPETTO DI UNA SUPERFICIE DI FRATTURA DELL'INTONACO DI PREPARAZIONE
Sample 2 – Image by stereo-microscope – Part of surface fracture of the preparatory plaster



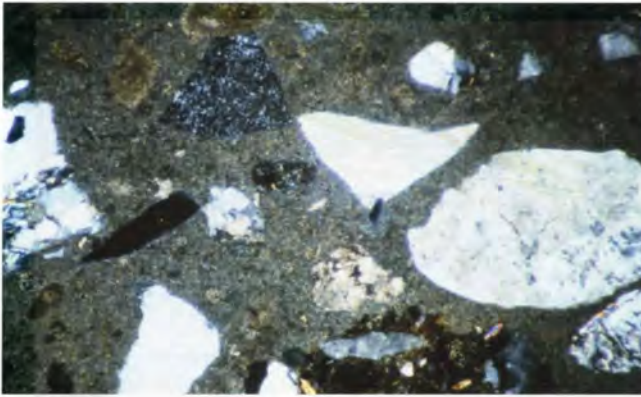
2 – CAMPIONE 1 – IMMAGINE AL MICROSCOPIO IN LUCE TRASMESSA, POLARIZZATORI INCROCIATI, INGRANDIMENTO 31X – STRUTTURA E TESSITURA DELLA MALTA DELL'INTONACO DI FINITURA
Sample 1 – Image by microscope under transmitted light, cross-polarised light, enlargement 31X – Mortar structure for the plaster finish



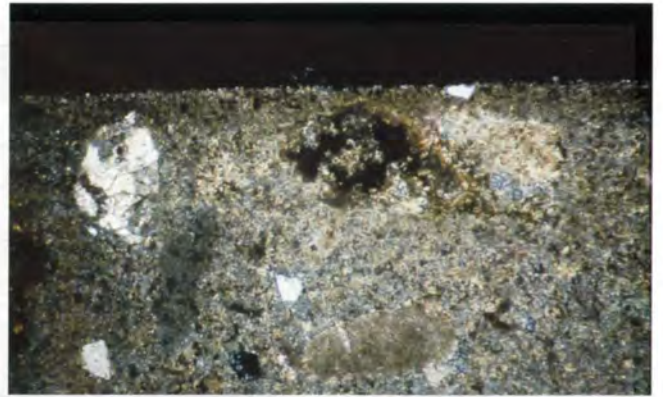
5 – CAMPIONE 1 – IMMAGINE AL MICROSCOPIO IN LUCE TRASMESSA, POLARIZZATORI INCROCIATI, INGRANDIMENTO 31X – STRUTTURA E TESSITURA DELLA MALTA DELL'INTONACO DI PREPARAZIONE
Sample 1 – Image by microscope under transmitted light, cross-polarised light, enlargement 31X – Mortar structure for the preparatory plaster



3 – CAMPIONE 1 – IMMAGINE AL MICROSCOPIO IN LUCE TRASMESSA, POLARIZZATORI INCROCIATI, INGRANDIMENTO 79X – STRUTTURA E TESSITURA DELLA MALTA DELL'INTONACO DI FINITURA
Sample 1 – Image by microscope under transmitted light, cross-polarised light, enlargement 79X – Mortar structure for the plaster finish



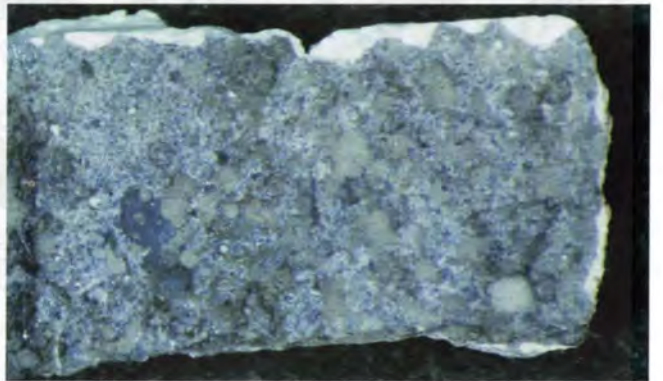
6 - CAMPIONE 2 - IMMAGINE AL MICROSCOPIO IN LUCE TRASMES-
SA, POLARIZZATORI INCROCIATI, INGRANDIMENTO 79X - STRUT-
TURA E TESSITURA DELLA MALTA DELL'INTONACO DI PREPARAZIONE
*Sample 2 - Image by microscope under transmitted light,
cross-polarised light, enlargement 79X - Mortar structure
for the preparatory plaster*



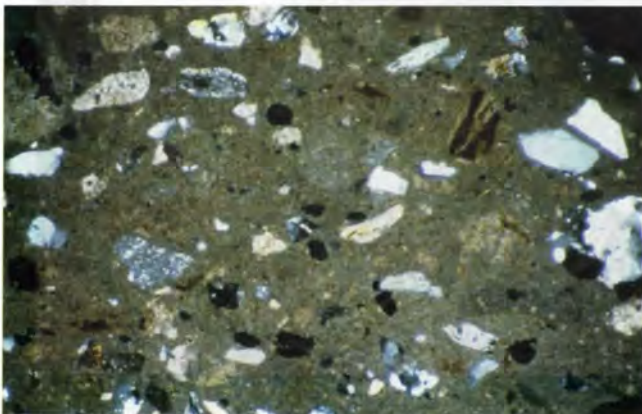
9 - CAMPIONE 5 - IMMAGINE AL MICROSCOPIO IN LUCE TRASMES-
SA, POLARIZZATORI INCROCIATI, INGRANDIMENTO 125X - SUPERFI-
CIE DELL'INTONACO DI FINITURA, DOVE SI NOTA UN ARRICCHI-
MENTO SUPERFICIALE DI CALCE CARBONATATA
*Sample 5 - Image by microscope under transmitted light, cross-
polarised light, enlargement 125X - Surface of the plaster
finish, with surface encrustation of calcium carbonate*



7 - CAMPIONE 5 - IMMAGINE ALLO STEREOMICROSCOPIO - FRAM-
MENTO DALLA SPECCHIATURA MARMOREA DIPINTA CON STESURA
PITTORICA GIALLO BRUNO CHIARA E INTONACO DI FINITURA
*Sample 5 - Image by stereo-microscope - Fragment of pain-
ted marble surface with pale yellowish-brown colour, and
plaster finish*



10 - CAMPIONE 4 - IMMAGINE ALLO STEREOMICROSCOPIO - FRAM-
MENTO DELLA VOLTA CON STRATO DI PREPARAZIONE BIANCO, STE-
SURA PITTORICA GRIGIA (NERO ANIMALE E VEGETALE), STESURA PIT-
TORICA BLU (AZZURRITE), PARZIALMENTE CADUTA
*Sample 4 - Image by stereo-microscope - Fragment of the
vaulting with preparatory white layer, grey painted layer
(animal and vegetable black), and blue painted layer (azuri-
te) partially detached*

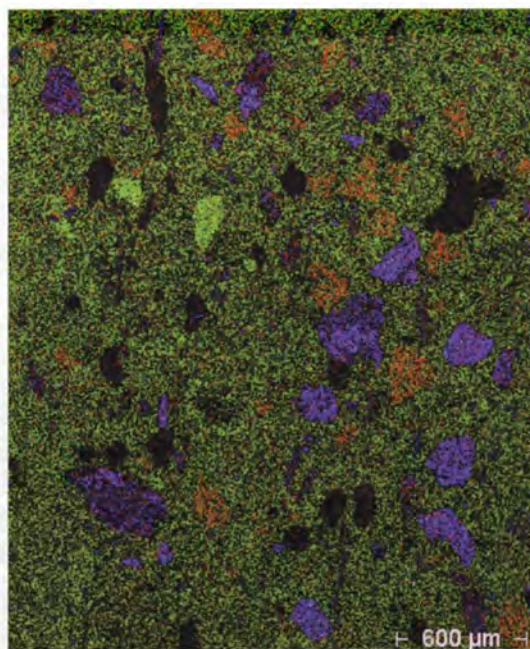


8 - CAMPIONE 5 - IMMAGINE AL MICROSCOPIO IN LUCE TRASMES-
SA, POLARIZZATORI INCROCIATI, INGRANDIMENTO 31X - STRUT-
TURA E TESSITURA DELLA MALTA DELL'INTONACO DI FINITURA
*Sample 5 - Image by microscope under transmitted light,
cross-polarised light, enlargement 31X - Mortar structure
for the plaster finish*



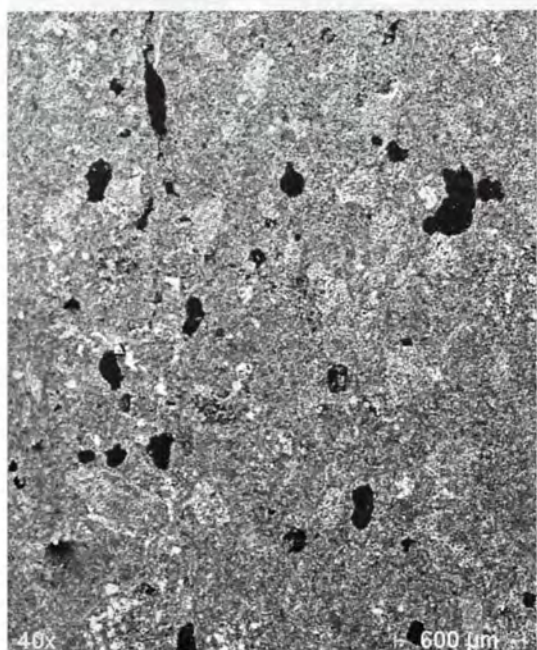
11 - CAMPIONE 4 - IMMAGINE AL MICROSCOPIO IN LUCE RIFLESSA, INGRANDIMENTO 125X - STESURA DI CALCE CARBONATATA E STRATO PIGMENTATO CON PIGMENTO NERO

Sample 4 - Image by microscope under reflected light, enlargement 125X - Coat of calcium carbonate and layer of black pigment

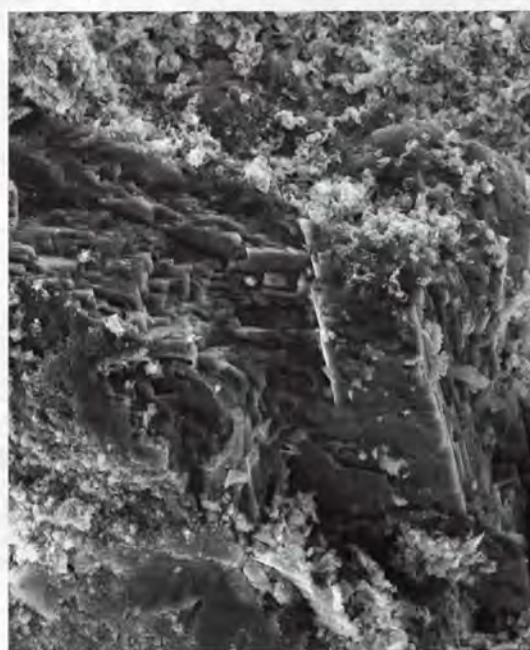


12b - MAPPE A RAGGI X DEL CALCIO (Ca), MAGNESIO (Mg) E SILICIO (Si) DEL CAMPIONE 5

X-ray map of calcium (Ca), magnesium (Mg) and silicon (Si) from sample 5



12a - FOTO SEM DEL CAMPIONE 5
SEM photo of sample 5



13 - IMMAGINE AL SEM - MORFOLOGIA DI UN CRISTALLO DI DOLOMITE NELLA MATRICE DI CALCE CARBONATA

Image by SEM - Morphology of a dolomite crystal in the calcium carbonate matrix



INGIUSTIZIA – LA RIPRESA A LUCE RADENTE RENDE PERCEPIBILE IL CONTRASTO TRA IL FONDO LAVORATO A FINTO MARMO, FREDDO E COMPATTO, ED IL RILIEVO DI ALCUNI ELEMENTI OTTENUTO “AGGRUMANDO” IL BIANCO SANGIOVANNI. DA NOTARE INOLTRE, IN ALTO, LE IMPRESSIONI (DI DITA O DI UTENSILI) SULL’INTONACO, VEROSIMILMENTE PER RENDERLO PIÙ COMPATTO E PROLUNGARNE LA LAVORABILITÀ

Injustice – Grazing light shows the contrast between the background in imitation marble, cold and compact, and the relief of some elements obtained by “clotting” the sangiovese white. Note also the impressions, left by fingers or tools, on the upper part of the plaster, probably while making it more compact and workable

MAURIZIO MARABELLI – PAOLA SANTOPADRE – MARCELLA IOELE – PIER LUIGI BIANCHETTI
ALFREDO CASTELLANO – ROBERTO CESAREO

LA TECNICA PITTORICA DI GIOTTO NELLA CAPPELLA DEGLI SCROVEGNI: STUDIO DEI MATERIALI

Giotto's painting techniques in the Scrovegni Chapel: a study of the materials

I. INTRODUZIONE

Il presente lavoro si prefigge di definire i pigmenti utilizzati da Giotto nella realizzazione del ciclo pittorico agli inizi del 1300, solo in parte già noti,¹⁾ e di documentare alcune tecniche messe in opera con particolare maestria, secondo regole ben codificate. Tali regole sono testimoniate e illustrate da Cennino Cennini, autore de *Il libro dell'arte* (fine XIV secolo),²⁾ attraverso una tradizione di bottega che, partendo da Giotto era stata tramandata allo scrittore-pittore attraverso Taddeo e Agnolo Gaddi. In particolare nel capitolo 67 del trattato vengono rigorosamente descritti i procedimenti di costruzione delle figure e degli incarnati; nello stesso capitolo si fa anche menzione della tecnica del risparmio per consentire l'emersione in superficie del colore di base degli incarnati, cioè la terra verde, si accenna a colori semplici quali le ocre, i neri (vegetale ed animale), la terra verde, il bianco sangiovanni e la biacca, ma anche a colori composti, quali le incarnazioni, il verdaccio e il cinabrese.

I colori composti in particolare erano essenziali per realizzare la tecnica dello sfumato, frequentemente utilizzata da Giotto a Padova per gli incarnati e per le vesti.

Inoltre per le vesti e i manti, nei capitoli 77-80 si indicano i procedimenti per ottenere tinte cangianti, vale a dire modulazioni del colore di base, la cui lunghezza d'onda fondamentale varia in rapporto ai chiari e agli scuri, cioè alle modalità con cui le superfici sono orientate, secondo l'artista, rispetto alla sorgente di luce incidente.

Per ulteriori approfondimenti si rimanda alla voce³⁾ in bibliografia.

2. TECNICHE ANALITICHE UTILIZZATE

Per lo studio della tecnica pittorica è stata svolta una campagna di misure di fluorescenza a raggi X dispersiva in energia (EDXRFS) applicata all'analisi dei pigmenti, corredata da misure spettrocolorimetriche.

Microprelievi sono stati effettuati per la preparazione di vetrini e per l'allestimento di sezioni stratigrafiche

I. INTRODUCTION

*The aim of this report is to define the pigments used by Giotto in carrying out the fresco cycle in the early 1300s, already indicated in part,¹⁾ and to document several techniques used with particular skill, according to well defined rules. These rules are given and illustrated by Cennino Cennini, the author of the *Il libro dell'arte* (end of the 14th century),²⁾ through a workshop tradition that, beginning with Giotto, was handed down to the writer-painter Cennini by Taddeo and Agnolo Gaddi. In particular, in Chapter 67 of the treatise, the procedures for the depiction of figures and flesh tones are described. In the same chapter there is also mention of the "risparmio" technique that allows the basic colour of the flesh tones (green earth) to show through. Mention is also made of simple colours such as the ochres, the blacks (vegetable and animal), green earth, sangiovanni white and white lead, and also composite colours such as the flesh tones, green earth and "cinabrese".*

The composite colours were essential in realizing the sfumato technique (shading), frequently used by Giotto in Padua for flesh tones and garments.

Regarding garments and cloaks, Chapters 77-80 describe the procedures for obtaining iridescent colours, or modulations of the base colour, whose fundamental wave length varies in relationship to the highlights and shadows, in other words to the manner in which the surfaces are oriented by the artist compared to the incident light source.

For further information, please entry³⁾ in the bibliography.

2. ANALYTICAL TECHNIQUES USED

In studying the pictorial technique, a series of measurements was made with energy dispersive X-ray fluorescence (EDXRFS) applied to the analysis of the pigments, accompanied by spectro-colorimetric measurements.

Microsampling was adopted for the preparation of slides and polished cross-sections observed both under a polarized

osservate sia al microscopio polarizzatore in luce riflessa e in luce ultravioletta, sia in alcuni casi al microscopio elettronico a scansione con microanalisi a raggi X (SEM-EDS). La ricerca dei leganti è stata svolta mediante misure spettrofluorimetriche⁴⁾ e pirolisi gas-massa.⁵⁾

In alcuni casi è stata utilizzata la diffrazione dei raggi X (XRD).

2.1. Analisi mediante EDXRFS

Sono stati analizzati circa 70 punti, utilizzando una strumentazione di fluorescenza a raggi X caratterizzata da un mini-tubo X con anodo di tungsteno che lavora a 35kV e 0,3mA e da un rivelatore di raggi X Si-PIN di piccole dimensioni. I tempi di misura sono stati di 100 secondi.

In Tabella 1 si riportano i risultati ottenuti con gli elementi in ordine di concentrazione decrescente; le aree di misura sono state suddivise secondo il colore.

Dall'esame della tabella si può notare:

– il ferro è presente in tutti gli spettri analizzati insieme al calcio derivante dall'intonaco;

– calcio e ferro sono pure presenti nel manto cangiante viola-rosa della figura di Caifa nel riquadro del 'Cristo deriso', nelle tre gradazioni di colore (viola chiaro, viola scuro, rosa), mentre nel manto sfumato grigio-bianco (grigio chiaro, grigio scuro, grigio molto chiaro) di Simone il Cananeo nel 'Giudizio Universale' si trovano associate anche tracce di manganese;

– sulle cornici verdi è stato rilevato ferro e calcio, mentre in due punti ('Crocefissione' e 'Strage degli Innocenti') anche rame e in uno ('Crocefissione') stagno. La vicinanza con decorazioni metalliche ancora presenti o perdute non consente di attribuire con certezza la presenza del rame al pigmento verde e non piuttosto alla preparazione per le finiture metalliche, come testimonia la presenza di stagno;

– nel verde utilizzato per vesti, foglie, mandorla, scudi, acqua è sempre presente ferro, talvolta associato a rame che è elemento prevalente nel verde della mandorla (verde chiaro e verde scuro), mentre rimane in tracce nel verde intermedio, così come prevale (in due punti su tre) nel verde utilizzato per l'acqua nel 'Battesimo di Cristo'; rame è pure prevalente nella bandiera del 'Giudizio Universale' (lato sinistro);

– sulle cornici rosse è stato messo in evidenza ferro, calcio e talvolta mercurio. Poiché però mercurio è stato pure identificato nella cornice sopra la 'Visitazione', in un punto protetto dalla stagnatura del capitello (figg. 1, 1a), si può concludere che, in questo caso, il mercurio sia pertinente alla campitura rossa superficiale (cinabro) in parte persa o alterata;

– il pigmento rosso utilizzato per le vesti, i tetti, la mandorla di 'Cristo Giudice', le decorazioni degli strombi è a base di ferro;

– i pigmenti azzurri sono a base di rame;

– le lumeggiature e le finiture superficiali sono a base di piombo o di bianco sangiovanini;

microscope with reflected and ultraviolet light, and in certain cases under the scanning electron microscope with X-ray microanalysis (SEM-EDS). Research on the binders was carried out by means of spectrofluorometric measurements⁴⁾ and gas-mass pyrolysis.⁵⁾ In several instances X-ray diffraction (XRD) was also used.

2.1. Analysis by means of EDXRFS

About 70 points were analysed, using EDXRFS instruments with an X-ray mini-tube and a tungsten anode at 35kV and 0.3mA, and an X-ray Si-PIN detector of small dimensions. The measurement time was 100 seconds. Table 1 shows the results obtained with the elements in decreasing order of concentration, the areas measured being divided according to colour.

An examination of the table showed that:

– Iron was present in all the spectra analysed, together with calcium deriving from the plaster.

– Calcium and iron were also present in the violet-red iridescent cloak of Caiaphas in the 'Mocking of Christ', in the three colour gradations (light violet, dark violet and red), while in the shaded grey-white cloak (light grey, dark grey, very light grey) of Simon the Canaanite in the 'Last Judgement' there were also traces of manganese.

– The green frames showed iron and calcium, while at two points ('The Crucifixion' and 'The Slaughter of the Innocents') there was also copper and at one point ('The Crucifixion') there was also tin. The proximity with metallic decorations (originally present and now missing) does not make it possible to attribute with certainty the presence of copper to the green pigment rather than to the preparation of the metallic finishing, as shown by the presence of tin.

– In the green used for the garments, leaves, mandorla, shields and water, iron is always present, sometimes associated with copper, which is the prevalent element in the green of the mandorla (light green and dark green), while traces of it remain in the medium green, as also occurs (in two points out of three) in the green used for the water in 'The Baptism of Christ'; copper is also present in the flag in the 'Last Judgement' (left side).

– The red frames showed iron, calcium and sometimes mercury. However, since mercury was also found on the frame above 'The Visitation', at a point protected by the tinning of the capital (figs. 1, 1a), it can be concluded that, in this case, the mercury was pertinent to the superficial red layer (cinnabar) in part lost or altered.

– The red pigment used in the garments, roofs, the mandorla with 'Christ the Judge', and the decorations of the embrasure is iron-based.

– The blue pigments are copper-based.

– The highlights and the surface finishings are lead-based or calcium-based ("bianco sangiovanini").

- lo zolfo è di origine esterna;
- manganese, cromo e titanio se presenti nei verdi possono derivare da impurezze associate ai minerali tipici della terra verde (glauconite e/o celadonite); il manganese da solo, presente su campiture scure o nere potrebbe essere ricondotto all'utilizzo di pirolusite (biossido di manganese).

2.2. Osservazioni stratigrafiche

Al fine di individuare i pigmenti utilizzati nonché la successione delle stesure pittoriche, sono state effettuate osservazioni stratigrafiche di sezioni lucide al microscopio polarizzatore in luce riflessa, talvolta anche al SEM-EDS, oltre la lettura di vetrini al microscopio polarizzatore e analisi XRD - riportate in Tabella 2 - che hanno condotto ai seguenti risultati:

Azzurri

Il pigmento utilizzato per l'azzurro è solo l'azzurrite sia per i fondi che per i manti.

Particolare attenzione è stata posta nello studio della stesura del pigmento per individuarne eventuali sovrapposizioni e a tal fine sono state preparate dieci sezioni.

Dall'esame delle sezioni provenienti dai fondi si nota uno strato preparatorio bianco di calce carbonata con pigmento nero costituito da nero animale (prevalente) e nero vegetale di spessore compreso tra 40 e 60 micron e uno strato azzurro (azzurrite) di spessore compreso tra 80 e 200 micron; talvolta è pure visibile un sottile strato rosso (disegno preparatorio, figg. 2-4).

L'osservazione al SEM-EDS mette in evidenza una granulometria del pigmento disomogenea mentre calcio è presente nello strato pittorico azzurro almeno per i primi 50-80 micron (fig. 4a).

Nei manti l'azzurrite è stesa direttamente sull'intonaco, con spessore variabile tra 80 e 160 micron (figg. 5-5a). Nel campione prelevato sul manto della Madonna nell'Adorazione dei Magi si può osservare uno strato bianco (20 micron) sotto l'azzurrite (fig. 6): l'analisi al SEM-EDS ha messo in evidenza, in questo strato, la presenza di piombo (biacca) associato al rame (fig. 6a).

L'analisi effettuata mediante microspettrofluorimetria sulle sezioni di azzurrite ha individuato la presenza di uovo sia nell'intonaco che nello strato pittorico.⁶⁾

Le lumeggiature dei manti sono ottenute con stesure di biacca (spessore di circa 20 micron, fig. 7) data con un legante oleoso in cui sono presenti tracce di uovo,⁷⁾ mentre nella manica della veste di Gioacchino nel riquadro 'Gioacchino e Anna alla Porta Aurea' la lumeggiatura è ottenuta con una unica stesura di biacca e azzurrite sull'intonaco, in cui è visibile il disegno preparatorio. Tale strato mostra una fluorescenza gialla in luce ultravioletta (figg. 8, 8a).

Le tonalità più chiare dell'azzurro (manto di Maria nello 'Sposalizio della Vergine', lo sfondo della finestra, la veste di un soldato in 'Noli me tangere') sono ottenute aggiungendo all'azzurrite bianco sangiovanini e/o biacca (vedi Tabella 2).

- The sulphur is of external origin;

- Manganese, chrome and titanium present in the greens could derive from impurities associated with the typical minerals present in the green earth (glauconite and/or celadonite); the manganese alone, present in dark or black background paintings could derive from the use of pyrolusite (manganese dioxide).

2.2. Stratigraphic observations

In order to determine the pigments used and the succession of paint layers, stratigraphic observations were carried out on polished sections under the polarized microscope in reflected light, sometimes also with SEM-EDS, in addition to examination of pigments under the polarized microscope and by means of XRD analysis - as shown in Table 2. This gave the following results:

Blues

The only pigment used for blue was azurite both for the background and for the cloaks.

Particular attention was given to the study of the layer of pigment in order to determine any overlapping. Ten sections were prepared for this purpose.

Examination of sections of the background reveals a preparatory white layer of calcium carbonate with black pigment of animal origin (prevalent) and vegetable with a thickness between 40 and 60 microns and a blue layer (azurite) between 80 and 200 microns. Sometimes a red layer is also visible (preparatory drawing, figs. 2-4).

Observation with SEM-EDS shows an un-homogenous size of the pigment while calcium is present in the blue paint layer at least in the first 50-80 microns (fig. 4a).

The azurite for the cloaks is applied directly onto the plaster, with a thickness varying from 80 to 160 microns (figs. 5-5a). In the sample taken from Mary's cloak in the Adoration of the Magi, a white layer (20 microns) under the azurite (fig. 6) is visible. Analysis with SEM-EDS showed, in this layer, the presence of lead (white lead) combined with copper (fig. 6a).

Analysis with microspectrofluorometric on the azurite sections showed the presence of egg both in the plaster and in the paint layer.⁶⁾

The highlights of the cloaks are obtained with layers of white lead (about 20 microns thick, fig. 7) applied with an oily binder containing traces of egg,⁷⁾ while in the sleeve of Joachim's garment in the fresco Joachim and Anna at the Golden Gate, the highlight is painted with one layer of white lead and azurite on the plaster, where the preparatory drawing is visible. This layer shows a yellow fluorescence under ultraviolet light (figs. 8, 8a).

The lightest tones of the blue (cloak of Mary in 'Marriage of the Virgin', the background of the window, the garment of a soldier in 'Noli me tangere') were obtained by adding a white pigment to the azurite (sangiovanini white and/or white lead; see Table 2).

In alcuni punti, molto limitati rispetto all'ampiezza delle stesure, è stata evidenziata azzurrite modificata in paratacamite (cloruro basico di rame, vedi Tabella 2). L'alterazione è stata messa in evidenza sulla volta in prossimità dell'arco trionfale e della controfacciata, sull'arco trionfale e nella decorazione antistante lo stesso arco trionfale. In particolare sulla volta, vicino ad una infiltrazione pregressa, l'alterazione era visibile nella stesura pittorica a contatto con l'intonaco (fig. 9). L'analisi al SEM-EDS ha evidenziato la presenza di cloro in questo strato (fig. 9a).

Di altra natura sembra essere l'inscurimento sia dell'azzurro che del bianco (delle nuvole) evidenziato nel riquadro dell'Ascensione: la presenza di ossalato di calcio (weddelite, vedi Tabella 2) con azzurrite e calcite indurrebbe ad ipotizzare l'alterazione di un materiale organico sovrapposto.

Bianchi

Come pigmenti bianchi sono stati individuati bianco sangiovanini e biacca.

La cornice bianca di un riquadro 'Giacchino tra i pastori' presenta tre strati sovrapposti a calce con spessore di circa 30 micron (fig. 10).

Biacca è stata evidenziata nelle finiture superficiali degli scudi e delle armature degli angeli nel 'Giudizio Universale' (parte destra (fig. 11), sulla bandiera verde con il trono nel 'Giudizio Universale' (parte sinistra (fig. 12), così come nella colomba e nella mitria del mezzobusto raffigurante San Gregorio (cfr. fig. 24).

In particolare l'osservazione al SEM-EDS sul campione prelevato da uno scudo rosso ha messo in evidenza una stesura di biacca (spessore variabile tra 30-100 micron) sopra una campitura realizzata con ocre rosse (fig. 11a).

La finitura bianca sull'armatura verde degli angeli è realizzata con una stesura di biacca molto fluorescente (spessore 30 micron) su terra verde (spessore 80 micron, fig. 11b), così come il raggio bianco del trono sulla bandiera verde ottenuta sempre con un silicato di potassio e ferro (terra verde) miscelato con calce (fig. 12a). Su questo campione è stata effettuata anche la mappa per il rame, poiché l'analisi EDXRFS ne segnalava la presenza. In effetti il rame è presente anche se in misura molto modesta (segnale poco superiore al rumore di fondo), mentre l'osservazione microscopica del pigmento ha evidenziato la presenza di azzurrite, terra verde e tracce di resinato di rame per cui è probabile che il segnale di fluorescenza per il rame sia riconducibile principalmente all'azzurrite.

In tutti i casi (tranne la decorazione della bandiera verde) l'indagine microspettrofluorimetrica ha messo in evidenza che la biacca è stata mescolata con olio e tracce di uovo, mentre uovo è sempre presente nella stesura sottostante. Nella decorazione sulla bandiera verde (raggi bianchi) invece è presente uovo sia nello strato bianco che verde.⁸⁾ È possibile, in questo caso, che il legante utilizzato per la biacca sia penetrato anche nello strato sottostante.

La ricerca dei leganti è stata effettuata anche mediante pirolisi gas-massa: con tale tecnica è stata messa in evidenza la presenza di un legante lipidico nei campioni contenenti biacca, ma il tipo di risposta ottenuto non

In several points, which were very limited compared to the breadth of the paintings, there was evidence of azurite modified into paratacamite (basic chloride of copper, see Table 2). The alteration was evident on the vault near the triumphal arch and the inside wall of the façade, on the main arch itself and in the decoration facing the arch. Particularly on the vault, near a previous infiltration, the alteration was visible in the paint layer in contact with the plaster (fig. 9). The SEM-EDS analysis indicated the presence of chlorine in this layer (fig. 9a).

The darkening of both the blue and the white (in the clouds) in the 'Ascension' painting seems to be of a different kind: the presence of calcium oxalate (see Table 2) with azurite and calcite leads to the conclusion that the alteration could result from a degraded superimposed organic material.

Whites

Sangiovanini white and white lead pigments were identified.

The white frame of a painting ('Joachim among the Shepherds') has three superimposed layers of calcium carbonate with a thickness of about 30 microns (fig. 10).

White lead was found in the superficial finishing of the shields and armours of the angels in the 'Last Judgement' (part to the right fig. 11), on the green flag with the throne in the 'Last Judgement' (part to the left fig. 12), as well as in the dove and in the mitre of the half-length figure of Saint Gregory (cfr. fig. 24).

In particular, observation with SEM-EDS on the sample from a red shield showed a layer of lead white (thickness varying from 30 to 100 microns) over a background of red ochre (fig. 11a).

The white finishing on the green armour of the angels is achieved with a very fluorescent layer of white lead (thickness 30 microns) on green earth (thickness 80 microns, fig. 11b), as the white ray of the throne on the green flag, again obtained with a silicate of potassium and iron (green earth) mixed with calcium carbonate (fig. 12a). A map of the copper was also made for this sample, since the EDXRFS analysis indicated its presence. In effect, copper is also present in small amounts (a signal slightly greater than the background noise), while observation of the pigment under the microscope indicated the presence of azurite, green earth and traces of copper resinates. It is therefore possible that the signal of EDXRFS for the copper is mainly due to the azurite.

In all the cases (except for the decoration of the green flag), the microspectrofluorometric investigation indicated that the white lead was mixed with oil and traces of egg, while egg is always present in the lower layer. Instead, in the decoration of the green flag (white rays), egg is present both in the white and in the green⁸⁾ layer. It is possible in this case that the binder used for the white lead had also penetrated the layer underneath.

Research on the binders was also carried out by means of gas-mass pyrolysis. This technique indicated the presence of a lipidic binder in samples containing white lead but the

consente di effettuare un riconoscimento sicuro (potrebbe trattarsi di un olio siccativo) né, d'altra parte, con questa tecnica è possibile attribuire il segnale ottenuto alla pellicola pittorica o all'intonaco sottostante.⁹⁾

Verdi

In tutte le stesure verdi è stato evidenziato ferro, talvolta associato con rame. L'osservazione mineralogica ha evidenziato l'utilizzo di terra verde a volte miscelata con azzurrite (verde scuro della mandorla di 'Cristo Giudice') o con resinato di rame (acqua nel 'Battesimo di Gesù'), mentre resinato di rame è stato utilizzato per le decorazioni delle aureole. Su una di queste decorazioni 'Resurrezione di Lazzaro' è stata effettuata anche l'analisi mediante pirólisi gas-massa che ha evidenziato la presenza di una resina pinacea (associabile al resinato di rame) probabilmente stesa con un legante lipidico.¹⁰⁾

Terra verde è stata evidenziata (vedi Tabella 2) nelle stesure degli strati sovrapposti presenti nella nicchia dell'abside.

L'osservazione della sezione proveniente dalla cornice verde del riquadro 'Noli me Tangere', ha messo in evidenza uno strato giallo con inclusi neri (60 micron) sottostante uno strato verde (40 micron, fig. 13).

L'analisi al SEM-EDS ha consentito di individuare la presenza di ferro (terra verde e ocre gialla) e calcio in entrambi gli strati: più abbondante nel secondo rispetto al primo (fig. 13a). In questi strati è stato messo in evidenza anche un legante proteico.¹¹⁾

Più difficile l'individuazione del pigmento verde con il quale sono state realizzate le palme del 'Giudizio Universale' (parte sinistra, fig. 14). L'osservazione della sezione stratigrafica al microscopio ottico in luce riflessa mostra una stesura verde (50 micron) su uno strato giallo addizionato con pigmento nero (30 micron, fig. 14a). L'analisi al SEM-EDS mostra una sovrapposizione rame/cloro per il verde, mentre ferro è presente nel giallo sottostante; tracce di piombo sono presenti nel primo strato (fig. 14b). Un risultato analogo era stato già evidenziato (dati degli autori non pubblicati) per due campiture verdi presenti nella Basilica di San Francesco ad Assisi sia nella parte inferiore (navata, decorazione verde dei costoloni) che superiore (Maestro Oltremontano, veste verde del terzo apostolo): in entrambi i casi è stata evidenziata una sovrapposizione del segnale Cu/Cl. L'osservazione al microscopio polarizzatore indicherebbe l'utilizzo sia ad Assisi che a Padova di un pigmento organico verde (probabile resinato di rame), in parte modificato o miscelato con un pigmento contenente cloro.

Rossi

Sono state individuate ocre rosse, cinabro, una lacca rossa.

Le cornici rosse dei riquadri sono costituite da due strati rossi sovrapposti: uno di ocre rossa miscelata con calce carbonatata (80 micron), l'altro superficiale (20 micron) e parzialmente alterato, costituito da cinabro associato al calcio, (figg. 15, 15a). In entrambi gli strati è stata messa in evidenza la presenza di uovo come legante.¹²⁾ Cinabro è pure presente nella bandiera della 'Crocefissione' (vedi Tabella 2), nelle ferite dei

type of response obtained did not allow a definitive recognition (it could have been a drying oil) and, on the other hand, it is impossible with this technique to attribute the signal obtained to the paint film or to the plaster underneath.⁹⁾

Greens

Throughout the green layers there is evidence of iron, sometimes associated with copper. The mineralogical observation indicated the use of green earth, sometimes mixed with azurite (dark green in the mandorla of 'Christ the Judge') or with a resin of copper (water in the 'Baptism of Jesus'), while resin of copper was used for the decorations of the halos. On one of these decorations ('Resurrection of Lazarus') analysis with gas-mass pyrolysis was also performed, which indicated the presence of a Pine resin (associated with the copper resin) probably applied with a lipidic binder.¹⁰⁾

Green earth was found (see Table 2) in the superimposed layers in the niche of the apse.

Observation of the section of the green frame of the 'Noli me Tangere' painting showed a yellow layer with some black pigment (60 microns) beneath a green layer (40 microns, fig. 13).

Analysis with SEM-EDS indicated the presence of iron (green earth and yellow ochre) and calcium in both layers. It was more abundant in the second layer than in the first (fig. 13a). In these layers there was also evidence of a protein-based binder.¹¹⁾

It was more difficult to identify the green pigment of the palms in the 'Last Judgement' (left part fig. 14).

Observation of the cross-section under the microscope with reflected light shows a green layer (50 microns) on a yellow layer with the addition of black pigment (30 microns, fig. 14a). SEM-EDS analysis shows a first layer of copper/chlorine for the green, while iron is present in the underlying yellow. Traces of lead are present in the first layer (fig. 14b). A similar result had already been obtained (unpublished data) for two green backgrounds in the Basilica of Saint Francis of Assisi, both in the lower part (nave, green decoration of the ribs) and in the upper part (Oltremontane master, green garment of the third apostle). In both cases, there was overlapping of the Cu/Cl signals. Observation under the polarized microscope indicated the use (both in Assisi and in Padua) of an organic green pigment (probably copper resin) partly modified or mixed with a pigment containing chlorine.

Reds

Red ochre, cinnabar and a red lake were found.

The red frames of the paintings are made of two superimposed red layers: one of red ochre mixed with calcium carbonate (80 microns), the other superficial (20 microns) and partially altered, consisting of cinnabar associated with calcium carbonate (figs. 15, 15a). In both layers, egg was found as a binder.¹²⁾ Cinnabar is also present in the flag in

bambini nella 'Strage degli Innocenti' mescolata con una lacca rossa e nelle fiammelle della 'Pentecoste' con biacca e lacca rossa. In molti campioni di ocre rosse sono presenti tracce di cinabro, probabilmente per esaltare la tonalità del colore rosso.

Neri

La stesura di nero del 'Giudizio Universale' (fig. 16), di circa 40 micron di spessore, è risultata costituita da nero animale (prevalente) e nero vegetale associati al calcio (fig. 16a) e stesi con un legante organico.¹³⁾

Gialli

Le stesure gialle sono costituite da ocre. Una sola situazione è risultata molto particolare ed è un giallo molto brillante presente nel 'Giudizio Universale', parte sinistra (fig. 17).

Su questo punto l'analisi di fluorescenza a raggi X dava un segnale non solo per il calcio e il ferro ma anche per il piombo e il rame. La successiva verifica al SEM-EDS non ha però confermato né la presenza del piombo né del rame mentre ha rilevato alluminio soprastante uno strato (10 micron) di gesso (fig. 17a, b) che potrebbe denotare l'uso di un fissativo nella preparazione di un colore organico giallo di finitura. Infatti l'osservazione al microscopio polarizzatore confermerebbe la presenza di un pigmento organico. Più difficile spiegare la presenza dello strato di gesso sottostante così come l'identificazione di tale pigmento in un solo punto.

the 'Crucifixion' (see Table 2), in the wounds of the children in 'The Slaughter of the Innocents' mixed with red lake and in the tongues of fire in the 'Pentecost' mixed with white lead and crimson lake. In many samples of red ochre are present traces of cinnabar probably added to enhance the glue of the red colour.

Blacks

The black layer in the 'Last Judgement' (fig. 16), about 40 microns thick, consisted of animal black (predominant) and vegetable black associated with calcium carbonate (fig. 16a) and applied with an organic binder.¹³⁾

Yellows

The yellow layers are made of ochre. The only unusual case is a very bright yellow pigment in the 'Last Judgement', on the left (fig. 17).

For this point, the X-ray analysis produced a signal not only for calcium and iron but also for lead and copper. However, a later control with SEM-EDS did not confirm the presence either of lead or copper but revealed aluminium over a layer (10 microns) of gypsum (fig. 17a, b). This could denote the use of a fixative in the preparation of an organic yellow finishing colour. In fact, observation under the polarizing microscope confirmed the presence of an organic pigment. It is difficult to explain the presence of the layer of gypsum underneath, as it is to explain also the presence of this pigment at only one point.

Tabella 1 – Analisi dei pigmenti mediante EDXRF
Table 1 – Analysis of pigments by means of EDXRF

Punto di misura <i>Measurement point</i>	Elementi evidenziati <i>Elements revealed</i>
Azzurri Blues	
'Gioacchino allontanato dal Tempio', azzurro della manica della veste di Gioacchino <i>'Joachim turned away from the Temple', blue in the arm of Joachim's sleeve</i>	Cu, Pb, Ca, Fe, S
'Sposalizio di Maria', manto azzurro di Giuseppe <i>'Marriage of Mary', Joseph's blue cloak</i>	Cu, Ca, Pb, Fe
'Sposalizio di Maria', manto azzurro di donna <i>'Marriage of Mary', woman's blue cloak</i>	Cu, Ca, Fe
'Strage degli Innocenti', manto della madre, blu con lumeggiatura bianca <i>'Slaughter of the Innocents', mother's cloak, blue with white highlight</i>	Cu, Pb, Ca, Fe
'Fuga in Egitto', manto azzurro di Maria <i>'Flight into Egypt', Mary's blue cloak</i>	Cu, Ca, Fe, Pb
'Resurrezione di Lazzaro', azzurro di fondo <i>'Resurrection of Lazarus', blue of background</i>	Cu, Fe, Ca

segue Tabella 1

continua Tabella 1 – Analisi dei pigmenti mediante EDXRFs
 Table 1 – Analysis of pigments by means of EDXRFs

Punto di misura <i>Measurement point</i>	Elementi evidenziati <i>Elements revealed</i>
Verdi Greens	
'Incontro di Gioacchino e Anna alla Porta Aurea', cornice verde <i>'Meeting of Joachim and Anne at the Golden Gate', green frame</i>	Ca, Fe, K
'Giudizio Universale', lato sinistro, bandiera verde <i>'Last Judgement', left side, green flag</i>	Cu, Ca, Pb, Fe
'Giudizio Universale', lato destro, scudo verde <i>'Last Judgement', right side, green shield</i>	Fe, Ca, Cr, Pb(tr)
'La Deposizione', verde del manto di una pia donna <i>'Taking Down from the Cross', green of woman's cloak</i>	Ca, Fe, Mn, Ti
'Crocefissione', cornice verde <i>'Crucifixion', green frame</i>	Fe, Ca, Cu, Sn
'Giudizio Universale', verde intermedio della mandorla <i>'Last Judgement', medium green of the mandorla</i>	Ca, Fe, Cu
'Giudizio Universale', verde chiaro della mandorla <i>'Last Judgement', light green of the mandorla</i>	Cu, Ca, Fe
'Giudizio Universale', verde scuro della mandorla <i>'Last Judgement', dark green of the mandorla</i>	Cu, Ca, Fe
'Giudizio Universale', verde di una palma <i>'Last Judgement', green of palms</i>	Pb, Ca, Cu, Fe, S
'Strage degli Innocenti', cornice verde <i>'Slaughter of the Innocents', green frame</i>	Fe, Ca
Stessa zona, punto vicino decorazione metallica perduta <i>Same area, point near lost metallic decoration</i>	Fe, Ca, Cu
'Entrata a Gerusalemme', cornice verde <i>'Entrance into Jerusalem', green frame</i>	Ca, Fe
'Resurrezione di Lazzaro', manto verde di un ragazzo <i>'Resurrection of Lazarus', green cloak of a boy</i>	Fe, Ca
'Resurrezione di Lazzaro', albero, foglie verdi <i>'Resurrection of Lazarus', tree, green leaves</i>	Fe, Ca
'Nozze di Cana', parete di fondo <i>'Wedding Feast at Cana', wall in background</i>	Ca, Fe, S, Ti
'Fuga in Egitto', manto di un ragazzo, verde chiaro <i>'Flight into Egypt', cloak of a boy, light green</i>	Ca, Fe
Stessa zona, verde scuro <i>Same area, dark green</i>	Ca, Fe
'Battesimo di Gesù', verde dell'acqua a destra di Gesù <i>'Baptism of Jesus', green water to the right of Jesus</i>	Ca, Fe, Cu, Pb(tr)

segue Tabella 1

continua Tabella 1 – Analisi dei pigmenti mediante EDXRFS
 Table 1 – Analysis of pigments by means of EDXRFS

Punto di misura <i>Measurement point</i>	Elementi evidenziati <i>Elements revealed</i>
Verdi Greens	
Stessa zona, verde dell'acqua a sinistra di Gesù <i>Same area, green of the water to the left of Jesus</i>	Ca, Fe, Cu, Pb(tr)
Stessa zona, verde dell'acqua a sinistra di Gesù <i>Same area, green of the water to the left of Jesus</i>	Ca, Fe, Pb(tr)
Strombo finestra a sinistra della 'Strage degli Innocenti', decorazione verde <i>Embrasure window to the left in 'Slaughter of the Innocents', green decoration</i>	Ca, Fe
Bianchi Whites	
'Battesimo di Cristo', tracce della colomba <i>'Baptism of Christ', traces of the dove</i>	Cu, Pb, Ca, Fe, S
'Visitazione', velo bianco <i>'Visitation', white veil</i>	Ca, Fe, Pb, S
'Gioacchino tra i pastori', pecora <i>'Joachim among the Shepherds', sheep</i>	Pb, Ca, Fe, S
'Giudizio Universale', lato sinistro, bianco del trono sulla bandiera verde <i>'Last Judgement', left side, white of throne on green flag</i>	Pb, Ca, Fe, S
'Giudizio Universale', lato destro, scudo verde con decori bianchi <i>'Last Judgement', right side, green shield with white decorations</i>	Pb, Fe, Ca, Cr, S
Rossi Reds	
'Giudizio Universale', lato destro, rosso della bandiera crociata <i>'Last Judgement', right side, red in cruciform flag</i>	Ca, Fe
'Giudizio Universale', lato destro, bandiera rossa <i>'Last Judgement', right side, red flag</i>	Fe, Ca, Pb, Mn (tr)
'Crocefissione', cornice rossa <i>'Crucifixion', red frame</i>	Ca, Fe, S
'Crocefissione', bandiera rossa alterata <i>'Crucifixion', altered red in flag</i>	Cu, Hg, Fe, Ca, S
'Il bacio di Giuda', fiamma rossa in alto <i>'Kiss of Judas', red flame in upper part</i>	Ca, Fe, Cu
'Il bacio di Giuda', cornice rossa alterata <i>'Kiss of Judas', altered red frame</i>	Ca, Fe, Hg, S

segue Tabella 1

continua Tabella 1 – Analisi dei pigmenti mediante EDXRFS
 Table 1 – Analysis of pigments by means of EDXRFS

Punto di misura <i>Measurement point</i>	Elementi evidenziati <i>Elements revealed</i>
Rossi Reds	
'Cristo deriso', rosa del manto di Caifa 'Mocking of Christ', pink of Caiaphas' cloak	Ca, Fe
'Cristo deriso', cornice rossa alterata 'Mocking of Christ', altered red frame	Fe, Ca, Hg
'Strage degli Innocenti', tetto rosso 'Slaughter of the Innocents', red roof	Ca, Fe
'Strage degli Innocenti', mantello rosso di Erode 'Slaughter of the Innocents', red cloak of Herod	Ca, Fe
'Strage degli Innocenti', cornice rossa 'Slaughter of the Innocents', red frame	Fe, Hg, Ca, S
Strombo finestra a sinistra della 'Strage degli Innocenti', decorazione rossa Embrasure window to the left of 'Slaughter of the Innocents', red decoration	Fe, Ca
'Natività', veste rossa della Madonna 'Nativity', red garment of Mary	Ca, Fe
'Visitazione', veste rossa della Madonna 'Visitation', red garment of Mary	Ca, Fe
'Maria Maddalena', manto rosso 'Mary Magdalene', red cloak	Ca, Fe, S
'Presentazione di Gesù al Tempio', veste rossa di Gesù 'Presentation of Jesus in the Temple', red garment of Jesus	Ca, Fe
'Presentazione di Gesù al Tempio', manto di una assistente, rosa/grigio-verde 'Presentation of Jesus in the Temple', assistant's garment, pink/grey-green	Ca, Fe
'Visitazione', cornice rossa sotto stagno alterato 'Visitation', red frame under altered tin	Ca, Hg, Sn, Fe, Cu, S
'Strage degli Innocenti', ferita del bambino 'Slaughter of the Innocents', child's wound	Ca, Fe, Hg, S
'Pentecoste', fiammella su aureola di Tommaso 'Pentecost', flame on halo of Thomas	Pb, Ca, Fe, Au, S
Viola Violet	
'Crocefissione', asta bandiera 'Crucifixion', flag pole	Cu, Fe, Ca, Pb
'Cristo deriso', manto di Caifa, viola chiaro 'Mocking of Christ', Caiaphas' cloak, light violet	Ca, Fe

segue Tabella 1

continua Tabella 1 – Analisi dei pigmenti mediante EDXRFS
 Table 1 – Analysis of pigments by means of EDXRFS

Punto di misura <i>Measurement point</i>	Elementi evidenziati <i>Elements revealed</i>
Viola Violet	
Stessa zona, viola scuro <i>Same area, dark violet</i>	Ca, Fe
'Il bacio di Giuda', manto di Caifa, viola chiaro <i>'Kiss of Judas', Caiaphas' cloak, light violet</i>	Ca, Fe
'Strage degli Innocenti', manto di donna piangente, viola <i>'Slaughter of the Innocents', cloak of crying woman, violet</i>	Ca, Fe
Grigi e Neri Greys and Blacks	
'Il bacio di Giuda', grigio/viola del manto del personaggio di spalle <i>'Kiss of Judas', grey/violet of the cloak of the figure seen from back</i>	Ca, Pb, Fe, S
'Giudizio Universale', manto di Simone il Cananeo, grigio chiaro <i>'Last Judgement', cloak of Simon the Canaanite, light grey</i>	Ca, Fe, S, Mn (tr)
Stessa zona, grigio scuro <i>Same area, dark grey</i>	Ca, Fe, S, Mn (tr)
Stessa zona, grigio bianco <i>Same area, grey white</i>	Ca, Fe, S, Mn (tr)
'Giudizio Universale', parte destra, grigio del corpo del diavolo <i>'Last Judgement', right part, grey of devil's body</i>	Ca, Fe, S
'Giudizio Universale', parte destra, fondo nero <i>'Last Judgement', right part, black background</i>	Ca, Fe, S, Mn (tr)
'Giudizio Universale', parte destra, grigio del corpo di un diavolo <i>'Last Judgement', right part, grey of a devil's body</i>	Ca, Fe, S
'Giudizio Universale', parte destra, fondo nero <i>'Last Judgement', right part, black background</i>	Ca, Fe, S, Mn (tr)
'Presentazione di Gesù al Tempio', manto di una assistente, grigio-verde/rosa <i>'Presentation of Jesus in the Temple', assistant's cloak, grey-green/pink</i>	Ca, Fe
Gialli Yellows	
'Visitazione', veste gialla di Elisabetta <i>'Visitation', yellow garment of Elisabeth</i>	Ca, Fe
'Strage degli Innocenti', tetto giallo <i>'Slaughter of the Innocents', yellow roof</i>	Ca, Fe
'Giudizio Universale', arancio della mandorla <i>'Last Judgement', orange of the mandorla</i>	Ca, Fe
'Giudizio Universale', giallo della mandorla <i>'Last Judgement', yellow of the mandorla</i>	Ca, Fe

segue Tabella 1

continua Tabella 1 – Analisi dei pigmenti mediante EDXRFS
 Table 1 – Analysis of pigments by means of EDXRFS

Punto di misura <i>Measurement point</i>	Elementi evidenziati <i>Elements revealed</i>
Gialli <i>Yellows</i>	
'Giudizio Universale', parte sinistra, tracce di veste gialla <i>'Last Judgement', left part, traces of yellow cloth</i>	Ca, Fe, Cu, Pb, S
Bruni-Bruni scuri <i>Browns-Dark Browns</i>	
'Fuga in Egitto', manto di San Giuseppe marrone chiaro <i>'Flight into Egypt', cloak of St. Joseph, light brown</i>	Ca, Fe
Stessa zona, marrone medio <i>Same area, medium brown</i>	Ca, Fe
Stessa zona, marrone scuro <i>Same area, dark brown</i>	Ca, Fe
'Presentazione di Gesù al Tempio', manto della profetessa Anna, giallo bruno <i>'Presentation of Jesus in the Temple', cloak of Anne the Prophetess, yellow brown</i>	Ca, Fe
'Natività', muso bruno scuro del bue <i>'Nativity', brown snout of the ox</i>	Ca, Fe
'Natività', zampa bruna del bue <i>'Nativity', brown leg of the ox</i>	Ca, Fe
'Incontro di Gioacchino e Anna alla Porta Aurea', manto della vedova, nero <i>'Meeting of Joachim and Anne at the Golden Gate', widow's cloak, black</i>	Ca, Fe, Ti

Tabella 2 – Analisi XRD dei pigmenti
 Table 2 – XRD analysis of pigments

Pigmento <i>Pigment</i>	Area prelievo <i>Area of sample</i>	Componenti <i>Components</i>
Verde <i>Green</i>	'Ascensione', cornice <i>'Ascension', frame</i>	Gesso, glauconite, weddellite <i>Gypsum, glauconite, weddellite</i>
Verde <i>Green</i>	Abside, sopra ipotetica copertura della nicchia <i>Apse, above hypothetical covering of the niche</i>	Glauconite, celadonite, calcite <i>Glauconite, celadonite, calcite</i>
Verde, <i>Green</i>	Abside, verde all'interno della nicchia <i>Apse, green inside the niche</i>	Glauconite, celadonite, calcite <i>Glauconite, celadonite, calcite</i>
Rosso alterato <i>Altered red</i>	'Cristo deriso', cornice <i>'Mocking of Christ', frame</i>	Cinabro, weddellite, calcite, ematite <i>Cinnabar, weddellite, calcite, haematite</i>
Rosso alterato <i>Altered red</i>	'Crocefissione', bandiera <i>'Crucifixion', flag</i>	Cinabro, azzurrite <i>Cinnabar, azurite</i>

segue Tabella 2

continua Tabella 2 – Analisi XRD dei pigmenti
 Table 2 – XRD analysis of pigments

Pigmento <i>Pigment</i>	Area prelievo <i>Area of sample</i>	Componenti <i>Components</i>
Azzurro alterato (inverdimento) <i>Altered blue (turned greenish)</i>	'Arco trionfale', fondo <i>'Triumphal Arch', background</i>	Paratacamite, azzurrite <i>Paratacamite, azurite</i>
Azzurro alterato (inverdimento) <i>Altered blue (turned greenish)</i>	Volta, vicino arco trionfale <i>Vault, near triumphal arch</i>	Azzurrite, paratacamite, gesso, weddellite <i>Azurite, paratacamite, gypsum, weddellite</i>
Azzurro alterato (inverdimento) <i>Altered blue (turned greenish)</i>	Volta, vicino la controfacciata <i>Vault, near inside wall of façade</i>	Azzurrite, paratacamite, quarzo, gesso <i>Azurite, paratacamite, quartz, gypsum</i>
Azzurro chiaro <i>Light blue</i>	'Noli me tangere', veste di un soldato <i>'Noli me tangere', garments of a soldier</i>	Azzurrite, idrocerussite, calcite, weddellite <i>Azurite, hydrocerussite, calcite, weddellite</i>
Nero di alterazione su azzurro <i>Black alteration on blue</i>	'Ascensione', alterazione nera del cielo <i>'Ascension', black alteration of the sky</i>	Azzurrite, weddellite, calcite <i>Azurite, weddellite, calcite</i>
Bianco inscurito <i>Darkened white</i>	'Ascensione', nuvole inscurite <i>'Ascension, darkened clouds</i>	Azzurrite, weddellite, calcite <i>Azurite, weddellite, calcite</i>

2.3. Caratterizzazione di pigmenti mediante misure spettrocolorimetriche (figg. 18-24).

L'analisi spettrocolorimetrica è stata applicata su alcune aree della pellicola pittorica, a restauro ultimato, per documentare cromaticamente alcuni degli aspetti della tecnica pittorica di Giotto, quale lo sfumato e i cangianti sui manti e la tecnica del risparmio sugli incarnati.

Dall'esame del testo del Cennini e in particolare dai capitoli 63, 77, 78, 79, 80 si può facilmente comprendere, per via analogica, la complessità della costruzione dello strato pittorico giottesco, sia per quanto riguarda gli incarnati, sia per quanto riguarda i manti e le vesti. È evidente infatti che nella stesura delle vesti e dei manti Giotto fa ampiamente uso sia della tecnica dello sfumato che di quella dei cangianti.

Per realizzare gli sfumati Giotto utilizza principalmente una tinta di base, diluita progressivamente con un colore bianco (bianco sangiovanni), in modo da realizzare, attraverso stesure progressive e assai minuziose uno sfumato continuo, che cromaticamente mostra una variazione della brillantezza (L) e di una sola delle componenti cromatiche (a o b), senza che si modifichi sostanzialmente la tonalità fondamentale.

La tecnica dei cangianti invece prevede una variazione della tonalità fondamentale attraverso almeno tre stadi successivi, con brillantezza in progressiva diminuzione a partire da una tonalità chiara, corrispondente alla zona idealmente illuminata, per poi passare a una tonalità intermedia, per finire con una stesura

2.3. Characterization of pigments by means of spectrocolorimetric measurements (figs. 18-24).

After restoration, spectro-colorimetric analysis was applied to several areas of the paint film in order to document chromatically several aspects of Giotto's painting technique, such as the sfumato (shading), the cangiante (iridescent effect) of the cloaks, and the risparmio (semi-transparent) technique used for the flesh tones.

From an examination of Cennini's treatise, especially chapters 63, 77, 78, 79 and 80, it is easy to understand, by analogy, the complexity of the construction of Giotto's paint layers, regarding both the flesh tones, the cloaks and garments. In fact, it is obvious that in the garment and cloak layers, Giotto makes ample use of both the sfumato and cangiante techniques.

In realizing the sfumati, Giotto used mainly a basic tint, progressively diluted with a white colour (sangiovanni white), in order to produce, by successive thin layers a continuous sfumato that chromatically shows a variation in brilliance (L) and only one of the chromatic components (a or b), without substantially modifying the basic tone.

Instead, the iridescence technique requires a variation in the basic tone involving at least three successive stages in which brilliance progressively diminishes, beginning with the light tone of the ideally illuminated area and sliding to a medium tone before ending with a layer of dark colour in the

di colore scuro della zona in ombra, che presenta un minore valore di L. Nel passare dalle zone in luce alle zone in ombra, tuttavia, si ha un variare di entrambe le componenti cromatiche a e b, in quanto si modifica la tonalità fondamentale.

Nella costruzione degli incarnati Giotto si attiene alle raccomandazioni del Cennini, che consiglia di stendere l'“incarnazione” in alcuni punti, in strato molto sottile, in modo da mettere in evidenza il sottostante strato di terra verde, mediante il classico procedimento del risparmio.

Mediante la spettrocolorimetria, inoltre, si è voluta anche acquisire una documentazione delle caratteristiche cromatiche di alcuni pigmenti impiegati, come già visto, con tecniche differenti.

Nelle tabelle che seguono sono mostrati a titolo di esempio i dati colorimetrici (espressi come coordinate di colore nello spazio CIELab) di alcune zone dipinte con il procedimento dello sfumato e dei cangianti, insieme alla composizione dei pigmenti, individuati mediante le tecniche precedentemente discusse (XRD, EDXRFS, analisi microscopica) o dedotte dal testo del Cennini. Nelle Tabelle 3-5 sono riportati tre esempi di manti sfumati; la sfumatura chiara del primo manto (fig. 18) è ottenuta aggiungendo al colore giallo-bruno un pigmento bianco e giallo (aumentano simultaneamente L e b). Nel secondo esempio (fig. 20) i vari toni di rosa sono ottenuti modulando la quantità relativa di nero e bianco sangiovanini insieme all'ocra rossa, mentre nel terzo esempio (fig. 19) la sfumatura bianco-grigia nel mantello è ottenuta variando la rispettiva quantità di bianco sangiovanini e di nero animale/vegetale.

shadow area with its smaller L value. In moving from the lighted areas to the shadowed ones, there is generally a variation in both the chromatic components a and b, since the basic tone is modified.

In constructing the flesh tones, Giotto works exactly as Cennini describes – he recommends applying the “flesh tone” at some points, in very thin layers, so the layer of green earth underneath will show through by means of the classic procedure of risparmio.

In addition, by means of spectro-colorimetry, documentation was also acquired of the chromatic characteristics of several pigments used, as already seen, with different techniques.

The following tables contain examples of colorimetric data (expressed as coordinates of colour in the CIELab space) of several areas painted with the sfumato and the iridescence techniques, together with the composition of the pigments as revealed by the technical procedures previously illustrated (XRD, EDXRFS, microscope analysis) or deduced from Cennini's text [1]. Tables 3-5 show three examples of sfumati in cloaks; the light shading of the first cloak (fig. 18) is obtained by adding to the yellow-brown a white and yellow pigment (simultaneously increasing L and b). In the second example (fig. 20) the various tones of pink are obtained by modulating the relative quantities of black and sangiovanini white with red ochre. In the third example (fig. 19), the white-grey shading of the cloak is obtained by varying the respective quantities of sangiovanini white and animal/vegetable black.

Tabella 3 – Presentazione al Tempio, mantello sfumato marrone della profetessa Anna; coordinate cromatiche e pigmenti individuati

Table 3 – Presentation in the Temple, cloak with brown shading of the prophetess Anne; chromatic coordinates and pigments revealed

Colore, pigmenti <i>Colour, pigments</i>	L	a	b
Marrone chiaro pigmenti: ocra gialla, nero animale/vegetale, bianco sangiovanini <i>Light brown</i> <i>pigments: yellow ochre, animal/vegetable black, sangiovanini white</i>	73.31	4.10	31.30
Marrone intermedio pigmenti: ocra giallo-bruna, nero animale/vegetale, bianco sangiovanini <i>Medium brown</i> <i>pigments: yellow-brown ochre, animal/vegetable black, sangiovanini white</i>	53.79	5.56	21.45
Marrone scuro pigmenti: ocra giallo-bruna, nero animale/vegetale, tracce di cinabro, bianco sangiovanini <i>Dark brown</i> <i>pigments: yellow-brown ochre, animal/vegetable black, traces of cinnabar, sangiovanini white</i>	40.38	5.09	11.93

Tabella 4 – Bacio di Giuda, mantello rosa-violetto sfumato; coordinate cromatiche e pigmenti individuati
 Table 4 – Kiss of Judas, rose-violet cloak with shading; chromatic coordinates and pigments revealed

Colore, pigmenti <i>Colour, pigments</i>	L	a	b
Rosa chiaro pigmenti: ocra rossa, bianco sangiovangi, nero animale/vegetale <i>Light pink</i> <i>pigments: red ochre, sangiovangi white, animal/vegetable black</i>	66.20	7.60	11.15
Rosa intermedio pigmenti: ocra rossa, bianco sangiovangi, nero animale/vegetale <i>Medium pink</i> <i>pigments: red ochre, sangiovangi white, animal/vegetable black</i>	56.70	11.09	9.82
Viola di una piega pigmenti: ocra rossa, bianco sangiovangi, nero animale/vegetale <i>Violet of a fold</i> <i>pigments: red ochre, sangiovangi white, animal/vegetable black</i>	43.00	14.75	8.87
Viola scuro in basso vicino al piede pigmenti: ocra rossa, bianco sangiovangi, nero animale/vegetale <i>Dark violet at bottom near a foot</i> <i>pigments: red ochre, sangiovangi white, animal/vegetable black</i>	38.48	11.39	8.18

Tabella 5 – Controfacciata, manto bianco-grigio sfumato di Simone il Cananeo; coordinate cromatiche e pigmenti individuati
 Table 5 – Inside wall of the façade, white-grey shaded cloak of Simon the Canaanite; chromatic coordinates and pigments revealed

Colore, pigmenti <i>Colour, pigments</i>	L	a	b
Grigio bianco pigmenti: nero animale/vegetale, bianco sangiovangi <i>Grey white</i> <i>pigments: animal/vegetable black, sangiovangi white</i>	86.24	-0.21	8.59
Grigio pigmenti: nero animale/vegetale, bianco sangiovangi <i>Grey</i> <i>pigments: animal/vegetable black, sangiovangi white</i>	66.80	-0.54	5.37
Grigio scuro pigmenti: nero animale/vegetale, bianco sangiovangi <i>Dark grey</i> <i>pigments: animal/vegetable black, sangiovangi white</i>	38.93	-0.83	0.10

Nelle Tabelle 6-8 sono mostrati tre esempi di manti cangianti. Nel primo caso (fig. 21) il colore del mantello passa dal rosa all'azzurro-viola e infine al viola scuro; nel secondo caso (fig. 22) si passa dal grigio-verde (a negativo) nelle zone in luce al rosso nelle zone in ombra (a positivo), mentre nell'ultimo esempio il manto di San Giuseppe è ottenuto mescolando in quantità diverse ocra rossa, ocra gialla, bianco sangiovanini e nero animale/vegetale.

Tables 6-8 show three examples of iridescent cloaks. In the first instance (fig. 21), the colour of the cloak slides from rose to blue-violet and finally to dark violet; in the second case (fig. 22), it slides from grey-green (negative a) in the lighted area to red in the shadow area (positive a), while in the last example the cloak of Saint Joseph is obtained by mixing various quantities of red ochre, yellow ochre, sangiovanini white and animal/vegetable black.

Tabella 6 – Cristo deriso, manto cangiante rosa-viola; coordinate cromatiche e pigmenti individuati
 Table 6 – Mocking of Christ, iridescent rose-violet cloak; chromatic coordinates and pigments revealed

Colore, pigmenti <i>Colour, pigments</i>	L	a	b
Rosa chiaro pigmenti: bianco sangiovanini, ocra rossa <i>Light pink</i> <i>pigments: sangiovanini white, red ochre</i>	72.32	10.94	12.79
Rosa deciso pigmenti: bianco sangiovanini, ocra rossa <i>Bright pink</i> <i>pigments: sangiovanini white, red ochre</i>	67.44	11.74	13.53
Rosa violetto pigmenti: bianco sangiovanini, ocra rossa, nero animale/vegetale <i>Violet pink</i> <i>pigments: sangiovanini white, red ochre, animal/vegetable black</i>	61.46	5.34	7.04
Viola ombra pigmenti: bianco sangiovanini, ocra rossa, ocra gialla, nero animale/vegetale <i>Violet in shadow</i> <i>pigments: sangiovanini white, red ochre, yellow ochre, animal/vegetable black</i>	46.87	4.34	2.76

Tabella 7 – Presentazione al Tempio, veste cangiante grigio-rosa di una assistente; coordinate cromatiche e pigmenti individuati

Table 7 – Presentation in the Temple, iridescent grey-pink garment of an assistant; chromatic coordinates and pigments revealed

Colore, pigmenti <i>Colour, pigments</i>	L	a	b
Grigio-verde pigmenti: terra verde, nero animale/vegetale, bianco sangiovanini <i>Grey-green</i> <i>pigments: green earth, animal/vegetable black, sangiovanini white</i>	72.43	-3.60	9.32

segue Tabella 1

continua Tabella 7 – Presentazione al Tempio, veste cangiante grigio-rosa di una assistente;
coordinate cromatiche e pigmenti individuati

Table 7 – Presentation in the Temple, iridescent grey-pink garment of an assistant; chromatic coordinates and pigments revealed

Colore, pigmenti <i>Colour, pigments</i>	L	a	b
Rosa-grigio pigmenti: terra verde, ocre rossa, nero animale/vegetale, bianco sangioivanni <i>Pink-grey</i> <i>pigments: green earth, red ochre, animal/vegetable black,</i> <i>sangioivanni white</i>	57.96	14.46	15.60
Rosa pigmenti: terra verde, nero animale/vegetale, ocre rossa, bianco sangioivanni, azzurrite <i>Pink</i> <i>pigments: green earth, animal/vegetable black, red ochre,</i> <i>sangioivanni white, azurite</i>	53.54	22.58	19.68
Rosso pigmenti: ocre rossa, cinabro, nero animale/vegetale, bianco sangioivanni <i>Red</i> <i>pigments: red ochre, cinnabar, animal/vegetable black,</i> <i>sangioivanni white</i>	38.89	18.94	12.95

Tabella 8 – Fuga in Egitto, manto cangiante arancio-bruno di San Giuseppe; coordinate cromatiche
e pigmenti individuati

Table 8 – Flight into Egypt; iridescent orange-brown cloak of Saint Joseph; chromatic coordinates
and pigments revealed

Colore, pigmenti <i>Colour, pigments</i>	L	a	b
Tonalità chiara pigmenti: ocre rossa, ocre gialla, bianco sangioivanni, nero animale/vegetale <i>Light tones</i> <i>pigments: red ochre, yellow ochre, sangioivanni white,</i> <i>animal/vegetable black</i>	73.41	4.90	32.61
Tonalità intermedia pigmenti: ocre rossa, ocre gialla, bianco sangioivanni, nero animale/vegetale <i>Medium tones</i> <i>pigments: red ochre, yellow ochre, sangioivanni white,</i> <i>animal/vegetable black</i>	57.63	13.35	41.73
Tonalità scura pigmenti: ocre rossa, ocre gialla, nero animale/vegetale <i>Dark tones</i> <i>pigments: red ochre, yellow ochre, animal/vegetable black</i>	39.05	16.21	19.63

Nel caso degli incarnati dei volti non sono stati eseguiti prelievi per analisi che potevano danneggiare il dipinto. I pigmenti impiegati sono tuttavia ben noti, in quanto gli incarnati sono stati eseguiti con grande probabilità come il Cennini ha successivamente testimoniato: la stesura del verde di base veniva eseguita con terra verde, l'incarnato rosa era costituito dalle varie sfumature di cinabrese (fondamentalmente sinopia e bianco sangiovanini in diverse proporzioni), le lumeggiature bianche venivano realizzate con il bianco sangiovanini. Nella figura di Cristo nella scena del Battesimo, ad esempio, (Tabella 9, fig. 23), si nota come nel passare dall'incarnato roseo del volto in luce ad una zona in ombra si evidenzia un progressivo diminuire della componente a (passaggio dal rosso al verde) ad indicare che nelle zone in ombra traspare la stesura di verde sottostante, in quanto lo strato di "incarnazione" si fa sempre più sottile.

In the case of flesh tones, sampling that might have damaged the painting was avoided. However, the pigments used are well-known since the flesh tones were most likely made in the manner described by Cennini: the basic green layer was made up by green earth, the pink flesh tones consisted of various shadings of "cinabrese" (basically sinoper and sangiovanini white in various proportions), and the white highlights were done with sangiovanini white. In the figure of Christ in the Baptism scene, for example (Table 9, fig. 23), in sliding from the pink flesh tone of the face in the light to an area in shadow, there is a progressive diminution of component a (passing from red to green) to indicate that in the shadow areas the green layer underneath appears through, due to the fact that the "flesh" layer is always thinner.

Tabella 9 – Battesimo di Cristo, coordinate cromatiche e pigmenti impiegati sui punti di colore misurati sull'incarnato del corpo di Cristo per mettere in evidenza la tecnica del risparmio
 Table 9 – Baptism of Christ, chromatic coordinates and pigments used of the colour points measured in the flesh tones of the body of Christ to reveal the risparmio technique

Colore, pigmenti <i>Colour, pigments</i>	L	a	b
Rosa chiaro <i>Light pink</i>	78.58	1.81	12.29
Rosa <i>Pink</i>	75.79	4.91	14.98
Rosa-verde <i>Pink-green</i>	58.97	1.24	16.65
Verde-rosa <i>Green-pink</i>	57.73	-4.56	12.42
Verde che traspare <i>Green (showing through)</i>	55.86	-7.06	10.02

Tabella 10 – San Gregorio, coordinate cromatiche e pigmenti individuati
 Table 10 – Saint Gregory, chromatic coordinates and pigments revealed

Colore, pigmenti <i>Colour, pigments</i>	L	a	b
Bianco della mitria pigmento: biacca <i>White on the mitre Pigment: white lead</i>	69.89	1.38	16.39
Bianco della cornice pigmento: bianco sangiovanini <i>White on the frame Pigment: sangiovanini white</i>	81.88	0.30	9.85

Nella Tabella 10 è mostrato un esempio della caratterizzazione di due pigmenti dello stesso colore per mezzo della spettrocolorimetria. I due punti bianchi misurati rispettivamente sulla mitria e sulla cornice di San Gregorio (fig. 24) sono stati eseguiti con biacca (la mitria) e con bianco sangiovanini (la cornice). È evidente che il grado di bianco L è notevolmente minore nella parte stesa a biacca e che nella stessa parte la componente gialla b è molto maggiore. Come evidenziato dalle analisi effettuate, la biacca impiegata per dipingere la mitria è stesa con un legante,¹⁴⁾ mentre il bianco sangiovanini della cornice è steso a fresco. La componente gialla presente nella stesura a biacca è verosimilmente dovuta quindi alla presenza del legante oleoso ingiallito. Tale peculiarità cromatica delle stesure e finiture a biacca è spesso apprezzabile anche a occhio nudo in altre aree della cappella, come ad esempio sulle pecore della scena di 'Gioacchino tra i pastori'.¹⁵⁾

3. CONCLUSIONI

Le procedure utilizzate nel presente lavoro costituiscono un sistema integrato per il riconoscimento dei pigmenti, delle stesure pittoriche, e degli accorgimenti tecnici scelti da Giotto e dalle sue maestranze per la realizzazione del ciclo pittorico della Cappella degli Scrovegni.

Anche se tale studio non pretende di essere esaustivo, certamente esso mette in evidenza e documenta, in modo adeguato, la complessità della policromia dei dipinti murali padovani, che denota un'evidente, continua corrispondenza con le prescrizioni, di epoca posteriore, de *Il libro dell'arte*.

Sono stati identificati i pigmenti e le relative stesure stratigrafiche. È stata evidenziata la paratacamite come alterazione dell'azzurrite mentre non è stata individuata alcuna forma di alterazione della biacca.

Il dato sicuramente più interessante è costituito dalla presenza di leganti organici evidenziati mediante tecnica microspettrofluorimetrica sulle sezioni stratigrafiche.

Con tale tecnica sono stati messi in evidenza (su venti campioni) leganti proteici (uovo) in tutte le stesure pittoriche esaminate e lipidici per la biacca. Evidenza di un legante lipidico si è avuta anche mediante pirolisi-gas massa ma solo su alcuni campioni (quattro campioni su quindici) in cui era presente la biacca e sul verde utilizzato per la decorazione dell'aureola nella 'Resurrezione di Lazzaro'.

Poiché però l'osservazione mediante SEM-EDS ha messo in evidenza la presenza di calcio associato agli strati pittorici (azzurrite, cinabro, terra verde, biacca), è ipotizzabile una tecnica pittorica che utilizzava un legante su un intonaco non perfettamente carbonatato come già aveva ipotizzato Tintori.¹⁶⁾

Table 10 contains an example of the characterization of two pigments of the same colour by means of the spectro-colorimetry. The two measured white points on the mitre and on the frame of Saint Gregory (fig. 24) were made with white lead (the mitre) and with sangiovanini white (the frame). It is obvious that the degree of white L is less in the part done with white lead and the yellow b component is greater. As revealed by the analyses carried out, the white lead used to paint the mitre was applied with a binder,¹⁴⁾ while the sangiovanini white of the frame was applied a fresco. The yellow component present in the white lead layer is possibly due to the presence of the yellowish oily binder. This chromatic peculiarity of the layers and finishings with white lead is often visible to the naked eye in other areas of the Chapel, for example on the sheep in the scene of 'Joachim among the Shepherds'.¹⁵⁾

3. CONCLUSIONS

The procedures carried out in this report constitute an integrated system for recognising pigments, paint layers, techniques used by Giotto with his disciples and his skill in carrying out the painted cycle in the Scrovegni Chapel.

*Even though this study does not pretend to be exhaustive, it does illustrate and document, in a detailed manner, the complexity of the polychrome technique used in the wall paintings in Padua. This technique shows an obvious parallel with the recommendations given in Cennini's *Il libro dell'Arte*, which was written later.*

The pigments and their relative stratigraphic layers were identified. Paratacamite as an alteration of the azurite was revealed, while no form of alteration in the white lead was found.

The most interesting datum was the presence of organic binders discovered by means of microspectrofluorimetric applied to the stratigraphic sections.

This technique revealed (on twenty samples) protein-based binders (egg) in all the paint layers examined, and lipids in the white lead layer. Evidence of a lipidic binder was also found through the use of gas-mass pyrolysis but only on some samples (four out of fifteen) where white lead was present, and also in the green used to decorate the halo in the 'Resurrection of Lazarus'.

However, since observation by means of SEM-EDS revealed the presence of calcium associated with the paint layers (azurite, cinnabar, green earth and white lead), we can presume a pictorial technique that used a binder on the plaster that was not perfectly carbonated, as Tintori¹⁶⁾ had already suggested.

Le sezioni stratigrafiche sono state realizzate da Luigi Arceri, le foto al microscopio ottico da Marcello Leotta.

Si ringrazia Ferdinando Felli e Carmine Panzironi dell'Università La Sapienza di Roma per il supporto fornito nelle analisi al SEM-EDS.

1) L. LAZZARINI, *Indagine stratigrafica sul colore delle bandiere delle schiere celesti nel Giudizio Universale agli Scrovegni*, in *Bollettino del Museo Civico di Padova*, LXXI-II, Padova 1984.

2) C. CENNINI, *Il libro dell'arte*, Vicenza 1971.

3) B. ZANARDI, *Il cantiere di Giotto. Le storie di San Francesco ad Assisi*, Milano 1996.

4) Vedi in questo volume *Analisi microspettrofluorimetrica di leganti organici*.

5) Analisi svolte dal prof. G. Chiavari presso l'Università di Bologna.

6) Cfr. *Analisi microspettrofluorimetrica ...*, cit.

7) *Ibidem*.

8) *Ibidem*.

9) Cfr. nota 5.

10) *Ibidem*.

11) *Analisi microspettrofluorimetrica ...*, cit.

12) *Ibidem*.

13) *Ibidem*.

14) *Analisi microspettrofluorimetrica ...*, cit.

15) In tutti i casi individuati è stato possibile evidenziare la presenza di un legante mediante osservazione con lampada ultravioletta direttamente sul cantiere.

16) L. TINTORI, *Nella tecnica della pittura murale*, Prato 1993.

The stratigraphic sections were made by Luigi Arceri and the optical microscope images by Marcello Leotta.

We are grateful to Ferdinando Felli and Carmine Panzironi (Università La Sapienza di Roma) for their support with the SEM-EDS tests.

1) L. LAZZARINI, *Indagine stratigrafica sul colore delle bandiere delle schiere celesti nel Giudizio Universale agli Scrovegni*, in *Bollettino del Museo Civico di Padova*, LXXIII, Padova 1984.

2) C. CENNINI, *Il libro dell'arte*, Vicenza 1971.

3) B. ZANARDI, *Il cantiere di Giotto. Le storie di San Francesco ad Assisi*, Milano 1996.

4) See in this volume *Microspectrofluorometric analysis of organic binders*.

5) Analysis carried out by prof. G. Chiavari, in the Bologna University.

6) Cfr. *Microspectrofluorometric analysis ...*, cit.

7) *Ibidem*.

8) *Ibidem*.

9) Cfr. note 5.

10) *Ibidem*.

11) Cfr. *Microspectrofluorometric analysis ...*, cit.

12) *Ibidem*.

13) *Ibidem*.

14) Cfr. *Microspectrofluorometric analysis ...*, cit.

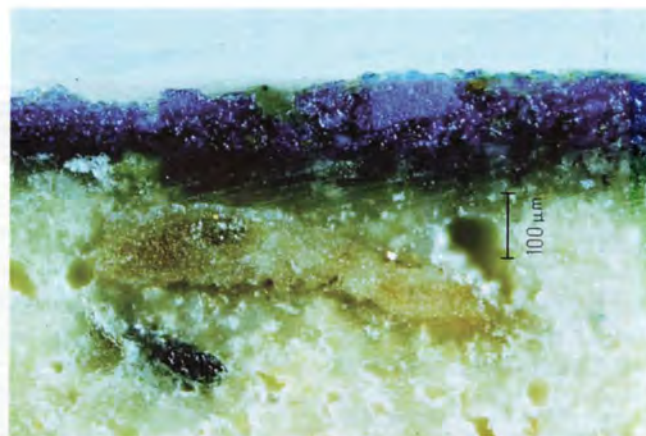
15) In all cases indicated it was possible to point out the binder presence by a UV lamp examination inside the chapel on the scaffolding.

16) L. TINTORI, *Nella tecnica della pittura murale*, Prato 1993.



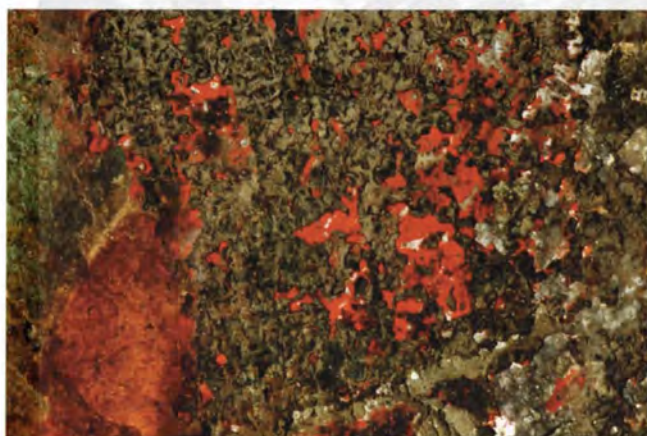


1 – VISITAZIONE, CORNICE ROSSA
Visitation, red frame

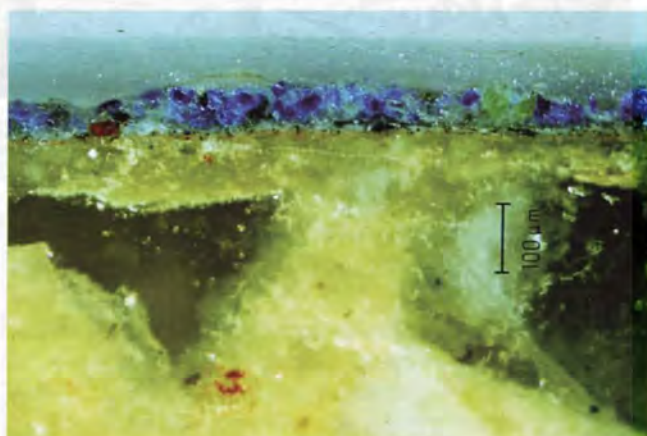


2 – NOLI ME TANGERE, FONDO AZZURRO – SEZIONE STRATIGRAFICA OSSERVATA IN LUCE RIFLESSA: È VISIBILE LO STRATO PREPARATORIO GRIGIO SOTTO L'AZZURRITE (SPESSORE 100 MICRON)

Noli me tangere, blue background – cross-section observed under reflected light: grey preparatory layer is visible beneath the azurite (thickness 100 microns)

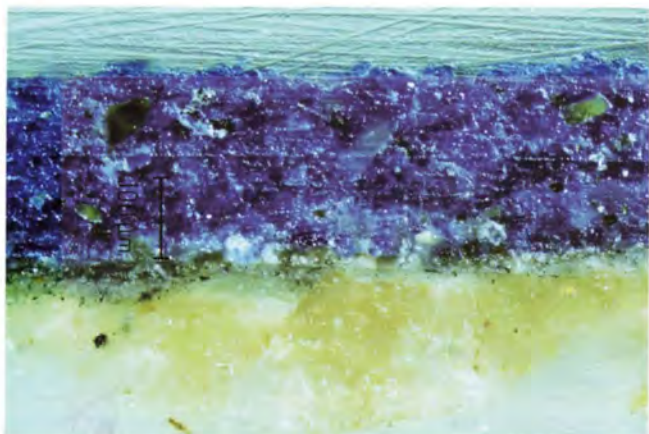


1a – VISITAZIONE, CORNICE ROSSA, PARTICOLARE IN CUI È VISIBILE IL CINABRO SOTTO IL CAPITELLO STAGNATO
Visitation, red frame, detail in which cinnabar is visible beneath the tinned capital



3 – MARIA RITORNA A NAZARETH, FONDO AZZURRO - SEZIONE STRATIGRAFICA OSSERVATA IN LUCE RIFLESSA: È VISIBILE IL DISEGNO PREPARATORIO (STRATO ROSSO DISCONTINUO) SOTTO LO STRATO GRIGIO E LO STRATO AZZURRO (80 MICRON)

Mary returns to Nazareth, blue background – cross-section observed under reflected light: preparatory drawing (discontinuous red layer) beneath the grey layer and the blue layer (80 microns)

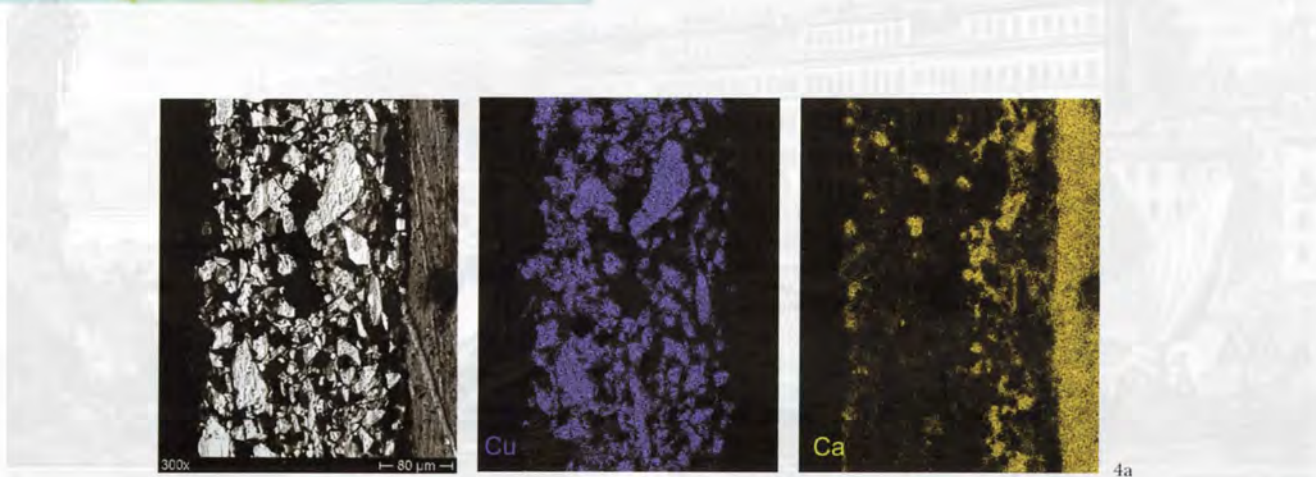


4 – CONSEGNA DELLE VERGHE, FONDO AZZURRO – SEZIONE STRATIGRAFICA OSSERVATA IN LUCE RIFLESSA: È VISIBILE LO STRATO PREPARATORIO GRIGIO SOTTO L'AZZURRITE (SPESSORE 200 MICRON)

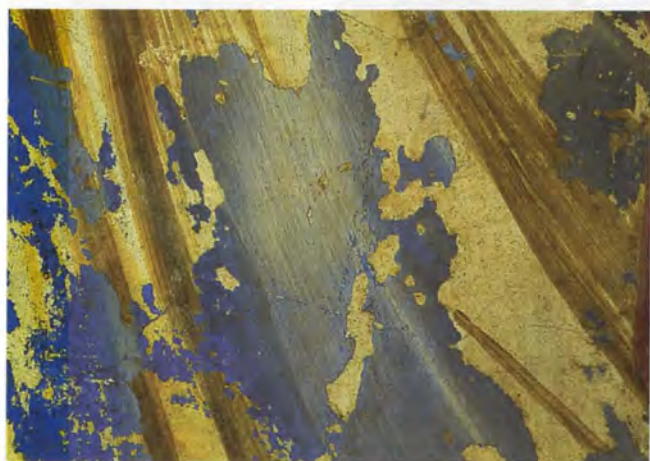
Handing over the rods, blue background – cross-section observed under reflected light: the grey preparatory layer is visible beneath the azurite (thickness 200 microns)

4a – STESSO CAMPIONE OSSERVATO AL SEM-EDS, 300X E MAPPE A RAGGI X PER RAME (CU) E CALCIO (CA)

Same sample observed with SEM-EDS, 300x and X-ray maps for copper (Cu) and calcium (Ca)

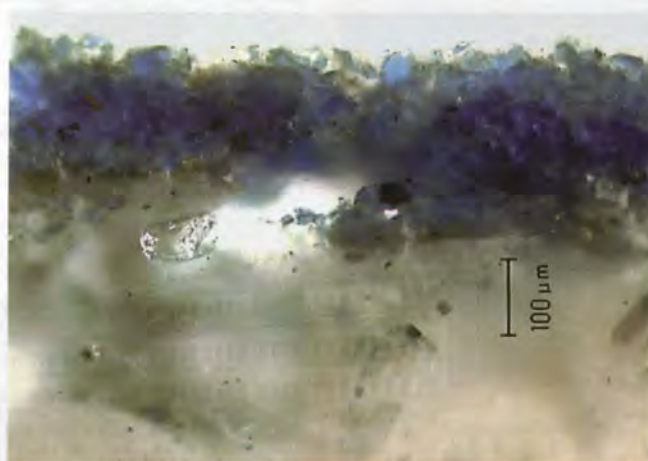


4a



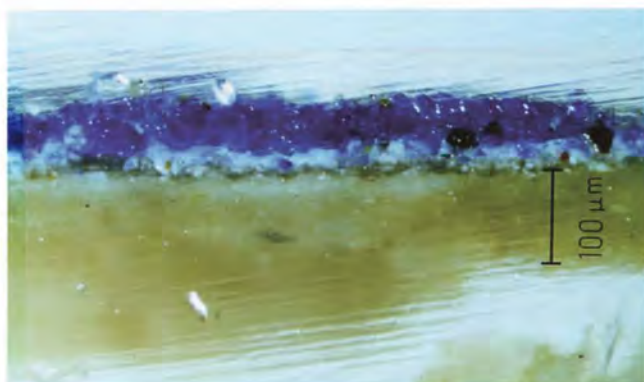
5 – STRAGE DEGLI INNOCENTI, MANTO AZZURRO DI UNA DONNA, PARTICOLARE

Slaughter of the Innocents, blue cloak of a woman, particular



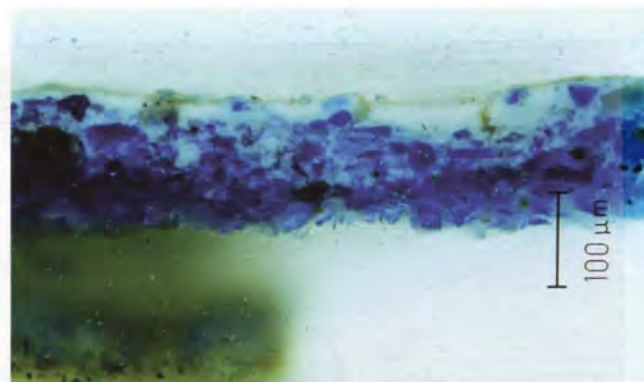
5a – STESSO PUNTO - SEZIONE STRATIGRAFICA OSSERVATA IN LUCE RIFLESSA: LO STRATO AZZURRO (SPESSORE 160 MICRON) È APPLICATO DIRETTAMENTE SULL'INTONACO E ALCUNE PARTICELLE DI PIGMENTO SONO VISIBILI AL SUO INTERNO

Same point – cross-section observed under reflected light: the blue layer (thickness 160 microns) was applied directly on to the plaster and several particles of pigment are visible within it



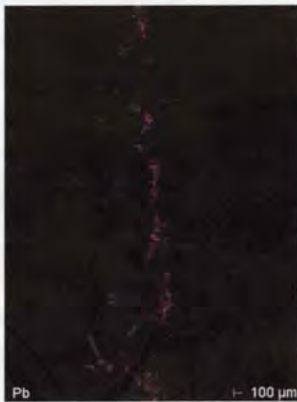
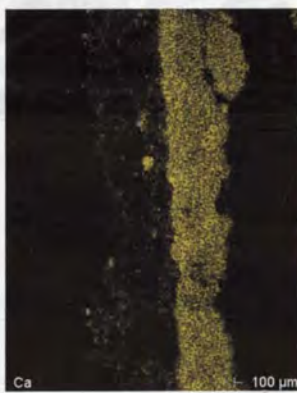
6 – ADORAZIONE DEI MAGI, MANTO AZZURRO DELLA MADONNA - SEZIONE STRATIGRAFICA OSSERVATA IN LUCE RIFLESSA: È VISIBILE LO STRATO BIANCO SOTTO L'AZZURRITE (80 MICRON)

Adoration of the Magi, blue cloak of the Madonna – cross-section observed under reflected light: the white layer beneath the azurite is visible (80 microns)



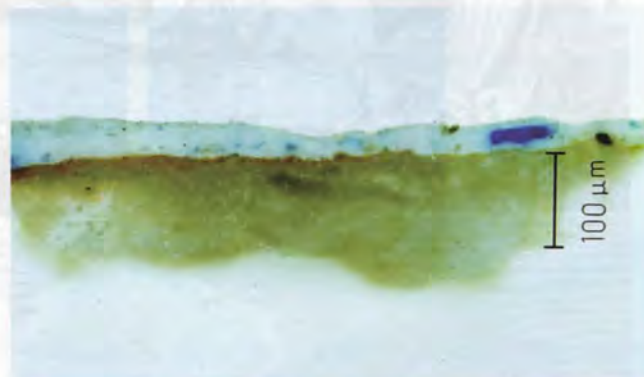
7 – LA STRAGE DEGLI INNOCENTI, LUMEGGIATURA SU MANTO AZZURRO DELLA DONNA: SEZIONE STRATIGRAFICA OSSERVATA IN LUCE RIFLESSA: È VISIBILE LO STRATO BIANCO SOPRA L'AZZURRITE (160 MICRON)

The Slaughter of the Innocents, highlight on woman's cloak: cross-section observed under reflected light: the white layer over the azurite is visible (160 microns)



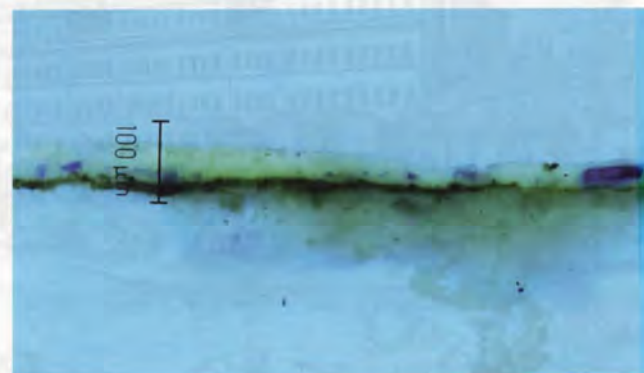
6a – STESSO CAMPIONE OSSERVATO AL SEM-EDS, 250x E MAPPE A RAGGI X PER CALCIO (CA), RAME (CU), PIOMBO(PB)

Same sample observed with SEM-EDS, 250x and X-ray maps of calcium (Ca), copper (Cu) and lead (Pb)

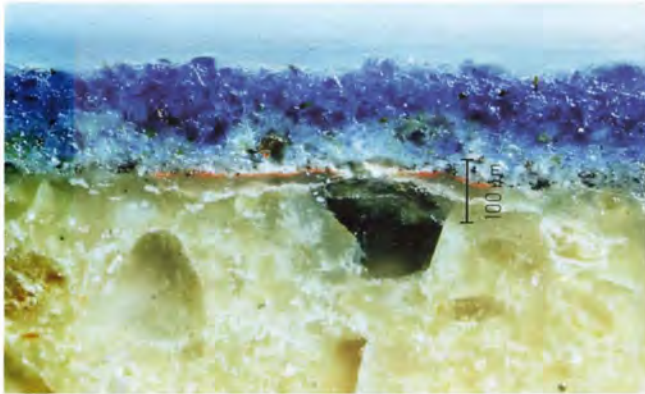


8 – GIOACCHINO ALLA PORTA AUREA, LUMEGGIATURA SU MANICA: SEZIONE STRATIGRAFICA OSSERVATA IN LUCE RIFLESSA

Joachim at the Golden Gate, highlight on the sleeve: cross-section observed under reflected light

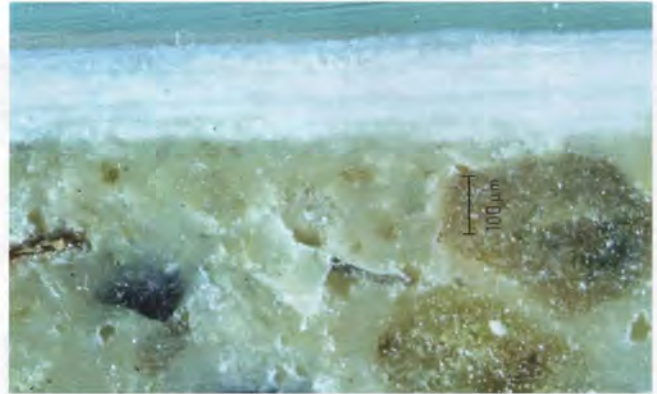


8a – STESSO CAMPIONE OSSERVATO IN LUCE ULTRAVIOLETTA
Same sample observed under ultraviolet light



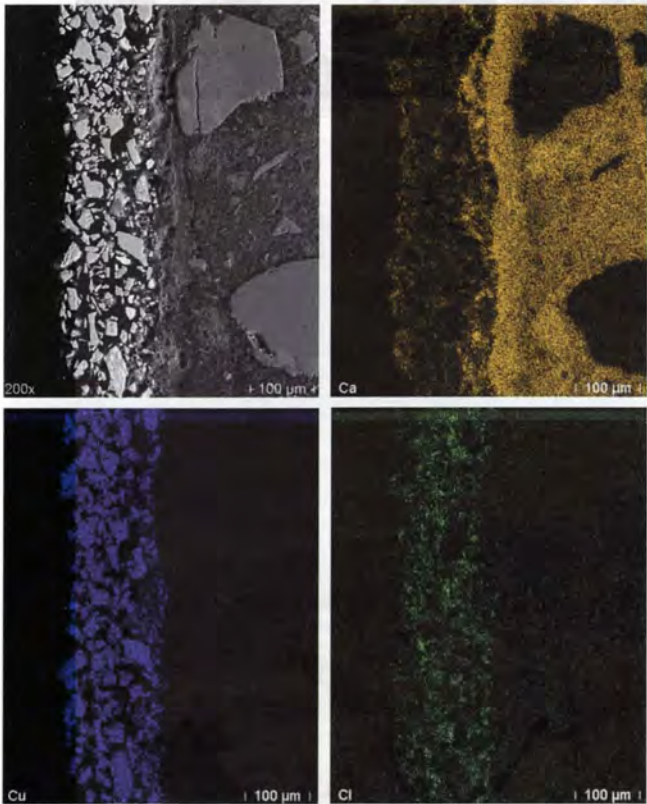
9 – VOLTA, SEZIONE STRATIGRAFICA OSSERVATA IN LUCE RIFLESSA: È VISIBILE IL DISEGNO PREPARATORIO (STRATO ROSSO), LO STRATO GRIGIO, LO STRATO DI AZZURRITE ALTERATO SOTTOSTANTE QUELLA BEN CONSERVATA

Vault, cross-section observed under reflected light: preparatory drawing (red layer), grey layer and altered azurite layer, underneath well-preserved layer



10 – GIOACCHINO TRA I PASTORI, CORNICE BIANCA A DESTRA: SEZIONE STRATIGRAFICA OSSERVATA IN LUCE RIFLESSA: SONO VISIBILI GLI STRATI DI BIANCO SOVRAPPosti

Joachim among the Shepherds, white frame to the right: cross-section observed under reflected light: superimposed white layers are visible



9a – STESSO CAMPIONE OSSERVATO AL SEM-EDS, 200x E MAPPE A RAGGI X PER CALCIO (Ca), RAME (Cu), CLORO (Cl)

Same sample observed with SEM-EDS, 200x and X-ray maps for calcium (Ca), copper (Cu) and chlorine (Cl)



11 – CONTROFACCIATA, PARTE DESTRA, SCHIERA DI ANGELI, ARMATURA VERDE E SCUDO ROSSO CON FINITURA BIANCA

Inside wall of façade, right part, crowd of angels, green armour and red shield with white finishing

11a – SCUDO ROSSO CON FINITURA BIANCA: SEZIONE STRATIGRAFICA OSSERVATA AL SEM-EDS, 300 x E MAPPE A RAGGI X PER PIOMBO (Pb) E FERRO (Fe) (VEDI PAGINA SEGUENTE)

Red shield with white finishing: cross-section observed with SEM-EDS, 300 x and X-ray maps for lead (Pb) and iron (Fe) (see next page)

11b – ARMATURA VERDE CON FINITURA BIANCA: SEZIONE STRATIGRAFICA OSSERVATA AL SEM-EDS, 150x E MAPPE A RAGGI X PER PIOMBO (Pb), FERRO (Fe) E POTASSIO (K) (VEDI PAGINA SEGUENTE)

Green armour with white finishing: cross-section observed with SEM-EDS, 150x and X-ray maps for lead (Pb), iron (Fe) and potassium (K) (see next page)



11a

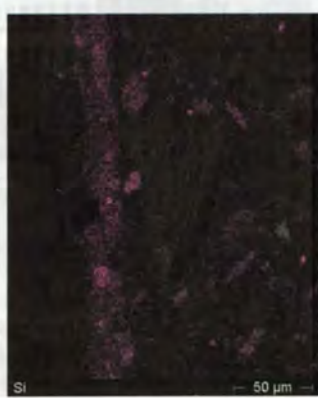
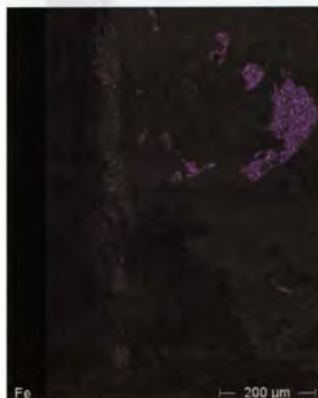
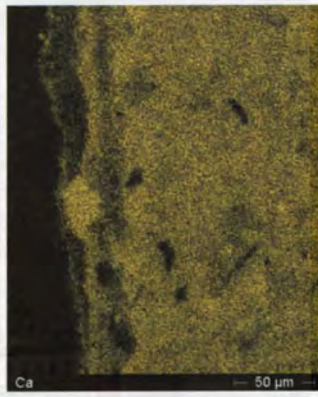
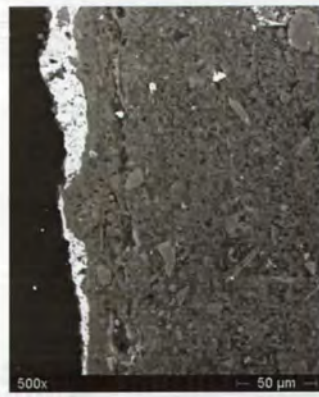
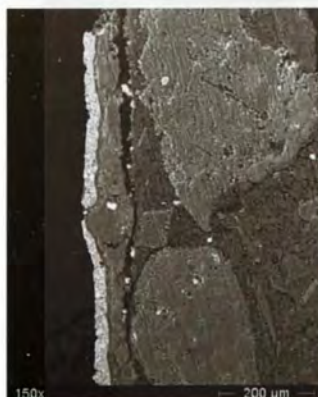


12 - CONTROFACCIATA, PARTE SINISTRA, SCHIERA DI ANGELI, BANDIERA CON TRONO BIANCO

Inside wall of façade, left part, crowd of angels, banner with white throne

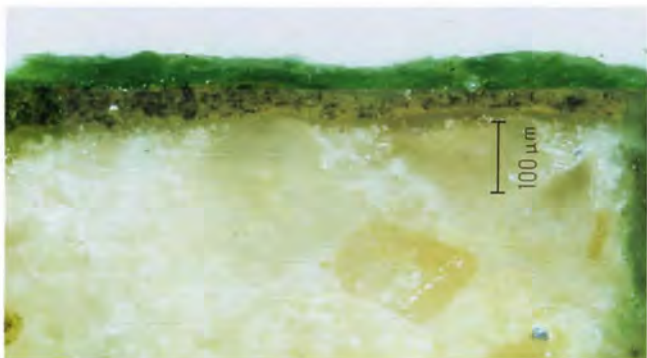
12a - BANDIERA CON TRONO BIANCO: SEZIONE STRATIGRAFICA OSSERVATA AL SEM-EDS, 500X E MAPPE A RAGGI X PER CALCIO (Ca), PIOMBO (Pb), SILICIO (Si)

Banner with white throne: cross-section observed with SEM-EDS, 500x and X-ray maps for calcium (Ca), lead (Pb) and silicium (Si)



11b

12a



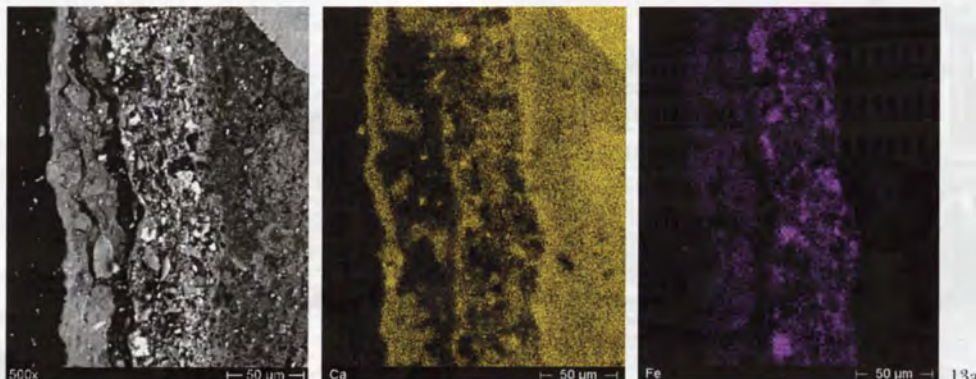
13

13 – NOLI ME TANGERE, CORNICE VERDE - SEZIONE STRATIGRAFICA OSSERVATA IN LUCE RIFLESSA: SONO VISIBILI DUE STRATI SOVRAPPosti, UNO GIALLO CON INCLUSI NERI E UNO VERDE

Noli me tangere, green frame – cross-section observed under reflected light: two superimposed layers are visible, one yellow with black particles and the other green

13a – STESSO CAMPIONE OSSERVATO AL SEM-EDS, 500x E MAPPE A RAGGI X PER CALCIO (Ca) E FERRO (Fe)

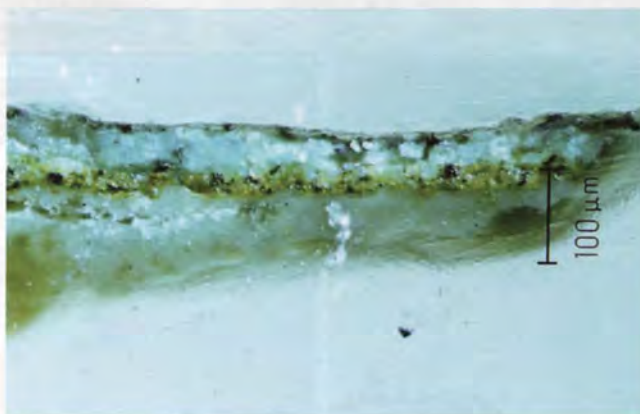
Same sample observed with SEM-EDS, 500x and X-ray maps for calcium (Ca) and iron (Fe)



13a



14

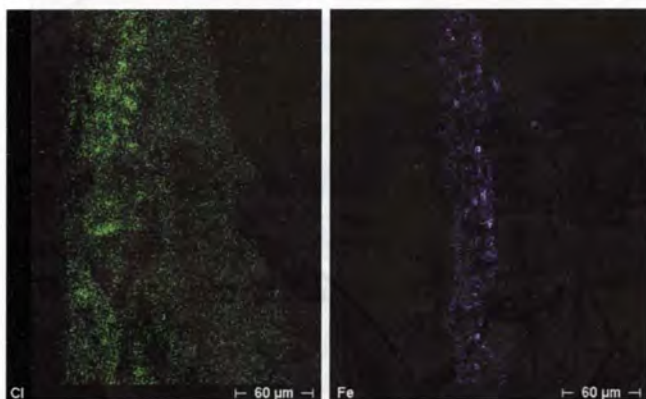
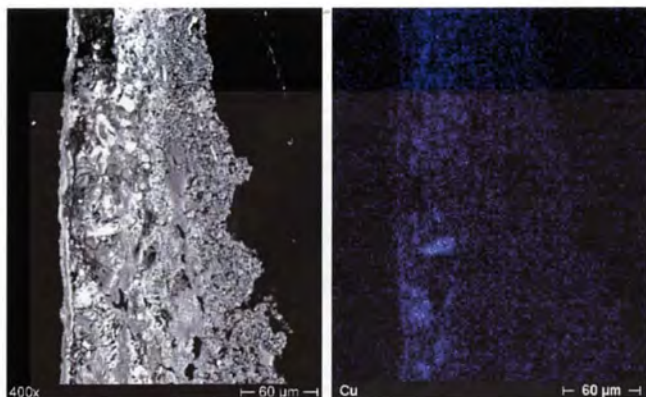


14a

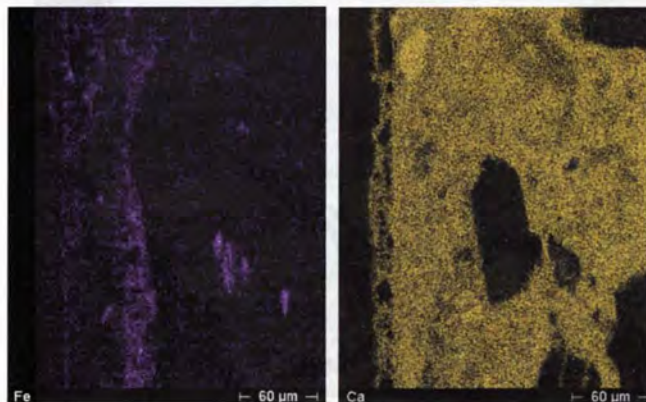
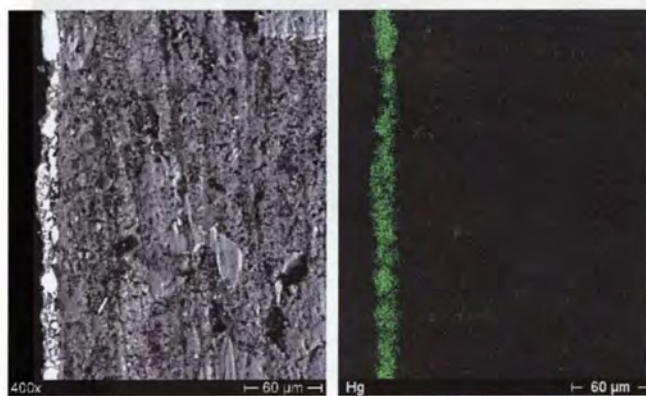
14 – CONTROFACCIATA, PARTE SINISTRA, FOGLIE VERDI DI PALMA
Inside wall of façade, left part, green palm leaves

14a – STESSO PUNTO, SEZIONE STRATIGRAFICA OSSERVATA IN LUCE RIFLESSA: È VISIBILE UNO STRATO GIALLO CON INCLUSI NERI E UNO STRATO VERDE CHIARO

Same point, cross-section observed under reflected light: a yellow layer with black particles and a light green layer are visible



14b



15a



15

14b – STESSO CAMPIONE DELLA FIG. 14a OSSERVATO AL SEM-EDS, 400X E MAPPE A RAGGI X PER RAME (Cu), CLORO (Cl) E FERRO (Fe)
Same sample (fig. 14a) observed with SEM-EDS, 400x and X-ray maps for copper (Cu), chlorine (Cl) and iron (Fe)

15 – RESURREZIONE DI LAZZARO, PARTICOLARE CON CORNICE VERDE E ROSSA

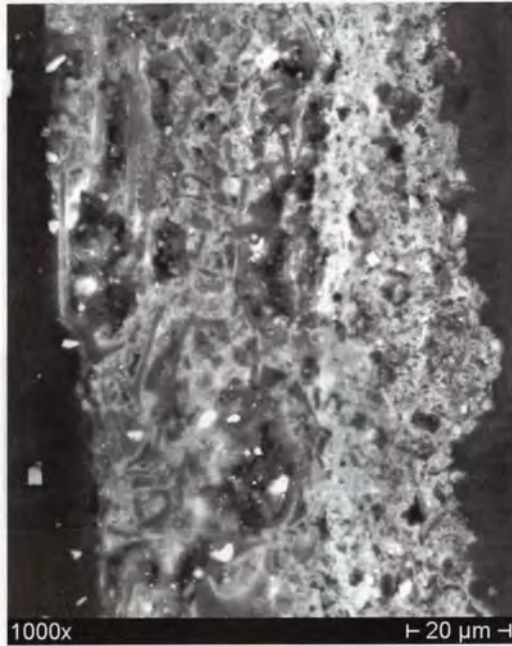
Resurrection of Lazarus, particular with green and red frame

15a – CORNICE ROSSA: SEZIONE STRATIGRAFICA OSSERVATA AL SEM-EDS 400X E MAPPE A RAGGI X PER MERCURIO (Hg), FERRO (Fe) E CALCIO (Ca)

Red frame: cross-section observed with SEM-EDS, 400x and X-ray maps for mercury (Hg), iron (Fe) and calcium (Ca)



16



16a

16 – CONTROFACCIATA, PARTE DESTRA, FONDO NERO - SEZIONE STRATIGRAFICA OSSERVATA IN LUCE RIFLESSA

Inside wall of façade, right part, black background – cross-section observed under reflected light

16a – STESSO CAMPIONE OSSERVATO AL SEM-EDS, 1000x: SONO VISIBILI IN QUESTO CAMPO LE FORME ALLUNGATE TIPICHE DEL NERO VEGETALE

Same sample observed with SEM-EDS, 1000x: the elongated forms typical of vegetable black are visible in this sample

17 – CONTROFACCIATA, PARTE SINISTRA, SCHIERA DI BEATI, VESTE GIALLA (TRACCE)

Inside wall of façade, left part, crowd of blessed souls, yellow garment (traces)

17a – VESTE GIALLA DI UN BEATO: SEZIONE STRATIGRAFICA OSSERVATA IN LUCE RIFLESSA

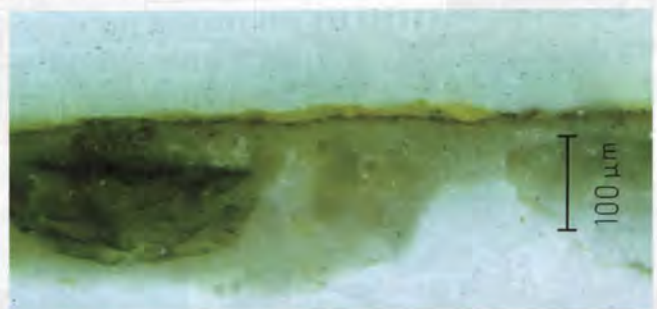
Yellow garment of a saint: cross-section under reflected light

17b – STESSO CAMPIONE OSSERVATO AL SEM-EDS, 1000x E MAPPE A RAGGI X PER ALLUMINIO (Al), ZOLFO (S) E CALCIO (Ca)

Same sample observed with SEM-EDS, 1000x and X-ray maps for aluminium (Al), sulphur (S) and calcium (Ca)



17



17a



1000x

20 µm



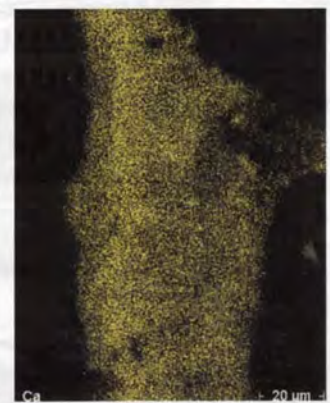
Al

20 µm



S

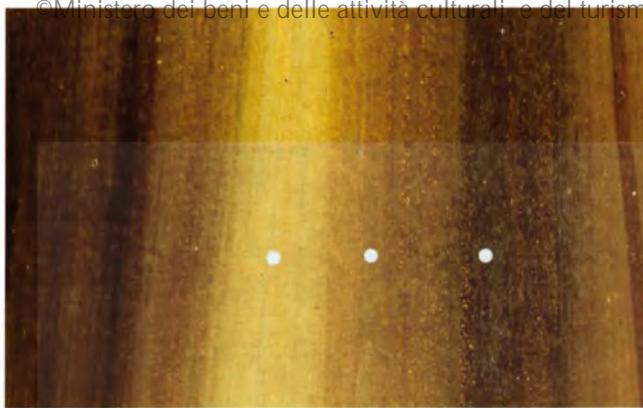
20 µm



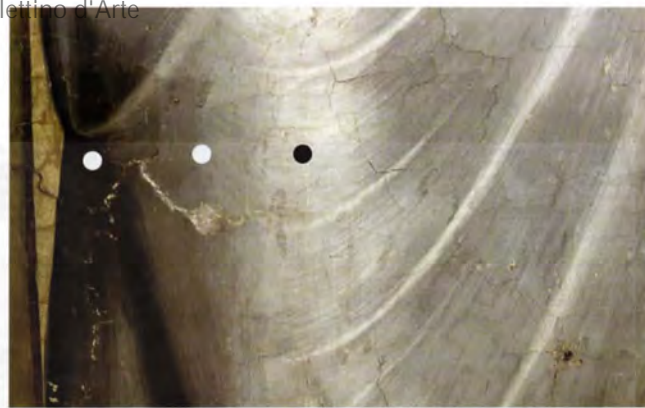
Ca

20 µm

17b



18 – PRESENTAZIONE AL TEMPIO, MANTELLO SFUMATO MARRONE DELLA PROFETESSA ANNA. PUNTI DI COLORE MISURATI
Presentation in the Temple, shaded brown cloak of prophetess Anna. Colour points measured



19 – CONTROFACCIATA, MANTO CANGIANTE DI SIMONE IL CANA-NEO. PUNTI DI COLORE MISURATI
Inside wall of façade, iridescent cloak of Simon the Canaan-ite. Colour points measured



20



21



22

20 – BACIO DI GIUDA, MANTELLO ROSA-VIOLETTO SFUMATO DI CAIFA. PUNTI DI COLORE MISURATI
Kiss of Judas, sfumato pink-violet cloak of Caiaphas. Colour points measured

21 – CRISTO DERISO, MANTO ROSA CANGIANTE DI CAIFA. PUNTI DI COLORE MISURATI
Mocking of Christ, iridescent pink cloak of Caiaphas. Colour points measured

22 – PRESENTAZIONE AL TEMPIO, VESTE CANGIANTE GRIGIO-ROSA DI UNA ASSISTENTE. PUNTI DI COLORE MISURATI
Presentation in the Temple, iridescent grey-pink garment of an assistant. Colour points measured



23 – BATTESIMO DI CRISTO, INCARNATO DEL CRISTO. PUNTI DI COLORE MISURATI

Baptism of Christ, flesh tones of Christ. Colour points measured



24 – SAN GREGORIO, STESURE DI COLORE BIANCO. PUNTI DI COLORE MISURATI

Saint Gregory, layers of white colour. Colour points measured



CONTROFACCIATA, LATO SINISTRO, APOSTOLI – PRESENZA DI MANTI CANGIANTI E SFUMATI

Inside wall of façade, left side, Apostles – Iridescent and shaded cloaks



CRISTO DERISO – PRESENZA DI MANTI CANGIANTI E SFUMATI
Mocking of Christ – Iridescent and shaded cloaks

FRANCESCA CAPANNA – ANTONIO GUGLIELMI

OSSERVAZIONI RELATIVE ALLA TECNICA DI ESECUZIONE DEI DIPINTI MURALI NELLA CAPPELLA, EFFETTUATE DURANTE IL CANTIERE DI RESTAURO

Observations made during restoration regarding the techniques used for the wall paintings in the Chapel

1. I DIPINTI MURALI ESEGUITI DA GIOTTO NELLA NAVATA

1.1 Strati preparatori

1.1.1 Materiali costitutivi e tecniche di lavorazione

Sul supporto murario della navata, costituito da mattoni, sono stati applicati due strati preparatori di malta, tra di loro simili, costituiti da calce e sabbia dalla granulometria piuttosto sottile.¹⁾ Il loro spessore complessivo può arrivare fino ad un massimo di 2/2,5 cm suddiviso in cm 1/2 per l'arriccio e cm 0,5 per l'intonachino. Questo spessore non è però costante, gli strati preparatori a volte si assottigliano in maniera considerevole fino a divenire soltanto di pochi millimetri in corrispondenza degli elementi in pietra che costituiscono la struttura delle aperture (porte e finestre).

Dietro gli scanni lignei il supporto murario è privo di intonacatura ed è ben visibile il limite inferiore degli strati preparatori della decorazione giottesca.

La navata è realizzata con circa 850 "giornate" di lavoro. Le loro dimensioni sono piuttosto ridotte; naturalmente quelle che interessano i fondi sono più estese di quelle relative agli elementi figurativi dove arrivano, in alcuni casi, a delimitare un solo viso o una sola mano (fig. 1).

La stesura dell'intonachino è particolarmente accurata e gli attacchi tra l'una e l'altra giornata sono spesso di difficile identificazione.

L'impasto è ben bilanciato nel rapporto tra carica e legante; la calce utilizzata era di buona qualità e generalmente ben lavorata, infatti la presenza di bottaccioni è sporadica se si escludono le scene con 'La preghiera per la fioritura delle verghe' e 'Il tradimento di Giuda' dove sono numerosissimi, in particolare nelle aree di intonaco steso per realizzare le vesti dei personaggi (fig. 2).

La superficie dell'intonachino è lavorata in maniera differente in funzione della stesura pittorica alla quale è destinata. L'intonaco degli elementi di partizione architettonica, il cielo stellato della volta e, nei

1. GIOTTO'S WALL PAINTINGS IN THE NAVE

1.1 Preparatory layers

1.1.1 Materials and working techniques

Two similar preparatory layers of plaster, consisting of lime and fine-grained sand,¹⁾ were applied on the brick walls in the nave. Their total thickness was of a maximum of 2-2.5 cm, divided into 1-2 cm for the "arriccio" (base layer) and 0.5 cm for the "intonachino" (finishing coat).

However, this thickness was not constant and the preparatory layers were sometimes very thin – as little as a few millimetres thick on the blocks of stone used in the construction of the doors and windows.

The lower edge of the preparatory layers for Giotto's painting is clearly visible behind the wooden stalls, where there is no plasterwork on the walls.

The nave consists of about 850 "giornate" (day's work). They are quite small and, as one would expect, those pertaining to the background are larger than those for the figurative scenes where, in some cases, a 'giornata' may only include a single face or hand (fig. 1).

The "intonachino" is applied in a very meticulous way, and the edges between one "giornata" and another are often difficult to detect.

The mixture shows a well-balanced proportion between the sand and the binder. The lime used was of good quality and generally well worked. In fact, the presence of "bottaccioni" (lime lumps) or bubbles is rare, except for the scenes of the 'Prayer for the Miracle of the Rods' and 'Betrayal by Judas', where they are numerous, particularly in the plaster areas of the garments worn by the personages (fig. 2).

The surface of the "intonachino" was worked in various ways depending on the painted layer for which it was intended. The plaster used for the architectural partition

riquadri con le storie, l'intonaco delle parti di fondo come i cieli, i paesaggi, le architetture od altri elementi di ambientazione, risultano meno lisciate delle malte destinate alle figure (fig. 4). I finti marmi, infine, sono stati ulteriormente lavorati a spatola anche dopo la stesura del film pittorico. L'aspetto finale è simile a quello delle superfici levigate e riflettenti della pittura romana o dell'odierno stucco lustro.²⁾

Le aureole in aggetto,³⁾ sono realizzate con la stessa malta utilizzata per la giornata che le comprende e modellate contemporaneamente ad essa, alcune presentano la battitura di stucco altre sono lisce. Le stelle realizzate nella volta celeste, invece, sono state eseguite successivamente alla stesura delle giornate, sull'intonaco ancora fresco, ma dopo aver realizzato, con la battitura di fili, l'impianto geometrico, già impostato a sinopia sull'arriccio.⁴⁾ Sono realizzate probabilmente con l'ausilio di una forma ed utilizzando una malta più fluida e plastica dalla carica bianca e sottilissima⁵⁾ (fig. 3). Sotto la stesura del fondo di preparazione all'azzurrite sono visibili alcune scolature di questa malta.

Dallo studio della successione delle giornate, la volta risulta, come logico, eseguita per prima. Inizialmente sono stati realizzati i tre fascioni con i Santi e, successivamente, il cielo stellato con i tondi con andamento preferenziale dall'arco trionfale verso la controfacciata.

Sulla volta si innestano le pareti lunghe della navata, procedendo dall'alto verso il basso. Nella parete sinistra, le partizioni architettoniche verticali sono generalmente eseguite prima delle scene, mentre nella parete destra le finte cosmatesche intorno alle finestre sono realizzate contestualmente alle scene. L'andamento generale sembra però corrispondere alla sequenza cronologica delle storie raffigurate.

Si può ipotizzare, così come prima di noi aveva fatto Leonetto Tintori, che Giotto disponesse di un ponteggio distribuito su tutta l'ampiezza della navata e che i quattro piani di calpestio di questo capitassero in coincidenza con la suddivisione in registri successivi delle pareti lunghe ove è sempre presente un giunto di intonaco.⁶⁾

Nell'intera altezza dell'arco trionfale troviamo, infatti, limiti orizzontali di giornata coincidenti a quelli delle pareti. Nella controfacciata troviamo coincidenza con le pareti all'altezza dei margini inferiore e superiore del primo registro in alto, e cioè subito sotto le figure di angeli che "srotolano" il cielo e sopra le teste degli apostoli in trono ma, più in basso la complessa composizione deve aver richiesto uno sfalsamento dei piani di lavoro.

Nonostante il procedere dall'alto verso il basso della decorazione pittorica, risultano sempre eseguite per prime le due pareti lunghe e successivamente le giornate dell'arco trionfale e della controfacciata. Infatti l'intonaco di queste pareti si sovrappone a quello delle pareti lunghe ad ogni piano di ponte.

elements, the star-studded sky of the ceiling, and in the narrative scenes, for the background parts such as the sky, landscapes, architecture and other scenic elements, was less well-smoothed than that used for the figures (fig. 4). It is interesting to note that the plaster used for imitation marble was worked with a spatula even after the application of the paint. The final aspect is similar to that of the burnished surface of ancient Roman painting or modern "stucco lustro".²⁾

The halos³⁾ in relief were made with the same plaster used for the "giornata" in which they appear and were modelled at the same time. Some were finished by snapping a wooden tool on plaster while others are smooth. The stars in the sky-blue ceiling were executed on the still fresh plaster of the giornate, after their position had been marked by snapping a cord on the plaster, following the sinopia on the plaster backing.⁴⁾ The stars were probably executed with the help of silhouette patterns using a more fluid white plaster with a very thin consistency⁵⁾ (fig. 3). Beneath the priming of the azurite, there are several places where this liquid plaster has dripped.

The sequence of the 'giornate' shows that the ceiling was painted first, as might be expected. First the three bands with the Saints were executed and then the starry sky with the "tondi" (round frames), usually working from the main arch towards the inside wall of the façade.

The side walls of the nave were painted after the ceiling, proceeding from top to bottom. On the left wall, the vertical architectural partitions were generally executed before the scenes, while on the right wall the Cosmati-style decoration around the windows was painted at the same time as the scenes. However, the general trend seems to correspond to the chronological sequence of the stories depicted.

We can imagine that Giotto made use of scaffolding across the entire nave (as suggested by Leonetto Tintori) and that the four levels of the scaffolding corresponded to the dividing lines of the registers on the side walls, where a junction is always visible in the plaster.⁶⁾

For the entire height of the main arch, we find horizontal "giornata" borders corresponding to those of the walls. On the inside wall of the façade we find this correspondence with the lower and upper borders of the highest register, in other words immediately beneath the figures of the angels in the sky and above the heads of the enthroned apostles. However, lower down, the complexity of the composition made it necessary to stagger the work plans.

Despite the top to bottom procedure for the painted decoration, the two side walls were painted before the "giornate" of the chancel arch and the inside of the façade. In fact, the plaster on these walls overlaps that of the side walls at each level of the scaffolding.

Nella stesura della malta non sono state rilevate incertezze esecutive o anomalie di lavorazione. Questo indica una attenta progettazione iniziale ed un'esecuzione sicura. È stato riscontrato un solo pentimento in corrispondenza del braccio sinistro di Cristo nella scena del 'Battesimo'. Nella prima versione questo era stato dipinto disteso lungo il fianco. Successivamente l'avambraccio è stato coperto dipingendo su di esso a secco l'acqua del fiume, quindi è stato eseguito nuovamente su di una giornata stesa a toppa, ma questa volta in posizione sollevata. Va però segnalata in questa sede una particolarità riscontrata in corrispondenza del giunto orizzontale che unisce la cornice superiore del primo registro della parete sinistra alla volta, sopra la scena della 'Presentazione di Maria al tempio'. Il limite di giornata, infatti, corre, per tutta la lunghezza della parete sempre sul margine della cornice; in questo punto, invece, si allontana da questo margine formando un tratto di circonferenza regolare che sembra corrispondere a quella dei tondi più piccoli della volta collocandosi in asse con il tondo centrale rappresentante la 'Vergine col Bambino' (fig. 5).

La forma regolare e la simmetria con gli altri elementi circolari della decorazione della volta fanno pensare ad un primitivo progetto che prevedeva lo sviluppo del cielo stellato fino all'imposta con sette invece di cinque tondi, riservando quindi minor spazio alle scene figurate. Il perfetto equilibrio dell'attuale composizione, basato sul quadrato perfetto della "calotta celeste" e sul modulo dimensionale di 2 x 2 metri, forzato dalle aperture presenti in parete destra e corrispondente ad una scena figurata, rende dubbia l'ipotesi di una precedente diversa scelta compositiva.

Non sono state trovate tracce riferibili ad un ancoraggio originale del ponteggio: né elementi di vincolo né buche pontate a vista o stuccate.

1.2. Trasposizione del disegno

1.2.1. Sinopia

La tecnica di esecuzione dell'affresco, ed in particolare quella descritta in dettaglio da Cennino Cennini nel suo trattato come utilizzata da Giotto e dai suoi, prevede la realizzazione della sinopia sull'arriccio. Sicuramente anche qui a Padova è presente sotto il primo strato di intonaco, ma non risulta visibile altro che in prossimità dell'apertura al centro del lunettone dell'arco trionfale nella quale si colloca la tavola con 'Dio Padre'. Qui la caduta dell'intonaco ha messo in evidenza dei tratti di sinopia che, eseguiti direttamente sullo stipite e sull'architrave in pietra dell'apertura, disegnano una mandorla intorno alla figura del Cristo. Nell'esecuzione finale della decorazione queste tracce sono state ignorate ed il Cristo, assiso sul ricco trono marmoreo, non è circondato dall'ovale progettato.

Un altro piccolissimo frammento di sinopia è stato rinvenuto durante la sostituzione di una stuccatura in controfacciata nella zona corrispondente all' 'Inferno' (fig. 6). Altrove non sono presenti mancanze dell'intonachino che, mettendo a nudo l'arriccio, evidenziano la

No uncertainties or anomalies were found in the application of the plaster. This indicates careful initial planning and skilful execution. Only one "pentimento" (where Giotto had second thoughts) was found in the left arm of Christ in the 'Baptism' scene. In the first version, the arm extended along the side of the body. Later the forearm was covered by painting the water of the river over it "a secco". The raised arm was painted subsequently over a "giornata" patch.

It is worth pointing out an unusual feature where the horizontal joint of the upper frame (first register) on the left wall meets the ceiling, above the scene of the 'Presentation of Mary in the Temple'. In general, along the entire length of the wall, the border of the "giornata" coincides with the border of the frame. Instead, at this point, it departs from this border forming a section with a regular circumference similar to that of the smaller "tondi" in the ceiling, forming an axis with the central "tondo" depicting the 'Virgin with Child' (fig. 5).

The regular, symmetrical form of the other circular elements on the ceiling decoration makes one think that there may have been a previous plan based on seven instead of five "tondi", leaving less space for the figurative scenes. However, the balance of the present composition, based on its "heavenly canopy" and square modules of 2 x 2 metres (determined by the geometry of the right wall) makes it doubtful that Giotto had a different original composition in mind.

No traces were found of anchor points for the scaffolding, nor any sign of restraining elements or filled-in holes.

1.2. Transfer of the drawing

1.2.1. Sinopia

The fresco technique used by Giotto and his assistants was that described later by Cennino Cennini in his treatise. This technique involved marking the outline of the fresco directly on the "arriccio" under the top layer of plaster. This technique was certainly used in Padua, but is only visible near the centre of the lunette on the chancel arch where the panel depicting 'God the Father' is located. Here, the collapse of the plaster has revealed traces of "sinopia" made directly on the stone structure of the arch, outlining a mandorla around the figure of Christ. However, in the final version, these indications were ignored, and Christ is seated on an elaborate marble throne, but without the planned oval mandorla.

Another small fragment of "sinopia" was found during the substitution of restoration stucco work on the end wall in the area of the 'Inferno' (fig. 6). There are no other gaps in the finishing coat which reveal the "arriccio", thereby showing the presence of "sinopia". Most of the

presenza della sinopia. Le lacune dell'intonaco interessano sempre entrambi gli strati portando a vista i mattoni della struttura muraria. Leonetto Tintori, nei suoi appunti, documenta la presenza di sinopia visibile nella lacuna che interessa la veste della Vergine dell'Annunciazione. Dichiarò, infatti, che a seguito della rimozione della stuccatura effettuata in quella zona dal Botti era apparsa la sinopia del piede della Vergine.⁷⁾ Numerosi elementi smentiscono questa affermazione. Il punto in cui si trova la lacuna non coinvolge affatto i piedi della Madonna. Le foto eseguite da Naja nel 1867 mostrano questa lacuna prima della stuccatura eseguita dal Botti e sono visibili i mattoni della struttura muraria (fig. 7). Durante il nostro intervento è stata rimossa la malta applicata dal Tintori rinvenendo la situazione documentata fotograficamente nel 1867.⁸⁾ Allo stesso modo deve essere scartata anche l'ipotesi che, redigendo a posteriori la relazione finale, il Tintori abbia confuso questa lacuna con un'altra, simile per forma, collocata sempre in coincidenza del panneggio della Vergine inginocchiata, non nella scena dell'Annunciazione nella navata, ma nella scena dell'Annuncio della morte di Maria nel presbiterio. Anche in questo caso, infatti la rimozione della stuccatura non ha evidenziato la presenza di sinopia, ad eccezione di piccolissimi lacerti in prossimità del bordo.

Si può segnalare in questa sede la presenza di altre leggere tracce di colore rinvenute in seguito alla rimozione di una vecchia stuccatura, non più idonea, presente sull'arco trionfale subito sotto al 'Coretto' sinistro. Sono state notate due linee parallele orizzontali eseguite con un pigmento verde.⁹⁾ Il suo aspetto sembra corrispondere a quello del verde presente in tracce sullo strato più profondo di intonaco steso sulla parete di fondo dell'abside della cappella.

1.2.2. Disegno preparatorio

Le informazioni relative a questa fase esecutiva sono molto più ricche della precedente. La perdita consistente di pellicola pittorica, soprattutto di quella eseguita a secco, ha reso visibili cospicui brani di disegno preparatorio eseguito con pigmenti variabili dall'ocra al rosso scuro. Compaiono anche molte tracce di fili battuti o schizzi realizzati a mano libera ed inoltre, anche attraverso gli strati pittorici, si percepiscono i segni di costruzione della composizione realizzati con incisioni sull'intonaco fresco come, ad esempio, fori di riferimento effettuati per mezzo di chiodi, incisioni dirette o segni di compasso.

Il disegno preparatorio degli elementi di partizione architettonica della cappella è realizzato mediante incisioni dirette sull'intonaco fresco e fili battuti a colore. Punti di riferimento sono incisi sull'intonaco e determinati in alcuni casi utilizzando il compasso.

La vasta superficie del cielo stellato rende interessante la tecnica di costruzione geometrica adottata senza mai perdere l'ordine e la simmetria delle stelle. Già sull'arriccio, dovevano essere stati battuti dei fili equidistanti, orizzontali, verticali e diagonali, per la ripartizione dello spazio da dipingere.¹⁰⁾ Mano a mano che veniva steso l'intonaco questo

lacunae in the plaster pertain to both layers, revealing the brickwork of the wall structure.

In his notes, Leonetto Tintori reports the presence of visible "sinopia" in the lacuna on the Virgin's garment in the Annunciation scene. In fact, he states that, when Botti removed some of the restoration stuccowork in that area, the "sinopia" of the Virgin's foot was visible. Several facts contradict this affirmation. The point where the lacuna is located does not involve the foot of the Madonna.⁷⁾ The photographs taken by Naja in 1867 show this lacuna before the stuccowork carried out by Botti, and the bricks of the wall structure are visible (fig. 7). During our restoration, the plaster applied by Tintori was removed, revealing the situation which was documented photographically in 1867.⁸⁾ In the same way, we must dismiss the idea that, writing the report after the fact, Tintori confused this lacuna with another similar one located near the drapery of the kneeling Virgin, not in the scene of the Annunciation in the nave, but in the scene of the Announcement of the Death of Mary in the presbytery. In this case too, the removal of the stucco did not reveal the presence of "sinopia", with the exception of very small fragments near the border.

Small traces of colour were found after the removal of deteriorated restoration stucco, on the main arch just below the false side chapel on the left. Two parallel horizontal lines made with a green pigment were noted.⁹⁾ They seemed to correspond to the green pigment present in traces on the lower layer of plaster on the wall at the end of the apse.

1.2.2. Preparatory drawings

Much more is known about this phase of execution than the preceding phase. Areas where the painted film has peeled away and fallen off (especially parts done with the "a secco" technique) have revealed quite large sections of preparatory drawings done with pigments ranging from ochre to dark red. There were also several traces of 'snapping' (with a cord) and freehand sketching, visible even through the painted layers. The outline of the composition can be seen, made with incisions on the fresh plaster such as reference holes made with nails, direct cuts, or compasses.

The preparatory drawings for the imitation architectural elements were incised into the fresh plaster or made by snapping a cord dipped in pigment. Reference dots were cut into the plaster, sometimes with the aid of compasses.

The vast surface of the star-studded sky shows an interesting geometrical outline drawn in advance so as not to lose the order and symmetry of the stars. The "arriccio" was marked out with equidistant horizontal, vertical and diagonal snapping so as to divide the space to be painted.¹⁰⁾ Gradually, as the plaster was applied, this drawing was repeated, by means of cord snapping

disegno veniva riportato utilizzando la battitura del filo a colore (fig. 8). È ben visibile in più punti di caduta del pigmento sovrastante ed anche in più di una sezione stratigrafica effettuata presso i nostri laboratori. L'incrocio delle linee dà la posizione delle stelle ed è il centro del cerchio inciso a compasso che determina la loro dimensione (fig. 9). A questo punto è applicata la malta per il rilievo e a seguire la preparazione grigia per l'azzurrite prima che l'intonaco asciughi.

All'interno delle scene, gli edifici dipinti sono costruiti sia con incisioni dirette che partono da punti di riferimento tracciati alquanto profondamente nell'intonaco, sia con fili battuti a colore. Tintori ipotizza l'esistenza di disegni di progetto fedeli, certamente in scala ridotta, ma anche a grandezza naturale, soprattutto nei casi in cui lo stesso edificio era replicato identico in più scene come ad esempio il "Sancta Sanctorum" della 'Consegna delle verghe', della 'Preghiera per la fioritura' e dello 'Sposalizio della Vergine', ma questo dato non può essere provato con inconfutabile certezza. In realtà solo due dei tre edifici sono perfettamente identici. Il tempio della 'Preghiera' è leggermente più stretto.¹¹⁾

Incisioni dirette sull'intonaco fresco sono inoltre state utilizzate per circoscrivere le aree da trattare con lamina metallica (ad esempio come nel riquadro raffigurante 'La salita al Calvario') o, più generalmente, per successive finiture a secco. La veste ocra di uno dei beati in controfacciata, precisamente il secondo da destra nel gruppo più in alto, è, ad esempio, istoriata con motivi geometrici ripetitivi eseguiti a secco ed inclusi nella quadratura incisa profondamente sull'intonaco, e ben visibile anche se coperta dalla stesura pittorica ad affresco (fig. 10).

Incisioni dirette eseguite, sull'intonaco asciutto, successivamente alla stesura pittorica ad affresco, servivano a delimitare zone da campire a secco come ad esempio nella realizzazione dei cassettoni del soffitto nella scena dell' 'Incontro alla Porta Aurea' (fig. 11), o delle finestre sull'edificio dipinto a sinistra della scena della 'Salita al Calvario'.

Non è stato ad oggi effettuato uno studio sistematico e approfondito riguardo all'utilizzo di "patroni"¹²⁾ per l'esecuzione delle figure. Ad una prima sommaria osservazione è stato possibile riscontrarne l'uso per la realizzazione dei volti di alcuni angeli in controfacciata e del contorno dei corpi degli apostoli di spalle nella scena dell' 'Ultima Cena' e in quella della 'Pentecoste'. La ricerca tuttavia, potrà considerarsi conclusa solo dopo un lungo lavoro di sovrapposizione e confronto di foto e rilievi grafici ancora in corso. Non si esclude quindi di poter, in seguito, trovare nuove e ulteriori corrispondenze che siano chiaro indizio di un più diffuso utilizzo di sagome, certamente utili a mantenere costanti le dimensioni di volti e figure. È però evidente come, nella decorazione della cappella, la ricerca di un marcato naturalismo si esprima, tra l'altro, con la diversificazione delle caratteristiche

(fig. 8), which is clearly visible at several points where the painted layer has fallen away and also in other sections of layers examined in the laboratory. The intersection of the lines gives the position of the stars and is the centre of a circle etched with a compass to determine their size (fig. 9). At this point, the mortar for the relief was applied and also the grey priming for the azurite before the plaster dried.

In the scenes, the buildings were outlined not only by direct incision, based on reference points, cut quite deeply into the plaster, but also by snapping colour-laden cords. Tintori suggests that Giotto may have used carefully prepared drawings, mostly on a reduced scale but also at full size, especially in those cases where the same building was repeated in more than one scene as, for example in the 'Holy of Holies' in the 'Consignment of the Rods', the 'Prayer for the Miracle of the Rods' and the 'Marriage of the Virgin'. However, this cannot be proven. Actually, only two of the three buildings are perfectly identical. The temple in the 'Prayer' scene is slightly narrower.¹¹⁾

Incisions directly on the damp plaster were also used to mark out areas to be treated with metal leaf as in the scene depicting 'The Ascent to Calvary'. More generally, they were useful for the "a secco" finishing coat. The garment of one of the Blessed on the inside wall of the façade (the second from the right in the upper group) is decorated with a geometric pattern executed 'a secco' and included in the outline etched deeply into the plaster, which is clearly visible even though covered by the 'ad affresco' colored layer (fig. 10).

Incisions made directly on the dry plaster after applying the painted layer "ad affresco", served to outline the area to be filled in "a secco", for example in painting the ceiling beams in the 'Meeting at the Golden Gate' scene (fig. 11), or the windows of the building to the left in the 'Ascent to Calvary' scene.

To date, there has been no systematic study of the use of "patroni"¹²⁾ (patterns, silhouettes) in executing the figures. A summary observation shows their use for the faces of various angels on the inside wall of the façade and for outlining the bodies of the apostles seen from the back in the scenes depicting the 'Last Supper' and 'Pentecost'. In any case, results will only be conclusive after the long operation of superimposition and comparison of photographs and graphic reliefs has been completed. It is quite possible that in the future new factors may emerge giving clear indications of a more widespread use of silhouettes and patterns, which would certainly have been useful in keeping the sizes of faces and figures constant. However, it is evident that the attempt to reproduce striking naturalism in the Chapel decorations was achieved also by diversification of the characteristics of the figures, which was done by drawing distinctly different faces and profiles on the plaster

fisionomiche dei personaggi, raggiunta delineando sull'intonaco volti e profili molto diversi tra loro e difficilmente ottenibili da uno stesso prototipo.

Il disegno preparatorio dei panneggi è eseguito a pennello con pigmenti diversi da zona a zona allo scopo probabilmente di imprimere timbri diversi alla campitura cromatica finale (figg. 12-14). La perdita di azzurrite ha messo in evidenza disegni a terra rossa o ad ocra gialla variamente ombreggiate in nero. In alcune vesti vediamo semplicemente abbozzati con tratti veloci i volumi principali, è il caso, ad esempio, del manto della Vergine nella 'Fuga in Egitto' o della donna a destra nella 'Visitazione' (fig. 13), ma il livello di finitura non è costante e da una soluzione a veloci pennellate si arriva a panneggi perfettamente modulati già nel disegno preparatorio come nella veste del Cristo della scena della 'Resurrezione di Lazzaro' (fig. 12). In alcuni casi i manti azzurri erano realizzati su zone preparate con campiture grigie, eseguite ad affresco, simili a quelle utilizzate per preparare i cieli (fig. 14).

I fondi delle fasce con foglie d'acanto, dipinte a coronamento della controfacciata e dell'arco trionfale, mostrano una singolare preparazione. Infatti, questa è stata realizzata alternando, in modo apparentemente casuale, basi rosse con basi grigie. Nell'arcone l'alternanza coincide con il limite di giornata presente all'altezza della pontata che separa il primo dal secondo registro e si colloca all'imposta dell'arco (fig. 15). Su entrambi i colori di preparazione sono state rinvenute tracce di un'uguale finitura ad azzurrite. Ci si domanda oggi se, quanto rilevato, può essere attribuito ad una casualità o ad una scelta esecutiva ed, in questo caso, come doveva risultare la pittura finita in funzione di questo espediente.

1.3. Strati pittorici

1.3.1. Materiali costitutivi e tecniche di lavorazione

Giotto dimostra, nella Cappella degli Scrovegni, come padroneggi perfettamente materiali e tecniche artistiche e come non esistano per lui limiti pratici alla realizzazione dei propri intenti estetici ed espressivi.

La pittura a buon fresco è eseguita procedendo per stesure successive, così come descritto nel manuale del Cennini, senza una reale soluzione di continuità tra il disegno preparatorio e la stesura pittorica. I pigmenti utilizzati sono quelli tradizionalmente noti come compatibili con la calce.

È interessante notare come Giotto sfrutti con maestria, in molti casi, il tono chiaro dell'intonaco come colore di fondo della sua pittura, con una tecnica che potremmo definire "a risparmio" di pigmento. Questo si può osservare ad esempio nell'esecuzione della parte centrale del petto di Cristo nella scena del 'Battesimo'. Qui le lumeggiature, rese con pennellate di bianco puro con andamento orizzontale, contrastano con i toni sottostanti, sia del verdaccio sia dell'intonaco, sul quale sono state stese,

– something that would not have been possible using patterns.

The preparatory drawings for the drapery were executed by brush with various pigments depending on the area, with the aim of giving varying tints to the final colour layer (figs. 12-14). The loss of azurite has revealed drawing in red earth or yellow ochre variously shaded in black. In several instances, the main areas are sketched with quick strokes, as in the cloak of the Virgin in the 'Flight into Egypt' or the one of the woman to the right in the 'Visitation' (fig. 12). However, the level of finishing is not constant and, by contrast with quick brush strokes, sometimes we find perfectly shaped drapery in the preparatory drawing, as with Christ's garment in the 'Resurrection of Lazarus' scene (fig. 13). In some cases the blue cloaks were painted in areas prepared with grey backgrounds and executed "ad affresco", similar to the technique used in the priming of the skies (fig. 14).

The backgrounds of the bands with acanthus leaves crowning the end wall and the chancel arch, show exceptional preparation. In fact, they were carried out by alternating red and grey body colour, in an apparently random manner. On the chancel arch, the alternating occurs on the edges of the "giornata" at the level separating the first register from the second, situated on the upper part of the arch (fig. 15). Both preparatory colours show traces of the same azurite coating. From what we have seen, we may wonder whether this can be attributed to chance or to choice and, in the latter case, what effect this was intended to produce on the final painting.

1.3. Painted layers

1.3.1. Materials used and working techniques

In the Scrovegni Chapel, Giotto demonstrates perfect mastery of materials and artistic techniques and there were no practical limits to the realization of his aesthetic and expressive intentions.

The "buon fresco" painting is executed by successive layers, as described later in Cennini's treatise, without any problem of continuity between the preparatory drawing and the painted layer. The pigments used were those traditionally known to be compatible with lime.

It is interesting to note how Giotto, in many instances, masterfully employs the light tone of the plaster as a background colour for his painting, by means of a technique we can best define as "a risparmio" (saving) of pigment. This can be seen, for example, on Christ's chest in the 'Baptism' scene where the highlights, executed with brush strokes of pure white in a horizontal direction, contrast with the tones beneath, with both the green earth and the plaster, to which they have been applied, creating a wonderful effect of light and shade (fig. 16). There is

creando un efficace effetto di chiaroscuro (fig. 16). Si riporta ad esempio un altro caso: nella scena della 'Cattura' uno dei personaggi soffiava in un corno ottenuto risparmiando l'intonaco da qualunque stesura di colore ed eseguendo in questa zona soltanto una finitura a lamina metallica direttamente sull'intonaco asciutto (fig. 17).

Allo stesso modo Giotto realizza le nuvole risparmiandole dalla preparazione grigia a fresco durante la stesura pittorica ad azzurrite; al contrario nella scena del 'Battesimo' e nella zona alta del lunettone con 'La missione dell'Arcangelo Gabriele' l'azzurrite si sovrappone ad una stesura bianca con lo scopo di creare particolari effetti di luminosità alla superficie.¹³⁾

Le zone interessate da finiture a secco sono molto estese. Sono stati utilizzati leganti di diverso tipo e non solo allo scopo di stendere pigmenti incompatibili con l'alcalinità dell'intonaco fresco.¹⁴⁾

La volta stellata, così come i cieli delle scene figurate, sono realizzati con azzurrite applicata utilizzando uovo.¹⁵⁾ Lo stesso pigmento, è stato impiegato per le vesti blu con lo stesso medium legante.

Nella ricca tavolozza della bottega giottesca a Padova la costosa azzurrite aveva ampio spazio, ma accanto a questa troviamo altri pigmenti ugualmente preziosi e poco adatti alla tecnica dell'affresco; cinabro, lacche e biacca sono usate diffusamente.¹⁶⁾

Il cinabro è utilizzato largamente a secco, sopra ad una base ad ocra rossa, per bordare le scene del secondo e terzo registro. È anche utilizzato, ad esempio, per rendere il tono del sangue nella scena della 'Crocifissione' o in quella della 'Strage degli innocenti'; ancora, è servito per le finiture decorative lungo gli elementi di partizione architettonica o nella realizzazione dello stendardo alla destra del Cristo crocifisso (fig. 18).¹⁷⁾

Dettagli originariamente rosso vivo erano realizzati anche facendo uso di lacca. È questo il caso delle fiamme sulle teste degli apostoli nella 'Pentecoste' che oggi appaiono ingrigite forse per la presenza di biacca e di cinabro¹⁸⁾ (fig. 19).

Le campiture verdi sono generalmente realizzate con terra verde, compresa la fascia che, affiancata alla rossa, borda le scene del secondo e terzo registro. Qui il pigmento, nonostante sia adattissimo all'uso a fresco, sembra però essere stato steso a secco su di un intonaco asciutto o parzialmente carbonatato,¹⁹⁾ preparato con una mano a fresco di ocra gialla (fig. 20).

Indagini chimiche su alcuni verdi hanno però rilevato la sporadica presenza di rame.²⁰⁾ In particolare, nella scena del 'Battesimo', l'acqua del fiume Giordano è realizzata stendendo un primo strato ad affresco con terra verde sul quale velature eseguite con resinate di rame davano il senso della trasparenza.

Non risulta sia mai stata utilizzata la malachite. Alcuni verdi dal tono brillante simile a quello ottenibile con questo minerale, sembra siano stati ottenuti mescolando al verdeterra l'azzurrite.²¹⁾

another instance – in the scene of the 'Capture' where one of the figures is blowing a horn. This was created by 'saving' the plaster from any colour layer, and by applying metallic leaf directly onto the dry plaster, as a finishing touch (fig. 17).

Giotto created the clouds in the same way by exploiting the grey priming during the application of the azurite layer. By contrast, in the scene of the 'Baptism' and in the upper part of the large lunette with 'The Mission of the Archangel Gabriel', the azurite is applied over a white layer to create special effects of luminosity on the surface.¹³⁾

The areas with "a secco" finishing are very extensive. Binders of various types were used, not only to render pigments compatible with the alkalinity of the damp plaster.¹⁴⁾

The starry ceiling, like the skies in the figurative scenes, were made with azurite applied with egg binder. The same pigment with the same binding medium was used for the blue garments.¹⁵⁾

In the rich palette of Giotto's studio in Padua, the costly azurite was widely used but we also find other pigments just as costly and not well adapted to the fresco technique, such as cinnabar, lakes and white lead, which were used profusely.¹⁶⁾

Cinnabar was used mostly "a secco", over a base of red ochre for the borders of scenes in the second and third register. It was also used, for example, to produce the blood tone, especially in the scene of the 'Crucifixion' and in 'The Slaughter of the Innocents'. It was used again for the decorative finishing on the architectural elements and in the banner to the right of the crucified Christ (fig. 18).¹⁷⁾

Details that were originally bright red were also produced by using a lake pigment. This is the case with the flames over the heads of the apostles in the 'Pentecost' scene which now appear grey perhaps because of the presence of white lead and cinnabar¹⁸⁾ (fig. 19).

The green backgrounds were generally done with green earth, including the band that, coupled with red, borders the scenes of the second and third register. Here the pigment, although very suitable for fresco painting, seems to have been applied "a secco" on dry or partially carbonated plaster,¹⁹⁾ previously prepared with a layer of yellow ochre "a fresco" (fig. 20).

Chemical investigation of several of the greens revealed the sporadic presence of copper.²⁰⁾ In particular, in the scene of the 'Baptism', the water of the Jordan River was achieved by applying a first layer "ad affresco" of green earth which was glazed with copper resinate, giving it a transparent look.

It seems that malachite was not used. Some brilliant greens similar to those obtainable with this mineral, seem to have been produced by mixing green earth with azurite.²¹⁾

Le luci ultime sono eseguite generalmente con bianco a calce, ma ne sono state riscontrate alcune realizzate con biacca legata con olio misto ad uovo.²²⁾ Con questo stesso medium sono state realizzate velature trasparenti, in particolare sui panneggi a secco (fig. 21 a-b).

Si segnalano, però, panneggi azzurri chiari modellati a fresco con ombre e luci ad un livello così alto di finitura da non soffrire affatto della mancanza di una eventuale stesura a secco (fig. 22). L'osservazione al microscopio mineralogico del materiale prelevato in una zona di questo tipo²³⁾ ha rilevato la sola presenza di azzurrite e calce carbonatata, insieme ad impurezze varie. Se dunque in questi casi è stato utilizzato un blu a base di rame sull'intonaco fresco deve essere stato additivato con sostanze organiche in grado di proteggerlo dall'alcalinità della calce. Una di queste sostanze poteva ad esempio essere il latte, che tra l'altro fissa maggiormente il colore reagendo chimicamente con l'idrossido di calcio formando caseato di calcio. Il medium organico, oltre che a proteggere, permetteva di legare meglio alcuni pigmenti che avrebbero prodotto delle difficoltà di stesura pittorica in quanto non facilmente miscibili in acqua perché contenenti impurezze di tipo oleoso.

Il procedere per stesure pittoriche successive, nella Cappella, non è sistema esclusivo dell'esecuzione a fresco, ma anche le campiture a secco si sovrappongono le une alle altre. Troviamo infatti dettagli realizzati sopra l'azzurrite dei cieli o sopra le lamine metalliche. Citiamo ad esempio la colomba nella scena del 'Battesimo' e quella nel quadrilobo raffigurante San Gregorio, ma si tratta di due fra molti casi rilevati.

La presenza di alterazioni cromatiche dei pigmenti è scarsissima. Sui motivi dell'assenza di alterazione in verde della grande quantità di azzurrite ci si è a lungo interrogati senza trovare una esauriente risposta. È stata addirittura ipotizzata, erroneamente, una massiccia ridipintura della volta celeste. Per confermare o smentire tale ipotesi lo spesso strato di azzurro è stato a lungo osservato. In nessun punto è stata riscontrata presenza di colore al di sopra delle stelle in stagno dorato o all'interno di lacune.²⁴⁾ Il pigmento sembra essere steso in due mani, come già ipotizzato dal Tintori, ma in nessuna sezione stratigrafica si apprezza una reale soluzione di continuità tra i due.

Anche i fenomeni di annerimento della biacca non rappresentano un grande problema estetico nel ciclo giottesco padovano. È probabile che la scelta del medium oleoso per applicare questo pigmento abbia impedito il fenomeno di alterazione. L'osservazione delle pitture ha evidenziato rarissimi casi ove tracce di colore nero o grigio scuro si collocano laddove presumibilmente avremmo dovuto trovare pennellate bianche. Portiamo ad esempio l'angelo del 'Sogno di Gioacchino' o uno dei gruppi di angeli dell' 'Ascensione'. Il bordo inferiore delle vesti di molti angeli nella Cappella si confonde tra nubi leggere rese con pennellate bianche, ma nelle figure portate da esempio tra questi tocchi chiari ve ne sono alcuni neri²⁵⁾ (fig. 23).

The final highlights were generally executed with lime white, but there also were some with white-lead, bound with oil mixed with egg.²²⁾ Glazes were made with this same medium, particularly in the "a secco" drapery (fig. 21 a-b).

However, there is light blue drapery modelled "a fresco" with highlights and shadows of such a high level of finish that they do not suffer at all for the lack of an "a secco" layer (fig. 22). Examination under a mineralogical microscope of the material obtained from an area of this type²³⁾ revealed only the presence of azurite and carbonated lime, in addition to various impurities. If a blue with a copper base was used on damp plaster, it must have been combined with organic substances to protect it from the alkalinity of the lime. One of these substances could have been milk, which further fixes the colour by reacting chemically with the calcium hydroxide to form calcium casein. This organic substance, besides giving protection, makes it possible to bind some pigments that would have caused problems in the painted layer because they do not mix easily with water due to the fact that they contain oily components.

In the Chapel, the procedure of successive layers of paint is not a system exclusive to "a fresco" execution since the "a secco" backgrounds also overlap each other. In fact, we find details painted on top of the azurite of the skies and on top of the metallic leaf. For example, the dove in the scene of the 'Baptism' and the dove in the quatrefoil depicting Saint Gregory are two of the many instances found.

Chromatic alteration of the pigments is very rare. Much thought was given to the reasons for the absence of alteration towards green of the large quantity of azurite but no definite answer has been found. It was even thought, erroneously, that the star-studded ceiling had been largely repainted. In order to confirm or refute this theory, the thick layer of blue was examined very closely. At no point was there any colour over the gilded stars or in the lacunae.²⁴⁾ It seems that the pigment was applied in two layers, as already suggested by Tintori, but in no stratigraphic section was there any problem of continuity between the two.

White lead turning black does not seem to be a problem in the Giotto cycle in Padua. It is likely that the choice of an oily medium for applying this pigment prevented the phenomenon of alteration. Observation of the paintings showed very rare instances where traces of black or dark grey colour were present where presumably we should have found white. For example, the angel in the 'Joachim's Dream' or one of the groups of angels in the 'Ascension'. The lower border of the garments of many angels is lost among light-coloured clouds executed with white brushstrokes, but in the figures in the example, there are some black strokes amidst the light touches²⁵⁾ (fig. 23).

1.4. Finiture a lamine e dorature

1.4.1. Materiali costitutivi e tecniche di lavorazione

Scopriamo in Giotto un notevole gusto e perizia nell'uso di metalli più o meno nobili, con i quali realizza tutte le sfumature possibili di finitura. Lo stagno, l'argento e l'oro sono utilizzati con tecniche di applicazione diverse per conferire alle superfici effetti luminosi, purtroppo ormai perduti, probabilmente stupefacenti per varietà, rispondendo ad esigenze di tipo tanto naturalistico che puramente estetico.

Usa sempre l'oro zecchino per l'esecuzione delle aureole riguardanti il Cristo (fig. 26), ma per angeli, santi e apostoli l'oro puro si alterna ad altri metalli. In alcuni casi, come nelle aureole delle due figure inginocchiate davanti al Cristo nella 'Resurrezione di Lazzaro', riesce ad ottenere particolari effetti volumetrici e prospettici ombreggiando a secco con i pigmenti sopra l'oro.

Alcune aureole sono adornate con una foglia composta di stagno e oro realizzata facendo aderire fra loro le lamine utilizzando come adesivo la missione. Interessante è come in alcuni casi, graffiando la lamina d'oro e mettendo quindi in evidenza lo stagno sottostante, riuscisse ad ottenere dei particolari effetti di luminosità, come ad esempio nei raggi di alcune aureole delle schiere angeliche in controfacciata (figg. 24-25).

Usa la sola lamina di stagno, nella realizzazione delle armature o per la simulazione di parti metalliche. Oggi questa appare annerita a causa del naturale processo di ossidazione (fig. 27).

Recenti indagini chimiche,²⁶⁾ sembra possano dimostrare che Giotto abbia utilizzato anche l'argento misto ad oro oggi trasformato, nello strato più esterno, in solfuro d'argento nero. In particolare questo fenomeno riguarda le scene: 'L'ultima cena', 'La lavanda dei piedi' e 'L'Ascensione'. È interessante notare il differente stato di conservazione, correlato al differente grado di ossidazione del metallo, in relazione agli strati pittorici: là dove la lega è stata protetta dal medium della finitura soprapposta, non si è verificato l'annerimento o comunque è presente un più basso grado di alterazione che ci permette, ancora oggi, di apprezzare le tracce di quella che doveva essere un tempo la finitura a secco (fig. 28).

Effetti decorativi, quali diademi o pietre preziose, presenti in alcune vesti o aureole, sono realizzati con applicazioni di lacche; fa eccezione l'aureola del Cristo Giudice in controfacciata dove Giotto ha voluto inserire, ricavando una sede nella malta ancora fresca, tre specchietti convessi realizzati con vetro e lamina di piombo.

Mentre appare evidente che lo stagno è usato in lamina, non si è altrettanto certi dell'uso in foglia dell'oro e dell'argento. Dalle sezioni stratigrafiche si evidenzia, anche nelle sottili decorazioni delle vesti, sempre la presenza della missione al di sotto del metallo prezioso e spessori sempre uguali, escludendo quindi l'uso dell'oro mescolato ad un medium e steso a pennello. Non sono mai stati ravvisati, però, segni di giunzione delle lamine.²⁷⁾

1.4. Finishing in metallic leaf and gilding

1.4.1. Materials used and working techniques

We noted that Giotto was fond of using many types of metal (some precious, others less so) with which he was able to produce all sorts of nuances in the finishing. Tin, silver and gold were used with various techniques to give luminous effects, unfortunately now lost, that were probably amazing in their variety while responding to naturalistic requirements or purely aesthetic needs.

He always used pure gold for the halos of Christ (fig. 26), but for the angels, saints and apostles, he alternated the pure gold with other metals. In several instances, such as the halos of the two figures kneeling before Christ in the 'Resurrection of Lazarus', he succeeds in obtaining volumetric and perspective effects by shading 'a secco' with pigments over the gold.

Some halos are decorated with a foil composed of tin and gold made by overlaying the two types of leaf using 'missione' as the mordant. It is interesting that in several instances, by scratching the gold and revealing the tin underneath, it is possible to obtain particular effects as, for example, the rays from the halos of the groups of angels on the inside wall of the facade (figs. 24-25).

Only tin leaf is used for the armour and for the simulation of metal objects. Today these areas are darkened due to the natural process of oxidation (fig. 27).

Recent chemical investigation²⁶⁾ seems to show that Giotto used also silver mixed with gold, the top layer of which has been transformed into black silver sulphide. This is especially the case in the scenes depicting 'The Last Supper', 'The Washing of the Feet' and 'The Ascension'. It is interesting to note the varying states of preservation related to the degrees of oxidation of the metal in relation to the painted layers. Where the binder was protected from the medium by the finishing coat, there was no darkening at all (or it is less pronounced), showing even today traces of what must have once been the 'a secco' finish (fig. 28).

Decorative effects such as diadems or precious stones, on some garments and halos, were achieved by the application of lakes. An exception is the halo of Christ the Judge on the inside wall of the facade where Giotto decided to insert into the damp plaster three little convex mirrors made with glass and lead leaf.

While it is clear that tin was used in the form of metal leaf, it is not certain if this was the case with gold or silver. Even in the thin decorations of the garments, examination of stratigraphic sections shows the presence of a mordant, below the precious metal layer (which is always of the same thickness). This excludes the use of gold mixed with a medium and applied with a brush. On the other hand, no signs of joints between the sections of gold leaf have been found.²⁷⁾

Lo spessore dello strato, misurato sui campioni prelevati, è sempre uguale a 1,2/1,8 micron. Tale valore corrisponde effettivamente a quello delle antiche lamine d'oro. Anche se è possibile supporre che Giotto si avvallesse di abili "battiloro" in grado di forgiargli lamine "su misura", superfici dorate di considerevoli dimensioni, come ad esempio l'aureola del Cristo Giudice in controfacciata, non possono però essere realizzate con un'unica lamina così grande e sottile; questa infatti si spezzerebbe, a causa del suo stesso peso, non appena sollevata dal "cuscino" per applicarla sull'intonaco preparato a missione. Una doratura a lamina è possibile soltanto giustapponendo "fogli" d'oro di più piccole dimensioni (generalmente non più grandi di 10 x 10 cm) uno accanto all'altro fino a coprire l'intera estensione della superficie.

Quanto detto porta ad ipotizzare una doratura realizzata tramite l'aspersione, sopra la missione, di sottili polveri d'oro; quindi un oro a "conchiglia" che, oltre ad evitare antiestetici segni di giunzione, doveva trovare maggiore praticità di applicazione soprattutto nei sottili motivi decorativi riguardanti ad esempio le vesti, i capelli degli angeli, ecc. (fig. 29).

1.5 La decorazione pittorica degli elementi di partitura architettonica

La struttura architettonica che sostiene e ripartisce il ciclo pittorico giottesco è stato detto sia frutto di una meditata progettazione. L'accurata realizzazione tecnica ne è una conferma.

I motivi floreali che decorano le cornici delle scene del registro superiore sono tutte realizzate, probabilmente a secco, completamente a mano libera, senza l'ausilio di stampi o mascherine.

La costruzione geometrica dei decori a cosmatesca (fig. 30) si presenta piuttosto articolata e prevedeva: una prima partitura tracciata sull'intonaco fresco con fili battuti a colore; la stesura del bianco per la campitura delle zone principali e dell'ocra per i profili delle false modanature; la realizzazione di sottili incisioni sull'intonaco già asciutto, o ad uno stato già avanzato di carbonatazione, per la suddivisione dei piccoli spazi da dipingere di rosso, nero o blu; la relativa coloritura; infine una seconda serie di incisioni, effettuate per marcare i punti da impreziosire con lamine di stagno dorato, precedeva la loro successiva applicazione mediante l'uso di missione. Tutti i punti di riferimento per la costruzione delle linee incise o battute sono determinati mediante l'ausilio di un compasso. Anche qui, come in tutti i dipinti della Cappella, l'effetto finale è raggiunto per giustapposizione di mani successive che prevedevano, già all'origine, uso di diversi pigmenti e di diversi leganti, come l'uovo per temperare i colori o le missioni oleo-resinose per permettere l'adesione delle lamine.

Nelle paraste che separano le scene del primo registro della parete sinistra è possibile ammirare un altro esempio della minuziosa realizzazione di ogni particolare: qui la lamina di stagno è trattata superficialmente con un sottile velo di colore ambrato sul quale spiccano i decori a caratteri calligrafici arabeggianti. L'avanzato grado di

The thickness of the layer, measured from samples taken, is always 1.2/1.8 microns. This figure corresponds to that of old gold leaf. We have to imagine that Giotto had skilful "gold-beaters" able to produce "tailor-made" leaf sections. But surfaces of considerable size, such as the halo of Christ the Judge on the end wall, could not have been made in one leaf so large and thin. In fact, it would have broken under its own weight as soon as it was lifted from the gold-beater's "cushion" to apply it to the plaster prepared especially with mordant. Gilding with gold leaf is only possible by juxtaposing gold "leaves" of small size (generally not larger than 10x10 cm) next to one another until the entire surface is covered.

This leads one to suppose that Giotto's gilding was carried out by means of sprinkling a fine gold powder on the mordant; therefore it was a type of gold finishing which not only avoided unsightly junction marks, but was also easier to apply, especially in the subtle decorative effects of the garments, the angels' hair, etc. (fig. 29).

1.5 Painted decoration of the imitation architecture

The imitation architecture that supports and divides Giotto's fresco cycle was very carefully designed. Its accurate architectural realization confirms this.

The floral motifs that decorate the frames of the scenes of the upper register were all probably done "a secco" and completely free-hand, without the aid of silhouettes or patterns.

The geometrical construction of the Cosmati-style decoration (fig. 30) is rather complex and required the following steps: an initial drawing traced on the damp plaster with coloured snapping cord; the application of the white for the background in the main areas and of ochre for the profiles of the imitation moulding; thin incisions on the dry or almost carbonated plaster, for the divisions of the small spaces to be painted red, black or blue; application of the paint itself; and finally a second series of incisions marking the zones to be covered with gilded tin leaf which would be fixed in place by means of missione adhesive. All the reference points for the marking out of the incised or snapped lines were made with the aid of a pair of compasses. Here, as in all the Chapel paintings, the final effect was achieved by juxtaposing successive coatings that required the use of various pigments and various binders, such as egg to bind the colours or oily-resinous mordant for the adherence of the foil.

In the decoration that separates the scenes in the first register on the left wall, there is another example of the careful attention given to detail. Here the surface of the tin leaf is treated with a thin amber-coloured veil beneath which are the Arab-like calligraphic characters

alterazione della lamina metallica non permette di comprendere esattamente il procedimento esecutivo, ma resta comunque evidente che lo stagno non era solo utilizzato tal quale per imitare oggetti in metallo, ma serviva anche come base per decori in "pittura traslucida".

2. I dipinti murali eseguiti dal Maestro del Coro Scrovegni nell'abside e nel presbiterio²⁸⁾

La storia costruttiva e decorativa del coro è piuttosto complessa ed articolata. L'edificio, in origine, doveva presentarsi con pianta rettangolare chiusa da annesso presbiterio avente la stessa forma geometrica; attualmente invece si può osservare che il vano presbiteriale si conclude, alle spalle dell'altare, con un corpo trapezoidale accostato in epoca successiva alla prima originaria struttura; la datazione relativa a questa aggiunta è ancora oggi motivo di studi.

Il ciclo decorativo, eseguito intorno al 1317, secondo il progetto iniziale, doveva rappresentare, al di sotto di una volta raffigurante un cielo stellato, nel presbiterio le storie della morte della Vergine suddivise in tre registri sovrapposti e, nella parte absidale, figure di Santi. La struttura di partizione architettonica dipinta è articolata come nella navata: in elevato la decorazione è creata attraverso motivi geometrici e floreali; nei sottarchi vi sono dipinti santi a mezzo busto inseriti in quadrilobi o motivi decorativi uguali a quelli delle pareti; il piano di terra, fatta eccezione per le due pareti maggiori del presbiterio ove sono presenti gli scanni lignei dei sacerdoti, era decorato con un basamento ad imitazione del marmo. Oggi due figurazioni rappresentanti: la 'Madonna del Latte' e la 'Maddalena in preghiera nel deserto' coprono le finte lastre marmoree (fig. 31); tali scene sono state eseguite su un successivo strato di intonaco in data a noi sconosciuta.

2.1 Strati preparatori

2.1.1. Materiali costitutivi e tecniche di lavorazione

La volta dell'abside è molto probabilmente a struttura piena, composta da mattoncini in laterizio su cui è stato applicato, tra mattone e mattone, un rinzaffo costituito da calce idrata e carica (grossa e non selezionata), per uniformare le diverse irregolarità.

Si individuano due strati di stesura dell'intonaco di colore caldo: uno più profondo a granulometria grossa realizzato a calce e sabbia; l'altro più superficiale, realizzato con la medesima malta, ma con granulometria più fine rispetto al sottostante.²⁹⁾

Sui costoloni è stato possibile individuare due strati di malta, della stessa composizione di quella della volta, ma dallo spessore più sottile (probabilmente per una più agevole esecuzione del modellato).

Sulle fasce piane della struttura dei costoloni, in coincidenza di piccole cadute di intonaco dipinto, è stato possibile osservare particolari dello strato sottostante. Questo ha un colorazione giallo-chiara, pre-

of the decoration. The advanced state of alteration of the tin foil makes it impossible to understand the procedure exactly, but it is evident that tin was used not only to imitate metal objects but also served as a base for 'translucent' decorations.

2. Wall paintings in the apse and the presbytery executed by the Scrovegni Chapel choir master²⁸⁾

The construction and decorative history of the choir area in building is rather complex and varied. Originally building had a rectangular plan completed by a connecting presbytery with the same shape. Today, however, it can be seen that the presbytery section concludes, behind the altar, with a trapezoidal area added later to the original structure. The date of this addition is still the subject of study.

The decorative scheme for the presbytery, executed around 1317, according to the initial plan, was to represent the stories of the death of the Virgin divided into three registers, one above the other, beneath a ceiling depicting a starry sky, and, in the apse, figures of saints. The structure of the painted architecture is divided as in the nave: in the upper part, the decoration consists of geometric and floral motifs; beneath the arches were painted bust of saints within quatrefoils or decorative motifs similar to those on the walls. The floor level, with the exception of the two main walls of the presbytery with wooden stalls for the priests, was decorated with imitation marble. Today two paintings depicting the 'Madonna del Latte' and 'Magdalene Praying in the Desert' cover the imitation marble sections (fig. 31). These scenes were painted on a subsequent layer of plaster at an unknown date.

2.1 Preparatory layers

2.1.1. Construction materials and working techniques

The ceiling of the apse is most probably a solid structure made of small bricks to which was applied a rendering composed of coarse sand and hydrated lime, to smooth over the unevenness.

Investigation has shown that there are two layers of warm-coloured plaster: a deeper layer of coarse grain size made from lime and sand, and one closer to the surface made with the same materials, but of a finer grain size.²⁹⁾

The ribs have two layers of mortar, of the same composition as that of the ceiling but thinner (probably to make shaping easier).

On the flat surfaces of the rib structures, where small amounts of painted plaster had fallen away, it was possible to see the underlying layer. It is light yellow in colour, thin in depth, carefully smoothed on the surface, and well attached to the bricks.

senta uno spessore sottile, è accuratamente lisciato sulla superficie ed è ben adeso ai mattoncini.

Lo stesso strato, simile per colore, composizione e levigatura superficiale, è stato trovato anche nella parete destra dell'abside, questo è osservabile sempre in prossimità delle cadute dell'intonaco. In questa zona, però, tra la stesura di malta appena descritta e la muratura, è presente anche un terzo strato di intonaco visibile, a tratti, lungo il margine delle grandi lacune esistenti in prossimità dell'innesto dei due corpi architettonici (fig. 32).

Nelle pareti dell'abside e del presbiterio sono presenti gli stessi strati e la stessa composizione di malta che abbiamo descritto per la volta.

Le quattro colonne poste a coronamento delle pareti absidali presentano un solo ed unico strato di intonaco su cui è stata dipinta la decorazione a foglie e girali. La malta sembra composta con materiali uguali a quelli fin ora citati, con uno spessore complessivo che si aggira intorno ai 0,5 cm.

L'intonaco è steso a giornate la cui successione inizia dall'alto dell'abside per continuare scendendo lungo le pareti presbiteriali; la sovrapposizione dei bordi di "fine giornata" è ben nascosta e di non facile individuazione, in queste zone infatti l'intonaco risulta essere accuratamente levigato e rifinito.

I riquadri di medie dimensioni, come quelli con i Santi, sono realizzati in una sola giornata, mentre le scene riguardanti le storie della Vergine mostrano la presenza di più giornate di lavoro. Anche la loro grandezza risulta essere variabile: nella volta sono state eseguite, in un'unica soluzione, grandi porzioni corrispondenti alle vele, mentre, nelle parti figurative e nei sottarchi le stesure di malta seguono il profilo delle figure principali o di gruppi di personaggi secondari.

Bisogna inoltre segnalare che quasi tutte le aureole sono state realizzate a rilievo e presentano la caratteristica battitura di stecca.

2.2. Trasposizione del disegno

2.2.1. Sinopia

Nell'abside e nel presbiterio della Cappella, ove vi sono lacune degli strati preparatori, la caduta dell'arriccio è proporzionalmente più ampia di quella della superficie di quest'ultimo. Sulla parete sinistra del presbiterio, nella scena dell'Annuncio della morte, in seguito alla rimozione della stuccatura presente in corrispondenza della veste della Vergine, è emerso un lembo di arriccio che recava alcune tracce di sinopia eseguite con ocra rossa e con ocra gialla (fig. 33). Allo stesso modo, attraverso piccole lacune dell'intonachino presenti, all'interno dell'abrasione nella lunetta della stessa parete, è stato possibile intravedere piccole tracce di un filo battuto sull'arriccio (fig. 34).

2.2.2. Disegno preparatorio

Il Maestro del Coro Scrovegni ha fatto ricorso alle tradizionali tecniche di trasposizione del disegno in uso al suo tempo.

The wall to the right of the apse has a layer that is similar in colour, composition and surface smoothing. This can always be seen in areas where the plaster has fallen away. In this area, however, between the mortar layer just described and the brickwork, there is also a third layer of plaster visible at certain points along the borders of the large lacunae, near the junction of the two architectural structures (fig. 32).

The walls of the apse and presbytery contain the same layers and the same mortar composition as described for the ceiling.

The four columns placed to crown the walls of the apse have only one layer of plaster on which the leaf and garland decorations are painted. The mortar seems to be composed of the same materials as those already cited, with an overall thickness of about 0.5 cm.

The plaster is applied in "giornate" beginning at the top of the apse and continuing down along the presbytery walls. The overlapping edges of the "giornata" are well-concealed and not easy to identify. In fact, in these areas the plaster is carefully smoothed and finished.

The medium-size paintings, such as those depicting the Saints, were carried out in only one "giornata", while the scenes of the story of the Virgin show more than one day's work. Their size also varies: on the ceiling, the rib-vaulting was executed in one day, while for the figurative parts and the area beneath the arches, the mortar application follows the outline of the principal figures or groups of other personages.

It should also be noted that almost all the halos were done in relief and show the characteristic marking out by snapping with a lath.

2.2. Transferring the drawing

2.2.1. Sinopia

In the apse and presbytery of the Chapel, where there are lacunae in the preparatory layers, the collapse of the plaster is greater than that of the arriccio, making it possible to clearly see the surface of the latter. On the left wall of the presbytery, in the scene of the Annunciation of the Death, following the removal of the restoration stucco work on the garments of the Virgin, there emerged a strip of arriccio with several traces of sinopia done with red ochre and yellow ochre (fig. 33). In the same manner, examining small lacunae in the plaster, inside the abrasion in the lunette on the same wall, it was possible to detect small traces of cord snapping on the arriccio (fig. 34).

2.2.2. Preparatory drawings

The painter called 'Master of the Scrovegni Chapel choir' used the conventional techniques of his time for transferring the drawings.

Per scandire gli spazi da decorare, ovvero i riquadri e le fasce decorative, è stato fatto uso dell'incisione diretta.

Allo stesso scopo e per impostare geometricamente le architetture all'interno delle scene figurate è stata utilizzata la battitura dei fili "a colore"; è stata cioè impiegata una cordicella imbevuta di "terra di sinopia" portata in tensione fissandola alle due estremità della linea da tracciare. Questa tecnica, messa in opera con perizia, permette generalmente di ottenere sottili linee rosse che lasciano visibili le tracce di piccoli tratti regolari corrispondenti alla torsione della corda. In molti punti dell'abside e del presbiterio della Cappella, però, questo metodo è applicato con scarsa perizia, determinando il formarsi di schizzi di colore in ampie aree circostanti al filo battuto (fig. 35).

Si sono osservate anche tracce del disegno preparatorio eseguite direttamente sull'intonaco fresco, con ocri gialla o rossa, per segnare i contorni delle architetture, delle figure o dividere gli spazi decorativi. Si notano inoltre, in vari punti della decorazione, fori e incisioni da compasso realizzati per segnare il centro dei cerchi o definire aree curve, come ad esempio gli archi.

Sui volti dei Santi, inseriti nei quadrilobi del sottarco, sono presenti delle incisioni che, per i bordi arrotondati, fanno pensare ad incisioni indirette da "cartone", ma forse si tratta semplicemente di incisioni coperte da varie sovrapposizioni di colore e da spesse pennellate. Sempre nel sottarco sono stati riscontrati segni di impressione di dita e di poggiamano in stoffa.

2.3. Strati pittorici

2.3.1. Materiali costitutivi e tecniche di lavorazione

Per quanto riguarda la stesura pittorica è stata utilizzata prevalentemente la tecnica dell'affresco; molte sono, però, le zone interessate da finiture a secco, come ad esempio: il cielo della volta ed i fondi azzurri dipinti nei riquadri con le "storie" e dietro le figure dei Santi, sia nelle pareti sia nei quadrilobi dei sottarchi. Questi sono stati dipinti con azzurrite mescolata ad un medium legante su un fondo ad affresco di "morellone"³⁰⁾ (fig. 36). Ancora è possibile osservare come, nella scena dell'Assunzione della Vergine, molti giunti di intonaco sono nascosti da sporadici arbusti e cespugli eseguiti a secco con un pigmento verde applicato sopra le rocce dipinte precedentemente ad affresco. Nella stessa scena la mandorla entro la quale siede la Madonna è realizzata dipingendo a secco lunghi raggi rossi che attraversano più di una giornata ed infine applicando a missione, su di essi, una sottile lamina di stagno dorato (fig. 37).

In tutte le aureole ed in alcuni particolari delle scene è stato fatto uso di lamine in stagno dorato applicato a missione (fig. 38).

To mark out the areas to be decorated, that is the scenes and the decorative bands, direct incision was used.

With the same aim or to place the architectural elements geometrically inside the figurative scenes, coloured snapping cord was used: a thin cord, soaked with 'terra di sinopia', was stretched and fixed at both ends of the line to be traced, and snapped onto the surface. This technique, when skilfully employed, made it possible to obtain thin red lines and to see small traces of the torsion of the cord. However, at many points in the apse and presbytery of the Chapel, this method was not applied skilfully, causing splashes of colour in areas around the snapping (fig. 35).

There were also traces of preparatory drawings made directly on the damp plaster, with yellow ochre or red, to provide the outlines of the architecture or figures or to divide the decorative spaces.

At various points in the decoration, there were also holes and incisions made by a compass point to position the centre of circles or define curved areas, for example the arches.

On the faces of the Saints in the quatrefoils of the intrados, there are incisions that, because of their rounded edges, indicate they were made indirectly from "cartone" tracings. However, perhaps they are simply incisions covered with various overlays of colour and made with thick strokes. There are also marks made by fingers and maulstick on the intrados.

2.3. Painted layers

2.3.1. Materials used and working techniques

Regarding the painted layer, the fresco technique was generally employed. However, there are many areas with "a secco" finishing; for example, the sky of the ceiling and the blue backgrounds of the narrative paintings and behind the Saints, both on the walls and in the quatrefoils of the intrados. These were painted with azurite mixed with a binder on a "morellone" fresco background³⁰⁾ (fig. 36). In the scene of the Assumption of the Virgin, it is still possible to see how many plaster joints are hidden by shrubs and bushes executed "a secco" with a green pigment applied over the rocks previously painted "ad affresco". In the same scene, the mandorla with the seated Madonna was made by painting long red rays a secco covering more than one "giornata", and then fixing gilded tin leaf on them with mordant (fig. 37). In all the halos and in several details in the scenes, gilded tin leaf fixed with mordant was used (fig. 38).

1) Vedi, per maggiore dettaglio e precisione, il contributo di P. L. BIANCHETTI, *Caratterizzazione dell'intonaco di preparazione e di finitura del ciclo pittorico di Giotto nella Cappella degli Scrovegni*, in questo stesso volume, recante i risultati delle indagini diagnostiche.

1) For more detailed information, see the report by P. L. BIANCHETTI, containing the results of the diagnostic surveys, entitled *Characteristics of preparatory plaster and finishing layer for Giotto's wall paintings in the Scrovegni Chapel*, in this volume.

2) Relativamente alla realizzazione di queste parti, vedi il contributo di A. GUGLIELMI, F. CAPANNA, *Lintonaco giottesco per la realizzazione dei finti marmi: riflessioni e comparazioni sui procedimenti esecutivi*, in questo stesso volume. Per la definizione dei materiali costitutivi vedi BIANCHETTI, *Caratterizzazione dei materiali...*, cit.

3) Nella navata sono presenti anche numerose aureole non rilevate, alcune modellate con la battitura di stecca, altre lisce.

4) Vedi la più dettagliata descrizione nel seguente paragrafo relativo alla trasposizione del disegno.

5) Le indagini chimiche di campioni di questa malta (BIANCHETTI, *Caratterizzazione dei materiali...*, cit.), effettuate sulla punta estrema di una stella, hanno rilevato la sola presenza di calcio carbonato senza aggiunta di cariche inerti. È probabile, però, che quest'ultime fossero presenti nell'impasto, almeno laddove il rilievo era maggiore. Senza di esse la massa plastica sarebbe soggetta ad un forte ritiro.

6) Anche oggi il ponteggio realizzato per il restauro si distribuisce nello spazio come quello probabilmente utilizzato per l'esecuzione della decorazione rispondendo con logica alle esigenze operative.

7) L. TINTORI, *Giotto nella Cappella degli Scrovegni a Padova. Raccolta dei rilievi Tecnici Sull'Arte ed il Mestiere del Maestro*, dattiloscritto; p. 64 «Dalla figura della Vergine, in un tempo precedente ai restauri del Botti, era malauguratamente caduto un frammento di intonaco, coinvolgendo un piede dell'Annunciata. Botti, dopo aver consolidato i bordi della caduta, ne aveva riempito il vuoto con una malta nuova. Nel restauro del 1961 questa malta è stata rimossa perché fatiscente e sotto è stato trovato il piede disegnato in rosso sull'arriccio, il che fa pensare che Giotto, prima di affrescar, definisse le sue composizioni con un tracciato di sinopia».

8) Tintori aveva, in questo caso ed in un altro sempre nell'arco trionfale, realizzato la stuccatura inchiodando direttamente sulla muratura uno strato di masonite poi trattato in superficie con un impasto di vinavil e sabbia. La rimozione è stata pertanto piuttosto semplice e senza rischio di danneggiare eventuali strati di intonaco sottostanti.

9) Vedi, per maggiore dettaglio e precisione, il contributo di M. MARABELLI ET ALII, *La tecnica pittorica di Giotto nella Cappella degli Scrovegni: studio dei materiali*, in questo stesso volume.

10) Anche nella volta non ci sono mancanze dell'intonaco con arriccio e sinopia in vista.

11) Il tempio, inoltre, occupa quasi l'intera altezza della scena (misura quindi circa 2 m). Sembra dunque più facile costruirne la struttura mediante la battitura di fili e le incisioni che maneggiando e ricalcando una sagoma di così grandi dimensioni.

12) Sagome a grandezza naturale in carta lucida utilizzate nei cantieri medievali per la trasposizione del disegno vedi M. NIMMO, C. OLIVETTI, *Sulle tecniche di trasposizione dell'immagine in epoca medievale*, in *Rivista dell'Istituto nazionale d'archeologia e storia dell'arte*, S. III, VIII-IX, 1985-86, pp. 399-411 e B. ZANARDI, *Il cantiere di Giotto*, Milano 1996, pp. 32-38.

13) In queste zone la perdita della finitura a secco è molto ingente e i pochi lacerti di pigmento ancora conservati non permettono di comprendere quale fosse realmente l'effetto finale ricercato.

2) Regarding the technique used, see the report by A. GUGLIELMI, F. CAPANNA, *Lintonaco giottesco per la realizzazione dei finti marmi: riflessioni e comparazioni sui procedimenti esecutivi*, in this volume. For a definition of the materials used, see BIANCHETTI, *Characteristics of preparatory plaster...*, cit.

3) In the nave there are several non-relief haloes, some modelled by snapping the outline with a lath, and others smooth.

4) See the more detailed description in the following paragraph relating to the transfer of the drawing.

5) Chemical tests on samples of the mortar (BIANCHETTI, *Characteristics of preparatory plaster...*, cit.) made on the point of a star, revealed only the presence of calcium carbonate without the addition of inert materials. However, it is probable that the latter was present in the mixture, at least where the relief was most accentuated. Without this, the volume would have shrunk considerably.

6) The scaffolding erected for the recent restoration work was laid out in the same manner as that used for executing the decoration and logically follows the sequence of the wall paintings.

7) L. TINTORI, *Giotto nella Cappella degli Scrovegni a Padova. Raccolta dei rilievi Tecnici sull'arte ed il Mestiere del Maestro*, typewritten MS; p. 64 «Before Botti's restoration, a fragment of plaster fell away from the figure of the Virgin, on the foot. After consolidating the edges of the gap, Botti filled the empty space with new mortar. During the restoration of 1961, this mortar was removed because it was damaged, and beneath it was found the foot drawn in red on the "arriccio" layer. This leads us to think that Giotto, before executing the fresco, defined his composition with tracing in sinopia».

8) In this and another case on the main arch, Tintori carried out the stuccowork by nailing a layer of masonite (treated with a mixture of vinavil glue and sand) directly to the brickwork. Its removal was therefore quite simple and with no risk of damaging the layers of plaster underneath.

9) For more details, see M. MARABELLI ET ALII, *Giotto's painting technique...*, cit.

10) Also, there aren't any gaps in the ceiling plaster that reveal the "arriccio" or "sinopia".

11) The temple occupied almost the entire height of the scene (measuring about 2 meters). It therefore seems easier to suppose that it was outlined by means of cord snapping and incisions, rather than handling and transferring a silhouette pattern of such large dimensions.

12) Silhouettes in life-size on glossy cardboard used in medieval workshops for transferring drawings. See M. NIMMO, C. OLIVETTI, *Sulle tecniche di trasposizione dell'immagine in epoca medievale*, in *Rivista dell'Istituto nazionale d'archeologia e storia dell'arte*, S. III, VII-XI, 1985-86, pp. 399-411 and B. ZANARDI, *Il cantiere di Giotto*, Milano 1996, pp. 32-38.

13) In this area, the loss of the a secco finishing coat is very marked and the few traces of pigment still left do not allow us to appreciate what the final effect was like.

14) Per quanto concerne l'uso di finiture a secco vedi anche F. FERNETTI, *Considerazioni sulla tipologia delle stesure a secco*, in questo stesso volume.

15) La vastità della superficie e l'aspetto opaco avevano fatto ipotizzare per queste parti un medium a base di colla animale ma le analisi chimiche hanno smentito tale ipotesi. Vedi, per maggiore dettaglio e precisione, il contributo di G. BOTTIROLI, A. GALLONE, B. MASALA, *Analisi microspettrofluorimetrica di leganti organici*, in questo stesso volume.

16) Nonostante L. TINTORI, nel suo dattiloscritto *Giotto nella Cappella degli Scrovegni ...*, cit. a p. 131 affermi il contrario «Le tempere aggiunte sul secco riguardano esclusivamente l'azzurrite, l'oro, lo stagno o rari ritocchi per approfondire le tinte scure nelle zone d'ombra. Lacca, cinabro, biacca e verderame, che sono i colori che più turbano la pittura con le loro alterazioni, sono esclusi».

17) Vedi, per maggiore dettaglio e precisione, il contributo di MARABELLI ET ALII, *La tecnica pittorica ...*, cit., Tabella 2.

18) *Ibidem*.

19) Definito dal Tintori "intonaco stanco". Vedi, per maggiore dettaglio e precisione, il contributo di MARABELLI ET ALII, *La tecnica pittorica ...*, cit.

20) Vedi, per maggiore dettaglio e precisione, il contributo di MARABELLI ET ALII, *La tecnica pittorica ...*, cit.

21) Un prelievo di pigmento, eseguito sul clipeo del Cristo in controfacciata e osservato al microscopio mineralogico, ha messo in evidenza la presenza di azzurrite mista a terra verde. Non essendo stata realizzata una sezione stratigrafica, non è però possibile escludere che i grani azzurri provengano da campiture limitrofe, "spostati" con i pennelli impregnati di consolidante durante precedenti operazioni di restauro. Tale fenomeno è stato, per esempio, riscontrato nella zona dell'inferno dove il pigmento nero del fondo è stato rinvenuto sugli incarnati dei dannati, fissato dalla resina sintetica applicata negli anni '60.

22) Vedi, per maggiore dettaglio e precisione, il contributo di BOTTIROLI, GALLONE, MASALA, *Analisi microspettrofluorimetrica ...*, cit.

23) La veste della Vergine all'estrema destra della scena dello 'Sposalizio di Maria'.

24) Per precisione si segnala un prelievo per sezione stratigrafica effettuato sul cielo della 'Missione dell'Arcangelo' sull'arco trionfale. In questo caso sono state evidenziate tracce di azzurrite all'interno di una lacuna, ma le limitate quantità fanno ipotizzare, con maggiore probabilità, l'accidentale spostamento di grani di colore durante operazioni consolidanti eseguite nel corso del precedente intervento.

25) In realtà, non è stata rilevata la presenza di piombo nei prelievi effettuati in queste zone annerite e dunque si ipotizza che l'alterazione cromatica sia a carico dell'azzurrite. Vedi, per maggiore dettaglio e precisione, il contributo di MARABELLI ET ALII, *La tecnica pittorica ...*, cit.

26) Vedi, per maggiore dettaglio e precisione, il contributo di M. MARABELLI, ET ALII, *Le lamine metalliche utilizzate nella decorazione dei dipinti murali giotteschi*, in questo stesso volume.

27) Per precisione si deve citare il campione 14L ove risulta la presenza di due lamine sovrapposte, di uguale composizione (contenenti entrambe oro e argento). Potrebbe trattarsi di un prelievo effettuato casualmente in un punto corrispondente alla giunzione di due lamine.

14) As far as the use of a secco finishing is concerned, see also F. FERNETTI, *Notes on the types of "a secco"*, in this volume.

15) The large extent of the surfaces and their opaque appearance presupposed the use of an animal glue binding scientific analysis have denied such a hypotheses. For further details, see G. BOTTIROLI, A. GALLONE, B. MASALA, *Microspectrofluorimetric analysis of organic binders*, in this volume.

16) L. TINTORI affirms the contrary on p. 131 of his type-written MS. *Giotto nella Cappella degli Scrovegni ...*, cit. «The tempera added to the dry plaster refers exclusively to azurite, gold, tin, or rare touches to deepen the dark tones in the shadow areas. Lakes, cinnabar, white lead and verdigris, the colours that disturb the painting the most with their alterations, are excluded».

17) For more details, see MARABELLI ET ALII, *Giotto's painting techniques ...*, cit., Table 2 in this volume.

18) *Ibidem*.

19) Defined by Tintori as "intonaco stanco". For more details, see MARABELLI ET ALII, *Giotto's painting techniques ...*, cit.

20) For more details, see MARABELLI ET ALII, *Giotto's painting techniques ...*, cit.

21) A sample of pigment, taken from Christ's shield on the end wall and examined under a mineralogical microscope, indicated the presence of azurite mixed with green earth. Since a stratigraphic section was not made, it is quite possible that the blue grains are from a nearby background that was "moved" by the brushes impregnated with stabilizer during previous restoration work. This phenomenon was found, for example, in the area of the Inferno where the black background pigment was found on the skin tones of the Damned, after being fixed there by the synthetic resin applied in the 1960s.

22) For further details, see BOTTIROLI, GALLONE, MASALA, *Microspectrofluorimetric analysis ...*, cit.

23) The garment of the Virgin to the far right in the scene of the 'Marriage of Mary'.

24) To be precise, mention should be made of a sample from the stratigraphic section taken from the sky of the 'Mission of the Arcangel' on the main arch. In this case, traces of azurite were found inside a lacuna, but the limited amount leads to the conclusion that, most probably, an accidental shifting of grains of colour occurred during consolidation operations carried out during the previous restoration.

25) Actually, no lead was found in the samples taken from these darkened areas and it is thought that the chromatic alteration was due to the azurite. For more details, see MARABELLI ET ALII, *Giotto's painting techniques ...*, cit.

26) For further details see M. MARABELLI ET ALII, *Metal leaves utilized for decoration of Giotto's mural paintings*, in this volume.

27) To be precise, we should mention sample 14L where two overlapping foils of the same composition were found (both containing gold and silver). It could be a sample taken casually at a point corresponding to the juncture of two foils.

28) Le informazioni relative alla tecnica esecutiva dei dipinti dell'abside e del presbiterio della Cappella sono desunte dalla relazione tecnica finale consegnata dalla restauratrice Marina Furci al termine di lavori di restauro.

29) Per i dettagli vedi il contributo di BIANCHETTI, *Caratterizzazione dell'intonaco di preparazione ...*, cit.

30) Preparazione all'azzurrite generalmente ottenuta mescolando nero all'ocra rossa.

28) Information regarding the technique used in the paintings in the apse and presbytery of the Chapel is taken from the final technical report consigned by the restorer, Marina Furci, at the end of the restoration work.

29) For details, see the report by BIANCHETTI, *Characteristics of preparatory plaster ...*, cit.

30) The priming for the azurite was generally obtained by mixing black and red ochre.





1 – PARETE DESTRA – LAVANDA DEI PIEDI, GRAFICO CON IL RILIEVO DELLE GIORNATE

Right wall – Washing of feet, illustration showing the “giornate” (days’ work)

3 – VOLTA – PARTICOLARE DI UNA STELLA A RILIEVO
Vaulting – Detail of a star in relief



2 – ARCO TRIONFALE – TRADIMENTO DI GIUDA, PARTICOLARE A LUCE RADENTE CHE EVIDENZIA LA SPINTA DEI BOTTACCIOLI SULL'INTONACHINO

Main chancel arch – Betrayal by Judas, detail under raking light showing the lifting caused by blisters in the plaster



4 – PARETE SINISTRA – NOZZE DI CANA, LUCE RADENTE, SEGNI DI SCHIACCIAMENTO DELL'INTONACO

Left wall – Wedding feast at Cana, by raking light, marks made when pressing the plaster



5 – VOLTA – IN CORRISPONDENZA DELLA SCENA DELLA NASCITA DELLA VERGINE, GIUNTO DI INTONACO DALLA FORMA SEMICIRCOLARE

Vaulting – In the Birth of Mary scene, plaster joint with semicircular shape



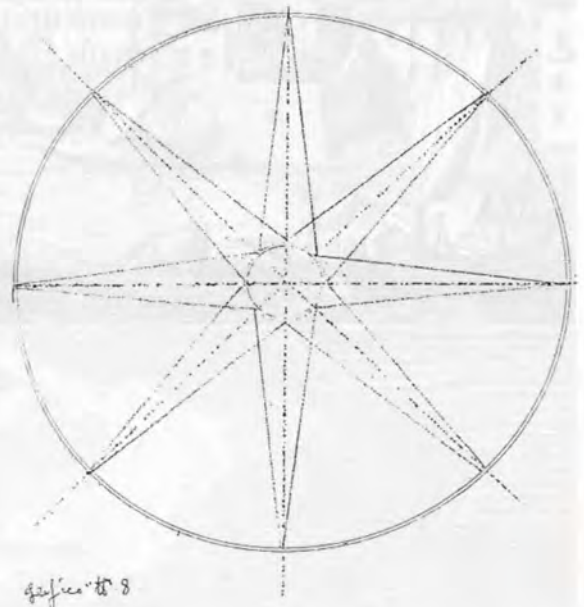
8 – VOLTA – FILI BATTUTI A COLORE PER LA COSTRUZIONE GEOMETRICA DEL CIELO STELLATO

Vaulting – Colour-coated cords “snapped” onto the surface to mark out the geometric pattern for the star-studded sky



6 – CONTROFACCIATA – PICCOLA LACUNA, IN CORRISPONDENZA DELL'INFERNO, ATTRAVERSO LA QUALE È POSSIBILE VEDERE UNA TRACCIA DI SINOPIA

Inside wall of façade – Small lacuna in the Inferno scene, where a trace of “sinopia” can be seen



9 – COSTRUZIONE GEOMETRICA DELLE STELLE DELLA VOLTA (GRAFICO REALIZZATO DAL TINTORI SUL SUO DATILOSCRITTO: GIOTTO NELLA CAPPELLA DEGLI SCROVEGNI A PADOVA. RACCOLTA DI RILIEVI TECNICI SULL'ARTE E IL MESTIERE DEL MAESTRO)

Geometric pattern of stars on vaulting (Drawing by Tintori in his type-written MS: Giotto nella Cappella degli Scrovegni a Padova. Raccolta di rilievi tecnici sull'arte e il mestiere del maestro)



7 – ARCO TRIONFALE – ANNUNCIAZIONE, FOTO NAJA 1867. È VISIBILE LA LACUNA DELL'INTONACO CON I MATTONI A VISTA AL CENTRO DELLA VESTE DELLA VERGINE

Main chancel arch – Annunciation, photo taken by Naja in 1867. The lacuna in the plaster can be seen, exposing the brickwork beneath the figure of Mary



10

10 – CONTROFACCIATA – BEATI, INCISIONI DIRETTE NECESSARIE ALL'INQUADRAMENTO GEOMETRICO PER LA REALIZZAZIONE DEI DECORI DELLA VESTE

Inside wall of façade, the Blessed – Cuts on the plaster, to position the decorations on the clothing



12

12 – PARETE SINISTRA – RESURREZIONE DI LAZZARO, DISEGNO PREPARATORIO DELLA VESTE DI CRISTO

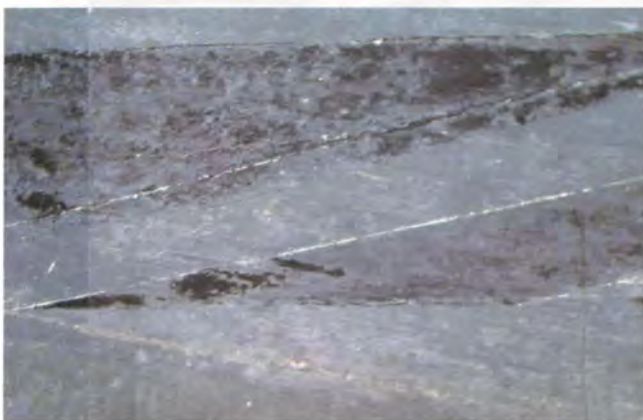
Left wall – Resurrection of Lazarus, preparatory drawing for Christ's clothing



13

13 – ARCO TRIONFALE – VISITAZIONE, DISEGNO PREPARATORIO RESO CON TRATTI SINTETICI

Main chancel arch – Visitation, preparatory drawing done with rough lines



11

11 – PARETE DESTRA – INCONTRO ALLA PORTA AUREA, INCISIONI DIRETTE ESEGUITE SULL'INTONACO SECCO, GIÀ DIPINTO AD AFFRESCO PER DELIMITARE AREE DA ESEGUIRE A SECCO

Right wall – Meeting at the Golden Gate, cuts made on the dry plaster, previously painted "ad affresco", to mark out the areas to be done "a secco"



14

14 – PARETE SINISTRA – PENTECOSTE, PREPARAZIONE ALL'AZZURRITE DELLA TUNICA DI UN APOSTOLO

Left wall – Pentecost, azurite preparation for the tunic of an apostle



15



16



17

15 – ARCO TRIONFALE – ANNUNCIATIONE, FASCIA DECORATIVA CORRISPONDENTE AD UNA SOVRAPPOSIZIONE DI GIORNATA. SONO EVIDENTI, ALL'INTERNO DELLA FASCIA, LE DIFFERENTI CAMPITURE CROMATICHE DI FONDO ALL'AZZURRITE

Main chancel arch – Annunciation, decorative band, corresponding to the overlaying of separate “giornate”. The band shows the different coloured areas in the azurite background

16 – PARETE SINISTRA – BATTESIMO, LE OMBRE SUL COSTATO DI CRISTO SONO OTTENUTE RISPARMIANDO IL VERDACCIO DELLA PREPARAZIONE

Left wall – Baptism, the shadows on Jesus’ body are obtained by exploiting the green “verdaccio” in the preparatory layer

17 – PARETE DESTRA – LA CATTURA, PARTICOLARE DEL CORNO REALIZZATO UTILIZZANDO IL COLORE DELL'INTONACO

Right wall – Capture, detail of horn, created by using the colour of the plaster



18 – PARETE SINISTRA – CROCFISSIONE, STENDARDO DIPINTO A SECCO CON CINABRO ALTERATO CROMATICAMENTE

Left wall – Crucifixion, flag painted “a secco” with cinnabar which has undergone chromatic alteration

19 – PARETE SINISTRA – PENTECOSTE, LE FIAMMELLE DELLO SPIRITO SANTO DIPINTE A LACCA

Left wall – Pentecost, small tongues of flame on the Holy Ghost, painted with lacquer



19



20 – PARETE SINISTRA – PARTICOLARE RAVVICINATO DI UNA CORNICE VERDE CHE METTE IN EVIDENZA LA PREPARAZIONE GIALLO OCRA
Left wall – Close-up of green frame showing preparatory layer in yellow ochre



21a



21b

21a-b – PARETE DESTRA – NATIVITÀ, VELO SULLA TESTA DELLA VERGINE ESEGUITO CON BIANCA AD OLIO E UOVO. RIPRESA IN FLUORESCENZA UV (a), IN LUCE VISIBILE (b)

Right wall – Nativity, veil over Mary's head, done in white lead mixed with oil and egg. Photo taken by UV fluorescence (a), white light (b)



22 – PARTE SINISTRA – SPOSALIZIO DELLA VERGINE, VERGINE VESTITA DI AZZURRO CHIARO

Left wall – Mary's Wedding, pale blue clothing



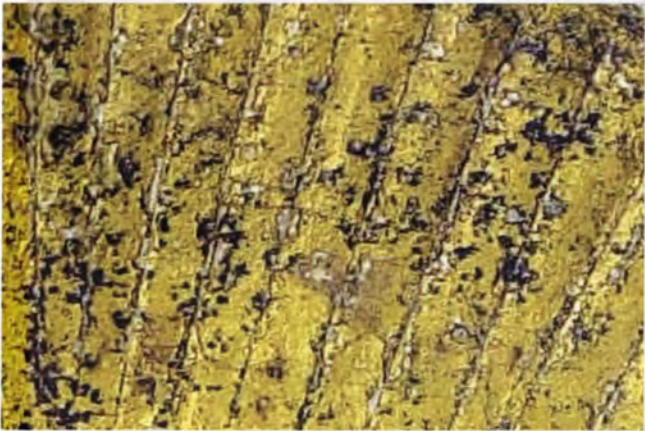
23 – PARETE DESTRA – SOGNO DI GIOACCHINO, ANGELO CON PARTI ANNERITE IN PROSSIMITÀ DELLE NUVOLE

Right wall – Joachim's dream, figure of angel with areas that have turned black, near the clouds



28 – PARETE DESTRA – ULTIMA CENA, AUREOLA OVE È STATA VERIFICATA LA PRESENZA DI SOLFURO D'ARGENTO

Right wall – Last Supper, halo where the presence of silver sulphide was found



24

CONTROFACCIATA – SCHIERE DI ANGELI, AUREOLE IN DOPPIA LAMINA INCISA

24 – PARTICOLARE DELLE INCISIONI

25 – IN ROSSO INDICATO IL SETTORE DELLA FIG. 24

Inside wall of façade – Ranks of angels, haloes with double metal leaf

24 – Enlargement showing incisions

25 – The area of fig. 24 is marked in red

26 – PARETE SINISTRA – NOLI ME TANGERE, CRISTO CON AUREOLA DORATA

Left wall – Noli me tangere, Christ with gilded halo

27 – PARETE SINISTRA – CROCISSIONE, ELMO IN STAGNO

Left wall – Crucifixion, helmet with tin



25



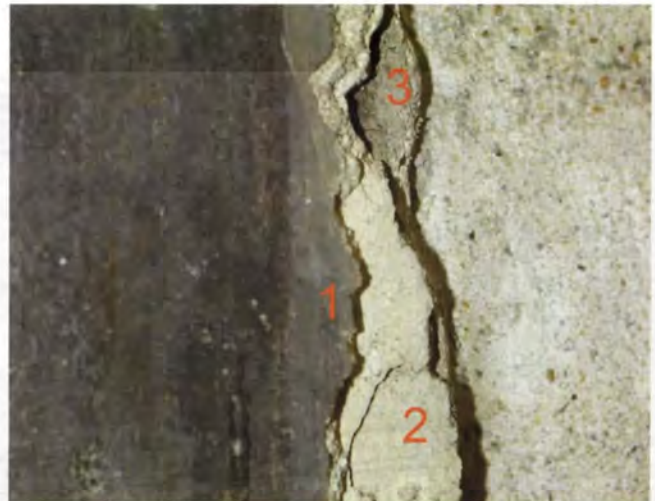
26



27



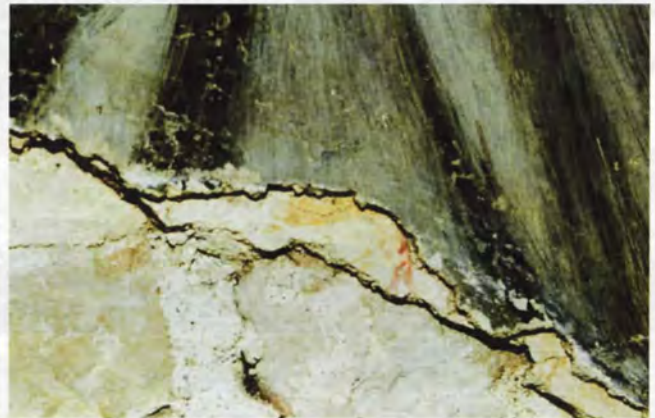
29



32



30



33



31

29 – PARETE SINISTRA – CROCIFFISSIONE, ORO APPLICATO PROBABILMENTE A CONCHIGLIA

Left wall – Crucifixion, Gold leaf probably applied “a conchiglia” (shell-shaped pieces)

30 – DECORAZIONE A COSMATESCA

Decorations in the “Cosmati” style

31 – ABSIDE – IL BEATO PELLEGRINO, DALLE MANCANZE DELL'INTONACO PERTINENTE ALLA FIGURA EMERGE IL FINTO MARMO DIPINTO SULLO STRATO DI INTONACO SOTTOSTANTE

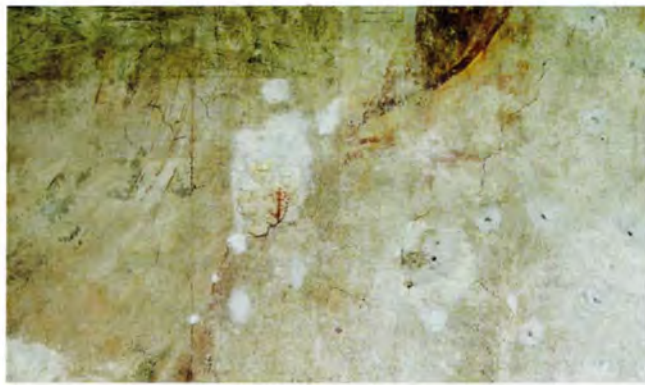
Apse – Blessed Pilgrim, the missing plaster on the figure exposes the imitation marble painted beneath it

32 – ABSIDE – LESIONE CORRISPONDENTE ALL'INNESTO DEI DUE CORPI DI FABBRICA, SONO VISIBILI TRE STRATI DI INTONACO

Apse – Crack at the point where the two parts of the building meet. Three layers of plaster can be seen

33 – PRESBITERIO – PARETE SINISTRA, PREANNUNCIO DELLA MORTE DI MARIA, LEMBO DI ARRICCIO CON TRACCE DI SINOPIA

Presbytery, left wall – Announcement of Mary’s death, strip of “arriccio” with traces of “sinopia”



34 – PRESBITERIO – PARETE SINISTRA, PREANNUNCIO DELLA MORTE DI MARIA, TRACCE DI SINOPIA SULL'ARRICCIO

Presbytery, left wall – Announcement of Mary's death, traces of "sinopia" on the "arriccio"



35 – PRESBITERIO – PARETE SINISTRA, GLI APOSTOLI SALUTANO MARIA, FILO BATTUTO A COLORE PER DISEGNARE SULL'INTONACO L'ARCHITETTURA DIPINTA

Presbytery, left wall – Apostles' farewell to Mary, colour-coated cord "snapped" onto the surface to mark out the drawing for the imitation architecture



37 – PRESBITERIO – PARETE DESTRA, ASSUNZIONE DI MARIA AL CIELO, RAGGI ESEGUITI A SECCO E RIFINITI CON LAMINA DI STAGNO DORATO

Presbytery, right wall – Assumption of Mary, rays painted "a secco" and finished with gilded tin foil



36 – ABSIDE – GESÙ E LA MADDALENA, L'AZZURRITE DEL FONDO COMPLETAMENTE CADUTA METTE IN EVIDENZA LA PREPARAZIONE A "MORELLONE"

Apse – Jesus and Mary Magdalene, the background azurite has fallen off, exposing the "morellone" preparatory layer



38 – PRESBITERIO – PARETE SINISTRA, BEATO "TRANSITO" DI MARIA, DECORAZIONE A LAMINA DELLE AUREOLE

Presbytery, left wall, Mary received into heaven, haloes decorated with metal leaf



PRESENTAZIONE DELLA VERGINE AL TEMPIO – LA MAESTRIA TECNICA DI GIOTTO È TALE DA RUSCIRE AD OTTENERE EFFETTI DI TRASPARENZA ANCHE DA UN PIGMENTO “COPRENTE” QUAL’È IL BIANCO SANGIOVANNI

Presentation of the Virgin at the Temple – Giotto’s technical mastery was such that he could achieve the effect of transparency even by using a “covering” pigment such as sangiovanii white



NATIVITÀ DI GESÙ – NELLA VESTE DI MARIA SI LEGGE ABBASTANZA CHIARAMENTE IL DISEGNO PREPARATORIO A CAUSA DELLA PARZIALE CADUTA DEL PIGMENTO AZZURRO SOVRASTANTE (AZZURRITE). DEGNE DI NOTA LE DIVERSE SFUMATURE DELL'EFFETTO ORO NELLE TRE AUREOLE
Birth of Jesus – Mary's clothes clearly show traces of the preparatory drawing, since the top layer of blue pigment (azurite) is missing. Note the various shades of gold colour in the three haloes

ANTONIO GUGLIELMI – FRANCESCA CAPANNA

L'INTONACO GIOTTESCO PER LA REALIZZAZIONE DEI FINTI MARMI: RIFLESSIONI E COMPARAZIONI SUI PROCEDIMENTI ESECUTIVI

The plaster used by Giotto for the imitation marble surfaces: comparison with ancient techniques

Essere stato chiamato alla realizzazione delle pitture e forse anche del progetto della prestigiosa cappella padovana, ha rappresentato per Giotto e i suoi aiuti l'opportunità di esprimere al meglio tutta la maestria e le conoscenze, accumulate nelle precedenti esperienze, relative ad una pratica pittorica così diffusa quanto complessa come quella dell'affresco (figg. 1-3). Una tecnica talmente ben conosciuta, maneggiata ed amata dall'artista da essere utilizzata e preferita in molti casi, e non crediamo solo per il minore costo, a sostituzione di un materiale ben più prezioso come il marmo (fig. 1a-b).

Il restauro da poco concluso ha maggiormente evidenziato e messo in luce, in seguito alla pulitura delle superfici dipinte, l'importanza della funzione originale che aveva e che ora di nuovo svolge la fascia della zoccolatura in finto marmo che sorregge i registri delle scene presenti nella navata e nella quale, sulle due pareti lunghe, l'artista inserisce le personificazioni delle virtù e dei vizi. Anche nell'esecuzione di queste scene che intervallano le finte lastre marmoree, Giotto sceglie di realizzare un intonaco molto liscio e levigato sul quale il pigmento soprammesso assume una funzione oltre che pittorica anche plastica; le figure nei riquadri, gli alberi in primo piano nella scena con l'«Ingiustizia» (fig. 4) o altri elementi decorativi, per la corposità e rilievo di colore con il quale sono stati eseguiti, contrastano matericamente con un fondo volutamente diverso nella stesura pittorica più fluida e quasi senza spessore.

In occasione dei più recenti cantieri di restauro, si è discusso molto fra gli addetti ai lavori, con riferimento al finto marmo, del recupero da parte di Giotto dell'antica tecnica romana di riproduzione ad affresco di lastre marmoree a volte definita poco precisamente dello «stucco lustro romano» (fig. 2). Già Leonetto Tintori, negli anni '60, avendo avuto modo di osservare attentamente le pitture giottesche, formula delle ipotesi su tale tecnica che così descrive: «... Nell'architettura inserisce marmi con un tipo di stucco lucido (romano) adottato poi in tutto il ciclo. Stira con ferro

The commission to do the wall paintings (and perhaps even the design) for the prestigious Scrovegni Chapel in Padua, gave Giotto and his assistants the chance to fully express all the mastery and knowledge they had acquired through previous experience in making fresco paintings (figs. 1-3). This complex technique was so well understood, handled and loved by the artist that he used it, and preferred it in many cases, in place of more precious material such as marble (not just because it was cheaper, one can't help feeling) (fig. 1a-b).

The recently completed restoration of the Chapel has given prominence to the band in imitation marble at the foot of the walls in the nave. Cleaning the painted surfaces highlighted the function that this band originally had, and which it now has once again: that is to say that the band supported the registers containing the frescoes. The sections on the two side walls are painted with the representation of the Vices and the Virtues, interspersed with the imitation marble panels. In painting these scenes, Giotto used a very fine smooth plaster and the pigment laid over it takes on a function that is not only pictorial but also plastic; the figures in the panels, the trees in the foreground of the scene depicting 'Injustice' (fig. 4) and other decorative elements, have a fullness of body and a depth of colour which makes them stand out materially from the background which is deliberately painted in a very different manner, more fluid and almost without thickness.

During the recent restoration work, there was much discussion amongst restorers and experts about imitation marble and the fact that Giotto had resuscitated the ancient roman way of creating a marble effect with fresco technique-erroneously called "polished Roman stucco" (fig. 2). Previously, in the 1960s, Leonetto Tintori had had the chance to observe Giotto's paintings closely, and had put forward his ideas about this technique: «... Giotto included imitation marble surfaces in the architecture

freddo il colore ancora fresco, impastando le venature tra loro, completando la lucidatura più tardi con il ferro caldo ...» e ancora più avanti si legge «I colori dello stucco romano, sono stati lucidati molto presto dopo averli dipinti ed il colore ancora eccessivamente fresco ha seguito il ferro conferendo al marmo una sfocatura utile all'effetto voluto». ¹⁾

Se per un verso sono da valutare con attenzione le affermazioni del Tintori sui modi di lavorazione dell'intonaco, dall'altro crediamo sia però opportuno fare alcune precisazioni e chiarimenti riguardo alla comparazione con la tecnica antica che, se può essere valida per quello che riguarda l'aspetto visivo, può creare confusione per quello che concerne tecnica e materiali costitutivi.

Sappiamo, dallo studio sulla pittura murale romana, che le discusse *politiones* vitruviane al quale l'autore dedica abbondantemente il libro settimo ²⁾ con molta probabilità stavano ad indicare l'operazione di lucidatura delle superfici dipinte ma anche probabilmente le sostanze utilizzate nello strato più esterno e che permettevano la suddetta levigatura e liscivatura dell'intonaco. ³⁾

Quest'effetto così compatto e riflettente poteva essere ottenuto probabilmente sia grazie all'aggiunta di argilla nello strato finale d'intonaco o contenuta nei pigmenti, favorendo così le successive operazioni di lucidatura, sia alla presenza, nella composizione della malta, di calcite spatica con funzione di carica. La caratteristica struttura cristallina romboedrica di tipo tabulare della calcite permetteva, nella fase di schiacciatura dell'intonaco effettuata con i "liacula", ⁴⁾ di far assumere alle facce dei cristalli una disposizione complanare fra loro creando una superficie più tenace e compatta, la quale meglio tollerava la pressione provocata dalle operazioni di schiacciamento e lucidatura; ⁵⁾ questo tipo di lavorazione permetteva così di ottenere un intonaco meno assorbente la luce e quindi più riflettente.

Le realizzazioni di superfici ad intonaco lucido dipinto sono state eseguite nel tempo in diversi modi e con diverse varianti tecniche e nei materiali utilizzati, ma il procedimento in genere prevedeva comunque sempre degli strati preparatori; su questi, quando la malta era asciutta ma non del tutto, si stendeva lo strato di intonachino dello spessore di circa 2 o 3 mm, formato con un aggregato dalla granulometria più fine ma soprattutto da una quantità maggiore di grassello di calce; su questa superficie si eseguiva la coloritura con i pigmenti, macinati molto finemente onde evitare macchie indesiderate ed abrasioni durante la successiva fase di liscivatura. Quest'ultima operazione, eseguita sempre ad intonaco parzialmente asciutto, poteva essere realizzata sia a freddo sia a caldo, nel secondo caso si utilizzavano degli strumenti molto simili a piccoli ferri da stiro che erano scaldati al fuoco di bracieri ardenti. Nel momento in cui il ferro, iniziando a freddarsi, diminuiva il suo calore ad un punto tale da poter essere toccato con una mano, veniva immediatamente messo a contatto con la superficie e mosso con regola-

using a type of polished stucco (Roman) throughout the cycle. The pigment was smoothed with a cold iron while still damp, thereby blending the veins of colour, and the surface was polished later with a hot iron...» Later on, he says: «The pigments for the Roman stucco were polished very soon after being painted, and the still-damp colours were dragged by the iron, slightly blurring them, to give the imitation marble the desired effect». ¹⁾

On the one hand, it is important to evaluate Tintori's comments on how the plaster was worked, on the other hand it is worth making some observations to clarify the comparison with the ancient technique which, while being valid for the visual aspect, may cause confusion regarding the techniques and materials used.

From studies of Roman wall painting, we know that the much-discussed "politiones" described by Vitruvius (which he covers in Book Seven²⁾) referred in all probability not only to the operation of polishing the painted surfaces but also, and quite probably, to the substances used in the external layer which made it possible to carry out the smoothing and polishing of the plaster.³⁾

This very compact reflecting effect was probably achieved by adding clay to the final layer of plaster, or contained in the pigments, thus facilitating the subsequent operations of polishing, or because of the presence of spatic calcite giving body to the mortar. The characteristic crystalline structure of the calcite (flat rhomboid-shaped crystals) made it possible, during the phase of compressing the plaster with tools called 'liacula', ⁴⁾ to line up the crystal faces thus creating a more tenacious and compact surface, better able to withstand the pressure caused by the operation of compressing and polishing;⁵⁾ such a procedure made it possible to obtain a plaster surface that absorbed less light and was therefore more reflecting.

Over the centuries, the ways of making plaster surfaces that are both painted and polished have varied considerably in the techniques and materials used, but the basic procedure has remained more or less the same. First, preparatory layers were laid; when the mortar was almost but not completely dry, a thin layer of plaster (intonachino) was applied, about 2 or 3 mm thick, made up of aggregate with very fine grain size and also with a larger quantity of slaked lime; the paint was applied to this surface using very finely ground pigments so as to avoid unwanted marks and abrasions during the smoothing stage. The smoothing was always carried out on the partially dry plaster using hot or cold tools that were similar to small irons, heated on a brazier if used hot. When the hot iron had cooled to the point where it could be touched by hand, it was applied to the plaster with regular ironing movements so as to smooth the surface, making it shine like marble. «... even though the practical procedure is fairly well known by now, the chemi-

re continuità su questa fino a renderla lucida e riflettente come il marmo «... se il procedimento tecnico è ora sufficientemente noto, la spiegazione chimico-fisica di questo meccanismo non è invece altrettanto chiara; è probabile che il calore della piastra acceleri la carbonatazione dell'intonachino e impedisca ai cristalli di crescere oltre un certo limite; in questo senso il metallo caldo bloccherebbe la crescita dei romboedri della calcite, ottenendo tante facce complanari poste sulla superficie esterna, che diventa perciò riflettente».⁶⁾

L'uso del calore è probabilmente da mettere in relazione, in alcune botteghe, anche all'utilizzo di sostanze come saponi o cere per le operazioni di applicazione dei pigmenti o di lucidatura delle superfici; era molto importante, ad esempio, per un buon effetto finale, prima della levigatura e dopo ogni successiva stesura pittorica, eseguire il fissaggio di questa in modo da non impastare e fondere insieme i colori delle stesure seguenti. Quest'operazione era realizzata in genere applicando sulla superficie dell'acqua saponata, la quale veniva assorbita dalla porosità dell'intonaco e, una volta evaporata, lasciava sulla superficie un velo opaco e biancastro di sapone secco. Rimosso l'eccesso di sapone con delle spazzole, era possibile eseguire la lucidatura con i ferri descritti in precedenza e proseguire allo stesso modo nella realizzazione delle stesure pittoriche successive, attraverso le quali si eseguivano, secondo il tipo di marmo da imitare, mazzature o venature dai diversi colori.⁷⁾ L'ausilio d'acqua saponata aveva la funzione, oltre che favorire la lucidatura dell'intonaco, di far scivolare meglio lo strumento che doveva comprimere e levigare una superficie che andava indurendosi, evitando così dannose abrasioni.

Le indagini effettuate nei laboratori I.C.R. portano a concludere che Giotto utilizza, per la realizzazione delle superfici di aspetto marmoreo della cappella, la stessa malta con la quale esegue l'intonaco nel resto della navata, ossia un impasto a base di calce e sabbia chiara dalla sottile granulometria⁸⁾ (fig. 3), smentendo quindi qualsiasi ipotesi che potesse far immaginare l'uso di polvere di marmo o calcite e tantomeno di argille nella composizione dell'impasto o dei pigmenti. L'artista riesce a raggiungere egualmente un effetto lucido sia attraverso le sue notevoli conoscenze tecnico-esecutive sulle proprietà dei materiali utilizzati come la calce, sia forse mediante l'ausilio delle sostanze sopradette come liscivie o soluzioni alcaline a base di soda o di potassa, le quali potevano essere mescolate alla malta stessa o ai pigmenti oppure applicate durante l'esecuzione pittorica per il fissaggio e la lucidatura delle diverse stesure.

Una conferma di tali ipotesi potrà aversi solo dai risultati delle analisi scientifiche in corso, in questo caso di particolare complessità a causa delle sostanze organiche soprammesse e penetrate in profondità nelle superfici; applicate durante gli interventi storici conservativi, esse rendono oggi difficile il compito di identificazione e separazione del materiale costitutivo originale,⁹⁾ da quello che, anche se posteriore ai dipinti giotteschi, mirava al raggiungimento dello

cal-physical explanation of the process is not altogether clear. It is probable that the heat of the iron accelerates the carbonation of the plasters preventing the crystals from growing beyond a certain limit; in other words, the hot metal interrupts the growth of the flat rhomboid crystals of calcite, lining up the faces on the outer surface, which therefore becomes shiny».⁶⁾

In some workshops, the hot iron technique probably went alongside the use of substances such as soap or wax during the application of the pigments and the polishing of the surfaces; to achieve a good effect, it was very important for example, before the smoothing operation and after the application of each paint layer, to "fix" the colours so that they would not run into, or blend with, the pigments of the next layers. This was generally achieved by treating the surface with soapy water, which was absorbed by the porous plaster. As it evaporated, the water left an opaque whitish veil of dry soap on the surface. Once the excess soap had been removed with brushes, the surface was smoothed and polished with hot irons as described above, before going ahead with the application of the next painted layer with different colours according to the type of marbling or veining being imitated.⁷⁾ The purpose of the soapy water was not only to help polish the plaster, but also to make the hot irons slide more smoothly over the surface to be compressed, as it dried out and hardened, thus avoiding the risk of scratching or grooving.

Scientific analyses carried out in the ICR laboratories have shown that, in order to create the imitation marble surfaces in the Chapel, Giotto employed the same plaster that was used in the rest of the nave, in other words a mixture of lime and light-coloured sand with very fine grain size⁸⁾ (fig. 3), overturning any idea that he might have used marble powder or calcite, not to mention clay, in the composition of the plaster or the pigments. However, he managed to achieve a polished effect not only through his remarkable technical knowledge of the materials available (such as lime), but perhaps also through the use of substances as smoothing agents, like alkaline solutions based on soda or potash, which could be mixed with the plaster itself, or with the pigments, or applied during the painting process, to fix and to polish the various layers.

Confirmation of this aspect of Giotto's work will only be available after completion of scientific analyses which are now in progress. Carrying out this analysis is particularly difficult because of the overlaid organic substances which have penetrated deep into the surfaces. Used during previous restoration work, these substances make it extremely difficult today to identify and separate the original materials⁹⁾ from the additions which have been applied over the years in order to achieve the same goal - reviving and maintaining the

stesso obiettivo; cercare di ravvivare e mantenere un effetto di lucentezza e levigatura degli intonaci in finto marmo della cappella che la polvere del tempo e gli inquinanti stavano offuscando.¹⁰⁾

Dall'osservazione e comparazione al microscopio mineralogico di sezioni sottili relative a prelievi di malta utilizzata sia per l'esecuzione dei finti marmi nella zoccolatura sia per gli intonaci delle scene nei registri superiori della cappella, si è potuto rilevare, nel primo caso, una percentuale più alta di legante, vale a dire della calce, rispetto all'aggregato costituito dalla sabbia silicea.¹¹⁾ È noto che una superficie realizzata con una malta grassa, ossia con una buona quantità di grassello di calce all'interno, permette una lavorazione più plastica ed è meglio predisposta per una lisciatura finale. Nei finti marmi dello zoccolo e ovunque si simuli la presenza di analogo materiale, sono presenti evidenti segni di schiacciamento; inoltre, in una delle più significative scene del ciclo giottesco rappresentante il 'Noli me tangere', nella finta lastra marmorea del sepolcro dietro ai soldati dormienti, si riscontra, con particolare evidenza in luce radente, la presenza di sottili cretture a livello della superficie esterna (fig. 5). È plausibile ipotizzare e correlare la formazione di queste sottili fessurazioni all'uso, per la lisciatura dell'intonaco, di ferri caldi, che se da un lato permettevano una migliore lucidatura, dall'altro, se eccessivamente roventi, posti a contatto con la malta umida ne acceleravano la naturale carbonatazione, provocando forti reazioni da ritiro.

Eguale, nella pittura romana si riscontra, negli strati più esterni, di spessore sempre più ridotto, oltre ad una granulometria sempre più fine dell'inerte utilizzato, anche un aumento proporzionale della quantità di legante, nonché la presenza di segni di schiacciamento e di cretture superficiali (fig. 6).

In entrambi i casi la pressione effettuata con gli strumenti sulla malta in tiro lascia tracce evidenti, ma mentre nella tecnica antica questo procedimento aveva la funzione di ottenere, oltre che la levigatezza voluta, anche una più efficace carbonatazione e un migliore ancoraggio delle stesure pittoriche successive,¹²⁾ in Giotto questa operazione, ottenuta forse anche con l'ausilio di calore, è finalizzata esclusivamente ad ottenere un aspetto di lucentezza superficiale simile a quella del marmo.

I primi documenti che descrivono la tecnica per la realizzazione di superfici marmoree colorate risalgono al XVI secolo,¹³⁾ ma antiche tradizioni artigiane per le lavorazioni di intonaci a stucco lustro esistevano già secoli prima.

Tuttavia, nel caso preso in esame e come in questo studio si è tentato di dimostrare, i dati tecnici sembrano far escludere che la fonte di ispirazione per la realizzazione dei finti marmi nella cappella sia da ricercare in quanto era all'epoca visibile a Roma, dove Giotto soggiornò in occasione del Giubileo del 1300; piuttosto tali fonti andranno ricercate altrove, forse in più recenti tradizioni artigiane per le lavorazioni di intonaci a stucco lustro, come ad esempio quelle venete o lombarde, con le quali l'artista, probabilmente venne in contatto,

polished effect and the smoothness of the Chapel's imitation marble which the dust of centuries, combined with modern pollutants, was gradually dimming.¹⁰⁾

Microscope examination and mineralogical comparison were performed on thin sections of samples taken from the plaster used for the imitation marble on the band at the foot of the walls and from the plaster used for the fresco scenes in the upper registers of the Chapel. In the case of the imitation marble, there was a higher proportion of binder, in other words of lime, with respect to the aggregate which was made up of siliceous sand.¹¹⁾ It is known that a surface made of rich mortar, in other words with a good quantity of slaked lime mixed into it, is more easily workable, more plastic, and better for a final stage of polishing. The imitation marble surfaces (wherever located in the Chapel) all showed clear signs of compression; furthermore, in one of the most significant parts of the fresco cycle (the 'Noli me tangere' scene), the imitation marble slab for the sepulchre behind the sleeping soldiers shows obvious signs (especially under raking light) of a pattern of hairline cracks on the surface (fig. 5). It is quite plausible to imagine that this cracking was caused by the use of hot irons to smooth the plaster. On one hand, they made it possible to obtain a high polish; on the other hand, if they were too hot, contact with the damp plaster would have accelerated the natural carbonation, causing a marked shrinking action.

In the same way, the outer and very thin layers of Roman wall paintings show not only an increase in the extremely fine grain size of the inert material used, but also a proportional increase in the amount of binder, as well as clear signs of compression and hairline cracking on the surface (fig. 6).

In both cases, the pressure applied by the tools on the plaster left evident signs. But, while the ancient technique was used to achieve not only smoothness but also better carbonation and stronger anchoring of the layers,¹²⁾ in Giotto's work, this procedure (probably using hot irons) was used only to produce a polished surface finish similar to marble.

The earliest documents describing the technique for making coloured marble surfaces date from the 16th century,¹³⁾ but there had always been a much older oral tradition amongst craftsmen about how to make plaster with a highly polished finish.

However, in this case as we have tried to show, it seems unlikely that Giotto's source of inspiration for making the imitation marble in the Scrovegni Chapel came from his visit to Rome (where such imitation marble was much in use) in the Jubilee Year 1300. Rather, his knowledge and skill in working with polished plaster may have come from another group of craftsmen, such as those in the Veneto or Lombardy regions, with whom Giotto probably had some contact.

Forse e anche da queste tradizioni orali di bottega ricevute dal passato, che Giotto, arricchendo il suo già prezioso bagaglio di conoscenze tecniche, riesce ad esprimere e realizzare agli Scrovegni un'opera pittorica sostenuta, incorniciata ed esaltata da una finta architettura la quale trova nel marmo dipinto il suo elemento fondante.

1) L. TINTORI, *Giotto nella Cappella degli Scrovegni a Padova. Raccolta di rilievi Tecnici Sull'Arte ed il Mestiere del Maestro*, dattiloscritto pp. 28 e 154.

2) M. VITRUVIO POLLIONE, *De architettura libri decem*, Torino 1997, a cura di P. GROS.

3) P. e L. MORA, P. PHILIPPOT, *La conservation des peintures murales*, Bologna 1977, ed. consultata: traduzione italiana, Bologna 1999, pp. 110-115.

4) Strumenti di lavoro della larghezza variabile tra i quattro e gli otto cm, aventi funzione simile alle nostre attuali spatole.

5) P. L. BIANCHETTI, M. CAMPISI, C. GRATZIU, A. MELUCCO VACCARO, *La calcite spatica dell'intonaco romano*, in *Atti del convegno di Bressanone*, 26-29 giugno 1990.

6) A. CAGNANA, *Archeologia dei materiali da costruzione*, Mantova 2000.

7) M. FOGLIATA, M.L. SARTOR, *L'arte dello stucco a Venezia*, Roma 1995.

8) Mediamente la granulometria della sabbia si aggira intorno ai 300 micron.

9) Non sempre in passato le indagini scientifiche sono riuscite a fornire risposte esaurienti; di conseguenza ancora oggi ci si chiede se i saponi o le cere trovate da Selim Augusti (*La tecnica dell'antica pittura parietale pompeiana, raccolta di studi per il secondo centenario degli scavi di Pompei*, Napoli 1950, pp. 313-354) negli anni '50 sugli intonaci pompeiani, siano propri della tecnica originale romana, o dovuti a ripetuti interventi manutentivi.

10) Dalle indagini di prelievi effettuati sulla parete destra della zoccolatura, è stata individuata sulla superficie la presenza di cera d'api (indagini chimiche: M. Marabelli, P. Santopadre, M. Ioele).

11) Vedi, per maggiore dettaglio e precisione, il contributo di P. L. BIANCHETTI, *Caratterizzazione dell'intonaco di preparazione e di finitura del ciclo pittorico di Giotto nella Cappella degli Scrovegni*, in questo stesso volume, recante i risultati delle indagini diagnostiche.

12) La tipologia di degrado descritta, derivante dalla tecnica di esecuzione, se da un lato evidenzia il maggiore rischio conservativo di un'area cretata, perché più esposta all'aggressione degli inquinanti atmosferici, dall'altro mostra che nelle zone dove c'è stato un maggiore richiamo e presenza in superficie di idrossido di calcio, i pigmenti utilizzati mostrano un migliore stato di conservazione e risultano meglio fissati rispetto ad aree adiacenti in cui gli stessi

Perhaps Giotto was able to improve his technical skills by taking advantage of this long-standing oral tradition circulating amongst the workshops and studios, in order to create his incomparable work in the Scrovegni Chapel, which is framed and enhanced by painted architecture based on imitation marble.

1) L. TINTORI, *Giotto nella Cappella degli Scrovegni a Padova. Raccolta di rilievi tecnici sull'Arte ed il Mestiere del Maestro*, typed manuscript, pp. 28 and 154.

2) M. VITRUVIO POLLIONE, *De architettura libri decem*, Torino 1997, edited by P. GROS.

3) P. and L. MORA, P. PHILIPPOT, *La conservation des peintures murales*, Bologna 1977, Italian edition, Bologna 1999, pp. 110-115.

4) Plasterer's tools of varying widths ranging from four to eight centimetres, similar to the present-day plasterer's trowel.

5) P. L. BIANCHETTI, M. CAMPISI, C. GRATZIU, A. MELUCCO VACCARO, *La calcite spatica dell'intonaco romano*, in *Proceedings of Conference in Bressanone*, June 26-29, 1990.

6) A. CAGNANA, *Archeologia dei materiali da costruzione*, Mantova 2000.

7) M. FOGLIATA, M.L. SARTOR, *L'arte dello stucco a Venezia*, Roma 1995.

8) On average, the grain size of the sand is around 300 microns.

9) Scientific investigations in the past have not always been able to provide full answers; as a result, even today we wonder whether the soap and wax found by Selim Augusti (*La tecnica dell'antica pittura parietale pompeiana, raccolta di studi per il secondo centenario degli scavi di Pompei*, Napoli 1950, pp. 313-354) in the 1950s on the plaster surfaces in Pompeii, were part of the original Roman technique, or due to repeated maintenance work over the years.

10) Samples taken from the lower band on the right wall show the presence of bees' wax on the surface (chemical analysis: M. Marabelli, P. Santopadre, M. Ioele).

11) For more details, see the report by P. L. BIANCHETTI, *Characteristics of preparatory plaster and finishing layer for Giotto's wall paintings in the Scrovegni Chapel*, in this volume, containing the results of diagnostic surveys.

12) The type of deterioration described shows not only the higher risk of the formation of hairline cracks due to the technique used, but also that the pigments are better preserved and better fixed in areas where there is a higher level of calcium hydroxide on the surface, compared to adjacent areas where pigments have been applied in the same way. The better state of preservation in the compressed areas is due not only to the higher proportion of calcium hydroxide on the surface, but also to the protection provided over time

sono stati ugualmente applicati. Il migliore stato di conservazione dei pigmenti in corrispondenza delle zone sottoposte a schiacciamento, deve essere messo in relazione, oltre che ad una maggiore quantità di idrossido di calce richiamato in superficie, anche alla protezione operata nel tempo dalla successiva stesura pittorica, non sempre conservata.

13) *Ex Magistero Jacopo de Monte S. Savino Scultore provato. Stucco mirabile per fare figure... c. et etiam improntare et colorirlo, et regge all'acqua*, manoscritto anonimo in C. ARCOLAO, *Le ricette del restauro, malte intonaci, stucchi dal XV al XIX secolo*, Venezia 1998, pp. 85 e 86.

by the subsequent layers of paint, which in some cases are no longer present.

13) *Ex Magistero Jacopo de Monte S. Savino Scultore provato. Stucco mirabile per fare figure... c. et etiam improntare et colorirlo, et regge all'acqua*, anonymous manuscript in C. ARCOLAO, *Le ricette del restauro, malte intonaci, stucchi dal XV al XIX secolo*, Venezia 1998, pp. 85-86.





1a



1b

1a-b – ALCUNI ESEMPI DI INTONACI PIGMENTATI DIVERSAMENTE IN FUNZIONE DEL TIPO DI MARMO DA IMITARE; QUESTO TIPO DI LAVORAZIONE DELLA SUPERFICIE È UTILIZZATA SIA LUNGO TUTTA LA ZOCCOLATURA SIA PER LA REALIZZAZIONE DI PARTICOLARI MARMOREI ALL'INTERNO DELLE SCENE COME AD ESEMPIO NELLA RESURREZIONE DI LAZZARO (1b)

Some examples of plaster surfaces, variously coloured depending on the type of marble to be imitated; this type of imitation surface was used not only along the lower band of the walls but also to create marble details within scenes such as the Resurrection of Lazarus



2 – POMPEI, CASA DEI VETTII, AMBIENTE "P", PARETE NORD, ZOCCOLATURA – DECORAZIONE AD AFFRESCO AD IMITAZIONE DI LASTRE MARMOREE

Pompeii, House of the Vettii, area "p", north wall, lower band – fresco decoration using imitation marble slabs



3 – PARTICOLARE DI UN FRAMMENTO DI INTONACO ORIGINALE NEL QUALE È VISIBILE LA GRANULOMETRIA DELLA SABBIA DI IMPASTO CHE CONFERISCE ALLA MALTA UN TONO CALDO, GIALLO-ROSATO

Detail of a fragment of original plaster showing the grain size of the sand, which gave the mortar a warm, pinkish-yellow colour



5 – PARETE SINISTRA, NOLI ME TANGERE – PARTICOLARE A LUCE RADENTE CHE EVIDENZIA, NEL FINTO MARMO ALLA DESTRA DELLA SPALLA DEL SOLDATO DORMIENTE, LA PARTICOLARE MORFOLOGIA DEL CRETTO DELL'INTONACO

Left wall, Noli me tangere – detail under raking light showing the particular morphology of the plaster on the imitation marble at right of the sleeping soldier



4 – PARETE SINISTRA, ZOCCOLATURA – INGIUSTIZIA, PARTICOLARE A LUCE RADENTE CHE EVIDENZIA LO SPESSORE DI PIGMENTO BIANCO CON IL QUALE SONO STATE REALIZZATE, TRA L'ALTRO, LE FRONDE DEGLI ALBERI

Left wall, lower band – Injustice, detail under raking light showing the thickness of the white pigment used to produce features such as the branches of trees



6 – POMPEI, CASA DEI VETTII, AMBIENTE "H", PARETE EST – PARTICOLARE A LUCE RADENTE CHE EVIDENZIA I SEGNI LASCIATI DALLA PRESSIONE DELLO STRUMENTO UTILIZZATO PER LA LISCIATURA DELL'INTONACO ED IL MIGLIORE STATO DI CONSERVAZIONE DEL PIGMENTO SU QUESTA ZONA RISPETTO A QUELLA LIMITROFA
Pompeii, House of the Vettii, area "h", east wall – detail under raking light showing the marks left by pressing down on the tool used to smooth the plaster, and the better state of preservation of the pigment in this area compared to its surroundings



NOZZE DI CANA – GIOTTO FA USO DI DUE PIGMENTI SIMILI E DI DUE TECNICHE DIVERSE PER CARATTERIZZARE LA TRASPARENZA DELL'ACQUA VERSATA DALLA BROCCA (BIACCA AD OLIO) E IL CONSISTENTE CANDORE DELLA "CUFFIA" DELL'OSTE (BIANCO SANGIOVANNI A FRESCO)
Wedding Feast at Cana – Giotto uses two similar pigments and two different techniques to render the transparency of the water being poured from the jug (oil-based white lead) and the whiteness of the host's headwear (sangiovese white, applied a fresco)



COMPianto SUL CRISTO MORTO – DA NOTARE LA RAFFINATISSIMA CAPACITÀ COLORISTICA DI GIOTTO: DALLE IMMAGINI IN CUI IL COLORE TRASCOLORA O SI RAVVIVA SU SE STESSO (ALCUNE PIE DONNE, GIOVANNI EVANGELISTA) FINO AL CANGIANTE DELLA PIA DONNA CHINA SULLA DESTRA O DI QUELLA IN PIEDI SULLA SINISTRA CHE SI TORCE LE MANI PER IL DOLORE

Mourning over Christ's Body – Worth noting is Giotto's sophisticated technique in the use of colour: scenes in which the same colour fades and brightens (the grieving women, John the Evangelist), and the different shades of colour used to depict the women – one bending on the right, the other standing on the left – wringing their hands in grief

GIOVANNI BOTTIROLI – ANTONIETTA GALLONE – BARBARA MASALA

ANALISI MICROSPETTROFLUORIMETRICA DI LEGANTI ORGANICI

Microspectrofluorometric analysis of organic binders

1. INTRODUZIONE

Alcuni campioni di colore, prelevati dai dipinti murali di Giotto della Cappella degli Scrovegni a Padova, sono stati analizzati con tecniche microspettrofluorimetriche al fine di determinare la natura dei leganti organici presenti nella materia pittorica e la loro distribuzione stratigrafica.

In alcuni casi sulle sezioni dei campioni sono state effettuate, per confronto, delle prove con reagenti specifici che colorano selettivamente sostanze proteiche (colla animale, uovo) e sostanze oleose.

Le analisi sono state effettuate su tre serie di campioni prelevati in tempi successivi: le prime due da zone dipinte ad azzurrite, fondi e manti, la terza da lumeggiature a biacca. Fanno eccezione i campioni 6144/1, 24L, 28L e 42L provenienti rispettivamente dal verde della palma della controfacciata, dalla cornice rossa del riquadro 'La Resurrezione di Lazzaro', dalla cornice verde del riquadro 'Noli me tangere' e dallo sfondo nero dell' 'Inferno'.

2. ELENCO DEI CAMPIONI E LORO COMPOSIZIONE

Prima serie

6092/3 – 'Maria torna a Nazaret'

intonaco
strato rosso discontinuo
strato grigio
strato azzurro (120 µm)

6093/4 – Mezzobusto raffigurante 'Elisabetta, regina d'Ungheria'

intonaco
strato grigio (12-20 µm)
strato azzurro (40 µm)

6094/5 – Volta

intonaco
strato rosso sottile
strato azzurro (130 µm)

1. INTRODUCTION

Some colour samples were taken from Giotto's wall paintings in the Scrovegni Chapel (Padua) to be analysed with microspectrofluorometric techniques in order to determine the nature of the organic binders present in the painted material and their stratigraphic distribution.

In some cases, for purposes of comparison, tests were carried out on sections of the samples using specific reagents which selectively colour the proteins (animal glue, egg) and oily substances.

The analyses were carried out on three series of samples taken at different times – the first two from areas painted with azurite, backgrounds and cloaks, the third from the white lead highlightings. Exceptions were the samples 6144/1, 24L, 28L and 42L coming respectively from the green of the palm tree in the inner wall of the façade, from the red frame around the scene 'The Resurrection of Lazarus', from the green frame around the scene 'Noli me tangere', and from the black background of the 'Inferno'.

2. LIST OF SAMPLES AND SAMPLE COMPOSITION

First series

6092/3 – 'Mary returns to Nazareth'

plaster
discontinuous red layer
grey layer
blue layer (120 microns)

6093/4 – Half length portrait of 'Elizabeth, Queen of Hungary'

plaster
grey layer (12-20 microns)
blue layer (40 microns)

6094/5 – Vault

plaster
thin red layer
blue layer (130 microns)

6095/6 – Volta	6095/6 – Vault
intonaco(20-30 µm)	plaster (20-30 microns)
strato grigio	grey layer
strato azzurro (80 µm)	blue layer (80 microns)
<i>Seconda serie</i>	<i>Second series</i>
6131/2 – ‘Noli me tangere’, fondo	6131/2 – ‘Noli me tangere’, background
intonaco	plaster
strato grigio (40 µm)	grey layer (40 microns)
strato azzurro (100 µm)	blue layer (100 microns)
6135/10 – ‘La Strage degli Innocenti’, manto della donna	6135/10 – ‘Slaughter of the Innocents’, woman’s cloak
intonaco di tonalità giallastra	plaster with tones of yellow
strato azzurro discontinuo con frattura e cristalli anche nell’intonaco	discontinuous blue layer with fracture and crystal formation also in plaster
(interfaccia colore-intonaco molto fluorescente)	(interface between colour and plaster, very fluorescent)
6144/1 – Controfacciata parete sinistra, verde palma	6144/1 – Inner wall of façade, left side, green palm tree
intonaco	plaster
strato giallo con pigmento nero (30 µm)	yellow layer with black pigment (30 microns)
strato verde chiaro (50 µm)	light green layer (50 microns)
6145/4 – ‘Cristo innanzi a Caifa’, manto di Cristo	6145/4 – ‘Christ before Caiaphas’, Christ’s cloak
intonaco	plaster
strato azzurro (160 µm)	blue layer (160 microns)
6146/5 – ‘Adorazione dei Magi’, manto della Madonna	6146/5 – Adoration of the Magi’, the Virgin’s cloak
intonaco	plaster
strato bianco con inclusi azzurri (20 µm)	white layer with blue pigment included
strato azzurro (60 µm)	(20microns)
(interfaccia colore-intonaco fluorescente)	blue layer (60microns)
	(layer between colour and plaster fluorescent)
<i>Terza serie</i>	<i>Third series</i>
10 – ‘Gioacchino alla Porta Aurea’, lumeggiatura su manica di Gioacchino’	10 – ‘Joachim at the Golden Gate’, highlighting on Joachim’s sleeve
intonaco	plaster
sottile strato rosso, strato bianco con inclusi azzurri, fluorescenza gialla (40 µm)	thin red layer
	white layer with blue pigment included, yellow fluorescence (40 microns)
11 – ‘La Strage degli Innocenti’, lumeggiatura pannello donna	11 – ‘Slaughter of the Innocents’, highlighting on a woman’s cloth
intonaco	plaster
strato azzurro (160 µm)	blue layer (160 microns)
finitura superficiale bianca lievemente fluorescente (20 µm)	white surface finish, slightly fluorescent (20µm)
9L – Mezzobusto raffigurante San Gregorio, colomba su aureola annerita	9L – Half lenght portrait of Saint Gregory, dove on blackened halo
intonaco	plaster
preparazione giallo-bruna con inclusi rosso-arancio (30 µm)	yellow-brown preparation with red-orange pigment included (30 microns)
(interfase intonaco-preparazione con fluorescenza gialla)	

lamina metallica
strato bianco con fluorescenza giallo-verde
(80 µm)

9L bis – Mezzobusto raffigurante San Gregorio, colom-
lomba su azzurrite
intonaco
strato grigio (60 µm)
strato azzurro (100 µm)
strato bianco discontinuo (40 µm) fluore-
scente

23L – Mezzobusto raffigurante San Gregorio, mitria
intonaco
strato bianco discontinuo (25-30 µm) fluo-
rescente

24L – ‘Resurrezione di Lazzaro’, cornice rossa
intonaco
strato rosso-arancio (80 µm) miscelato con
calce carbonatata
strato rosso parzialmente alterato (20 µm)

25L – Controfacciata, scudo rosso degli angeli
intonaco
strato rosso (50 µm)
strato bianco di spessore variabile (40-120
µm) molto fluorescente

26L – Controfacciata, raggio dal trono sulla ban-
diera verde
intonaco
strato verde (30 µm)
strato bianco discontinuo (20-30 µm) lieve-
mente fluorescente

27L – Controfacciata, armatura verde dell’angelo
intonaco
strato verde (80 µm)
strato bianco presente solo parzialmente
(30 µm) molto fluorescente

*(layer between plaster and preparation with yel-
low fluorescence)
metal lamina
white layer with yellow-green fluorescence (80
microns)*

*9L bis – Half length portrait of Saint Gregory, dove on
azurite
plaster
grey layer (60 microns)
blue layer (100 microns)
discontinuous white layer (40microns), fluore-
scent*

*23L – Half length portrait of Saint Gregory, mitre
plaster
discontinuous white layer (25-30 microns),
fluorescent*

*24L – ‘Resurrection of Lazarus’, red frame
plaster
red-orange layer (80 microns) mixed with cal-
cium carbonate
red layer partially altered (20 microns)*

*25L – Inner wall of façade, red shield held by angels
plaster
red layer (50 microns)
white layer of varying thickness (40-120 mi-
crons), very fluorescent*

*26L – Inner wall of façade, ray from throne on the
green flag
plaster
green layer (30 microns)
discontinuous white layer (20-30 microns),
slightly fluorescent*

*27L – Inner wall of façade, green armour of the angel
plaster
green layer (80 microns)
white layer only partially present (30 microns),
very fluorescent*

3. METODI DI ANALISI

3.1 Esami preliminari

I campioni, già inglobati in resina e sezionati a cura dell’I.C.R., sono stati osservati in luce visibile ed UV al microscopio ottico e esaminati al microscopio elettronico a scansione (SEM) per meglio individuare caratteristiche morfologiche e composizione. L’analisi stratigrafica per fluorescenza di raggi X dispersiva in energia eseguita alla microsonda elettronica (EDS), determinando la composizione pun-

3. METHODS OF ANALYSIS

3.1 Preliminary tests

The samples, already embedded in resin and sectioned in the ICR laboratory, were examined under visible and UV light using an optical microscope and a scanning electron microscope (SEM) to identify the main features of their morphology and composition. Stratigraphic analysis by energy dispersive X-ray fluorescence was conducted with an electronic microprobe (EDS), to deter-

tuale della materia pittorica nei singoli strati di colore, ha messo in evidenza omogeneità e disomogeneità dei suoi componenti.

3.2 Analisi microspettrofluorimetrica

La tecnica di microspettroscopia di fluorescenza UV-VIS messa appunto dal Centro di Studio per l'Istochimica CNR - Pavia, offre molteplici vantaggi nella analisi di pellicole pittoriche, potendo abbinare la sensibilità tipica delle tecniche fluorimetriche e la risoluzione spaziale del microscopio. Mediante questa tecnica è quindi possibile effettuare analisi stratigrafiche dei campioni di pellicola pittorica ottenendo importanti informazioni sulla natura dei componenti presenti e sulla loro distribuzione all'interno della pellicola stessa, principalmente per quanto riguarda le sostanze con funzione di leganti (oli, colle animali, uovo) e di vernici.¹⁾

L'analisi microspettrofluorimetrica, eseguita preliminarmente su campioni standard opportunamente preparati in laboratorio o derivati da Autori dei quali è perfettamente nota la tecnica pittorica, ha permesso di organizzare una banca dati di spettri di riferimento utile all'interpretazione dei risultati delle analisi su campioni pittorici incogniti. Mediante gli standard di riferimento si è potuto mostrare che gli spettri dei leganti olio, colla animale ed uovo differiscono sia per la posizione del picco che per la larghezza della banda di emissione. La presenza contemporanea di più leganti dà luogo a curve più complesse che possono essere interpretate mediante procedure computerizzate per la deconvoluzione spettrale.

Di notevole importanza è anche il fatto che l'applicazione della tecnica non comporta alcuna alterazione del campione in esame, che può pertanto essere sottoposto a successive analisi. La materia pittorica di numerosi dipinti è stata da noi analizzata con successo mediante la metodologia descritta.²⁾

L'analisi microspettrofluorimetrica è stata eseguita in condizioni di epi-illuminazione mediante lamina di quarzo 50/50%, con microspettrografo Leitz associato ad un analizzatore ottico multicanale (OMA-III), che permette la ricostruzione delle curve spettrali e l'elaborazione e memorizzazione dei dati ottenuti.

L'analisi del campione ha previsto le seguenti fasi:

- identificazione, centratura e delimitazione della regione di campione da analizzare. Le misure possono essere eseguite su porzioni di campione di dimensioni fino al limite della risoluzione del microscopio (0.4 µm);
- eccitazione della regione selezionata mediante lampada a vapori di Hg da 100 Watt e filtro interferenziale per selezionare la riga d'emissione a 366 nm;
- selezione della regione spettrale di analisi ed eliminazione della luce di eccitazione riflessa mediante filtro di sbarramento a 386 nm.

mine the composition of the paint materials in the single colour layers.

3.2 Analysis by microspectrofluorometric technique

The technique of UV-VIS microspectrofluorometry devised by the Study Centre for Histochemistry, CNR-Pavia, provides many advantages in the analysis of paint layers, making it possible to combine the sensitivity of fluorescence measurements with the spatial resolution of a microscope. Using this technique, it is therefore possible to carry out stratigraphic analysis of samples of paint layers to obtain important information on the nature of the components and their distribution within the layers, regarding not only the paints employed but also substances with a binding function (oils, animal glues, egg) and varnishes.¹⁾

Microspectrofluorometric analysis, carried out previously on standard samples prepared in the laboratory (or derived from artists whose painting technique is fully known), made it possible to set up a databank of reference spectra to be used to interpret the results of analyses on unknown paint samples. By comparison with these standard references, we were able to show that the spectra of the binders (oils, animal glues and egg) differ both in the position of the peak value and in the width of the emission band. The simultaneous presence of more than one binder gives rise to more complex curves which can be interpreted by computerised procedures for spectral de-convolution.

Another very important fact is that the application of this technique does not lead to any alteration in the sample being examined, which can therefore be used for subsequent analyses. We have successfully analysed the painting materials of many works of art using this methodology²⁾

The microspectrofluorometric analysis was performed under conditions of epi-illumination using 50/50% quartz lamina, with a Leitz micro-spectroscope connected to a multi-channel optical analyser (OMA-III), which made it possible to reconstruct the spectral curves and to process and store the data obtained.

The analysis of each sample involved the following stages:

- *identification of the part of the sample to be analysed. Measurements can be made on parts of the sample with dimensions up to the limit of the microscope's resolution (0.4 microns);*
- *excitation of the selected area by means of a 100-watt Hg vapour lamp, with an interferential filter to select the emission line at 366 nm;*
- *selection of the spectral region to be analysed and elimination of the exciting light by means of a barrier filter at 386 nm.*

– registrazione dello spettro in tempi compresi tra 0.5 e 2 secondi, riducendo al minimo i rischi dovuti ad effetti fotochimici che potrebbero causare distorsioni nella forma dello spettro.

Gli obiettivi usati per effettuare le misure sono il 25X ed il 40X, scelti in funzione delle dimensioni delle zone da analizzare.

3.3 Prove di colorazione

La tecnica, basata sull'impiego dei coloranti, storicamente la prima ad essere proposta in istochimica, consente di identificare e localizzare particolari sostanze organiche presenti nel campione. Per le proteine si usano tre reagenti coloranti basati sullo stesso composto $C_{22}H_{14}N_6S_2Na_2$ – Amido Black – variando il pH della soluzione; per le sostanze oleose l'“Oil Red O” ($C_{26}H_{24}N_4O$) in soluzione in alcol isopropilico.³⁾

4. RISULTATI

L'identificazione dei leganti è avvenuta per confronto degli spettri ottenuti mediante l'analisi microspettrofluorometrica con quelli di campioni di riferimento. Le prove di colorazione, condotte parallelamente per alcuni campioni, con reagenti specifici per colla animale, uovo e sostanze oleose hanno mostrato un pieno accordo con tali risultati.

I leganti individuati sono: uovo, olio, resine naturali.

La presenza di uovo è stata rivelata nell'intonaco e negli strati di colore composti da azzurrite, terra verde, cinabro, ocre rossa, nero vegetale, uniti a volte a piccole quantità di biacca o misti a calce carbonatata. Le finiture a biacca sono a olio. A olio e resine naturali è lo strato rosso-arancio, con inclusi di ocre rossa, di preparazione alla lamina metallica (oro/argento) dell'aureola di San Gregorio.

Nella presentazione dei risultati si è scelto di separare la parte relativa all'intonaco da quella che riguarda la pellicola pittorica.

Gli spettri di fluorescenza misurati nell'intonaco sono raggruppati in tre figure, ciascuna delle quali si riferisce a ogni singola serie di campioni analizzati.

Un criterio analogo è stato seguito per i campioni di colore della prima e della seconda serie provenienti da stesure di azzurrite e, in un solo caso da un colore di natura diversa – il verde della palma della controcaciata, analizzato per confronto. Il legante è uovo.

Il terzo gruppo comprende i campioni prelevati in zone in cui sono presenti finiture a biacca di lumeggiatura, strati bianchi o lamine metalliche. In questo caso si riportano, per ciascun campione, la fotografia al microscopio ottico della sezione e gli spettri di fluorescenza dei singoli strati di colore con osservazioni e commenti.

Per una migliore lettura degli spettri ottenuti per i campioni d'intonaco e di colore, si riportano in fig. A gli spettri caratteristici dei leganti relativi a campioni standard.

– recording of the spectrum in a time range of between 0.5 and 2 seconds, reducing to a minimum the risks due to photo-chemical effects which might cause distortion in the shape of the spectrum.

The lenses used for the measurements were 25X and 40X, depending on the size of the area to be analysed.

3.3 Colouring tests

This technique, based on the use of dyes, was the first to be used in histochemistry, and makes it possible to identify and locate particular organic substances present in the sample. For proteins, three colorant reagents are used, based on the same compound $C_{22}H_{14}N_6S_2Na_2$ – Starch Black – varying the pH of the solution; for oily substances, “Oil Red O” ($C_{26}H_{24}N_4O$) in a solution of isopropyl alcohol.³⁾

4. RESULTS

The identification of the binders was achieved by comparing the spectra obtained by microspectrofluorometric analysis, with those of the reference samples. The colouring tests, carried out in parallel for several samples (with specific reagents for animal glue, egg and oily substances) showed full agreement with fluorescence results.

The binders detected are: egg, oil, natural resins.

The presence of egg was noted in the plaster and in the layers of colour made up of azurite, green earth, cinnabar, red ochre, animal/vegetal black, sometimes combined with small quantities of white lead or mixed with carbonated lime. The white lead finishings use oil as a binder. A red-orange layer has oil and natural resins, with traces of red-ochre, as preparation for the metal leaf (gold/silver) in Saint Gregory's halo.

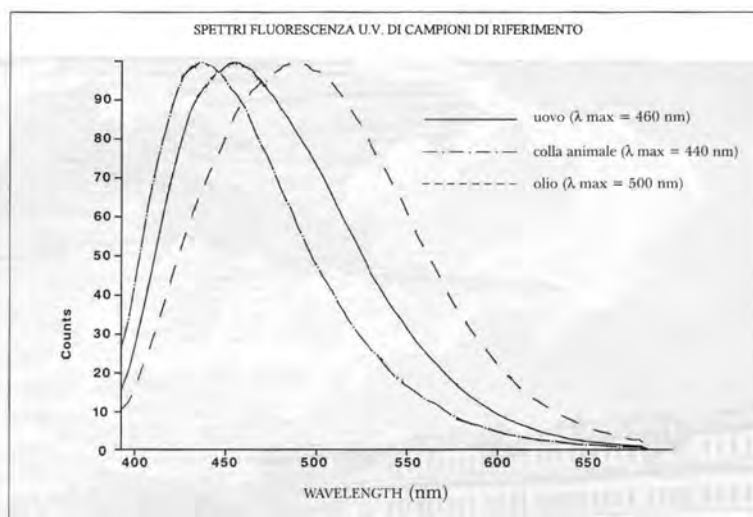
In the presentation of the results, it was decided to separate the part relating to the plaster from that concerning the painted layer.

The spectra of fluorescence measured for the plaster are grouped in three figures, each of which refers to a single series of samples analysed.

A similar criterion has been adopted for the colour samples in the first and second series, coming from the azurite layers and, only in one case, from a colour of a different nature – the green of the palm tree on the inner wall of the façade, analysed for comparison. The binder is egg.

The third group includes the samples taken from areas in which there were traces of white lead highlighting, white layers or metal leaf. In this case, for each sample, we give the optical microscope photos of the section and the spectra of fluorescence of the single layers of colour, with observations and comments.

To make it easier to interpret the spectra obtained for the plaster and colour samples, fig. A shows the characteristic spectra of the binders relating to standard samples.



— uovo / egg
 - - - - - colla animale / animal glue
 olio / oil

A – SPETTRI DI FLUORESCENZA DEI CAMPIONI DI RIFERIMENTO (COLLA ANIMALE, UOVO, OLIO)
Spectra of fluorescence for the reference samples (animal glue, egg, oil)

4.1 Intonaco

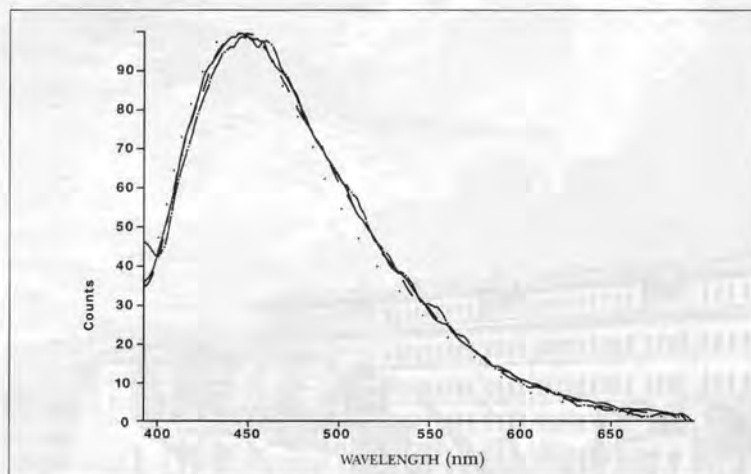
Lintonaco contiene leganti proteici. Le curve spettrali mostrano il picco caratteristico dell'uovo ($\lambda_{max} = 460 \text{ nm}$).⁴⁾

Nelle pagine seguenti si riportano sovrapposti gli spettri di fluorescenza per ciascuna serie di campioni (figg. 1-3).

4.1 Plaster

The plaster contains protein binders. The spectral curves show the characteristic peak for egg ($\lambda_{max} = 460 \text{ nm}$).⁴⁾

The following pages show the overlaid spectra of fluorescence for each series of samples (figs. 1-3).

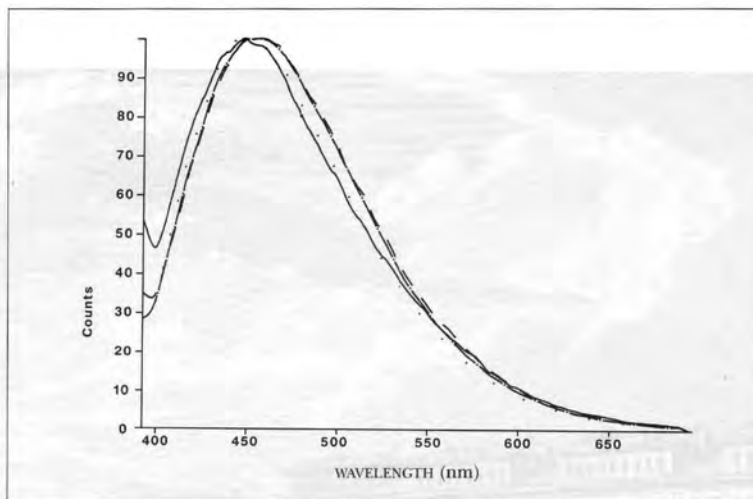


— n. 6092/3 - - - - - n. 6094/5
 n. 6093/4 - n. 6095/6

1 – SPETTRI DI FLUORESCENZA DELL'INTONACO (CAMPIONI DELLA PRIMA SERIE)
Spectra of fluorescence for the plaster (first series samples)

Non si notano scostamenti sensibili dallo spettro del campione di riferimento (uovo).

There is no marked displacement with respect to the spectrum of the reference sample (egg).

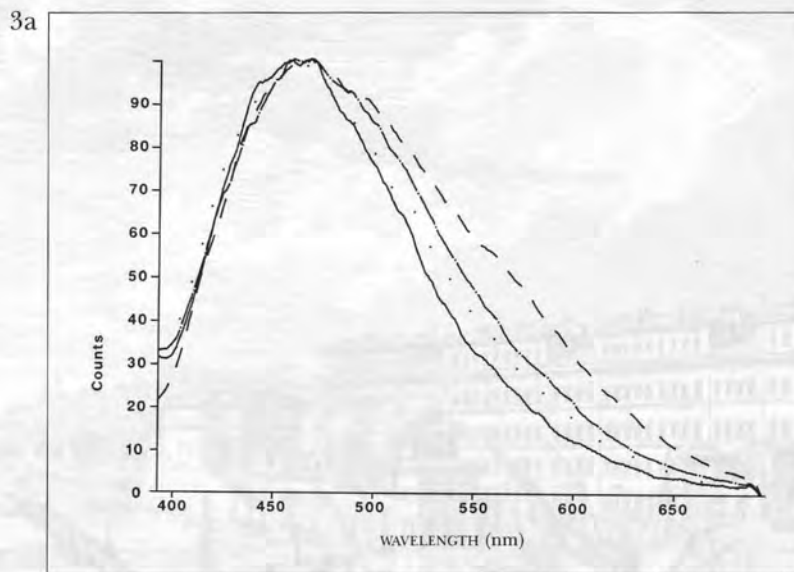


_____ n. 6131/2 - - - - - n. 6144/1
 n. 6135/10 - . - . - n. 6145/4
 - - - - - n. 6146/5

2 – SPETTRI DI FLUORESCENZA DELL'INTONACO (CAMPIONI DELLA SECONDA SERIE)
Spectra of fluorescence for the plaster (second series samples)

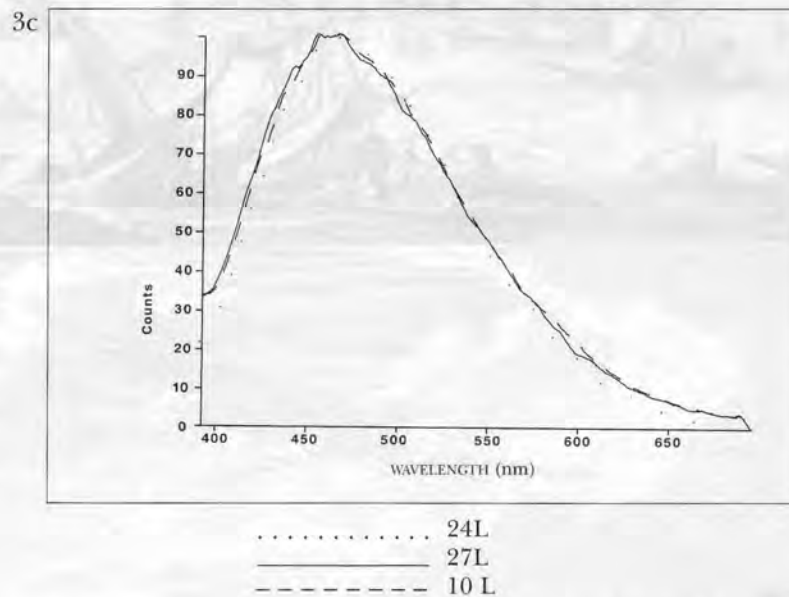
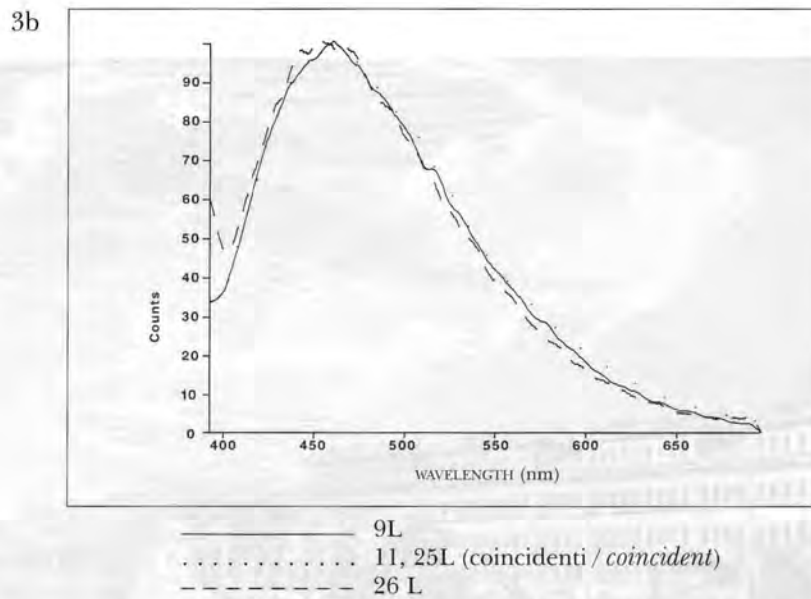
Il leggero scostamento dallo spettro del campione di riferimento (uovo) è dovuto alla disomogeneità del materiale (presenza di clasti).

The slight displacement with respect to the spectrum for the reference sample (egg) is due to the non-homogeneity of the material (presence of clasts).



_____ 9L bis - . - . - gruppo/group c)
 gruppo/group b) - - - - - 23L

3a – SPETTRI DI FLUORESCENZA DELL'INTONACO (CAMPIONI DELLA TERZA SERIE)
Spectra of fluorescence for the plaster (third series samples)



3b-c – SPETTRI DI FLUORESCENZA DELL'INTONACO (CAMPIONI DELLA TERZA SERIE)
Spectra of fluorescence for the plaster (third series samples)

In tutti i campioni è stata rilevata la presenza di uovo. Lo scostamento delle curve spettrali, più o meno pronunciato verso le lunghezze d'onda più elevate, da quella del campione di riferimento è attribuibile alla disomogeneità del materiale.

In *fig. 3a* sono riportati gli spettri dalla curva più stretta (campione 9L bis) alla più larga (campione 23L); in *fig. 3b* e in *fig. 3c* gli spettri di campioni che presentano un andamento anomalo.

L'allargamento verso le lunghezze d'onda più elevate è dovuto alla disomogeneità del materiale e alla presenza nell'aggregato di minerali fluorescenti.

All the samples showed the presence of egg. The displacement of the spectral curves (more or less pronounced towards the higher wavelengths) with respect to the reference samples can be attributed to the non-homogeneity of the material.

Fig. 3a shows the spectra from the tightest curve (sample 9L bis) to the widest (sample 23L); fig. 3b and fig. 3c show the spectra of samples with some anomaly.

The enlargement towards the higher wavelengths is due to the non-homogeneity of the material and to the presence of fluorescent minerals in the aggregate.

4.2 Colore

Per i campioni della prima e della seconda serie le misure sono state eseguite in vari punti della pellicola pittorica, senza riscontrare variazioni sensibili nell'andamento delle curve spettrali. Per la terza serie sono state analizzate, per ogni strato di colore, le zone laterali e quella centrale con risultati in accordo fra loro, indicanti una distribuzione omogenea del legante. Nel campione 6135/10 della seconda serie lo strato di azzurrite ha uno spessore molto elevato. In questo caso l'analisi è stata effettuata in punti a varie profondità ottenendo risultati concordi.

L'osservazione dei campioni al microscopio ottico in UV – come è indicato nell'elenco dei campioni – ha mostrato zone con fluorescenza giallo-verde o gialla. Dall'esame degli spettri si può dedurre che le prime contengono olio ($\lambda_{max} = 500$ nm, curva simmetrica), le altre una resina naturale unita a olio. In questo caso nelle curve spettrali si osserva la salita caratteristica dei leganti oleosi e l'allargamento verso destra delle resine naturali.

4.2.1 Prima serie

Appartengono a questa serie quattro campioni di colore blu composto da azzurrite data a secco.

Nel campione 6092/3 'Maria torna a Nazaret' tra l'intonaco e lo strato di azzurrite si osserva una sottile stesura rossa ricoperta da uno strato grigio; nel campione 6094/5 (Volta) non compare lo strato grigio.

Nell'altro campione proveniente dalla Volta 6095/6, come pure nel campione 6093/4 proveniente dalla fascia della decorazione (mezzobusto raffigurante 'Elisabetta, regina d'Ungheria') l'azzurrite è stata applicata su un sottile strato grigio steso sull'intonaco.

Il legante identificato nella pellicola pittorica è uovo (fig. 4).

4.2 Colour

For the samples in the first and second series, measurements were carried out at various points of the painted layer, without finding marked variations in the shape of the spectral curves. For the third series, and for each layer of colour, analysis of lateral areas as well as of the central area gave similar results, showing homogeneous distribution of the binder. In sample 6135/10 of the second series, the layer of azurite was very thick. In this case, analyses carried out at various depths gave similar results.

Observation of the samples by optical microscope in UV light – as given in the list of samples – showed areas with yellow-green or yellow fluorescence. Examining the spectra leads to the conclusion that the first contain oil ($\lambda_{max} = 500$ nm, symmetrical curve), while the others contain natural resin mixed with oil. In this case, the spectral curves show the characteristic upward slope of oil-based binders, as well as the enlargement towards the right which is characteristic of natural resins.

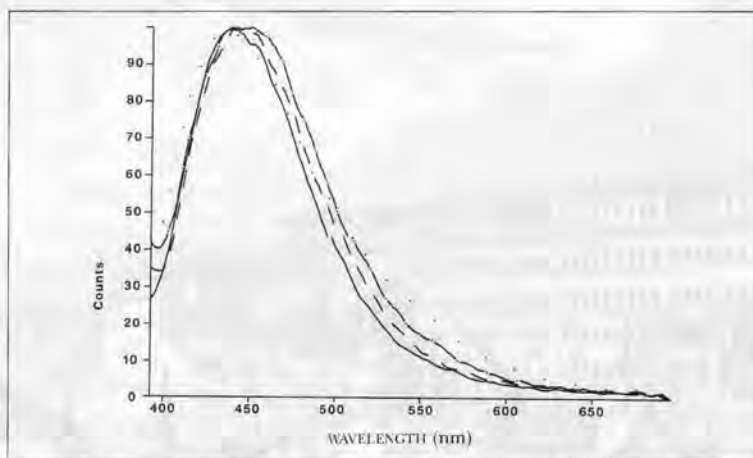
4.2.1 First series

This series consists of four samples of blue colour made up of azurite applied "a secco".

In sample 6092/3 'Mary returns to Nazareth', there is a thin red layer covered by a grey layer between the plaster and the layer of azurite; in sample 6094/5 (Vault) the grey layer is not present.

In the other sample coming from the Vault 6095/6, as in sample 6093/4 from the decorative band (half length portrait of 'Elizabeth, Queen of Hungary'), the azurite was applied on a thin grey layer on the plaster.

The binder identified in the painted layer is egg (fig. 4).



————— n. 6092/3 - - - - - n. 6094/5
 n. 6093/4 - . - . - n. 6095/6
 4 – SPETTRI DI FLUORESCENZA DEGLI STRATI DI COLORE (CAMPIONI DELLA PRIMA SERIE)
Spectra of fluorescence for colour layers (first series samples)

Il picco è quello dell'uovo.

The peak is that of egg.

4.2.2 Seconda serie

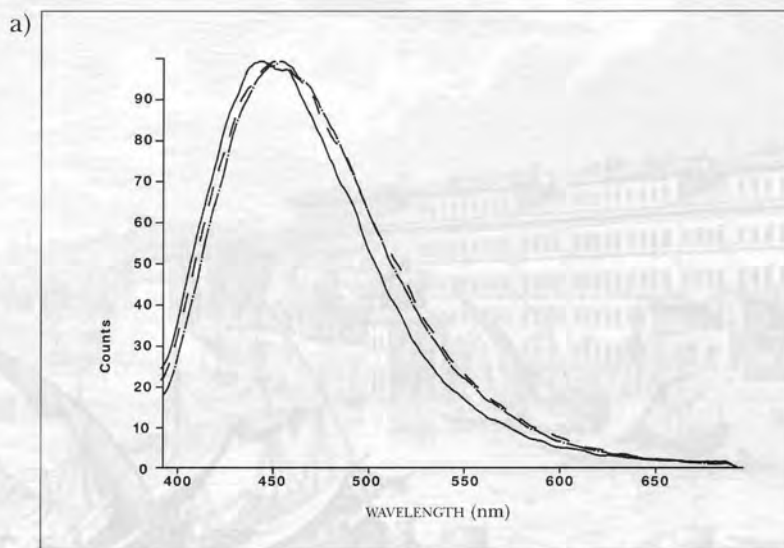
I campioni provengono da zone dipinte ad azzurrite, ad eccezione del 6144/1 (controfacciata, verde della palma) (figg. 5a, 5b).

Il legante identificato è uovo ($\lambda_{max} = 460$ nm).

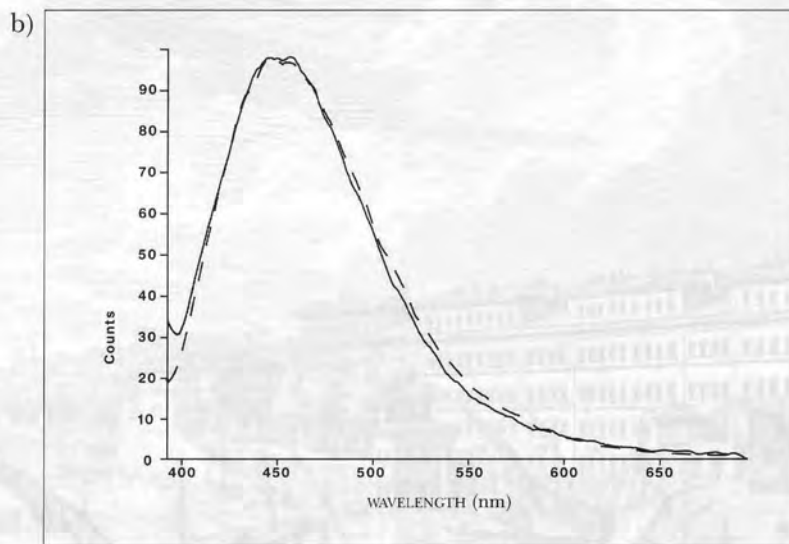
4.2.2 Second series

The samples were taken from areas painted with azurite, except for 6144/1 (inner wall of façade, green of the palm tree) (figs. 5a, 5b).

The binder identified is egg ($\lambda_{max} = 460$ nm).



————— n. 6131/2
----- n. 6144/1
- n. 6145/4



————— n. 6135/10
----- n. 6146/5

5a-b – SPETTRI DI FLUORESCENZA DEGLI STRATI DI COLORE (CAMPIONI DELLA SECONDA SERIE)

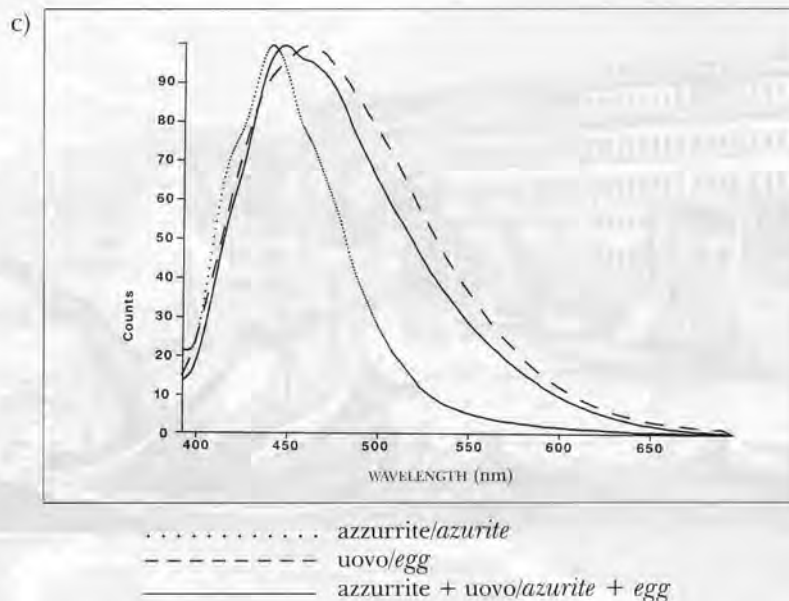
Spectra of fluorescence for colour layers (second series samples)

Gli spettri di fluorescenza relativi alle prime due serie di campioni sono stati attribuiti alla presenza di uovo come legante. In realtà gli spettri mostrano uno spostamento del massimo di circa 5-6 nm verso il blu rispetto a quelli standard. Tale spostamento è da attribuirsi al contributo della fluorescenza dell'azzurrite.

La fig. 5c mostra come la presenza della fluorescenza dell'azzurrite, con picco a 439 nm, determini lo spostamento dell'emissione totale verso lunghezze d'onda minori.

The spectra of fluorescence relating to the first two series of samples show the presence of egg as binder. In fact, the spectra show a displacement of the maximum of about 5-6 nm towards the blue end, with respect to the standard samples. This displacement is due to the effect of the fluorescence of the azurite.

Fig. 5c shows how the presence of azurite fluorescence, with a peak at 439 nm, leads to a displacement of the whole emission towards lower wavelengths.



5c - SPETTRI DI FLUORESCENZA DELL'AZZURRITE, DELL'UOVO E DI AZZURRITE + UOVO
Spectra of fluorescence for the azurite, egg and azurite + egg

4.2.3 Terza serie

I campioni sono stati prelevati dagli strati bianchi (lumeggiature) soprastanti stesure di colore azzurro, rosso e verde.

Il pigmento identificato è biacca.

Nel campione n. 10, prelevato dal riquadro raffigurante 'Gioacchino alla Porta Aurea', nella lumeggiatura di una manica si notano delle particelle di azzurrite incluse nella biacca.

Il legante è olio.

Casi particolari

Lo strato bianco superficiale che si osserva nel campione 26L (raggio dal trono alla bandiera), contiene uovo come pure lo strato verde sottostante.

Nel campione 9L (San Gregorio, colomba su lamina metallica annerita) la sottile lamina metallica (1 µm), di cui è costituita l'aureola di San Gregorio, è applicata su uno strato di mordente (missione) stesso sull'intonaco. Il legante individuato è una miscela di olio e resina.⁵⁾

4.2.3 Third series

Samples were taken from the white layers (highlightings) laid on layers of blue, red and green.

The pigment identified is white lead.

In sample no. 10, taken from the scene depicting 'Joachim at the Golden Gate', there were particles of azurite mixed with the white lead in the highlighting on one of the sleeves.

The binder is oil.

Special cases

The surface white layer in sample 26L (ray from throne to flag) contains egg, as the green layer underneath.

In sample 9L (Saint Gregory, dove on blackened metal leaf) the thin metal leaf (1 micron), making up the halo of Saint Gregory, is laid over a layer of mordant (missione) on the plaster. The binder is a mixture of oil and resin.⁵⁾

Nel campione 10 'Gioacchino alla Porta Aurea' il sottile strato rosso soprastante l'intonaco (sinopia?) contiene tracce di leganti proteici.

Dal riquadro raffigurante 'La Strage degli Innocenti' è stato prelevato il campione 11 dalla lumeggiatura di una manica stesa su uno strato di azzurrite, il cui legante è risultato uovo.

Per ciascun campione si riportano sovrapposti gli spettri delle lumeggiature e degli strati sottostanti con osservazioni e commenti mentre le fotografie delle sezioni sono riportate in fondo all'articolo.

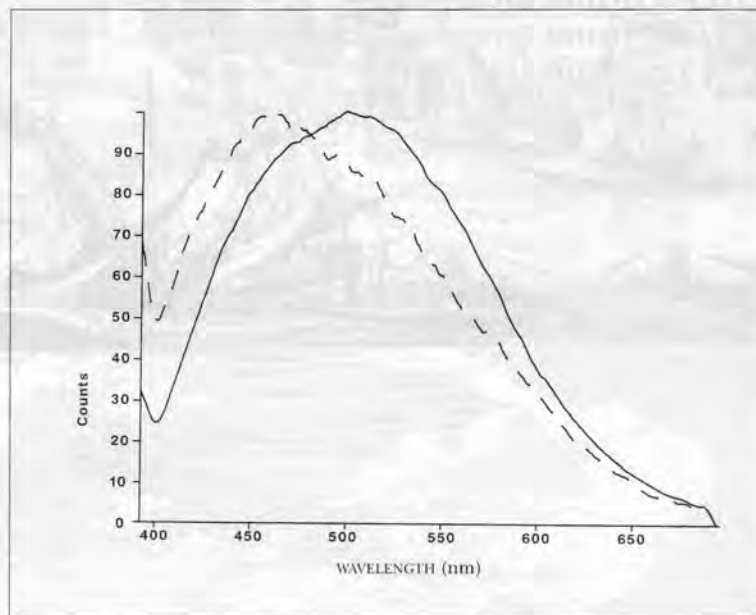
In sample 10 'Joachim at the Golden Gate' the thin red layer laid over the plaster (sinopia?) contains traces of protein binder.

Sample 11 was taken from the scene depicting 'The Slaughter of the Innocents', from the highlighting on one of the sleeves, laid over a layer of azurite with egg as binder.

For each sample, we have given the overlaid spectra of the highlightings and the underlying layers, with observations and comments, while the photos of the cross-sections are placed at the bottom of the article.

Campione 10 - 'Gioacchino alla Porta Aurea', cfr. fig. 17

Sample 10 - 'Joachim at the Golden Gate', cfr. fig. 17



———— lumeggiatura: olio/highlighting: oil
----- strato rosso sottile: sostanze proteiche, olio/thin red layer: protein substances, oil

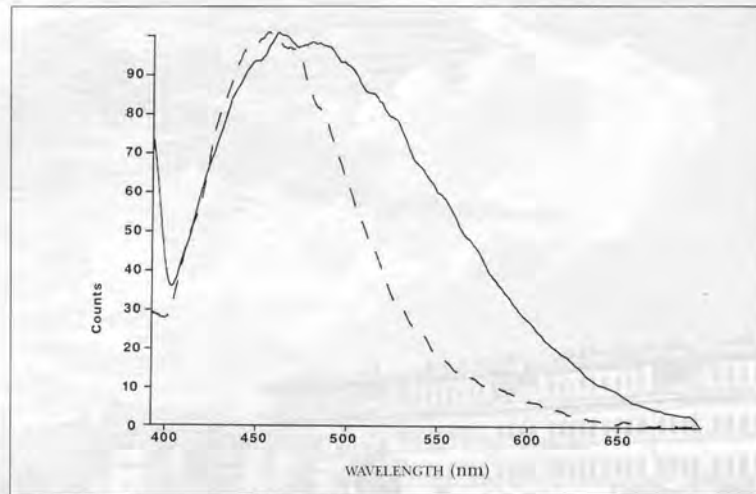
6 - SPETTRI DI FLUORESCENZA DELLA LUMEGGIATURA BIANCA CON INCLUSI AZZURRI E DEL SOTTILE STRATO ROSSO SOTTOSTANTE
Spectra of fluorescence for the white highlighting with the blue and thin red layers beneath

Nello strato superficiale è presente olio mentre il sottile strato rosso a base di ocra (sinopia?), steso a tempera, contiene anche tracce di olio, probabilmente penetrato dalla lumeggiatura soprastante. L'intensità dell'emissione di fluorescenza è molto bassa. Le misure condotte in altri punti dello strato rosso sembrano indicare la presenza anche di sostanze resinose.

There is oil in the surface layer, while the thin red layer consisting of ochre (sinopia?), with a tempera medium, also contains traces of oil, which has probably penetrated from the highlighting above. The intensity of the emission of fluorescence is very low. Measurements taken at other points in the red layer seem to indicate the presence of resinous substances as well.

Campione 11 – ‘La Strage degli Innocenti’, cfr. fig. 18

Sample 11 – ‘The Slaughter of the Innocents’, cfr. fig. 18



————— lumeggiatura: olio, tracce di uovo/*highlighting: oil, traces of egg*
 - - - - - strato azzurro: uovo/*blue layer: egg*

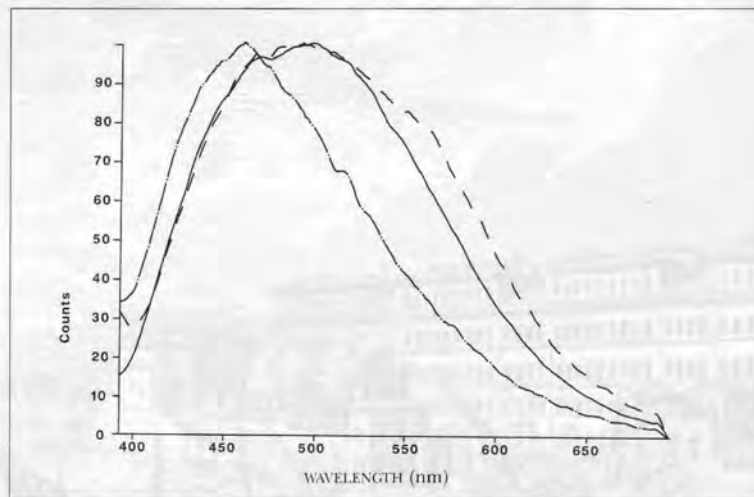
7 – SPETTRI DI FLUORESCENZA DELLO STRATO BIANCO E DELLO STRATO AZZURRO SOTTOSTANTE
Spectra of fluorescence for the white layer and the blue layer underneath

Sullo strato di azzurrite a tempera all'uovo si osserva la lumeggiatura di biacca a olio con tracce di legante proteico (uovo).

The layer of azurite in tempera egg has highlighting in white lead with oil and traces of protein binder (egg).

Campione 9L - ‘San Gregorio’, colomba su aureola annerita, cfr. fig. 19

Sample 9L – ‘Saint Gregory’, dove on blackened halo, cfr. fig. 19



————— lumeggiatura: olio, tracce di uovo/*highlighting: oil, traces of egg*
 - . - . - . preparazione: legante proteico/*preparatory layer: protein binder*
 - - - - - preparazione: olio, resine naturali/*preparatory layer: oil, natural resins*

8 – SPETTRI DI FLUORESCENZA DELLO STRATO BIANCO E DELLA PREPARAZIONE GIALLO-BRUNA, CON INCLUSI ROSSO ARANCIO, SOTTOSTANTE LA LAMINA METALLICA

Spectra of fluorescence for the white layer and the preparatory layer yellow-brown, with red-orange particles, beneath the metal leaf

La preparazione giallo-bruna, contenente una miscela di sostanze oleose e resinose, è lo strato di mordente (missione caricata con ocra rossa) steso sull'intonaco per farvi aderire la lamina metallica.

La lamina d'argento dorato appare molto annerita: minime tracce d'oro si osservano sulla superficie, visibili al microscopio ottico come puntini brillanti. La lamina metallica ha uno spessore molto esiguo: 1 μm circa.

Lo strato bianco superficiale appartiene alla figura della colomba. Ha la stessa composizione delle lumeggiature: biacca a olio con tracce di uovo.

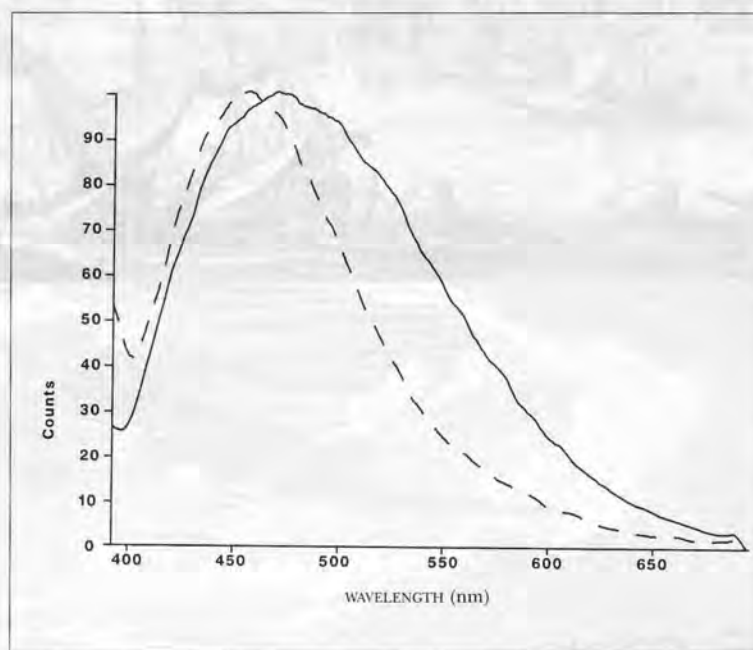
The yellow-brown preparatory layer, containing a mixture of oil and resinous substances, is the layer of glue (missione, mixed with red ochre) laid on the plaster to give adhesion to the metal leaf.

The gilded silver lamina is very blackened; minimum traces of gilding are present on the surface, visible under the optical microscope as bright spots. The metal leaf is extremely thin: about 1 μm circa.

The white surface layer comes from the figure of the dove. It has the same composition as the highlighting: white lead with oil and traces of egg.

Campione 9L bis - 'San Gregorio', colomba su azurrite, cfr. fig. 20

Sample 9L bis - 'Saint Gregory', dove on azurite, cfr. fig. 20



————— strato bianco: olio, tracce di uovo/white layer: oil, traces of egg
- - - - - strato di azurrite/colore grigio: uovo/azurite/grey layer: egg

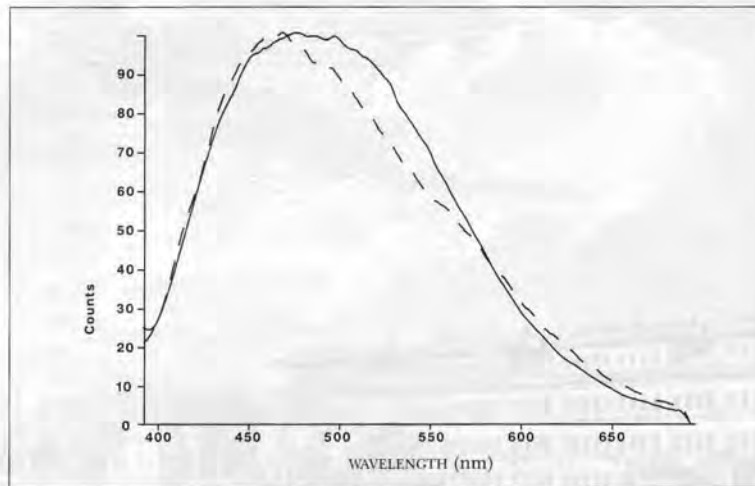
9 - SPETTRI DI FLUORESCENZA DELLO STRATO BIANCO E DELL'INTONACO SOTTOSTANTE
Spectra of fluorescence for the white layer and the plaster underneath

Gli strati di colore azzurro e grigio sottostante contengono un legante proteico (uovo). Lo strato bianco superficiale - la colomba - ha come legante olio con tracce di uovo.

The layers of blue and grey beneath contain a protein-based binder (egg). The white surface layer - the dove - has a binder oil with traces of egg.

Campione 23L – 'San Gregorio', mitria, cfr. fig. 21

Sample 23L – 'Saint Gregory', mitre, cfr. fig. 21



————— strato bianco: olio, tracce di uovo/*white layer: oil, traces of egg*
----- intonaco: uovo/*plaster: egg*

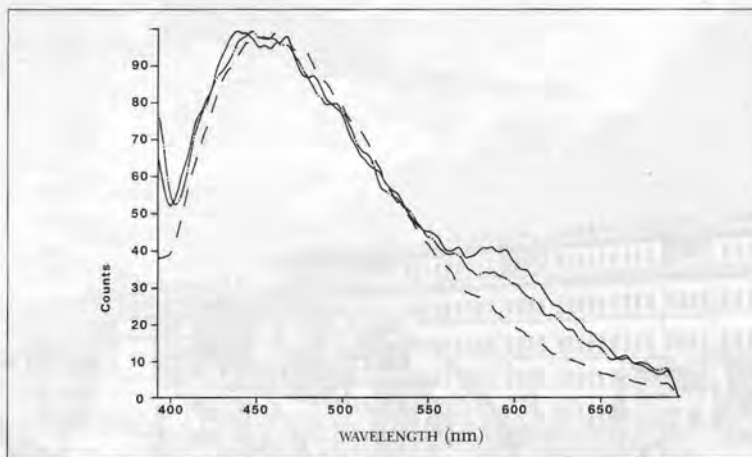
10 – SPETTRI DI FLUORESCENZA DELLO STRATO BIANCO DISCONTINUO E DELL'INTONACO SOTTOSTANTE
Spectra of fluorescence for the discontinuous white layer and the plaster underneath

Lo strato bianco – la mitria – applicato direttamente sull'intonaco, il cui legante è uovo, ha composizione analoga a quella delle lumeggiature: biacca ad olio con tracce di uovo.

The white layer – the mitre – applied directly on the plaster, with egg binder, has a composition similar to that of the highlighting: white lead with oil and traces of egg.

Campione 24L – 'Resurrezione di Lazzaro', cornice rossa, cfr. fig. 22

Sample 24L – 'Resurrection of Lazarus', red frame, cfr. fig. 22



————— strato rosso parzialmente annerito: uovo, cinabro/*red layer partially blackened: egg, cinnabar*
- · - · - · - strato rosso-arancio: uovo, cinabro(tr)/*red-orange layer: egg, traces of cinnabar*
----- strato rosso-arancio: uovo/*red-orange layer: egg*

11 – SPETTRI DI FLUORESCENZA DELLO STRATO ROSSO ARANCIO MISCELATO CON CALCE CARBONATATA E DELLO STRATO ROSSO PARZIALMENTE ALTERATO (CINABRO)

Spectra of fluorescence for the red-orange layer mixed with carbonated lime, and for the red layer which is partially altered (cinnabar)

Sull'intonaco si osserva uno strato rosso-arancio a calce carbonatata, contenente ocra rossa. Cinabro è presente nello strato superficiale parzialmente alterato. Caratteristico del cinabro è il picco a $\lambda_{max} = 590$ nm circa.

In superficie si osservano numerosi agglomerati nerastri dovuti alla trasformazione nella fase nera, non fluorescente, del solfuro di mercurio.

Tale trasformazione è messa in evidenza dall'indebolimento dell'emissione di fluorescenza a 590 nm che si nota nello spettro.

Il legante è uovo.

On the plaster, there is a red-orange layer with carbonated lime, containing red ochre. Cinnabar is present in the surface layer partially altered. A characteristic of cinnabar is the peak at $\lambda_{max} = 590$ nm circa.

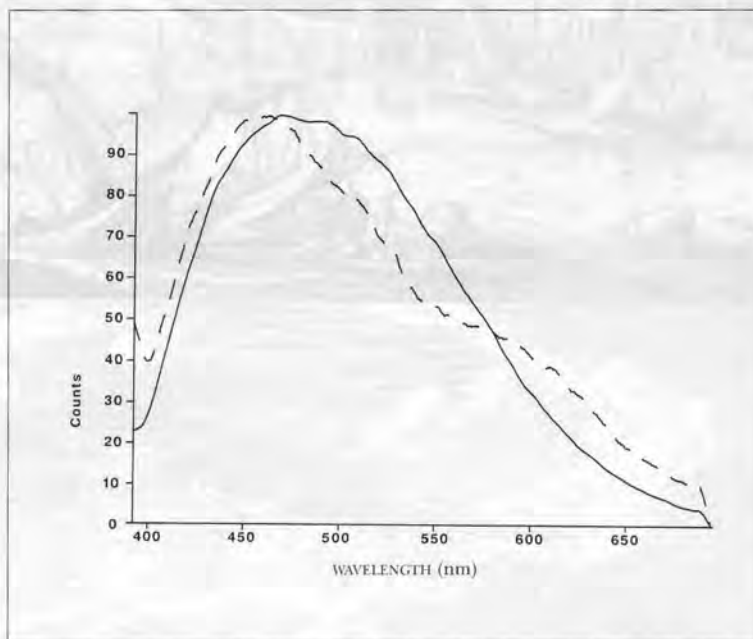
On the surface, there are numerous blackish clots due to transformation of mercury sulphide into its black, non-fluorescent phase.

This transformation is shown by the weakening of the emission of fluorescence at 590 nm which can be seen in the spectrum.

The binder is egg.

Campione 25L – Controfacciata, scudo degli angeli, cfr. fig. 23

Sample 25L – Inner wall of façade, shield held by angels, cfr. fig. 23



———— lumeggiatura: olio, tracce di uovo/highlighting: oil, traces of egg
----- strato rosso: uovo, cinabro (?)/red layer: egg, cinnabar (?)

12 – SPETTRI DI FLUORESCENZA DELLA LUMEGGIATURA BIANCA E DELLO STRATO ROSSO SOTTOSTANTE
Spectra of fluorescence for the white highlighting and the red layer underneath

Anche in questo caso lo strato bianco superficiale contiene olio e tracce di uovo.

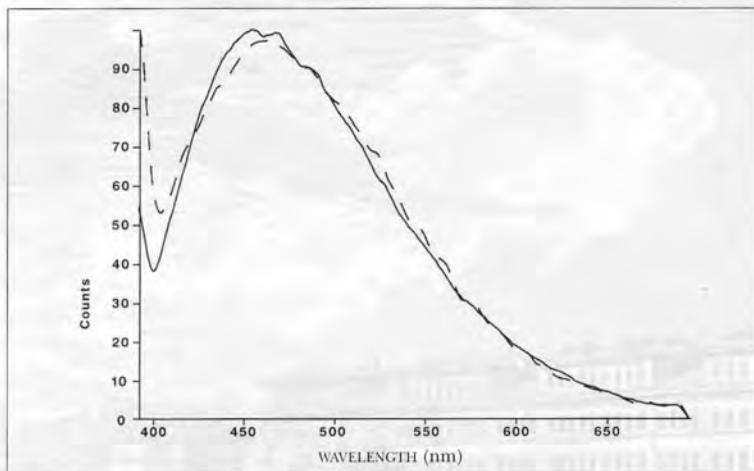
Nello spettro dello strato rosso sono visibili i picchi a 460 nm (uovo) mentre il riflesso a 590 nm parrebbe indicare la presenza di tracce di cinabro.

In this case too, the white surface layer contains oil and traces of egg.

The spectrum for the red layer shows peaks at 460 nm (egg) while the reflection at 590 nm would seem to indicate the presence of traces of cinnabar.

Campione 26L – Controfacciata, raggio dal trono sulla bandiera, cfr. fig. 24

Sample 26L – Inner wall of façade, ray from throne to flag, cfr. fig. 24



————— strato bianco: uovo/white layer: egg
----- strato verde: uovo/green layer: egg

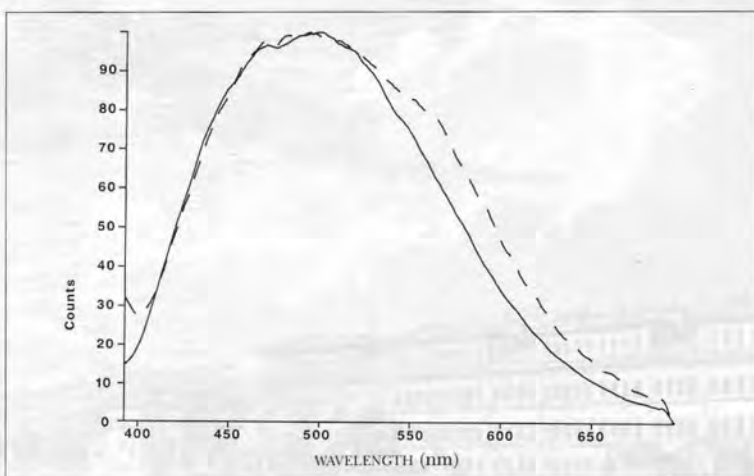
13 – SPETTRI DI FLUORESCENZA DELLA LUMEGGIATURA BIANCA DISCONTINUA E DELLO STRATO VERDE SOTTOSTANTE
Spectra of fluorescence for the discontinuous white highlighting and the green layer underneath

Entrambi gli strati hanno come legante l'uovo.

Both layers have egg as binder.

Campione 27L – armatura verde, cfr. fig. 25

Sample 27L – green armour, cfr. fig. 25



————— lumeggiatura: olio, tracce di uovo/highlighting: oil, traces of egg
----- strato verde: olio, tracce di uovo/green layer: oil, traces of egg

14 – SPETTRI DI FLUORESCENZA DELLA LUMEGGIATURA, PRESENTE SOLO PARZIALMENTE, E DELLO STRATO VERDE SOTTOSTANTE
Spectra of fluorescence for the highlighting, present only partially, and the green layer underneath

Entrambi gli strati contengono olio con tracce di uovo.

Both layers contain oil with traces of egg.

4.2.4 – Ulteriori spettri di fluorescenza

Sono stati analizzati, inoltre, due campioni prelevati rispettivamente dalla cornice verde del riquadro 'Noli me tangere' (campione 28L) e dallo sfondo nero dell'Inferno' (campione 42L). Gli spettri di fluorescenza ottenuti sono riportati nelle figure 15 e 16; essi indicano la presenza dell'uovo come legante sia nell'intonaco sia nella pellicola pittorica sovrastante.

Nella cornice verde, gli strati pittorici sono risultati due: uno strato giallo con inclusi neri (spessore 60 µm) e uno strato verde superficiale (60 µm).

Lo strato nero (campione 42L) ha uno spessore di 40 µm.

4.2.4 Other spectra of fluorescence

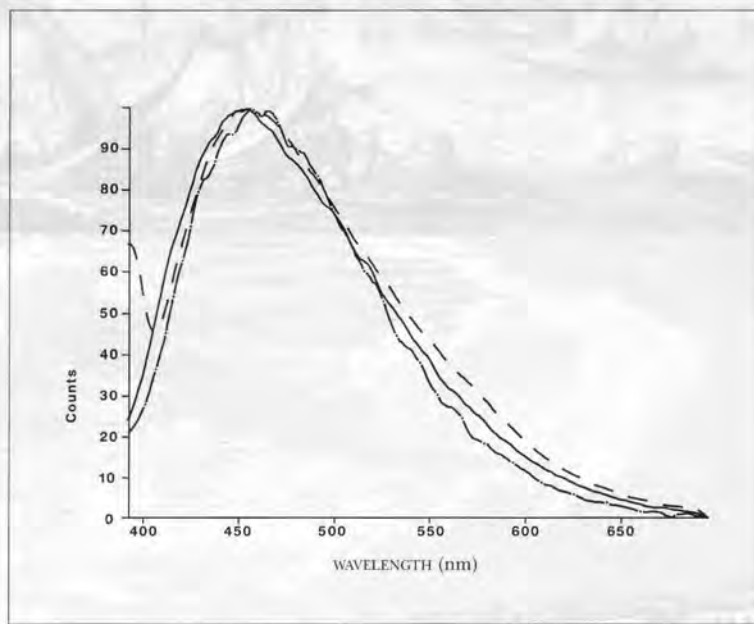
We also analysed two samples taken respectively from the green frame of the scene 'Noli me tangere' (sample 28L) and the black background of the 'Inferno' (sample 42L). The relative spectra of fluorescence are shown in figs. 15 and 16, and indicate the presence of egg as binder both in the plaster and in the paint film over it.

In the green frame, there are two layers of paint: a yellow layer with traces of black (thickness 60 microns) and a green surface layer (60 microns).

The black layer (sample 42L) has a thickness of 40 microns.

Campione 28L – 'Noli me tangere', cornice verde

Sample 28L – 'Noli me tangere', green frame



————— intonaco: uovo/plaster: egg
 - - - - - strato giallo: uovo/yellow layer: egg
 - . - . - . strato verde: uovo/green layer: egg

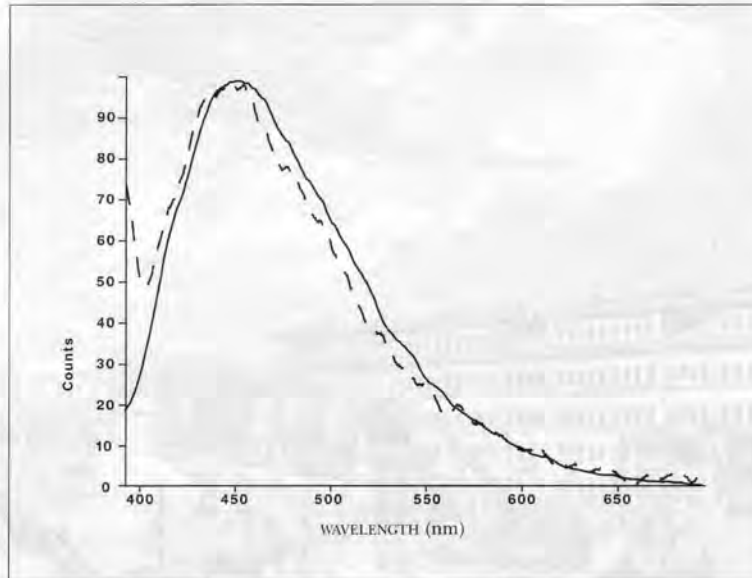
15 – SPETTRI DI FLUORESCENZA DELL'INTONACO, DELLO STRATO GIALLO E DELLO STRATO VERDE
Spectra of fluorescence for the plaster, the yellow layer and the green layer

Gli spettri di emissione di fluorescenza indicano l'uovo come legante sia nell'intonaco sia nei due strati pittorici.

The spectra of emission of fluorescence indicate egg as the binder both in the plaster and in the two paint layers.

Campione 42L – Controfacciata, nero dello sfondo

Sample 42L – Inner wall of façade, black background



————— intonaco: uovo/plaster: egg
- - - - - strato nero: uovo/black layer: egg

16 – SPETTRI DI FLUORESCENZA DELL'INTONACO E DELLO STRATO NERO
Spectra of fluorescence for the plaster and the black layer

Gli spettri di fluorescenza dell'intonaco e dello strato nero sono riconducibili alla forma spettrale tipica del legante uovo.

The spectra of fluorescence for the plaster and the black layer have characteristics that are typical of egg as binder.

5. – CONCLUSIONI

I leganti organici identificati nei campioni analizzati sono di natura proteica, oleosa e resinosa.

Nell'intonaco è stato individuato un legante proteico (uovo).⁶⁾

Di composizione disomogenea, l'intonaco appare ricco di calce carbonatata in alcuni campioni, in altri predomina l'aggregato, a volte distribuito in maniera non uniforme. Tali particolarità sono evidenziate dall'andamento delle curve spettrali, che mostrano un allargamento più o meno marcato verso le lunghezze d'onda più elevate, dovuto a componenti dell'intonaco con emissione di fluorescenza superiore a 500 nm.

Il legante delle stesure di colore è proteico (uovo). Singolare la presenza dell'uovo anche nella stesura del nero di fondo.

Il legante presente nelle lumeggiature è essenzialmente olio. Nello strato di colore sottostante è stata riscontrata la presenza di legante proteico (uovo) uni-

5. CONCLUSIONS

The organic binders identified in the samples analysed are based on protein substances, oil and natural resin.

The plaster contains a protein-based binder (egg).⁶⁾

The plaster has a non-homogeneous composition, and is rich in carbonated lime in some samples, while in others there is more aggregate, sometimes distributed unevenly. These particularities are highlighted in the shapes of the spectral curves, which show a greater or lesser enlargement towards the higher wavelengths, due to components in the plaster with emission of fluorescence higher than 500 nm.

The binder for the colour layers is protein-based (egg). Exceptionally, we found that egg is also present in the black background.

The binder for the highlightings is basically oil. The layer of the colour underneath also contains a protein-based binder (egg) mixed with traces of oil. As for the

tamente a tracce di olio. Circa l'origine di questo secondo componente, è ragionevole supporre che non si tratti di legante originale, bensì del risultato di un processo di diffusione dalla lumeggiatura.

Una miscela di sostanze oleose e resinose è stata individuata nello strato giallo-bruno (missione) di preparazione alla lamina metallica dell'aureola di San Gregorio (9L bis).

origin of this oil component, it was probably not part of the original binder, but rather the result of gradual seepage from the highlighting.

A mixture of oily and resinous substances was found in the yellow-brown preparatory layer of glue (mission) for the metal lamina of Saint Gregory's halo (9L bis).

1) G. BOTTIROLI, A. GALLONE, E. BERNACCHI, *Microspectrofluorometric Techniques as applied to the analysis of binding media and varnishes in color samples taken from paintings*, in *Scientific Methodologies Applied to Works of Art*, Firenze 1986, pp. 168-171.

2) G. BOTTIROLI, A. GALLONE, *Studio stratigrafico della pellicola pittorica: pigmenti e leganti*, in *Ricerche sull'affresco absidale della Chiesa di Sant'Agata al Monte di Pavia*, Memoria monografica dell'Istituto Lombardo - Accademia di Scienze e Lettere, Milano 1996, pp. 207-221.

G. BOTTIROLI, A. GALLONE, *Application of Microspectrofluorometric Techniques To the Study of Binding Media in Samples from Paintings: the Case of Leonardo's Last Supper*, *Proceeding of 5th International Conference of Non-destructive testing, microanalytical methods and environmental evaluation for study and conservation of works of art*, Budapest, Sept. 1996, pp. 159-171.

G. BOTTIROLI, A. GALLONE, *La tecnica di microspettrofluorimetria applicata all'analisi dei leganti: la Pala di San Bernardino di Piero della Francesca*, in *La Pala di San Bernardino di Piero della Francesca. Nuovi studi oltre il restauro*, a cura di E. Daffra, F. Trevisani, Firenze 1997, pp. 91-95.

3) E. MARTIN, *Some Improvement in Techniques of Analysis of Paint Media*, *Studies in Conservation*, 22 (1977), pp. 61-67.

4) C. CENNINI, *Il libro dell'arte*, cap. XC, *Per che modo dei cominciare a lavorare in muro ad olio*, Venezia 1971, pp. 98 e 99.

5) D.V. THOMPSON, *The Materials and Techniques of Medieval Painting*, ristampa Dover Publications, 1966, pp. 228 e 229.

6) *Ibidem*.

1) G. BOTTIROLI, A. GALLONE, E. BERNACCHI, *Microspectrofluorometric Techniques as applied to the analysis of binding media and varnishes in color samples taken from paintings*, in *Scientific Methodologies Applied to Works of Art*, Firenze 1986, pp. 168-171.

2) G. BOTTIROLI, A. GALLONE, *Studio stratigrafico della pellicola pittorica: pigmenti e leganti*, in *Ricerche sull'affresco absidale della Chiesa di Sant'Agata al Monte di Pavia*, monographic paper for the Istituto Lombardo - Accademia di Scienze e Lettere, Milano 1996, pp. 207-221.

G. BOTTIROLI, A. GALLONE, *Application of Microspectrofluorometric Technique to the Study of Binding Media in Samples from Paintings: the Case of Leonardo's Last Supper*, *Proceedings of 5th International Conference of Non-destructive testing, microanalytical methods and environmental evaluation for study and conservation of works of art*, Budapest, Sept. 1996, pp. 159-171.

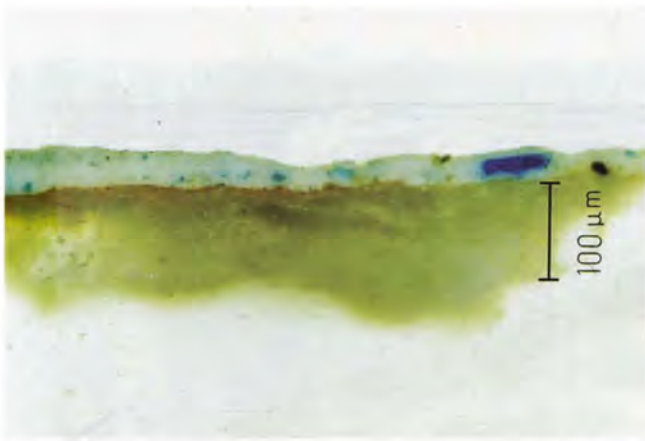
G. BOTTIROLI, A. GALLONE, *La tecnica di microspettrofluorimetria applicata all'analisi dei leganti: la Pala di San Bernardino di Piero della Francesca*, in *La Pala di San Bernardino di Piero della Francesca. Nuovi studi oltre il restauro*, edited by E. Daffra, F. Trevisani, Firenze 1997, pp. 91-95.

3) E. MARTIN, *Some Improvement in Techniques of Analysis of Paint Media*, *Studies in Conservation*, 22 (1977), pp. 61-67.

4) C. CENNINI, *Il libro dell'arte*, chapter 90, *Per che modo dei cominciare a lavorare in muro ad olio*, Venezia 1971, pp. 98 e 99.

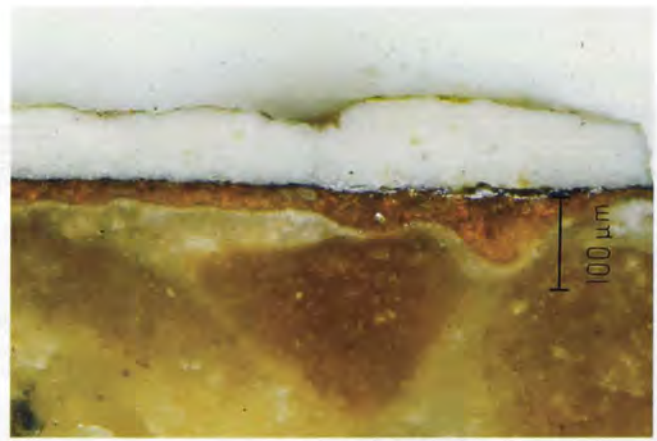
5) D.V. THOMPSON, *The Materials and Techniques of Medieval Painting*, Dover Publications Reprint, 1966, pp. 228 e 229.

6) *Ibidem*.



17 - CAMPIONE 10 - GIOACCHINO ALLA PORTA AUREA: 1 - INTONACO 2 - SOTTILE STRATO ROSSO 3 - STRATO DI BIANCA CON PARTICELLE DI AZZURRITE, FLUORESCENZA GIALLA (40 µm)

Sample 10 - Joachim at the Golden Gate: 1 - plaster 2 - thin red layer 3 - layer of white lead with particles of azurite, yellow fluorescence (40µm)



19 - CAMPIONE 9L - SAN GREGORIO, COLOMBA SU AUREOLA ANNERITA: 1 - INTONACO 2 - STRATO GIALLO BRUNO CON INCLUSI ARANCIO DI PREPARAZIONE ALLA FOGLIA METALLICA SOPRSTANTE CON FLUORESCENZA GIALLA (30 µm) 3 - LAMINA METALLICA ALTERATA 4 - STRATO DI BIANCA (COLOMBA) CON FLUORESCENZA GIALLO-VERDE (80 µm)

Sample 9L - Saint Gregory, dove on blackened halo: 1 - plaster 2 - yellow-brown layer with some orange particles as preparatory layer for the metal leaf, with yellow fluorescence (30 µm) 3 - metal leaf, in altered state 4 - layer of white lead (dove) with yellow-green fluorescence (80µm)



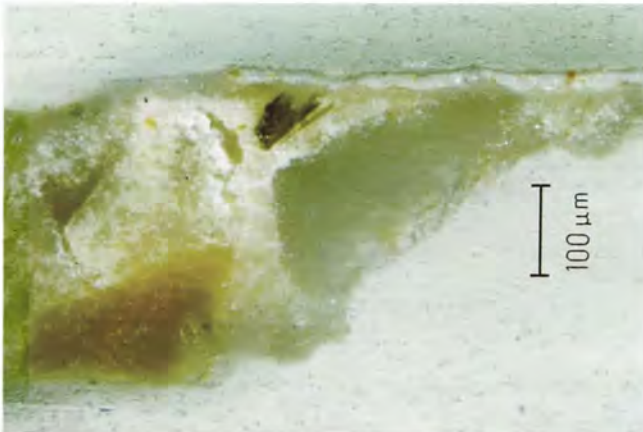
18 - CAMPIONE 11 - LA STRAGE DEGLI INNOCENTI: 1 - SPESSE STRATO DI AZZURRITE CON BIANCA (160 µm) 2 - SOTTILE STRATO ROSSO 3 - STRATO DI BIANCA CON PARTICELLE DI AZZURRITE, FLUORESCENZA GIALLA (40 µm)

Sample 10 - Joachim at the Golden Gate: 1 - plaster 2 - thin red layer 3 - layer of white lead with particles of azurite, yellow fluorescence (40 µm)



20 - CAMPIONE 9L BIS - SAN GREGORIO, COLOMBA SU AZZURRITE: 1 - STRATO GRIGIO (60 µm) 2 - STRATO DI AZZURRITE CON BIANCA (100 µm) 3 - STRATO DI BIANCA DISCONTINUO (COLOMBA) FLUORESCENTE (40 µm)

Sample 9L bis - Saint Gregory, dove on azurite: 1 - grey layer (60 µm) 2 - layer of azurite with white lead (100 µm) 3 - layer of discontinuous white lead (dove) fluorescent (40 µm)



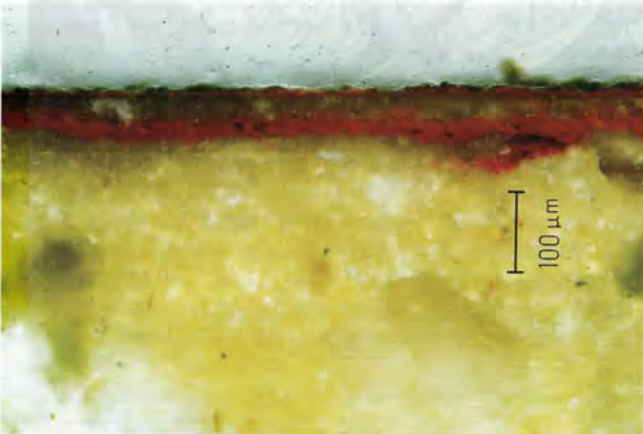
21 - CAMPIONE 23L - SAN GREGORIO, MITRIA: 1 - INTONACO
2 - SOTTILE STRATO DI BIANCA (MITRIA) FLUORESCENTE
(25-30 µm)

Sample 23L - Saint Gregory, mitre: 1 - plaster 2 - thin layer of white lead (mitre) fluorescent (25-30 µm)



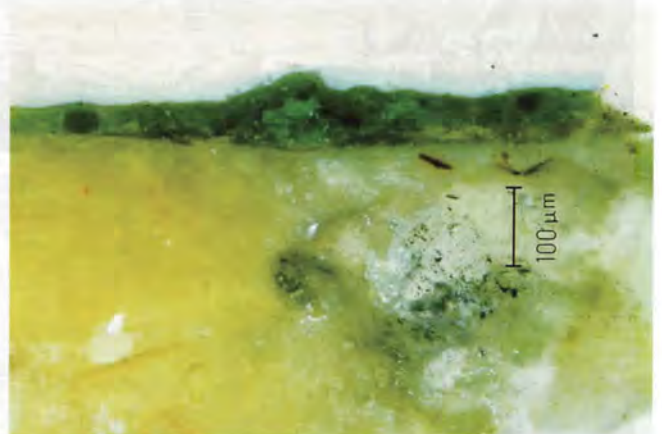
24 - CAMPIONE 26L - CONTROFACCIATA, RAGGIO DAL TRONO
SULLA BANDIERA: 1 - INTONACO 2 - STRATO DI TERRA VERDE
(30 µm) 3 - STRATO DI BIANCA DISCONTINUO LIEVEMENTE
FLUORESCENTE (30 µm)

Sample 26L - Inner wall of facade, ray from throne on flag: 1 - plaster 2 - layer of green earth (30 µm) 3 - discontinuous layer of white lead, slightly fluorescent (20-30 µm)



22 - CAMPIONE 24L - RESURREZIONE DI LAZZARO, CORNICE ROS-
SA: 1 - INTONACO 2 - STRATO ROSSO-ARANCIO: OCRA ROSSA, CI-
NABRO, CARBONATO DI CALCIO (80 µm) 3 - STRATO ROSSO DI
CINABRO CON ZONE ALTERATE NERE (20 µm)

Sample 24L - Resurrection of Lazarus, red frame: 1 - plaster 2 - ochre red-orange, cinnabar, calcium carbonate (80 µm) 3 - red layer of cinnabar with black altered areas (20µm)



25 CAMPIONE 27L - CONTROFACCIATA, ARMATURA VERDE DI UN
ANGELO: 1 - INTONACO 2 - STRATO VERDE (80 µm) 3 - STRA-
TO DI BIANCA MOLTO FLUORESCENTE (30 µm)

Sample 27L - Inner wall of façade, green armour of an angel: 1 - plaster 2 - green layer (80 µm) 3 - layer of white lead, very fluorescent (30 µm)



23 - CAMPIONE 25L - CONTROFACCIATA, SCUDO DI UN ANGELO:
1 - STRATO ROSSO (CINABRO ?) (50 µm) 2 - STRATO DI BIANCA
DI SPESSORE VARIABILE (LUMEGGIATURA) MOLTO FLUORESCENTE
(40-120 µm)

Sample 25L - Inner wall of façade, shield of an angel: 1 - red layer (cinnabar ?) (50 µm) 2 - layer of white lead of varying thickness (highlighting) very fluorescent (40-120 µm)



RESURREZIONE DI LAZZARO – IL COPERCHIO DELLA TOMBA (UNA SORTA DI ALABASTRO D'INVENZIONE DEL PITTORE) È REALIZZATO CON LA TECNICA DEL FINTO MARMO. DA NOTARE GLI EFFETTI DI CANGIANTISMO NELLA VESTE DEL PORTATORE CHINO E IL "TONALISMO" DEL MANTELLO DELL'ASTANTE A DESTRA DI LAZZARO

Resurrection of Lazarus – The cover of the tomb (a sort of alabaster invented by Giotto) was depicted using the imitation marble technique. Note the colour effects on the clothes of the hunched bearer and the shading of the onlooker's cloak to the right of Lazarus



ROBERTO CIABATTONI

ANALISI IN FREQUENZA DELLE IMMAGINI

Image frequency analyses

È stata condotta una indagine sistematica volta ad appurare la presenza o meno di finiture dell'affresco eseguite a secco con l'utilizzo di leganti organici.

È questo un aspetto molto critico perché, prima della fase di pulitura della superficie affrescata, è importante far precedere nell'ordine il riconoscimento estensivo di eventuali finiture e stesure a secco, e successivamente, possibili analisi stratigrafiche microdistruttive, per distinguere gli strati pittorici originali da quelli di eventuali restauri e consentire, quindi, un intervento calibrato e documentato da punto a punto della superficie. A tal fine è stata eseguita una analisi sistematica dell'immagine mediante l'impiego di sorgenti di radiazione elettromagnetica in differenti bande di frequenza, in particolare nella banda del vicino InfraRosso (IR), nella banda dell'UltraVioletto (UV) e nella banda del visibile. Ciò ha permesso di tracciare una mappa particolareggiata delle finiture presenti e della loro natura senza ricorrere necessariamente al prelievo di campioni. In alcune zone i prelievi, con le relative analisi eseguite sul campione, sono serviti per una verifica di riscontro delle situazioni ipotizzate nell'analisi dell'immagine.

La serie delle immagini presentate (figg. 1-5) è un esempio di come è stata condotta la campionatura su oltre trenta zone del ciclo di affreschi.

Nelle immagini di seguito descritte si osserva sempre la stessa porzione di affresco ma con caratteristiche cromatiche diverse, risultanti dal diverso tipo di illuminazione. Le diversità cromatiche riscontrate consentono, con una attenta analisi e gli opportuni confronti, di discriminare alcune particolarità altrimenti riconoscibili. In fig. 1 si vede come l'immagine della zona esaminata appare alla luce visibile. In fig. 2 l'illuminazione è sempre di tipo visibile, ma varia l'angolo di incidenza (luce radente), viene così evidenziata la morfologia della superficie. In figg. 3 e 4 sempre la stessa zona, questa volta irraggiata con sorgente di luce che emette nel vicino UV. Le immagini risultanti (filtraggi con diversi tagli della banda passante) registrano la fluorescenza nella banda del visibile tipica di alcune sostanze organiche; in particolare sono risultate molto significative le zone che hanno mostrato un effetto di fluorescenza giallo/verde. Tale emissione si verifica, infatti, quando sono presenti sostanze organiche correlabili al legante utilizzato per la stesura del pigmento, come ad esempio l'olio impiegato insieme alla biacca. Dallo spettro di fluorescenza è possibile trarre elementi utili per distinguere, ad esempio, leganti-medium oleosi da quelli proteici. In fig. 5 l'illu-

A survey was conducted to find out whether the finishing on the frescoes had been carried out "a secco" and/or using organic binders. This was very important because there was a risk that "a secco" finishing might be removed during the cleaning of the frescoes, if its presence was not known about. To this end, a survey was conducted on the frescoes using electromagnetic radiation sources in different frequency bands, in particular the infra-red band (IR), the ultra-violet band (UV), and the visible light band. This made it possible to draw up a detailed map of the finishing layers without having to take samples of the painted surfaces. However, in some areas, samples were taken in order to compare them with the analysis of the images, and it was found that the results of the two types of analyses corresponded.

The series of images (figs. 1-5) is an example of how the sampling was conducted on over thirty areas of the frescoes.

For the images described in the following sections, the same portion of the fresco is observed but with varying chromatic characteristics due to the different types of illumination. By close analysis and careful comparison, these colour differences make it possible to detect several features which would otherwise remain hidden. Fig. 1 shows how the area appears under visible light. In fig. 2, the illumination is again by visible light but with a different angle of incidence (raking), thereby highlighting the morphology of the surface. Figs. 3 and 4 show the same area again but this time exposed to a close-range UV source. The resulting images (with different band filter) show fluorescence in the visible band typical of certain organic substances (in particular, the areas showing yellow/green fluorescence are significant). Emissions of this type take place in the presence of organic substances such as the binders used for finishing - for example, the oil used when applying white lead and, with different colour effects, in the presence of "a secco" finishing. In fig. 5, the illumination is enriched with IR radiation. The recording support (film) is specifically designed for this use; the resulting images, suitably filtered, show colour differences which would not be seen under visible light. This technique

minazione impiegata è ricca di emissione nella banda IR. Il supporto di registrazione (pellicola) è specifico per questo utilizzo: l'immagine che ne risulta, opportunamente filtrata, evidenzia le differenze cromatiche, altrimenti non apprezzabili in luce visibile. Con questa tecnica, in questo specifico caso, si evidenziano eventuali disomogeneità cromatiche in zone dove sono stati effettuati interventi posteriori alla stesura dell'affresco.

makes it possible to highlight any colour differences in areas where substances have been applied after the fresco was completed.



1 – GIOACCHINO CACCIATO DAL TEMPIO (PARTICOLARE) – FOTOGRAFIA IN LUCE VISIBILE

Joachim turned away from the Temple (particular) – Photo by visible light



4 – FOTOGRAFIA DELLA FLUORESCENZA IN UV, FILTRAGGIO B
Photo with UV fluorescence, filter B



2 – FOTOGRAFIA IN LUCE RADENTE
Photo under raking light



5 – FOTOGRAFIA IN IR
Photo in IR



3 – FOTOGRAFIA DELLA FLUORESCENZA IN UV, FILTRAGGIO A
Photo with UV fluorescence, filter A

FABIO FERNETTI

CONSIDERAZIONI SULLA TIPOLOGIA DELLE STESURE A SECCO

Notes on the types of "a secco"

Il ciclo pittorico nella Cappella degli Scrovegni è, in ogni sua scena, dimostrazione dell'abilità di Giotto nell'affrontare la tecnica ad affresco: il processo di carbonatazione risulta non rappresentare un limite della sua capacità di espressione artistica.

Nella Cappella dell'Arena si assiste a un trionfo del colore, che esalta i particolari, come nel caso delle vesti delle figure, che sembrano illuminate da una luce interna, per come sono limpide (figg. 1 e 2). Tale effetto è ottenuto dalla combinazione e continuo accostamento di colori primari puri tra loro, a cui vengono accostati i corrispettivi complementari (figg. 3 e 4). La particolare abilità di Giotto, si manifesta nel velare i pigmenti senza che si impastino divenendo sordi, tenendo conto che stendere i colori sopra un intonaco in fase di carbonatazione è comunque un'operazione che richiede notevole maestria (fig. 5). Molti pittori coevi a Giotto, per ovviare a questo rischio, applicano i diversi colori a punta di pennello creando una sorta di "astrazione cromatica" simile per certi aspetti allo stesso "tratteggio lineare". Tali linee colorate, in corrispondenza dei volti, si curvano per rendere il senso dei volumi. Lo stesso colore in certi casi è come plasticato, dato che il pennello, intriso di pigmento, non si limita a campire le zone, ma esalta volumetricamente i dettagli, con il risultato di una pennellata grassa, quasi "modellata", e di una pellicola pittorica estremamente sensibile alla luce. Quando i dipinti vengono osservati a luce radente si scorge una pittura molto più complessa di quanto possa apparire a luce normale: questa particolarità è riscontrabile in modo evidente nella vegetazione dipinta nella parte bassa dell'allegoria dell'Ingiustizia (fig. 6).

Generalmente il colore, quando viene steso a fresco è sciolto in acqua non può raggiungere mai questi spessori di pennellata, tipici della pittura a calce: quindi, per ottenere questo effetto materico, il pigmento è stato sicuramente temperato con la calce e steso su un intonaco in fase di carbonatazione avanzata. La pittura a calce è molto simile all'affresco e si può confondere con esso, perché porta sempre alla formazione di carbonato di calcio, nel quale i pigmenti sono inglobati.

Every scene of the wall paintings in the Scrovegni Chapel demonstrates Giotto's ability to handle the fresco technique with consummate skill. Contrary to what one might expect, the inevitable process of carbonation involved in this elaborate technique does not seem to limit his artistic expression in any way.

The Chapel is a triumph of colour – colours which enhance the details as in the case of the draped figures whose clear outlines seem to be illuminated by an internal glow (figs. 1-2). This effect is obtained by combining and overlaying pure primary colours, together with their complementary colours (figs. 3-4). Giotto's special skill can be seen in the way he shades, or veils, the pigments without their running into one another and smudging. We should always bear in mind that painting on plaster (while it is going through the carbonation stage) is an operation that requires considerable skill (fig. 5).

To get round this problem, Giotto and many of his contemporaries applied their colours with the tip of the brush creating a sort of "chromatic abstraction" similar in some respects to the "tratteggio lineare" (broken line) effect. These coloured lines, found mainly on the faces, are curved to give the impression of volumes. In certain cases, the colour actually has a plastic quality since the brush, drenched in pigment, does not just cover the area, but gives body to the details, with a thick brush-stroke, almost as if it were "modelled". The result is that the painted surface changes its appearance considerably according to how the light strikes it. When viewed under raking light, the paintings have a much more complex surface than when observed by direct lighting. This particular feature can be seen very clearly on the painted vegetation in the lower part of the allegorical scene 'Injustice' (fig. 6).

Generally speaking, colour that is painted "a fresco" is dissolved in water, and does not acquire this thick type of brush-stroke which is more a characteristic of "a calce" (lime-based) painting. So to achieve this material effect with "a fresco" painting, the pigment has to be tempered with lime and applied to plaster at an advanced stage of carbonation. Lime-based painting is very similar to "a fresco" painting and it is difficult to distinguish between them, because it always leads to the formation of calcium carbonate in which the pigments are incorporated.

Ma il procedimento pittorico della tecnica a calce è differente: i colori sono temperati nella calce stessa, mentre nell'affresco vengono sciolti direttamente nell'acqua e stesi sull'intonaco bagnato, dove avverrà in un secondo tempo la carbonatazione. Occorre rilevare, inoltre, che il risultato cromatico è differente, in quanto le trasparenze che si raggiungono con i colori ad affresco, si perdono completamente con la pittura a calce. Cicli pittorici medievali, come nella navata della Cappella degli Scrovegni, sono la conferma che questi dipinti erano eseguiti ampiamente a secco, a calce, a tempera ed in fine ad olio e quest'ultimo era usato quando l'intonaco si era perfettamente carbonatato, per evitare di saponificarlo con la basicità della calce.

Riguardo alle zone a secco, nell'opera di Giotto esse sono motivate *in primis* dalla complessità della sua pittura, ricca di particolari descrittivi la cui cura e precisione risulta inconciliabile con i tempi imposti dalla carbonatazione dell'intonaco. Effetti pittorici identici sono spesso ottenuti con procedimenti tecnici diversi come il fresco e il secco. Questo dato è un'ulteriore conferma dell'abilità pittorica di Giotto, che gli consentiva di impiegare indifferentemente qualsiasi mezzo tecnico, ma soprattutto è la dimostrazione che le campiture a secco non erano dovute a suoi limiti nell'esecuzione dell'affresco (figg. 7-10). L'artista poliedrico toscano possiede un'inesauribile inventiva metodologica, che lo porta alla continua ricerca di particolari e preziosismi pittorici, spesso visibili solo ad una distanza ravvicinata. L'effetto estetico è tale da raggiungere la valenza e l'impatto tipico dei dipinti su tavola. Il ciclo pittorico padovano è, comunque, il lavoro di maestranze altamente qualificate, sempre guidate dalla sapiente regia di Giotto, il quale, pur consapevole di essere circondato da artisti capaci, non limita mai il suo ruolo di coordinatore nello svolgersi del cantiere.

Accompagniamo questi appunti con un'osservazione attenta di alcuni aspetti tecnico esecutivi dei dipinti murali della Cappella: le vesti colorate con l'azzurrite in corrispondenza dei personaggi principali nelle scene dipinte personalmente da Giotto, sono sempre corrispondenti a un disegno preparatorio impreciso e frettoloso, poiché il Maestro era conscio della propria padronanza nell'ultimarle (fig. 11). Al contrario, quando tali vesti dovevano essere concluse da un suo collaboratore, il disegno preparatorio si caratterizza sempre per una precisione pedantesca, onde evitare che l'aiuto durante la stesura dell'azzurrite incappasse in possibili errori esecutivi. Esiste una volontà evidente in Giotto, di rappresentare in modo univoco e preciso l'idea: l'applicazione di una rigorosa disciplina nel gioco di squadra era l'unico modo per ottenere delle scene aderenti all'interpretazione del maestro.

La tecnica dei dipinti della Cappella degli Scrovegni, mostra profonde analogie con le indicazioni più tarde di un secolo di Cennino Cennini. Significativo il contenuto del capitolo IV del suo *Il libro dell'arte* in un passo del quale sono elencate le varie fasi che caratte-

But the procedure for lime-based painting is different since the pigments are tempered in the lime itself, while in the fresco technique they are dissolved in water and painted onto damp plaster, where a second period of carbonation takes place. Furthermore, it should be pointed out that the chromatic result is different, since the degrees of transparency that can be created with colours "ad affresco", are completely lost in lime-based painting. Cycles of medieval paintings, such as those in the Scrovegni Chapel nave, make ample use of: "a secco", "a calce" (lime), "a tempera" as well as "ad olio" (but only when the plaster was completely carbonated, to avoid the soapy effect caused by reaction with the lime).

Regarding the areas painted "a secco" in Giotto's works, these are motivated first and foremost by the complexity of his painting, full of descriptive details whose precision was irreconcilable with the timing imposed by the carbonation of the plaster. Identical painted effects can often be achieved with the two techniques "a fresco" and "a secco". This fact is a further demonstration of Giotto's technical skills, which enabled him to use any technical procedure with full confidence. But, more than anything else, it proves that his use of extended "a secco" areas was not due any limits in his ability to use "ad affresco" techniques (figs. 7-10). Giotto displayed a wide range of skills together with inexhaustible inventiveness, which led him to seek out the details and ingenious touches which are often only visible from close up. The aesthetic effect often reaches levels of quality and impact normally only achieved by paintings on wooden panels.

However, the Scrovegni frescoes are the work of a team of highly skilled artists, guided by Giotto's masterly hand. Even though he was surrounded by experts, he never abandoned his role as overall co-ordinator for the project.

At this point, it is worth looking a little more closely at some of the painting techniques used in the Chapel frescoes. As Prof. Basile has pointed out, the azurite drapery for the main figures in the scenes painted by Giotto himself, always starts from a drawing that is hastily sketched and approximate, since the maestro was confident of his ability to complete them (fig. 11). By contrast, when such drapery had to be done by one of his collaborators, the drawing was much more carefully prepared and almost pedantically detailed, so as to be absolutely sure that the assistant wouldn't make any mistakes in the execution. There is no doubt that Giotto was determined to instil a strong sense of teamwork amongst his assistants, as the only way to create scenes that reflected his overall conception of the work.

The painting techniques used in the Scrovegni Chapel were very similar to those described a century later by Cennino Cennini in his "Il libro dell'arte". Chapter Four lists all the steps required to produce a wall paint-

rizzano la realizzazione di un dipinto murale: «A lavorare in muro, bisogna bagnare, smaltare, fregiare, pulire, disegnare, colorire in fresco, trarre a fine in secco, temperare, adornare, finire il muro».

L'elenco cenniniano delle operazioni relative al «lavorare in muro» dimostra senza alcun dubbio la presenza di fasi a secco nella pittura murale del Trecento.

Nella Cappella degli Scrovegni la tecnica pittorica a secco trova infatti larga applicazione nella realizzazione delle finiture: ciò che possiamo oggi osservare è un'immagine parziale della raffinatezza delle stesure finali, dato che molte sono purtroppo andate perse per il precario stato di conservazione dei dipinti. Come nel ciclo pittorico francescano di Assisi, Giotto a Padova ricorre alle stesure a secco per varie ragioni tecniche, come: nascondere gli attacchi delle giornate, completare zone non ultimate durante la carbonatazione, dipingere parti decorate precedentemente con la foglia d'oro e infine per usare pigmenti le cui caratteristiche chimiche li rendono incompatibili con la calcina.

Nel ciclo padovano l'uso della biacca con legante oleoso ricorre in molte scene ripetendosi soprattutto nelle parti in luce dei manti dipinti precedentemente con l'azzurrite e, quindi, realizzati già in parte a secco, che costituiscono una preparazione ideale per le finali velature ad olio (cfr. fig. 7).

Tra gli esempi più significativi di questa scelta pittorica giottesca, ricordiamo le maniche della veste di Gioacchino nelle scene della 'Cacciata dal Tempio' (fig. 12) e 'l'Incontro alla Porta Aurea' (fig. 13). In queste zone, Giotto si avvale del carbonato basico di piombo con legante oleoso e una quantità trascurabile di tempera all'uovo, per fare risaltare le parti in luce delle pieghe della veste azzurra del futuro padre di Maria, ma nella seconda scena sopra indicata, vediamo come il colore è dato soprattutto per esaltare l'effetto di trasparenza della manica, sotto alla quale si scorge il braccio di Gioacchino proteso verso Anna, mentre è in procinto di baciarla. Nei dipinti della navata, la biacca viene combinata con l'olio anche per ottenere un colore più caldo rispetto al bianco di calce. Questa diversità cromatica dei bianchi si ritrova ad esempio nelle pecore del gregge di 'Gioacchino tra i pastori', in particolare quelle dipinte in secondo piano, rispetto alle due poste avanti a tutte, che assieme al cane, sono dipinte invece con il classico bianco sangiovanini (figg. 14 e 15). Un effetto simile è visibile anche nelle anfore dipinte nella scena delle 'Nozze di Cana', dove alcune presentano delle pennellate bianco avorio (fig. 16). Un dato fondamentale emerge dalla comparazione del testo cenniniano con i cicli pittorici di matrice giottesca di Assisi e Padova. Cennino consiglia l'utilizzo della biacca su muro, ma contemporaneamente avverte che con il trascorrere del tempo il colore tende ad annerirsi. Le preoccupazioni cenniniane appaiono confermate se si considerano i dipinti murali di parte del transetto e della navata della Basilica Superiore di Assisi, ma risul-

ing: «A lavorare in muro, bisogna bagnare, smaltare, fregiare, pulire, disegnare, colorire in fresco, trarre a fine in secco, temperare, adornare, finire il muro» (... dampen, prepare, smooth, clean, draw, colour "a fresco", complete "a secco", temper, adorn, finish ...). Cennini's detailed list shows beyond doubt that "a secco" work was used in 14th century wall paintings.

In the Scrovegni Chapel, "a secco" work was much used to carry out the finishing. Unfortunately what we see today is only a pale reflection of the original effect, since much of the finishing has been lost as a result of the overall deterioration of the frescoes. As in the fresco cycle in Assisi, Giotto uses "a secco" work in Padua for various technical reasons, such as: covering up the joins between the "giornate", completing areas that were not finished during the carbonation process, painting parts that had previously been decorated with gold leaf (or powder), and finally for pigments whose chemical characteristics made them incompatible with the "calcina".

In the Chapel, lead carbonate with an oil binder is used in many scenes especially for the highlighted parts of the drapery previously painted in azurite, therefore already partly done "a secco", creating an ideal layer for the final touches in oily pigment (see fig. 7).

Amongst the examples of the use of this special technique, we should mention the sleeves of Joachim's clothes in the 'Turned away from the Temple' scene (fig. 12) and the 'Meeting at the Golden Gate' (fig. 13). In these areas, Giotto makes use of basic lead carbonate with an oil binder and traces of egg-tempera, in order to highlight the folds of the blue clothing worn by Mary's father-to-be; in the second scene, we can see how the colour is used mainly to enhance the transparent effect on Joachim's sleeve, with his arm extended towards Anna, as he moves to embrace her.

Another use of white lead combined with oil is to create a warmer colour compared to lime white. This chromatic diversity of the whites can also be seen in the flock of sheep in the scene of 'Joachim amongst the Shepherds', in particular the sheep in the middle-ground, with respect to the two in the foreground which are painted in classic sangiovanini white, as is the dog (figs. 14-15). A similar effect can be seen on the painted amphorae in the 'Wedding Feast at Cana' scene, where some of them are touched up with ivory white brush-strokes (fig. 16).

When comparing the advice contained in Cennini's treatise and the practical reality of Giotto's wall paintings in Assisi and Padua, there is one important difference. Cennini advises using white lead for wall paintings but, at the same time, he warns his readers that the colour tends to turn black over time. This tendency is confirmed by the state of the frescoes in the transept and nave of the Upper Basilica in Assisi, while it is not true

tano non fondate quando si prendono in esame tutte le campiture a biacca, nel ciclo pittorico Scrovegni, dove questo pigmento si è conservato inalterato fino ad oggi. Parrebbe pertanto che nel breve tempo che separa la realizzazione di queste due importanti imprese pittoriche, Giotto sia venuto a conoscenza del metodo di impiego della biacca che ne evita l'alterazione e che Cennino ancora un secolo dopo dimostra di non conoscere. Tale espediente tecnico è la semplice combinazione della biacca con un legante oleoso e non è facile dire se si tratta del frutto della grande inventiva ed esperienza di Giotto, o non piuttosto di una informazione tecnica fornitagli da artisti veneti o stranieri. La biacca combinata con l'olio diviene un composto ideale perché, essendo a base di piombo favorisce l'essiccazione del legante. Le stesure a secco con legante oleoso sono concentrate soprattutto in prossimità dei manti dipinti ad azzurrite, quindi in zone già interessate da una pittura non a fresco, che costituivano punti ideali per la successiva stesura di finiture ad olio con biacca.

Sopra allo spesso strato di azzurrite steso a tempera non si poteva dipingere a bianco di calce e tale strato costituiva una superficie ottimale per il successivo impiego dell'olio, dato che ne rallentava la sua migrazione verso l'interno, fenomeno che avrebbe impoverito eccessivamente il pigmento dal medium. Il manifestarsi di questo processo fisico inevitabile è dovuto alla porosità dell'intonaco, che rende l'aspetto materico di queste pennellate a secco simili al resto della pittura a fresco (fig. 17).

Il progresso riscontrato nei confronti dell'utilizzo della biacca, non si realizza per altri pigmenti, come il cinabro, che continua ad essere caratterizzato da processi di alterazione dovuti al suo consueto impiego a tempera (figg. 18-19).

I casi più significativi sono in corrispondenza delle cornici rosse che riquadrano le scene, del sangue delle vittime della 'Strage degli Innocenti' e delle bandiere dipinte nella 'Crocifissione' e nella 'Resurrezione'. Gli unici punti dove il cinabro si è perfettamente conservato, presumibilmente perché combinato con l'olio, riguarda il sangue che fuoriesce dal costato del Cristo (fig. 20), nella scena della 'Crocifissione' e le fiammelle dipinte sulle aureole dei personaggi della 'Pentecoste' (fig. 21).

Tutte le zone in cui il solfuro di mercurio non si è alterato fanno capire quanto incredibile dovesse essere l'intensità cromatica originaria delle decorazioni (fig. 20).

Scene come 'La cacciata dal Tempio' rivelano quanto difficile dovesse essere per Giotto passare da una inventiva inesauribile alla realizzazione. In questa complessa rappresentazione è evidente l'entità dell'intervento del maestro, animato da un travaglio creativo che lo costringe a ultimare ampie zone a secco, come nel caso delle gambe del tavolo rovesciato, delle gabbie con o senza uccelli e del bellissimo motivo del bambino spaventato, che si rifugia sotto la figura dell'apostolo Giovanni (fig. 23).

for the white-lead areas in the Scrovegni Chapel frescoes, where the pigment is still in its original condition today. It would seem that, in the short space of time that separated these two projects, Giotto learnt of a way of using white lead that would avoid its alteration. It is also clear that Cennini, writing a century later, did not know about this method which simply involves mixing white-lead with an oil-based binder. There's no way of knowing whether this simple expedient was discovered by Giotto through his long experience, or whether it was a tip he acquired from Venetian or foreign artists. White-lead combined with oil becomes an ideal substance since the lead speeds up the drying process in the binder. The main areas painted "a secco" with an oil-based binder can be seen around the azure cloaks, therefore in parts where the painting was not "a fresco" – ideal points to undergo finishing with oil-based white-lead.

Lime-white could not be applied to the layer of azure painted "a tempera", so these parts were suitable for using white-lead and oil, since this combination has a slow rate of absorption meaning that most of the pigment would remain near the surface. This absorption process is inevitable, due to the porosity of the plaster, and makes the physical appearance of the "a secco" brush-strokes similar to the rest of the "a fresco" painting (fig. 17).

This step forward in the use of white-lead did not take place for other pigments such as cinnabar, which continued to be affected by alteration processes due to its application "a tempera" (figg. 18-19).

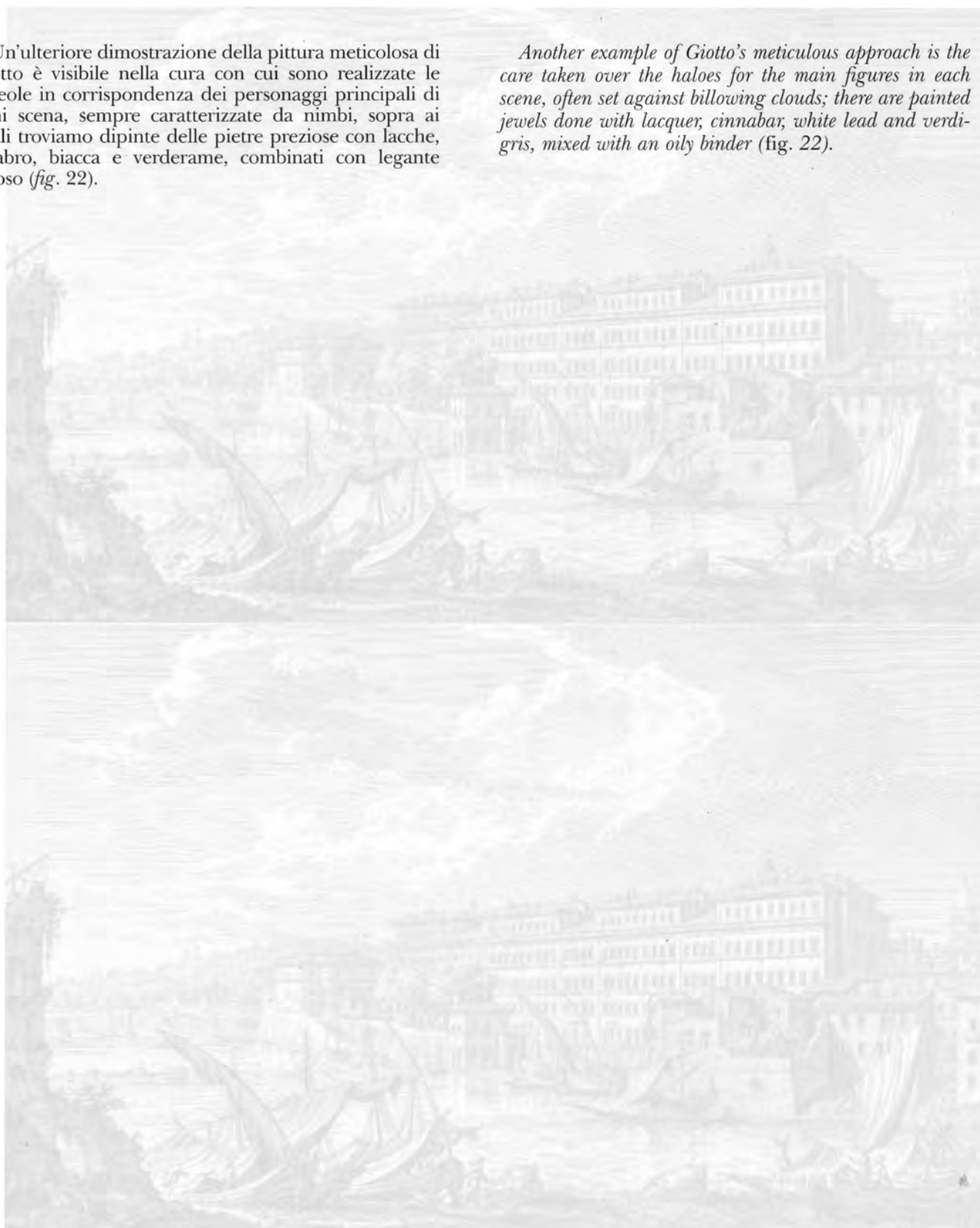
The most evident cases of this alteration are as follows: the red frames around the separate scenes; the blood of the children in the 'Slaughter of the Innocents'; and the painted flags and banners in the 'Crucifixion' and the 'Resurrection' scenes. By contrast, the only points where the cinnabar is well preserved (presumably because it was mixed with oil) can be seen in the blood coming from Christ's side in the 'Crucifixion' scene (fig. 20), and the small flames on the haloes in the 'Pentecost' scene (fig. 21).

These areas where the mercury sulphide of the cinnabar has not altered give us an idea of how incredibly strong the chromatic intensity of the original decorations must have been (fig. 20).

Scenes like 'Driving the Money-Changers out of the Temple' show how difficult it must have been for Giotto to channel his lively inventiveness into the actual painting. This scene in particular shows clear signs of the maestro's hand, animated by a creative urge which forces him to complete large areas "a secco", as in the case of the legs of the upturned table, the cages with and without birds, and the wonderful figure of the frightened child hiding behind the cloak of Saint John the Apostle (fig. 23).

Un'ulteriore dimostrazione della pittura meticolosa di Giotto è visibile nella cura con cui sono realizzate le aureole in corrispondenza dei personaggi principali di ogni scena, sempre caratterizzate da nimbi, sopra ai quali troviamo dipinte delle pietre preziose con lacche, cinabro, biacca e verderame, combinati con legante oleoso (fig. 22).

Another example of Giotto's meticulous approach is the care taken over the haloes for the main figures in each scene, often set against billowing clouds; there are painted jewels done with lacquer, cinnabar, white lead and verdigris, mixed with an oily binder (fig. 22).





ESEMPI DELL'ABILITÀ DI GIOTTO NELLA REALIZZAZIONE DELLE VESTI, PER LA LORO LIMPIDEZZA. PARETE DESTRA: 1 - SACRIFICIO DI GIOACCHINO; 2 - SOGNO DI GIOACCHINO

Examples showing Giotto's extraordinary ability to create flowing drapery. Right wall: 1 - Joachim's sacrifice; 2 - Joachim's dream

PARTICOLARI CHE DIMOSTRANO QUANTO NELLA PITTURA DI GIOTTO È SEMPRE PRESENTE UN INNOVATIVO MODO DI INTENDERE IL COLORE E DI RAPPORTARLO CON LE FORME. PARETE SINISTRA: 3 - PRESENTAZIONE DI GESÙ AL TEMPIO; 4 - COMPIANTO SUL CRISTO MORTO

Details showing how innovative Giotto was in his use of colours and the way he created shapes. Left wall: 3 - Presentation of Jesus in the Temple; 4 - Mourning over the Body of Christ



5



6



7

5 – PARETE SINISTRA, BATTESIMO DI CRISTO – ESEMPIO DELLA CAPACITÀ DI GIOTTO DI SOVRAPPORRE STESURE DI COLORE EVITANDO CHE SI IMPASTINO, MANTENENDO LA LORO IDENTITÀ CROMATICA

Left wall, Baptism of Christ – Example showing Giotto's skill in shading or veiling colours, keeping their separate identities and preventing them from running into each other

6 – PARETE SINISTRA, ALLEGORIA DELL'INGIUSTIZIA – FOTO A LUCE RADENTE CHE FA RISALTARE LO SPESSORE DELLE PENNELLATE OTTENUTE CON UNA PITTURA A CALCE

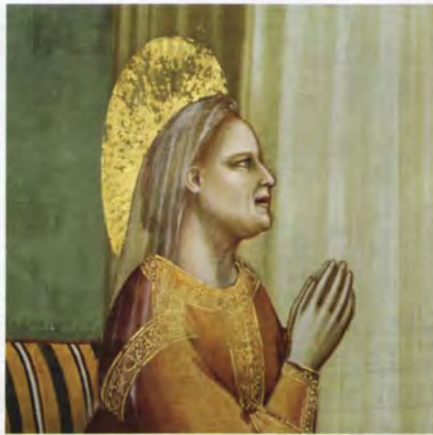
Left wall, The figure of Injustice – Taken under raking light, showing the thickness of the brush-strokes obtained with lime-based pigment

7 – PARETE SINISTRA, BATTESIMO – COLOMBA DIPINTA CON BIANCA ED OLIO MISTO A UOVO SOPRA ALLA STESURA ESEGUITA CON AZZURRITE A TEMPERA

Left wall, Baptism of Jesus – Dove painted with white lead mixed with oil and egg, over the layer of azurite "a tempera"



8



9



10

PARTICOLARI DELLE TRASPARENZE DEI VELI REALIZZATI CON TECNICHE PITTORICHE DIFFERENTI: NEL PRIMO CASO AD OLIO MISCELATO ALLA BIANCA, MENTRE GLI ALTRI DUE ESEMPI SONO STATI DIPINTI AD AFFRESCO. PARETE DESTRA: 8 – NATIVITÀ; 9 – UN ANGELO APPARE AD ANNA; 10 – PARETE SINISTRA, COMPIANTO SUL CRISTO MORTO

Details of the transparent veiling done with different techniques: in the first case, using white lead mixed with oil, while the other two examples are painted "ad affresco". Right wall: 8 – Nativity; 9 – An angel appears to Anna; Left wall: 10 – Mourning over the body of Christ



11



12

11 – PARETE DESTRA, ADORAZIONE DEI MAGI – DISEGNO PREPARATORIO DEL MANTO CHE DOVEVA ESSERE RICOPERTO DALL'AZZURRITE, REALIZZATO E ULTIMATO INTERAMENTE DA GIOTTO

Right wall, Adoration of Magi – Preparatory drawing for the cloak which should have been done with azurite, but which was painted and finished off by Giotto in its entirety

12 – PARETE DESTRA, GIOACCHINO CACCIATO DAL TEMPIO – PARTICOLARE DELLA MANICA DI GIOACCHINO, CON LUMEGGIATURE DIPINTE A BIANCA COMBINATA AD UN LEGANTE OLEOSO

Right wall, Joachim turned away from the Temple – Detail of Joachim's sleeve, showing highlights in white lead mixed with an oily binder



13



14

13 – PARETE DESTRA, PARTICOLARE DELLA MANICA DI GIOACCHINO NELLA SCENA DELL'INCONTRO ALLA PORTA AUREA DIPINTA SEMPRE A BIANCA CON OLIO

Right wall, detail of Joachim's sleeve in the scene Meeting at the Golden Gate, again with highlights in white lead with oil

14-15 – PARETE DESTRA, SCENA DI GIOACCHINO TRA I PASTORI CON PARTICOLARE DEL GREGGE DI PECORE, DOVE ALCUNE SONO DIPINTE AD AFFRESCO ED ALTRE A SECCO, OTTENENDO UN DIFFERENTE EFFETTO CROMATICO

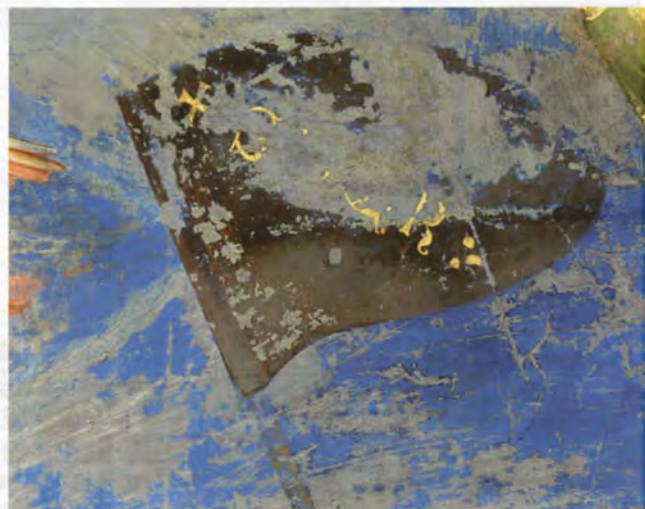
Right wall, scene of Joachim amongst the Shepherds with details of the flock of sheep, where some are painted "ad affresco" and others "a secco" to achieve different chromatic effects



15



16



18



17



19

16 – PARETE SINISTRA, PARTICOLARE DELLE ANFORE IN PRIMO PIANO NELLA SCENA DELLE NOZZE DI CANA CON DIFFERENTI LUMEGGIATURE BIANCHE

Left wall, detail of the amphorae in the foreground of the scene Wedding Feast at Cana showing different types of white highlighting

17 – PARETE DESTRA, STRAGE DEGLI INNOCENTI. STESURE A BIANCA CON LEGANTE OLEOSO PER RENDERE LE PARTI IN LUCE DEI MANTI DIPINTI PRECEDENTEMENTE AD AZZURRITE

Right wall, Slaughter of the Innocents. Highlighting in white lead mixed with an oily binder, on parts of the cloaks previously painted in azurite

ESEMPI DI ALTERAZIONE DEL CINABRO USATO A TEMPERA. PARETE SINISTRA:

18 – CROCIFISSIONE; 19 – NOLI ME TANGERE

Examples of how cinnabar (applied "a tempera") has altered over time. Left wall:

18 – Crucifixion; 19 – Noli me Tangere



20 – PARETE SINISTRA, PARTICOLARE DEL SANGUE DEL CRISTO NELLA SCENA DELLA CROCIFISSIONE, CHE RAPPRESENTA UNO DEI RARI CASI IN CUI IL CINABRO NON SI È ALTERATO

Left wall, detail of Christ's blood in the Crucifixion scene, one of the rare cases where the cinnabar has not undergone alteration over time



22 – PARETE SINISTRA, PARTICOLARE DELL'AUREOLA DEL CRISTO NELLA SCENA DELLA CROCIFISSIONE DOVE TROVIAMO DIPINTE DELLE PIETRE PREZIOSE CON L'UTILIZZO DI LEGANTE OLEOSO

Left wall, detail of Christ's halo in the Crucifixion scene, where pigment with an oily binder was used for the painted jewels



21 – PARETE SINISTRA, PENTECOSTE

Left wall, Pentecost



23 – PARETE SINISTRA, CACCIATA DEI MERCANTI DAL TEMPIO
Left wall, Driving the Money-Changers out of the Temple

MAURIZIO MARABELLI – PAOLA SANTOPADRE – MARCELLA IOELE – ROBERTO CESAREO
ALFREDO CASTELLANO – MARCO VERITÀ

LE LAMINE METALLICHE UTILIZZATE NELLA DECORAZIONE DEI DIPINTI MURALI GIOTTESCHI

Metal leaves utilized for decoration of Giotto's mural paintings

I. INTRODUZIONE

Lo studio delle lamine metalliche utilizzate nella Cappella degli Scrovegni soprattutto per le aureole (talvolta anche decorate in superficie), armature, vasellame, decorazione dei manti e stelle della volta ha avuto lo scopo di individuare i metalli impiegati, le modalità di applicazione e i prodotti di alterazione.

L'osservazione macroscopica metteva, infatti, in evidenza situazioni diverse tra di loro: 1) finiture in lamina dorata in buone condizioni; 2) finiture parzialmente alterate (ingrigite); 3) finiture completamente alterate (annerite).

2. TECNICHE ANALITICHE UTILIZZATE

Nell'ambito dell'analisi condotta con fluorescenza a raggi X (EDXRFS) portatile, caratterizzata da un tubo a raggi X con anodo di tungsteno e in grado di operare fino a 35kV e 0,2mA, per lo studio della tecnica pittorica, particolare risalto è stato dato alle lamine metalliche analizzando oltre 30 punti.

Sono stati poi prelevati 23 microframmenti (1-2 mm di spessore) preparati in sezione lucida sui quali è stata effettuata l'osservazione con microscopio ottico in luce riflessa e ultravioletta e, in alcuni casi (18 campioni), dopo metallizzazione, anche l'osservazione al microscopio elettronico a scansione con spettrometro a raggi X in dispersione di energia (SEM-EDS). Su tre campioni in particolare è stata effettuata anche l'analisi con microsonda a raggi X in dispersione di lunghezza d'onda (EPMA, vedi Tabella 1).

Mediante diffrazione di raggi X (XRD) sono stati anche analizzati 9 campioni in polvere prelevati dalle lamine dorate, da quelle alterate e dagli strati preparatori.

2.1 Risultati delle analisi mediante EDXRFS

I risultati ottenuti mediante EDXRFS sono riportati in ordine di concentrazione decrescente nelle Tabelle 2 e 3. Essi mettono in evidenza diverse situazioni:

I. INTRODUCTION

Metal leaves are used in the Scrovegni Chapel mainly for the haloes (some of which have also surface decoration), for the armours worn by the figures, for wares, for the decoration of cloaks, and for the stars of the vault. The study of these leaves was aimed at finding out the types of metal employed, how the leaves were fixed in place, and the products of alteration (as a result of deterioration over time).

Macroscopic examination showed clear differences between them: 1) gilded laminas still in good condition; 2) laminas that were partially altered (turning grey); 3) laminas that were completely altered (blackened).

2. ANALYTICAL TECHNIQUES UTILIZED

Analyses were carried out using a portable X-ray fluorescence equipment (EDXRFS), with an X-ray tube, tungsten anode operating at 35kV and 0.2mA. Up to 30 points were examined on the metal laminas, as part of the programme for studying the painting techniques.

The second step was to collect 23 micro-fragments (1-2 mm thickness) which were prepared in polished cross-section, and then examined under optical microscope by reflected and ultraviolet light. Many of these samples (a total of 18), after metallization treatment, were also examined with a scanning electron microscope equipped with an energy dispersive X-ray spectrometer (SEM-EDS). Three samples in particular were examined also by means of a wavelength dispersive X-ray microanalysis apparatus (EPMA, see Table 1).

Nine samples in powder form were analysed using X-ray diffraction equipment (XRD). These samples came from the gilded leaves, from the leaves in an altered state, and from the preparatory layers.

2.1 Results of EDXRFS analyses

The results obtained by means of EDXRFS are given in order of decreasing concentration in tables 2 and 3. They show several different situations:

– punti con presenza di oro, piombo, rame, ferro, relativi sia a zone in buone condizioni che ad altre completamente alterate: varia soltanto l'ordine degli elementi evidenziati con concentrazione maggiore di oro nei punti meglio conservati (es. camp. 7L e 8L nel riquadro dell'“Ultima Cena”);

– punti con presenza di oro, stagno, piombo, rame e ferro relativi a zone in buone condizioni, o parzialmente alterate;

– punti con presenza di stagno sempre alterato;

– punti alterati che non evidenziavano né oro né stagno (in grassetto nelle Tabelle 2 e 3).

È opportuno sottolineare che, poiché la penetrazione dei raggi X per l'analisi dell'oro è valutabile intorno ai 40 micron, ben superiore quindi allo spessore delle lamine, con tale tecnica si ottiene una risposta che è la sommatoria della lamina e degli strati preparatori.

2.2 – Risultati delle osservazioni al microscopio ottico e al SEM-EDS

L'osservazione effettuata mediante microscopio ottico e SEM-EDS di sezioni lucide ha messo in evidenza i seguenti casi:

oro (campioni 2L, 8L, 12L, 18L, 21L, 36L)

a – Oro applicato su una preparazione molto sottile (15-40 micron) contenente un legante con fluorescenza gialla in luce ultravioletta (campioni 2L, 8L, 12L, 18L). Nel campione 2L la preparazione è quasi indistinguibile in luce riflessa, mentre è visibile chiaramente la fluorescenza UV del legante (figg. 1, 1a-b). Negli altri campioni (8L, 12L, 18L) è presente uno strato preparatorio giallo molto fluorescente con inclusi arancio (minio) (figg. 2, 2a). L'osservazione al SEM-EDS del campione 18L ha messo in evidenza Pb e Fe in questo strato.

b – Oro applicato su una preparazione costituita da due strati sovrapposti di spessore variabile, compreso tra 60 e 90 micron (36L e 21L) e con fluorescenza gialla limitata al primo strato nel campione 36L (figg. 3, 3a-b) o estesa ai due strati (campione 21L). L'analisi al SEM dei due campioni ha evidenziato la presenza di Pb (con tracce di Fe e Cu) nei due strati del campione 21L, mentre nel 36L Pb è presente nel primo strato superficiale, Ca e tracce di Fe nel secondo (figg. 3c e 3d).

oro su stagno (campioni 3L, 22L, 41L, 47L)

a – Oro applicato mediante un adesivo con fluorescenza gialla-verde su lamina di stagno di spessore compreso tra 15 e 20 micron; lo stagno a sua volta è applicato sull'intonaco per mezzo di un adesivo con fluorescenza gialla (figg. 4, 4a-b). Nel campione 22L, raggio di una stella su azzur-

– *points with the presence of gold, lead, copper, iron, some of which are in good condition, others completely altered; only the order of the elements varies showing greater concentration of gold at the better conserved points (e.g. samples 7L and 8L in the scene of the 'Last Supper');*

– *points with the presence of gold, tin, lead, copper and iron in areas in good condition, or partially altered;*

– *points with the presence of tin (always in an altered state);*

– *points in an altered state not showing the presence of either gold or tin (in bold type in Tables 2 and 3).*

It should be pointed out that, since the penetration of X-rays for the analysis of gold is of the order of 40 microns (therefore well over the thickness of the leaves), this technique provides a result that is the sum of the leaves and the preparatory layers.

2.2 – Results of examination under optical microscope and with SEM-EDS

Examination of polished cross-sections under optical microscope and with SEM-EDS gave the following results:

Gold (samples 2L, 8L, 12L, 18L, 21L, 36L)

a – *Gold applied on a very thin preparatory layer (15-40 microns) containing a binder with yellow fluorescence under ultraviolet light (samples 2L, 8L, 12L, 18L). In sample 2L the preparatory layer is almost indistinguishable under reflected light, while the UV fluorescence of the binder is clearly visible (figs. 1, 1a-b). In the other samples (8L, 12L, 18L) there was a yellow preparatory layer which was very fluorescent with traces of orange pigment (minium) (figs. 2, 2a). Examination by SEM-EDS of sample 18L showed Pb and Fe in this layer.*

b – *Gold applied on a preparatory surface made up of two superimposed layers of varying thickness ranging from 60 to 90 microns (36L and 21L) and with yellow fluorescence limited to the first layer in sample 36L (figs. 3, 3a-b) or extending over the two layers (sample 21L). The SEM analysis of these two samples showed the presence of Pb (with traces of Fe and Cu) in the two layers of sample 21L, while in sample 36L Pb was present in the first surface layer, Ca and traces of Fe in the second (figs. 3c and 3d).*

Gold on tin (samples 3L, 22L, 41L, 47L)

a – *Gold applied using an adhesive with yellow-green fluorescence on tin leaf with a thickness ranging from 15 to 20 microns; the tin itself is fixed to the plaster by means of an adhesive with yellow fluorescence (figs. 4, 4a-b). In sample 22L (ray from a star on azurite), the fluorescence of the layer between the tin and the*

rite, è ben visibile la fluorescenza dello strato tra stagno e oro, mentre è meno evidente per la preparazione dello stagno (figg. 5, 5a-c). Infine, nel campione 47L la preparazione per lo stagno è costituita da uno strato giallo bruno con inclusi arancio (analoga alle preparazioni già viste per l'oro) fluorescente, così come una forte fluorescenza gialla è presente tra stagno e oro.

oro/argento (campioni 6L, 9L, 10L, 14L, 15L, 16L, 17L, 19L, 32L, 39L)

- a - Lamina metallica completamente alterata (annerita) applicata su uno strato preparatorio giallo bruno con inclusi arancio (minio) di circa 30 micron e con evidente fluorescenza gialla (campioni 9L, 10L, 16L, 17L, 19L, vedi figg. 6, 6a).
- b - Lamina metallica completamente alterata (annerita) applicata su una preparazione a due strati sovrapposti di spessore globale compreso tra 40 e 80 micron e costituiti da uno strato giallo bruno con inclusi arancio (minio) sovrapposto ad uno strato giallo chiaro con inclusi neri. Nel primo strato è sempre evidente una fluorescenza gialla (figg. 7, 7a-c, 8, 8a-b, campioni 6L, 14L, 15L, 32L, 39L).

L'osservazione al SEM-EDS di queste sezioni ha messo in evidenza la presenza di piombo (e tracce di rame e ferro) nel primo strato preparatorio, mentre argento, oro e zolfo sono associati in superficie (figg. 7 d-e, 9-11 e Tabella 3). Da notare che la distribuzione dello zolfo risente della presenza del piombo, non riuscendo a separare la riga $M\alpha$ del piombo dalla riga $K\alpha$ dello zolfo. In un caso (campione 14L) è stata messa in evidenza per via ottica la presenza di due lamine sovrapposte separate da uno strato di materiale organico con fluorescenza giallo-verde (fig. 12). L'osservazione al SEM-EDS ha confermato la presenza di due lamine sovrapposte, aventi però la stessa composizione (argento e oro, sempre associati a zolfo).

Per i campioni 39L (su un frammento) e per i campioni 14L e 32L è stata eseguita anche una microanalisi a raggi X in dispersione di lunghezza d'onda (EPMA).

In particolare, sul campione 39L era presente un film protettivo fluorescente (evidenziato per via ottica) che ha impedito la completa alterazione della lamina (figg. 13, 13a-b). Il campione è stato posto ortogonalmente al fascio elettronico, analizzando quindi sia la parte nera più alterata sia quella apparentemente meglio conservata.

Sono state eseguite con la microsonda analisi delle righe: Ag, $L\alpha$; S, $K\alpha$; Au, $M\alpha$ a kV variabili (10 e 20 kV) in modo da analizzare diversi spessori (1 micron e 3 micron rispettivamente).

Per i campioni 14L e 32L sono state eseguite misure a 20 kV con la microsonda e, solo per il 14L, anche con il SEM-EDS. In particolare, per quest'ultimo campione, l'analisi è stata condotta su entrambe le lamine sovrapposte, ottenendo però risultati analoghi.

gold is clearly visible, while it is less evident for the preparatory layer of the tin (figs. 5, 5a-c). Finally, in sample 47L the preparatory layer for the tin is made up of a yellow-brown layer also including orange particles (similar to the preparation already seen for the gold) which is fluorescent; similarly, there is a strong yellow fluorescent layer between tin and gold.

Gold/silver (samples 6L, 9L, 10L, 14L, 15L, 16L, 17L, 19L, 32L, 39L)

- a - Metal leaf in a completely altered state (blackened) applied on a yellow-brown preparatory layer including orange particles (minium) of about 30 microns and with evident yellow fluorescence (samples 9L, 10L, 16L, 17L, 19L, see figs. 6, 6a).
- b - Metal leaf in a completely altered state (blackened) applied on a preparatory surface of two superimposed layers with overall thickness ranging from 40 to 80 microns and made up of a yellow-brown layer including some orange particles (minium) laid over a light yellow layer including some black pigment. The first layer again shows yellow fluorescence (figs. 7, 7a-c, 8, 8a-b, samples 6L, 14L, 15L, 32L, 39L).

Examination with SEM-EDS of this cross-section showed the presence of lead (and traces of copper and iron) in the first preparatory layer, while silver, gold and sulphur are present on the surface (figs. 7 d-e, 9-11 and Table 3). It should be noted that the distribution of the sulphur is affected by the presence of lead, since it was not possible to separate the $M\alpha$ line of the lead from the $K\alpha$ line of the sulphur. In one case (sample 14L), optical examination showed the presence of two superimposed leaves separated by a layer of organic material with yellow-green fluorescence (fig. 12). Examination by SEM-EDS confirmed the presence of two superimposed leaves, curiously enough with the same composition (silver and gold, always associated with sulphur).

For sample 39L (on a fragment) and for samples 14L and 32L, a micro-analysis was also conducted using EPMA.

In particular, on sample 39L there was a protective fluorescent film (observed by optical microscope) which had prevented the complete alteration of the leaf (figs. 13, 13a-b). The sample was oriented at right angle to the electronic beam, thereby analysing not only the badly altered black part but also the area apparently better conserved.

Using the micro-probe, analyses were carried out on the lines: Ag, $L\alpha$; S, $K\alpha$; Au, $M\alpha$ at variable kV (10 and 20 kV), so as to analyse different thicknesses (1 micron and 3 microns respectively).

For samples 14L and 32L, measurements were carried out at 20 kV with the micro-probe and, only for sample 14L, also with SEM-EDS. In particular, for the latter sample, analyses were carried out on both superimposed leaf, however with the same results.

Con la microsonda sono state eseguite almeno dieci analisi in ogni zona, misurando i conteggi per venti secondi sia del picco sia del fondo. Venivano quindi sottratti i conteggi dei fondi e gli impulsi netti venivano confrontati con quelli misurati su frammenti di oro e argento puri e su un frammento di solfuro di zinco. Le concentrazioni così trovate sono state espresse in percentuale in peso degli elementi.

Con l'EDS le analisi sono del tipo "standardless"; i dati analitici vengono automaticamente corretti dal programma di analisi.

In Tabella 4 si riportano i risultati ottenuti. Dall'esame della tabella si nota una rilevante dispersione dei dati con valori molto variabili. Differenze importanti emergono anche nel confronto EPMA e EDS e tra EPMA a 10kV e EPMA a 20kV. È però evidente la presenza dell'oro, dell'argento e dello zolfo associato con l'argento anche nelle zone meno alterate. È opportuno sottolineare che il segnale dello zolfo risente anche della presenza dei solfati presenti sulla lamina e all'interno dell'intonaco.

Un buon accordo sembra esservi tra le analisi delle zone meglio conservate dei campioni 39L e 32L, che indicherebbero un rapporto Au/Ag ≥ 3 mentre nelle zone più alterate tale rapporto si inverte.

Sui campioni 6L, 9L, 10L, 14L, 16L, 17L, 19L, 32L sono state eseguite scansioni del fascio puntiforme dell'EDS dall'esterno verso l'interno, misurando il segnale delle righe Ag, L α e Au, M α e ripetendo le scansioni in almeno due punti per ogni sezione.

Le analisi avevano lo scopo di accertare se si trattava di lamine sovrapposte di metalli diversi o di una lega.

Nei campioni 6L, 10L, 16L e 17L il massimo picco dell'oro è posizionato vicino al supporto, mentre il segnale massimo dell'argento è spostato 1-2 micron verso l'esterno.

Più incerta l'analisi sul campione 14L: in alcune scansioni i due massimi della lamina più esterna coincidono, in altre l'argento è sopra l'oro. Per la lamina più interna i due massimi sembrano coincidere.

Per il campione 32L l'andamento del segnale dei due elementi è, in alcune scansioni, perfettamente coincidente: sembrerebbe trattarsi quindi di una lega o di due lamine perfettamente amalgamate. In altre scansioni, tuttavia, si individua il massimo del segnale dell'argento più vicino alla muratura, e il massimo dell'oro spostato a 1-2 micron di distanza verso l'esterno: sembrerebbe trattarsi quindi (in questo particolare caso) di due lamine sovrapposte.

Per i campioni 9L e 19L i segnali dell'oro e dell'argento erano troppo bassi per consentire una analisi significativa.

2.3 – Altre osservazioni

– Oro decorato in superficie con pigmenti verde, rosso e nero (fig. 14). L'osservazione delle sezioni stragrafiche al SEM-EDS e al microscopio ottico ha

At least ten analyses were carried out with the microprobe in each area, measuring with intervals of twenty seconds both the peaks and the bottom. The bottom values were then subtracted and the net impulses were compared with those measured on fragments of pure gold and silver and on a fragment of zinc sulphide. The concentrations worked out in this way were expressed as percentages of the weight of the elements.

Analyses carried out using EDS were of the "standardless" type – i.e. the data were automatically corrected by the analysis program.

Table 5 shows the results obtained. Examining the table, one can see a significant dispersion of data with extremely variable values. Important differences can be seen in the comparison between EPMA and EDS and between EPMA at 10kV and EPMA at 20kV. There is however an obvious presence of gold, silver and sulphur associated with the silver even in the less altered areas. It should be pointed out that the sulphur signal is also affected by the presence of the sulphates on the leaf and within the plaster.

There seems to be good agreement between the analyses of the better conserved areas of samples 39L and 32L, which would indicate a gold/silver ratio of Au/Ag ≥ 3 , while this ratio is inverted in the more altered areas.

Samples 6L, 9L, 10L, 14L, 16L, 17L, 19L, 32L were examined using EDS with a focused scanning beam from the outside towards the inside, measuring the signal for the Ag, L α lines and the Au, M α lines, and repeating the scans for at least two points in each section.

The aim of the analyses was to find out whether leaves of different metals were superimposed or an alloy alone was used.

In samples 6L, 10L, 16L and 17L, the maximum peak for the gold was positioned near the plaster backing, while the peak for silver was situated 1-2 microns towards the outside.

The analyses on sample 14L were less conclusive. In some scans, the two peaks for the outer leaf coincided, in others the silver was above the gold. For the internal leaf the two peaks appeared to coincide.

For sample 32L, the shape of the signal for the two elements coincided exactly in some scans; this would seem to indicate either an alloy or two leaves perfectly amalgamated. In other scans, however, the peak signal for silver was closer to the wall, and the peak for gold was situated 1-2 microns towards the outside; it would indicate two superimposed leaves in this particular case.

For samples 9L and 19L, the signals for gold and silver were too low to give a meaningful analysis.

2.3 – Other comments

– Gold, decorated on the surface with green, red and black pigments (fig. 14). Examination of the polished cross-sections by SEM-EDS and by optical microscope

messo in evidenza la presenza di un pigmento verde a base di rame (resinato di rame), di lacca rossa (assorbita su allumina) e nero vegetale (figg. 14a-d).

– In Tabella 5 si riportano gli spessori delle lamine calcolate dalle foto SEM realizzate tutte a forti ingrandimenti (tra 1000 e 3000). Gli errori che si commettono a questi ingrandimenti sono notevoli (effetto di diffusione del segnale), quindi i valori sono puramente indicativi dell'ordine di grandezza. Dall'esame della tabella si nota come gli spessori dell'oro siano risultati compresi tra 1,2 e 1,8 micron, dello stagno tra 15 e 20 micron, mentre è più ampia la variabilità per oro/argento (spessori compresi tra meno di 1 micron e circa 4 micron). In questo caso, però, si sono analizzate lamine alterate in cui lo stesso fenomeno di alterazione può aver incrementato lo spessore. Tuttavia nei campioni 19L, 9L, e 6L lo spessore è ≤ 1 micron, quindi ancora più sottile di quello calcolato per le foglie d'oro.

2.4 Risultati con XRD

In Tabella 3 sono pure riportati i risultati ottenuti mediante diffrazione di raggi X sui campioni in polvere prelevati dalle lamine d'oro e da quelle in oro/argento insieme con gli strati di preparazione.

Con tale tecnica si è messa in evidenza la presenza di carbonato basico di piombo (biacca) e ossido di piombo (minio) nella preparazione utilizzata per le lamine metalliche, romarchite (ossido di stagno) e cassiterite (ossido di stagno) come prodotti di alterazione delle lamine di stagno (figg. 15 e 16) e di quelle di stagno dorato parzialmente alterate.

3. CONCLUSIONI

In base alle analisi effettuate possiamo trarre le seguenti conclusioni:

– Nella Cappella degli Scrovegni sono stati utilizzati quattro tipi diversi di lamine metalliche: oro, oro su stagno, stagno, oro e argento. Mentre le prime tre sono state messe in evidenza con una tecnica non distruttiva quale la fluorescenza a raggi X, per la lamina in oro/argento è stato necessario ricorrere a microprelievi e all'analisi con SEM-EDS e EPMA poiché, con il tipo di apparecchiatura EDXRF utilizzata, il picco dell'argento era permanente e dovuto al rivelatore.

– Oro, oro su stagno e oro/argento sono stati utilizzati sia per le aureole sia per finiture superficiali comprese le decorazioni, ormai alterate, presenti sulle architetture.

– Gli spessori delle lamine d'oro e di stagno sono poco variabili, mentre molto più variabili sono risultati gli spessori delle lamine in oro/argento.

– Le decorazioni presenti sulle lamine d'oro sono state realizzate utilizzando pigmenti a base di rame, una lacca rossa e nero vegetale.

– Sono sempre presenti uno o due strati preparatori.

showed the presence of a copper-based pigment (copper resinate) for the green, a red lacquer (absorbed on aluminium compound) and vegetable black (figs. 14a-d).

– Table 5 shows the thickness of the leaves calculated from the SEM photos at high magnification (between 1000 and 3000). The errors that occur at these levels of enlargement are very marked (due to signal diffusion), so the values obtained are purely indicative of the scale of magnitude. From the table, one can see that the thickness of the gold is between 1.2 and 1.8 microns, of the tin between 15 and 20 microns, while the thickness of gold/silver is more variable (between less than 1 micron and about 4 microns). In this case, leaves in an altered state were analysed and the alteration itself may have caused an increase in thickness. However, in samples 19L, 9L, and 6L, the thickness was ≤ 1 micron, therefore even thinner than that calculated for the gold leaf.

2.4 Results of XRD

Table 3 shows also the results obtained by X-ray diffraction on powder samples taken from the gold leaves and those in gold/silver combination, with the preparatory layers.

This type of analysis made it possible to show the presence of basic carbonate of lead (hydro-cerussite) and lead oxide (minium) in the preparatory layer used for the metal leaves, of romarchite (tin oxide) and cassiterite (tin dioxide) as products of alteration of the tin (figs. 15 and 16) and of the gilded tin ones which were partially altered.

3. CONCLUSIONS

From the analyses carried out, we can draw the following conclusions:

– In the Scrovegni Chapel, four different types of metal leaves were employed: gold, gold on tin, tin, gold/silver. While the first three were examined using a non-destructive technique such as X-ray fluorescence, for the gold/silver leaves we had to resort to micro-samples and analysis with SEM-EDS and EPMA since, with the type of XRF equipment used, a peak of silver was permanent due to the sensor.

– Gold, gold on tin and gold/silver were used not only for the haloes but also for surface finishing including the decorations, now in a badly altered state, on the architecture.

– The thickness of the gold and tin leaves showed little variation, while the thickness of the gold/silver leaf was much more variable.

– The decorative finishing on the gold leaves was made using copper-based pigments, a red lacquer and vegetable black.

- In tutti gli strati preparatori sono sempre presenti composti del piombo, e in misura più contenuta, ferro e rame. Mentre il ferro è riconducibile alle ocre incluse nella preparazione, è probabile che sali di rame e piombo siano stati addizionati con lo scopo di catalizzare il processo di polimerizzazione del legante (olio siccativo) utilizzato come missione per le lamine, così come indicato da Cennino Cennini nel capitolo CLI.¹⁾

- L'omogeneità degli spessori delle finiture in oro e la presenza di almeno uno strato preparatorio indurrebbero ad ipotizzare l'utilizzo di foglie anche nel caso delle varie decorazioni.

- L'alterazione delle lamine di stagno e di quelle di stagno dorato laddove è caduto l'oro è riconducibile all'ossidazione dello stagno con formazione di romarchite e cassiterite.

- L'alterazione della lamina in oro e argento è dovuta alla formazione di solfuro d'argento con relativa migrazione in superficie dell'argento rispetto all'oro. Poiché, però, non è stato possibile individuare e quindi analizzare un frammento non alterato, non possiamo sapere quale fosse la composizione originale della lamina stessa. È possibile che il materiale originale fosse "l'oro di metà" citato da Cennino Cennini nel capitolo XCV, di cui però non viene riportata la composizione.²⁾

Più difficile spiegare l'utilizzo di materiali diversi (oro e oro/argento) all'interno della stessa decorazione, come nel caso dei manti degli angeli a figura intera nel riquadro dell'Ascensione e probabilmente nel manto bianco di Bartolomeo nell'Ultima Cena, così come non si comprende la presenza della lamina oro/argento utilizzata prevalentemente nelle scene del terzo registro (ad esempio: 'San Gregorio', l'Ultima Cena' e 'Lavanda dei piedi').

Per quanto ci è noto tale materiale è ancora utilizzato su muro ("Zwischgold") in Austria e in Germania³⁾ e in Francia su tavola.⁴⁾

- La presenza di titanio occasionalmente messa in evidenza sia con EDXRF che con il SEM-EDS è riconducibile probabilmente a precedenti trattamenti di restauro.

Le sezioni stratigrafiche sono state realizzate da Luigi Arceri, le foto al microscopio ottico da Marcello Leotta.

Si ringrazia Ferdinando Felli e Carmine Panzironi dell'Università La Sapienza di Roma per il supporto fornito nelle analisi al SEM-EDS.

1) C. CENNINI, *Il libro dell'arte*, a cura di F. BRUNELLO, Vicenza 1993; M. MATTEINI, A. MOLES, *Tecniche della pittura antica: le preparazioni del supporto*, in *Kermes*, 4, gennaio-aprile 1989, pp. 49-62.

2) CENNINI, *op. cit.*

3) C. MERZENICH, *Dorature e policromie delle parti architettoniche nelle tavole d'altare toscane tra Trecento e Quattrocento*, in *Kermes*, 26, maggio-agosto 1996, pp. 51-71.

4) M. EVENO, E. MARTIN, *Les feuilles mixtes or-argent en peinture de chevalet*, in Triennial Meeting, Edinburgh 1-6 september 1996, preprints ICOM Committee for Conservation, Paris, London 1996.

- One or two preparatory layers are always present.

- All the preparatory layers contain lead compounds, and to a lesser degree iron and copper. While the iron is due to the ochre forming part of the preparatory layer, it is probable that copper and lead salts acted as catalysts for the process of polymerisation of the binder (oil) used as mordant for the leaves, as described by Cennino Cennini in chapter CLI.¹⁾

- The homogeneity of the thickness for the gold finishing and the presence of at least one preparatory layer would lead one to suppose that gold leaf was used also in the various decorative elements.

- The alteration of the tin leaves and of those in gilded tin (where the gold is lost) is due to oxidation of the tin with the formation of romarchite and cassiterite.

- The alteration of the gold/silver leaves is due to the formation of silver sulphide with consequent increase in concentration of silver on the surface. However, since it was not possible to find and analyse an unaltered fragment, we still do not know the original composition of the leaf itself. It is quite likely that the original material was "oro di metà" (half gold) described by Cennino Cennini in chapter XCV, but without giving its composition.²⁾

It is more difficult to explain the use of different materials (gold and gold/silver) within the same decorative feature, as in the case of the cloaks worn by the full-figure angels in the scene of the Ascension and probably in Bartholomew's white cloak in the scene of the Last Supper. And it is equally difficult to understand the presence of the gold/silver leaf used mainly in the scenes on the third register (for example: 'Saint Gregory', 'Last Supper' and 'Washing of feet').

As far as we know, this material is still used today (with the name "Zwischgold") on wall paintings in Austria and Germany³⁾ and in France on panels.⁴⁾

- The occasional presence of titanium, shown both by XRF and by SEM-EDS, is probably due to its use during previous restorations.

Cross-sections were prepared by Luigi Arceri, and the optical microscope photos by Marcello Leotta.

Thanks to Ferdinando Felli and Carmine Panzironi of Rome University "La Sapienza", for their help with the SEM-EDS analyses.

1) C. CENNINI, *Il libro dell'arte*, edited by F. BRUNELLO, Vicenza 1993; M. MATTEINI, A. MOLES, *Tecniche della pittura antica: le preparazioni del supporto*, in *Kermes*, 4, January-April 1989, pp. 49-62.

2) CENNINI, *op. cit.*

3) C. MERZENICH, *Dorature e policromie delle parti architettoniche nelle tavole d'altare toscane tra Trecento e Quattrocento*, in *Kermes*, 26, May-August 1996, pp. 51-71.

4) M. EVENO, E. MARTIN, *Les feuilles mixtes or-argent en peinture de chevalet*, in Triennial Meeting, Edinburgh 1-6 september 1996, preprints ICOM Committee for Conservation, Paris, London 1996.

Tabella 1 – Prelievi e tecniche analitiche utilizzate
 Table 1 – Samples and analytical techniques used

Campione Sample	Zona di prelievo Sample area	Aspetto Aspect	Stato di conservazione State of conservation	Tecniche analitiche Analytical techniques
1L	'Gesù sale al Calvario', elmo <i>Jesus goes up to Calvary, helmet</i>	nero <i>black</i>	alterato <i>altered</i>	XRD
2L	'Controfacciata', lato destro, angelo dietro la bandiera rossa, aureola <i>Inner wall of façade, right side, angel behind the red flag, halo</i>	oro <i>gold</i>	buono <i>good</i>	EDXRFS, sez. lucida <i>EDXRFS, polished cross-section</i>
3L	'Controfacciata', lato destro, angelo, aureola <i>Inner wall of façade, right side, angel, halo</i>	nero-oro <i>black-gold</i>	parzialmente alterato <i>partially altered</i>	EDXRFS, sez. lucida <i>EDXRFS, p. cross-section</i>
4L	'Controfacciata', lato destro, angelo, aureola <i>Inner wall of façade, right side, angel, halo</i>	nero <i>black</i>	alterato <i>altered</i>	EDXRFS, XRD <i>EDXRFS, XRD</i>
5L	'Nozze di Cana', manto della Madonna <i>Wedding feast at Cana, cloak of the Virgin Mary</i>	nero <i>black</i>	alterato <i>altered</i>	XRD <i>XRD</i>
6L	'Ultima Cena', aureola di Giuda Taddeo <i>Last Supper, halo of Judas Tadeus</i>	nero <i>black</i>	alterato <i>altered</i>	sez. lucida, SEM <i>p. cross-section, SEM-EDS</i>
7L	'Ultima Cena', aureola di Giacomo il Maggiore <i>Last Supper, halo of James the Elder</i>	nero <i>black</i>	alterato <i>altered</i>	XRD, EDXRFS <i>XRD, EDXRFS</i>
8L	'Ultima Cena', aureola di Cristo <i>Last Supper, halo of Christ</i>	oro <i>gold</i>	buono <i>good</i>	EDXRFS, sez. lucida <i>EDXRFS, p. cross-section</i>
9L	'S. Gregorio', colomba su aureola <i>St. Gregory, dove on halo</i>	bianco <i>white</i>	buono <i>good</i>	EDXRFS, sez. lucida, SEM <i>EDXRFS, p. cross-section, SEM-EDS</i>
10L	'S. Gregorio', aureola annerita <i>St. Gregory, blackened halo</i>	nero <i>black</i>	alterato <i>altered</i>	EDXRFS, sez. lucida, SEM-EDS <i>EDXRFS, p. cross-section, SEM-EDS</i>
11L	'Nozze di Cana', bicchiere <i>Wedding feast at Cana, glass</i>	nero <i>black</i>	alterato <i>altered</i>	XRD <i>XRD</i>
12L	'Nozze di Cana', aureola di Cristo <i>Wedding feast at Cana, halo of Christ</i>	oro <i>gold</i>	buono <i>good</i>	EDXRFS, sez. lucida, XRD <i>EDXRFS, p. cross-section, XRD</i>
14L	'Ultima Cena', aureola di Filippo <i>Last Supper, halo of Philip</i>	nero <i>black</i>	alterato <i>altered</i>	“ “, sez. lucida, SEM-EDS, EPMA <i>“ “, p. cross-section, SEM-EDS, EPMA</i>
15L	'Lavanda dei piedi', aureola di Simone <i>Washing of feet, halo of Simon</i>	nero <i>black</i>	alterato <i>altered</i>	EDXRFS, sez. lucida, SEM-EDS <i>EDXRFS, p. cross-section, SEM-EDS</i>
16L	'Ascensione', aureola primo angelo della schiera di sinistra <i>Ascension, halo of the first angel, left group</i>	nero <i>black</i>	alterato <i>altered</i>	EDXRFS, sez. lucida, SEM-EDS <i>“ “, p. cross-section, SEM-EDS</i>
17L	'Ascensione', decorazione manto di un angelo della schiera di sinistra <i>Ascension, decoration on the cloak of an angel, left group</i>	nero <i>black</i>	alterato <i>altered</i>	XRD, sez. lucida, SEM-EDS <i>XRD, p. cross-section, SEM-EDS</i>
18L	'Ascensione', decorazione manto dell'angelo di sinistra a figura intera <i>Ascension, decoration on the cloak of the full-figure angel, left side</i>	oro <i>gold</i>	buono <i>good</i>	EDXRFS, sez. lucida, SEM-EDS <i>EDXRFS, p. cross-section, SEM-EDS</i>

segue Tabella 1

continua Tabella 1 – Prelievi e tecniche analitiche utilizzate
 Table 1 – Samples and analytical techniques used

Campione Sample	Zona di prelievo Sample area	Aspetto Aspect	Stato di conservazione State of conservation	Tecniche analitiche Analytical techniques
19L	'Ascensione', decorazione manto dell'angelo di sinistra a figura intera <i>Ascension, decoration on the cloak of the full-figure angel, left side</i>	nero <i>black</i>	alterato <i>altered</i>	EDXRFS, sez. lucida, SEM-EDS “ ”, <i>p. cross-section, SEM-EDS</i>
20L	'Resurrezione di Lazzaro', decorazione verde su aureola di Cristo <i>Resurrection of Lazarus, green decoration on Christ's halo</i>	verde <i>green</i>	buono <i>good</i>	sez. lucida, SEM-EDS <i>p. cross-section, SEM-EDS</i>
21L	Fascia decorativa centrale, aureola di S. Pietro <i>Central decorative stripe, halo of the St. Peter</i>	oro <i>gold</i>	buono <i>good</i>	sez. lucida, SEM-EDS <i>p. cross-section, SEM-EDS</i>
22L	Volta, raggio di una stella <i>Vault, ray of a star</i>	oro <i>gold</i>	buono <i>good</i>	EDXRFS, sez. lucida, SEM-EDS “ ”, <i>p. cross-section, SEM-EDS</i>
32L	'Resurrezione', decorazione annerita della veste di un soldato <i>Resurrection, blackened decoration of a soldier's clothing</i>	nero <i>black</i>	alterato <i>altered</i>	sez. lucida, SEM-EDS, EPMA <i>p. cross-section, SEM-EDS, EPMA</i>
33L	'Resurrezione', decorazione rossa su aureola di Cristo <i>Resurrection, red decoration on Christ's halo</i>	rosso <i>red</i>	buono <i>good</i>	sez. lucida, SEM-EDS, vetrino <i>p. cross-section, SEM-EDS, glass slide</i>
34L	'Resurrezione', decorazione nera su aureola di Cristo <i>Resurrection, black decoration on Christ's halo</i>	nero <i>black</i>	buono <i>good</i>	sez. lucida, SEM-EDS, vetrino <i>p. cross-section, SEM-EDS, glass slide</i>
36L	'Crocefissione', decorazione della veste di un soldato <i>Crucifixion, decoration on a soldier's clothing</i>	oro <i>gold</i>	buono <i>good</i>	sez. lucida, SEM-EDS <i>p. cross-section, SEM-EDS</i>
39L	'Ultima Cena', aureola di S. Tommaso <i>Last Supper, halo of the St. Thomas</i>	oro scuro <i>dark gold</i>	parzialmente alterato <i>partially altered</i>	sez. lucida, SEM-EDS, EPMA <i>p. cross-section, SEM-EDS, EPMA</i>
41L	'Deposizione', decorazione annerita della cornice su fondo azzurro <i>Deposition, blackened decoration of the frame with blue ground</i>	nero <i>black</i>	alterato <i>altered</i>	sez. lucida <i>p. cross-section</i>
45L	Sbalzo del sottarco, in prossimità di una stuccatura, vicino al coretto sinistro, fascia rossa annerita <i>Overhang beneath arch, adjacent to a repair with stucco plaster, near painted left choir; blackened red band</i>	nero <i>black</i>	alterato <i>altered</i>	XRD
46L	Sbalzo del sottarco, in prossimità della stuccatura, vicino al coretto sinistro, fascia verde annerita <i>Overhang beneath arch, adjacent to a repair with stucco plaster, near painted left choir; blackened green band</i>	nero <i>black</i>	alterato <i>altered</i>	XRD
47L	Volta, stella <i>Vault, star</i>	oro <i>gold</i>	buono <i>good</i>	sez. lucida <i>p. cross-section</i>

Tabella 2 – Analisi EDXRFS: risultati
Table 2 – Results of EDXRFS analyses

Punto di misura <i>Measurement point</i>	Aspetto <i>Aspect</i>	Stato di conservazione <i>State of conservation</i>	EDXRFS <i>EDXRFS</i>
'Resurrezione di Lazzaro', aureola di Cristo <i>'Resurrection of Lazarus', Christ's halo</i>	oro <i>gold</i>	buono <i>good</i>	Fe, Pb, Au, Ca, Cu, S
'Resurrezione di Lazzaro', aureola di un Santo <i>'Resurrection of Lazarus', a saint's halo</i>	oro <i>gold</i>	buono <i>good</i>	Cu, Pb, Fe, Au, Ca, S
'Nozze di Cana', aureola di Cristo <i>'Wedding feast at Cana', Christ's halo</i>	oro <i>gold</i>	buono <i>good</i>	Fe, Pb, Au, Ca, Cu, S
'Nozze di Cana', aureola di S. Andrea <i>'Wedding feast at Cana', St. Andrew's halo</i>	oro <i>gold</i>	buono <i>good</i>	Fe, Pb, Au, Ca, Cu, S
'Nozze di Cana', decorazione dell'abito di una donna <i>'Wedding feast at Cana', decoration on a woman's clothing</i>	nero <i>black</i>	alterato <i>altered</i>	Cu, Fe, Ca, Mn, Sn, Au, Pb
Capitello di colonna <i>Capital of column</i>	grigio <i>grey</i>	alterato <i>altered</i>	Ca, Sn, Fe, Cu
'Deposizione', aureola di Cristo <i>'Deposition', Christ's halo</i>	oro <i>gold</i>	buono <i>good</i>	Pb, Fe, Ca, Au, Cu, S, Sn tr
'Deposizione', aureola della Madonna <i>'Deposition', halo of the Virgin Mary</i>	oro <i>gold</i>	buono <i>good</i>	Pb, Fe, Au, Ca, Cu, S
'Deposizione', aureola di una donna <i>'Deposition', halo of one of the women</i>	oro <i>gold</i>	buono <i>good</i>	Pb, Fe, Au, Cu, Ca, S
'Deposizione', aureola di un angelo <i>'Deposition', halo of one of the angels</i>	oro <i>gold</i>	buono <i>good</i>	Pb, Fe, Au, Cu, Ca, S
'Crocefissione', soldato con aureola ed elmo (su aureola) <i>'Crucifixion', soldier with halo and helmet (on halo)</i>	oro <i>gold</i>	buono <i>good</i>	Ca, Pb, Au, Fe, Cu, S, Sn tr, Ti
'Crocefissione', soldato con aureola ed elmo (su elmo alterato) <i>'Crucifixion', soldier with helmet and halo (on altered helmet)</i>	nero <i>black</i>	alterato <i>altered</i>	Ca, Sn, Fe, S, Pb
'Crocefissione', soldato con elmo (su elmo alterato) <i>'Crucifixion', soldier with helmet (on altered helmet)</i>	nero <i>black</i>	alterato <i>altered</i>	Ca, Sn, Fe, S
'Crocefissione', aureola di Cristo <i>'Crucifixion', Christ's halo</i>	oro <i>gold</i>	buono <i>good</i>	Ca, Pb, Au, Fe, Cu, S
'Crocefissione', aureola di un angelo <i>'Crucifixion', halo of one of the angels</i>	oro <i>gold</i>	buono <i>good</i>	Fe, Ca, Pb, Cu, Au, S
Volta, stella <i>Vault, star</i>	oro <i>gold</i>	buono <i>good</i>	Ca, Fe, Cu, Au, Sn
Volta, aureola di Dio <i>Vault, God's halo</i>	oro <i>gold</i>	buono <i>good</i>	Pb, Ca, Fe, Cu, Au
'Gioacchino allontanato dal Tempio', aureola di Gioacchino <i>'Joachim sent away from the Temple', halo of Joachim</i>	oro <i>gold</i>	buono <i>good</i>	Pb, Fe, Ca, Au, Cu, S
'Gioacchino tra i pastori', aureola di Gioacchino <i>'Joachim amongst the shepherds', halo of Joachim</i>	oro <i>gold</i>	buono <i>good</i>	Pb, Fe, Ca, Au, Cu, S
'Incontro di Gioacchino ed Anna alla Porta Aurea', decorazione della porta <i>'Meeting of Joachim and Anna at the Golden Gate', decoration of the door</i>	nero <i>black</i>	alterato <i>altered</i>	Ca, Sn, Fe
Controfacciata, lato sin, aureola di un Beato <i>Inner wall of façade, left side, halo of a blessed soul</i>	oro <i>gold</i>	buono <i>good</i>	Pb, Ca, Fe, Au, Cu, S

segue Tabella 2

continua Tabella 2 – Analisi EDXRFS: risultati
Table 2 – Results of EDXRFS analyses

Punto di misura <i>Measurement point</i>	Aspetto <i>Aspect</i>	Stato di conservazione <i>State of conservation</i>	EDXRFS <i>EDXRFS</i>
Controfacciata, lato sinistro, aureola di un Beato <i>Inner wall of façade, left side, halo of a blessed soul</i>	nero <i>black</i>	alterato <i>altered</i>	Sn, Pb, Ca, Cu, Fe
'Ascensione', raggi del Cristo <i>Ascension', rays from Christ</i>	grigio <i>grey</i>	alterato <i>altered</i>	Ca, Sn, Fe
'Pentecoste', aureola di S. Tommaso <i>Pentecost', halo of St. Thomas</i>	oro <i>gold</i>	buono <i>good</i>	Fe, Ca, Pb, Au, Cu, S
'Cristo davanti a Caifa', fiamma <i>Christ before Caiaphas', flame</i>	nero <i>black</i>	alterato <i>altered</i>	Ca, Sn, Fe, Pb, Cu, S
'Lavanda dei piedi', aureola di S. Andrea <i>Washing of feet', halo of St. Andrew</i>	nero <i>black</i>	alterato <i>altered</i>	Fe, Pb, Ca, Cu, Au, S
'Lavanda dei piedi', bacinella <i>Washing of feet', basin</i>	nero <i>black</i>	alterato <i>altered</i>	Ca, Sn, Fe
'Ultima Cena', aureola di Giacomo il Minore <i>Last Supper', halo of James the Younger</i>	nero <i>black</i>	alterato <i>altered</i>	Pb, Fe, Ca, Cu, Au
'Ultima Cena', decoro su manto bianco di Bartolomeo <i>Last Supper', decoration on Bartholomew's white cloak</i>	nero <i>black</i>	alterato <i>altered</i>	Ca, Fe, Pb, Cu, S
'Ultima Cena', decoro su manto bianco di Bartolomeo <i>Last Supper', decoration on Bartholomew's white cloak</i>	oro <i>gold</i>	buono <i>good</i>	Ca, Fe, Pb, Au, Cu
'Battesimo di Cristo', aureola di Cristo <i>Baptism of Christ', halo of Christ</i>	oro <i>gold</i>	buono <i>good</i>	Pb, Au, Fe, Ca, Cu, S
'Battesimo di Cristo', aureola di S. Andrea <i>Baptism of Christ', halo of St. Andrew</i>	oro <i>gold</i>	buono <i>good</i>	Fe, Pb, Au, Ca, Cu, S
'Visitazione', cornice in alto, decorazione quadrata <i>Mary visits Elisabeth', upper frame, square decoration</i>	nero <i>black</i>	alterato <i>altered</i>	Ca, Fe, Sn

Tabella 3 – Analisi EDXRFS, XRD, SEM-EDS: risultati
Table 3 – Results of EDXRFS, XRD, SEM-EDS analyses

Campione <i>Sample</i>	EDXRFS <i>EDXRFS</i>	XRD <i>XRD</i>	SEM-EDS* <i>SEM-EDS*</i>
1L		romarchite, cassiterite <i>romarchite, cassiterite</i>	
2L	Pb, Au, Ca, Fe, Cu		
3L	Ca, Sn, Fe, Au, Cu, S		
4L	Ca, Pb, Sn, Fe, S	romarchite <i>romarchite</i>	
5L		romarchite, minio, cassiterite, azzurrite <i>romarchite, minium, cassiterite, azurite</i>	
6L			Ag, Au, Pb, Fe, Cu, S
7L	Pb, Fe, Cu, Au, Ca, S	idrocossite, minio, calcite <i>hydrocerussite, minium, calcite</i>	
8L	Pb, Au, Fe, Cu, Ca, S		

segue Tabella 3

continua Tabella 3 – Analisi EDXRFS, XRD, SEM-EDS: risultati
 Table 3 – Results of EDXRFS, XRD, SEM-EDS analyses

Campione Sample	EDXRFS EDXRFS	XRD XRD	SEM-EDS* SEM-EDS*
9L	Cu, Pb, Ca, Fe, S		Ag, Au, Pb, S, Fe
10L	Pb, Fe, Ca, Cu, S, Mn		Ag, Au, Pb, S, Cu
11L		romarchite, cassiterite, gesso <i>romarchite, cassiterite, gypsum</i>	
12L	Fe, Pb, Au, Ca, Cu, S	idrocerussite, minio, oro <i>hydrocerussite, minium, gold</i>	
14L	Pb, Fe, Cu, S		Ag, Au, Pb, S
15L	Fe, Pb, Ca, Cu, Au, S		Ag, Au, Pb, S
16L	Pb, Ca, Fe, Cu, Au, S		Ag, Au, Pb, S
17L		idrocerussite, minio, calcite, oro <i>hydrocerussite, minium, calcite, gold</i>	Ag, Au, Pb, S
18L	Ca, Pb, Fe, Au, Cu, S		Au, Pb, Fe
19L	Ca, Pb, Fe, S, Au, Cu		Ag, Au, Pb, Ti
20L			Cu, Au, Pb
21L			Au, Pb, Si, Ca, Fe, Cu
22L	Ca, Fe, Cu, Au, Sn		Au, Sn, Cu
32L			Ag, Au, Pb
33L			Al, Au, K, P, Ca, S
36L			Au, Pb, Fe, Si
39L			Ag, Au, Pb
45L		calcite, romarchite, quarzo <i>calcite, romarchite, quartz</i>	
46L		romarchite, quarzo, gesso, weddellite <i>romarchite, quartz, gypsum, weddellite</i>	

Tabella 4 – Microanalisi mediante EDS e EPMA (% in peso degli elementi)
 Table 4 – Micro-analyses by EDS and EPMA (% of elements by weight)

Campione Sample	Aspetto Aspect	Tecnica analitica Analytical technique	oro gold	argento silver	zolfo sulphur
39L	nero <i>black</i>	EPMA - 20 kV	7 ± 4	71 ± 2	22 ± 4
39L	meno alterato <i>less altered</i>	EPMA - 20 kV	70 ± 10	20 ± 9	13 ± 3
39L	nero <i>black</i>	EPMA - 10 kV	17 ± 15	65 ± 10	25 ± 8
14L	nero <i>black</i>	EPMA- 20 kV	20 ± 10	60 ± 15	20 ± 5
14L	nero <i>black</i>	EDS - 20 kV	10 ± 3	75 ± 5	13 ± 2
32L	meno alterato <i>less altered</i>	EPMA - 20 kV	68 ± 22	20 ± 8	12 ± 8

*Si riportano solo gli elementi per i quali è stata effettuata anche la mappa a raggi X

*The table shows only the elements for which X-ray mapping was carried out

Tabella 5 – Spessori delle lamine espressi in micron
Table 5 – Thickness of the laminas in microns

Campione <i>Sample</i>	oro <i>gold</i>	oro/argento <i>gold/silver</i>	oro/stagno <i>gold/tin</i>	
21L	1,2*			aureola <i>halo</i>
18L	1,2*			decorazione <i>decoration</i>
33L	1,8*			aureola <i>halo</i>
20L	1,2*			aureola <i>halo</i>
36L	1,2*			decorazione <i>decoration</i>
22L			1,8/18*	raggio di una stella <i>ray of a star</i>
3L			?/20**	aureola <i>halo</i>
41L			?/15**	decorazione <i>decoration</i>
47L			?/15**	stella <i>star</i>
17L		1,2*		decorazione <i>decoration</i>
19L		<1*		decorazione <i>decoration</i>
16L		3,7*		aureola <i>halo</i>
10L		1,8-2*		aureola <i>halo</i>
9L		<1*		aureola sotto strato di biacca <i>halo under white lead layer</i>
15L		3,7*		aureola <i>halo</i>
6L		~1*		aureola <i>halo</i>
32L		1,2*		decorazione <i>decoration</i>
39L		2,5*		aureola <i>halo</i>
14L		3,0est* 1,2int* 3,0outer* 1,2inner*		aureola (doppia lamina) <i>halo (double lamina)</i>

* spessore determinato al SEM

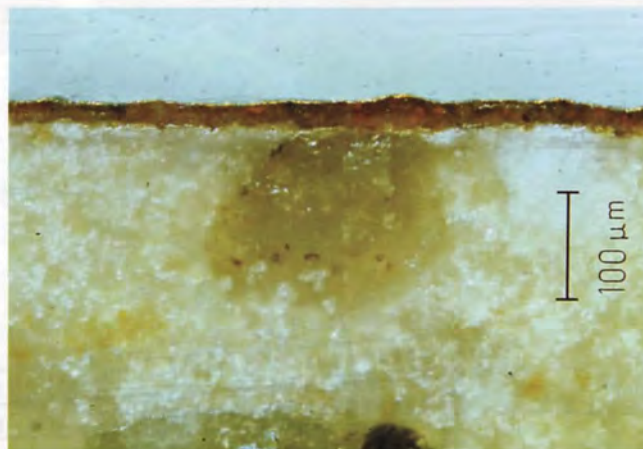
* *thickness measured by SEM*

** spessore determinato al microscopio ottico

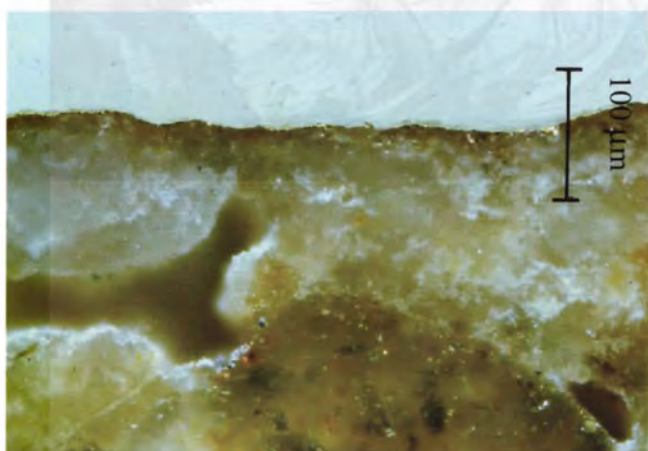
** *thickness measured by optical microscope*



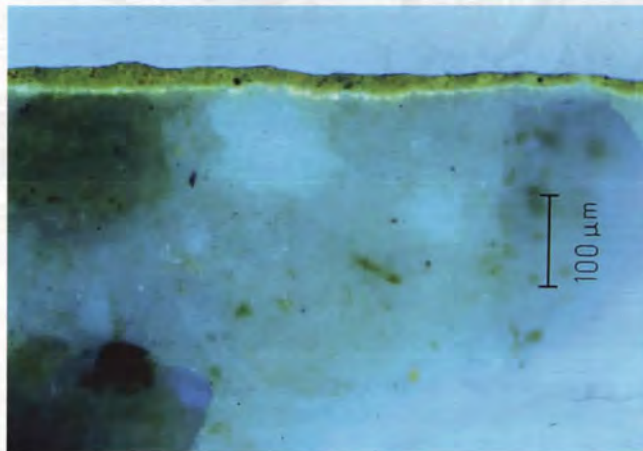
1 – GIUDIZIO UNIVERSALE, AUREOLA D'ORO (CAMPIONE 2L)
Last Judgement, gold leaf on halo (sample 2L)



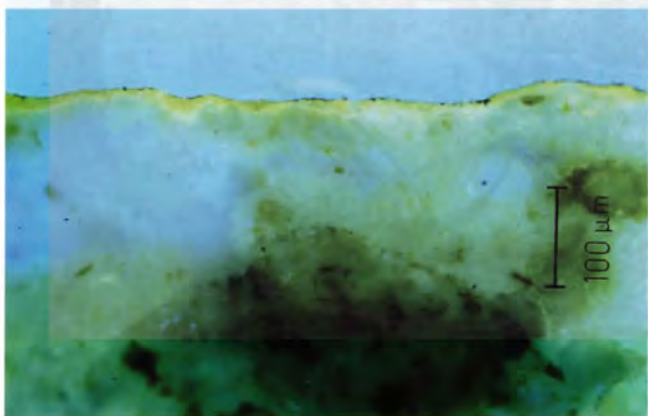
2 – CAMPIONE 12L, SEZIONE STRATIGRAFICA OSSERVATA IN LUCE RIFLESSA
Sample 12L, cross-section observed under reflected light



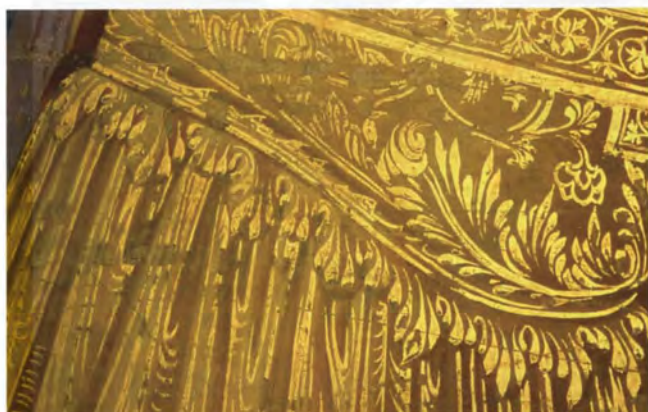
1a – CAMPIONE 2L, SEZIONE STRATIGRAFICA OSSERVATA IN LUCE RIFLESSA
Sample 2L, cross-section observed under reflected light



2a – STESSO CAMPIONE OSSERVATO IN LUCE ULTRAVIOLETTA
Same sample, observed under ultraviolet light

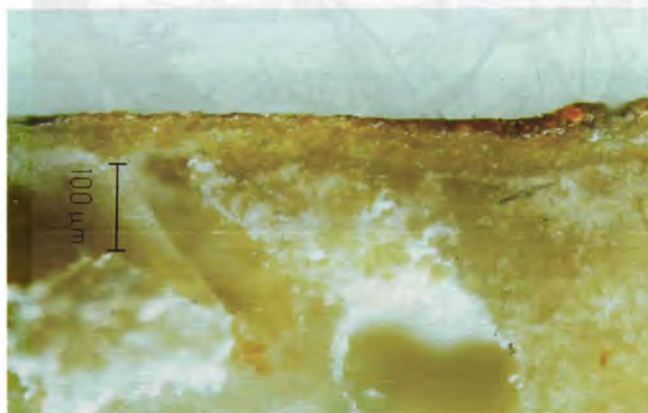


1b – STESSO CAMPIONE OSSERVATO IN LUCE ULTRAVIOLETTA
Same sample, observed under ultraviolet light



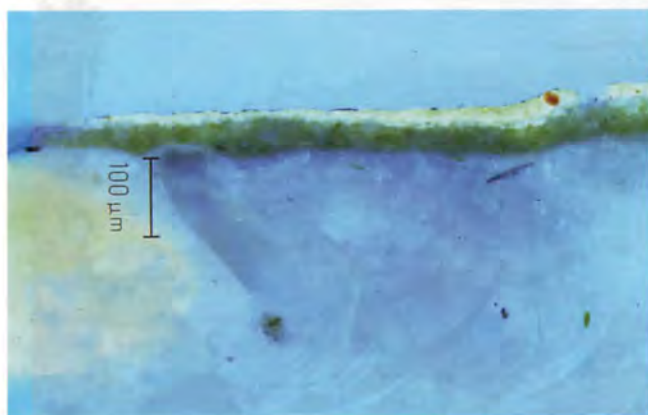
3 – CROCEFISSIONE, DECORO SU VESTE DI UN SOLDATO (CAMPIONE 36L)

Crucifixion, decoration on soldier's clothing (sample 36L)



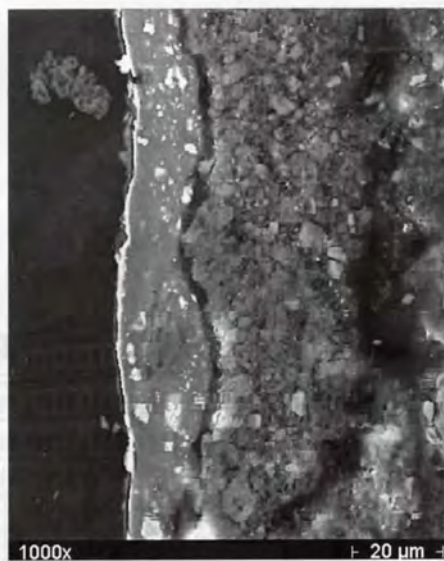
3a – CAMPIONE 36L, SEZIONE STRATIGRAFICA OSSERVATA IN LUCE RIFLESSA

Sample 36L, cross-section observed under reflected light



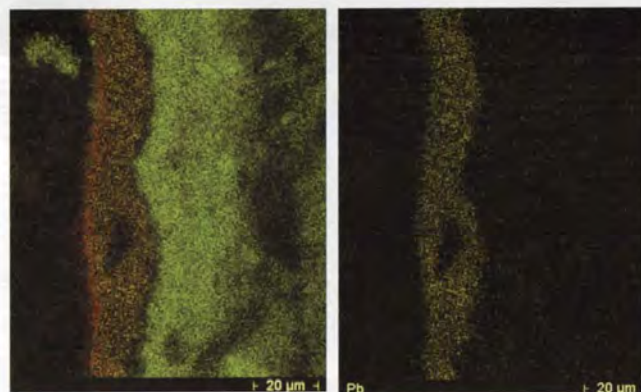
3b – STESSO CAMPIONE OSSERVATO IN LUCE ULTRAVIOLETTA

Same sample, observed under ultraviolet light

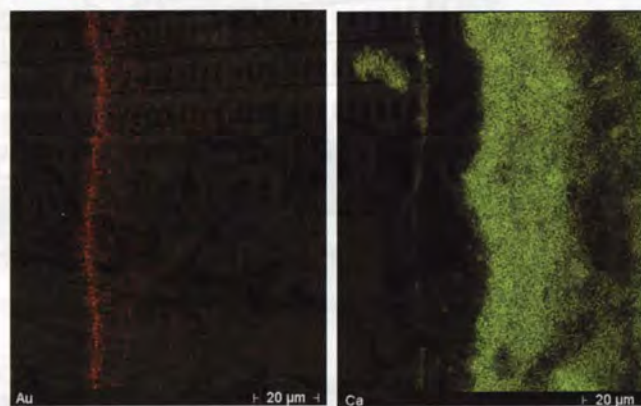


3c – FOTO AL SEM DEL CAMPIONE 36L, 1000X

SEM photo of sample 36L (1000x)

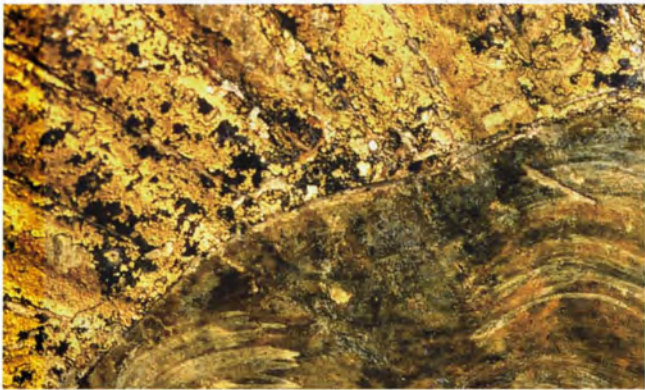


Pb Au Ca



3d – MAPPE A RAGGI X DEL CAMPIONE 36L PER PIOMBO (Pb), ORO (Au), CALCIO (Ca) E LORO SOVRAPPOSIZIONE

X-ray mapping of sample 36L for lead (Pb), gold (Au), calcium (Ca) and their overlapping



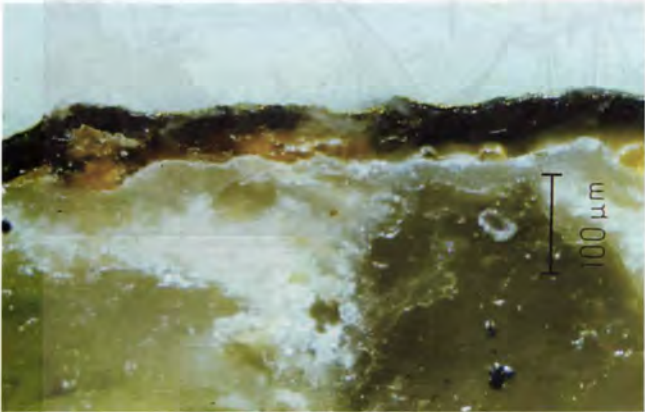
4 – GIUDIZIO UNIVERSALE, AUREOLA DI STAGNO DORATO (CAMPIONE 3L)

Last Judgement, gilded tin of an halo (sample 3L)



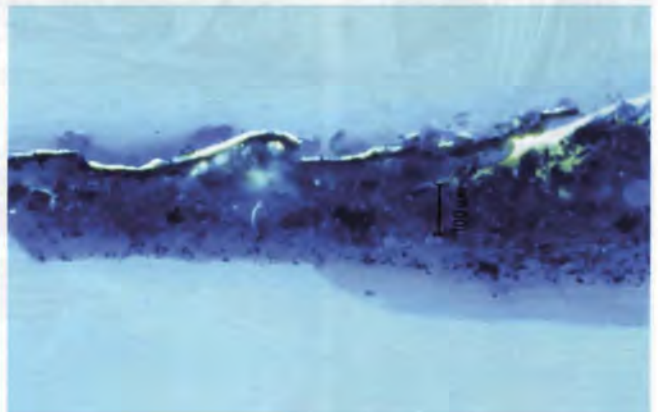
5 – CAMPIONE 22L, SEZIONE STRATIGRAFICA OSSERVATA IN LUCE RIFLESSA

Sample 22L, cross-section observed under reflected light



4a – CAMPIONE 3L, SEZIONE STRATIGRAFICA OSSERVATA IN LUCE RIFLESSA

Sample 3L, cross-section observed under reflected light

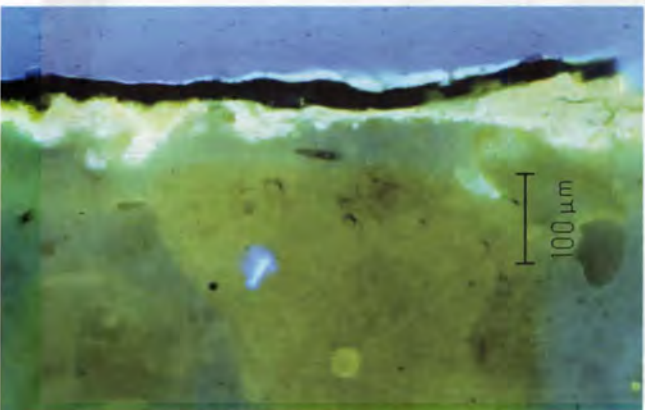


5a – STESSO CAMPIONE, OSSERVATO IN LUCE ULTRAVIOLETTA

Same sample, observed under ultraviolet light

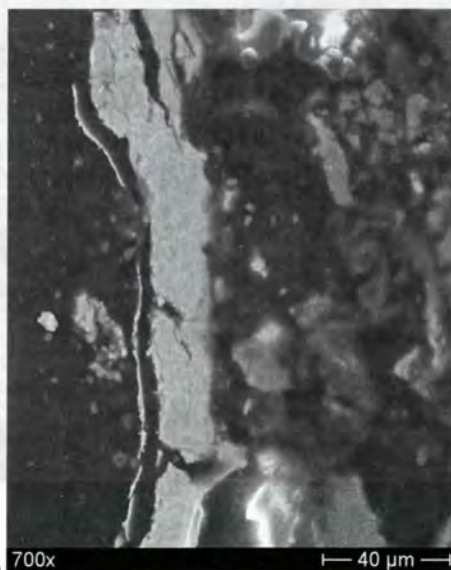
4b – STESSO CAMPIONE, OSSERVATO IN LUCE ULTRAVIOLETTA

Same sample, observed under ultraviolet light



5b – FOTO AL SEM DEL CAMPIONE 22L, 700x

SEM photo of sample 22L (700x)

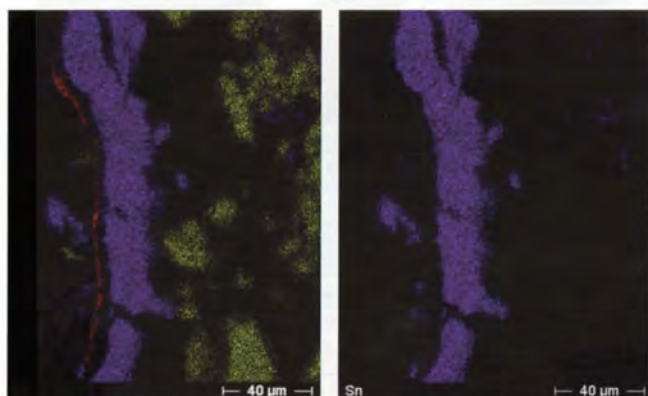


700x

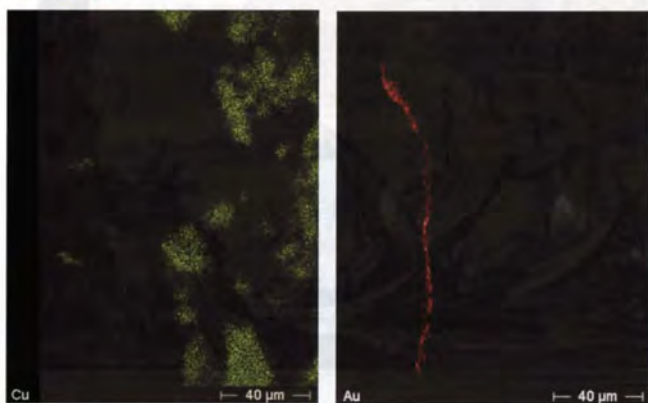
40 µm

4b

5b



Sn Cu Au

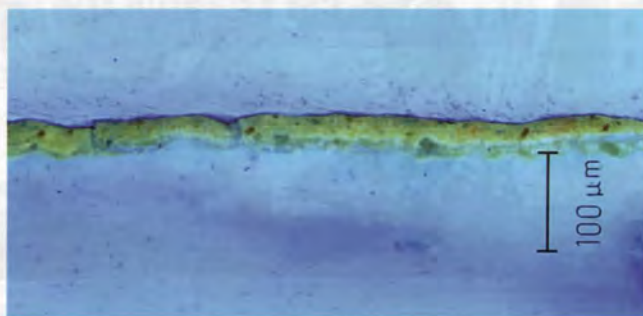


5c – MAPPE A RAGGI X DEL CAMPIONE 22L PER STAGNO (SN), RAME (CU), ORO (AU) E LORO SOVRAPPOSIZIONE
X-ray mapping of sample 22L for tin (Sn), copper (Cu), gold (Au) and their overlapping



6 – CAMPIONE 19L, SEZIONE STRATIGRAFICA OSSERVATA IN LUCE RIFLESSA

Sample 19L, cross-section observed under reflected light



6a – STESSO CAMPIONE OSSERVATO IN LUCE ULTRAVIOLETTA

Same sample, observed under ultraviolet light

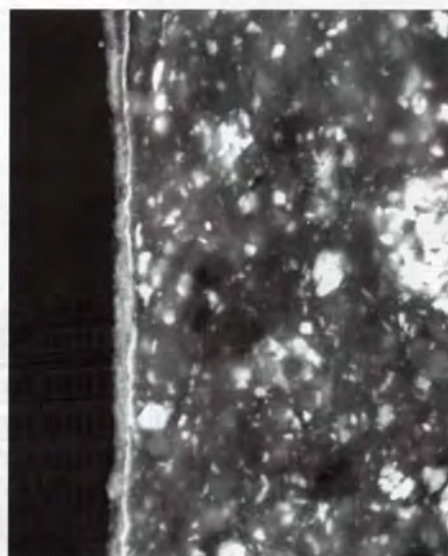


7 – ULTIMA CENA, AUREOLE ANNERITE

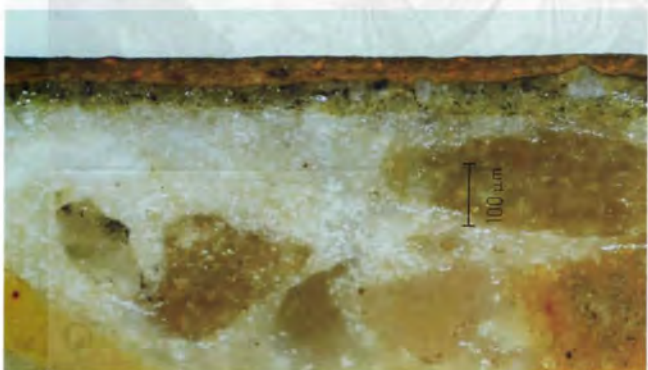
Last Supper, blackened haloes



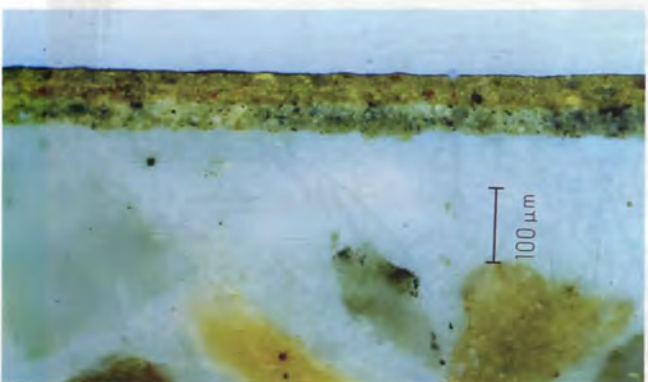
7a – GIUDA TADDEO, AUREOLA ANNERITA (CAMPIONE 6L)
Judas Tadeus, blackened halo (sample 6L)



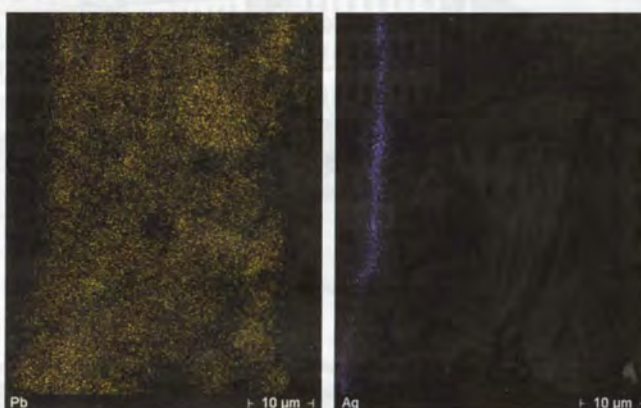
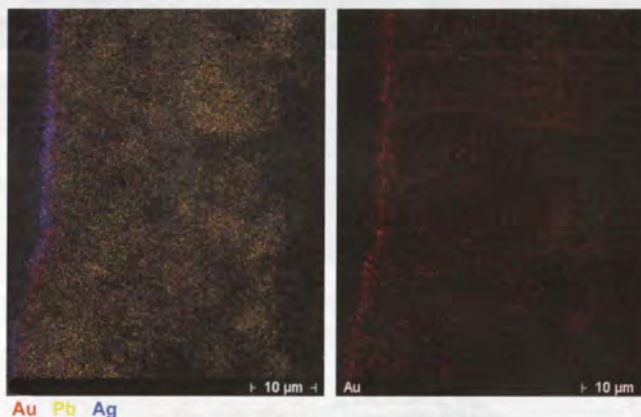
7d – FOTO AL SEM DEL CAMPIONE 6L, 2000X
SEM photo of sample 6L (2000x)



7b – CAMPIONE 6L, SEZIONE STRATIGRAFICA OSSERVATA IN LUCE RIFLESSA
Sample 6L, cross-section observed under reflected light



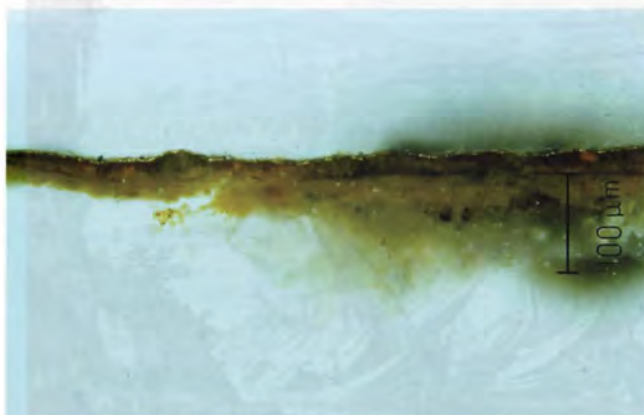
7c – STESSO CAMPIONE OSSERVATO IN LUCE ULTRAVIOLETTA
Same sample, observed under ultraviolet light



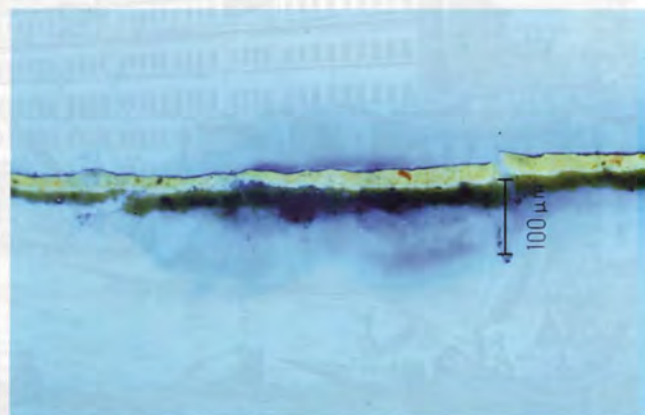
7e – MAPPE A RAGGI X DEL CAMPIONE 6L PER ORO (AU), PIOMBO (PB), ARGENTO (AG) E LORO SOVRAPPOSIZIONE
X-ray mapping of sample 6L for gold (Au), lead (Pb), silver (Ag) and their overlapping



8 – NOLI ME TANGERE, DECORAZIONI ANNERITE DELLE VESTI DEI SOLDATI (CAMPIONE 32L)
Noli me tangere, blackened decoration on soldiers' clothing (sample 32L)



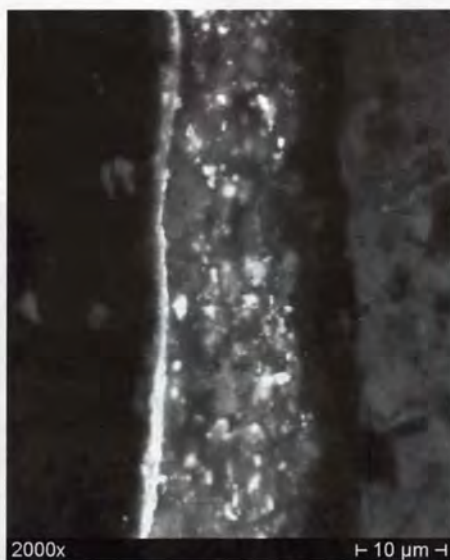
8a – CAMPIONE 32L, SEZIONE STRATIGRAFICA OSSERVATA IN LUCE RIFLESSA
Sample 32L, cross-section observed under reflected light



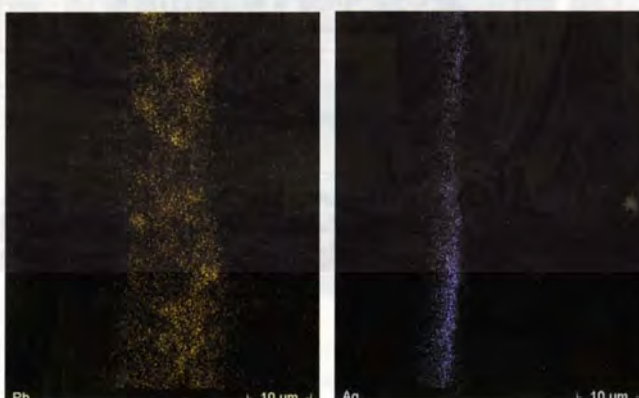
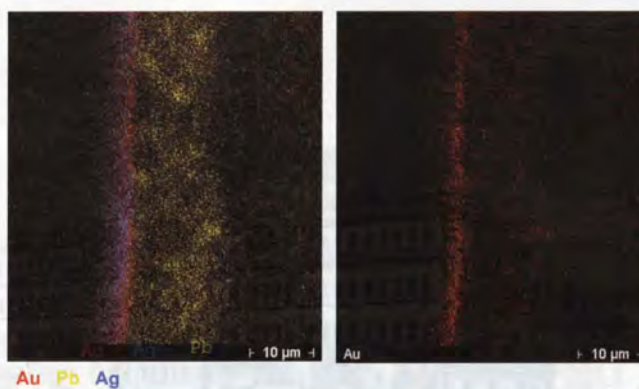
8b – STESSO CAMPIONE OSSERVATO IN LUCE ULTRAVIOLETTA
Same sample, observed under ultraviolet light



9 – ASCENSIONE, DECORAZIONI ANNERITE DELLE VESTI DEGLI ANGELI (CAMPIONE 17L)
Ascension, blackened decoration on angels' clothing (sample 17L)



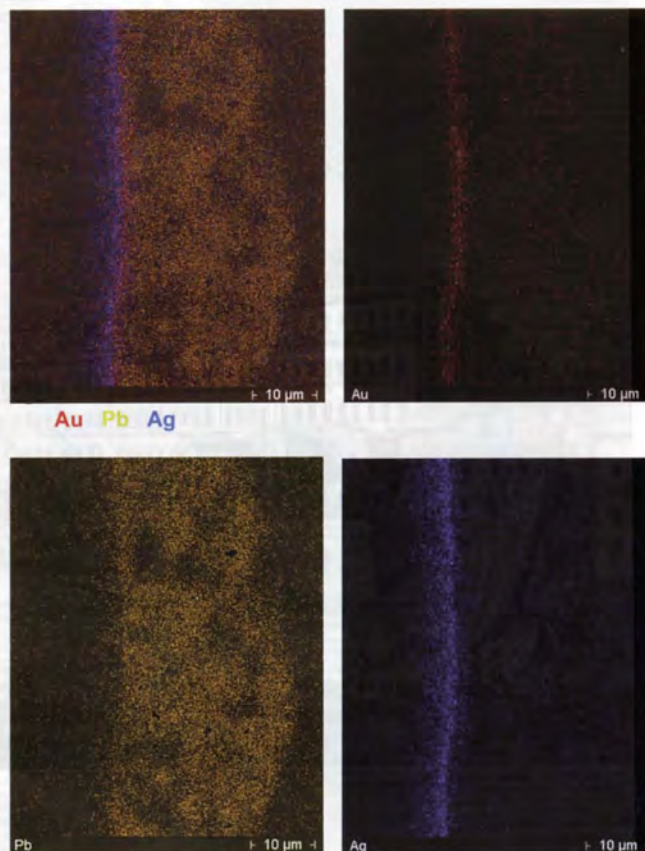
9a – FOTO AL SEM DEL CAMPIONE 17L, 2000X
SEM photo of sample 17L (2000x)



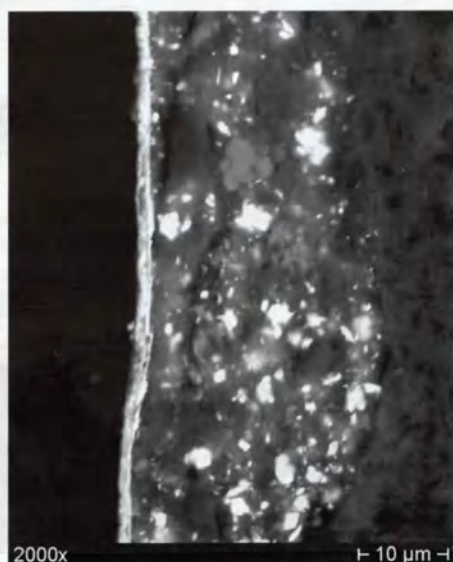
9b – MAPPE A RAGGI X DEL CAMPIONE 17L PER ORO (AU), PIOMBO (PB), ARGENTO (AG) E LORO SOVRAPPOSIZIONE
X-ray mapping of sample 17L for gold (Au), lead (Pb), silver (Ag) and their overlapping



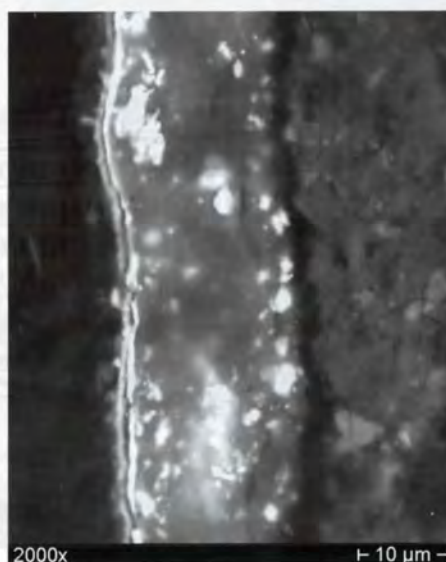
10 – SAN GREGORIO, AUREOLA ANNERITA (CAMPIONE 10L)
Saint Gregory, blackened halo (sample 10L)



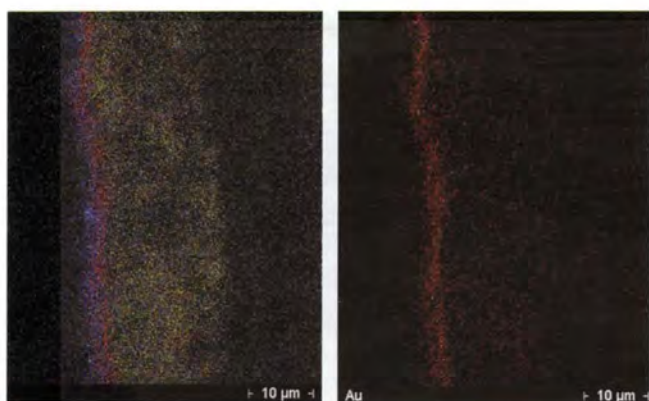
10b – MAPPE A RAGGI X DEL CAMPIONE 10L PER ORO (AU),
PIOMBO (PB), ARGENTO (AG) E LORO SOVRAPPOSIZIONE
X-ray mapping of sample 10L for gold (Au), lead (Pb), silver (Ag) and their overlapping



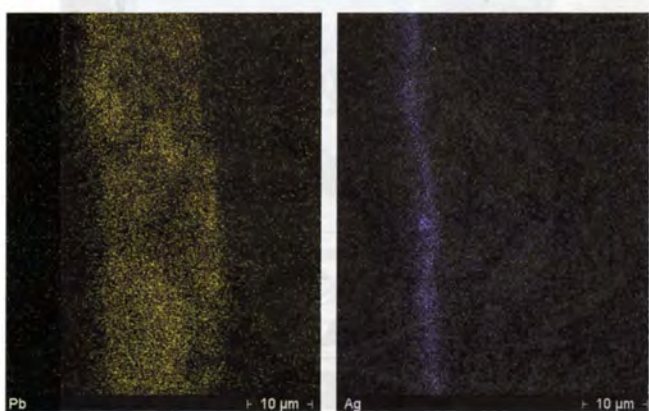
10a – FOTO AL SEM DEL CAMPIONE 10L, 2000X
SEM photo of sample 10L (2000x)



11 – FOTO AL SEM DEL CAMPIONE 32L, 2000X
SEM photo of sample 32L (2000x)



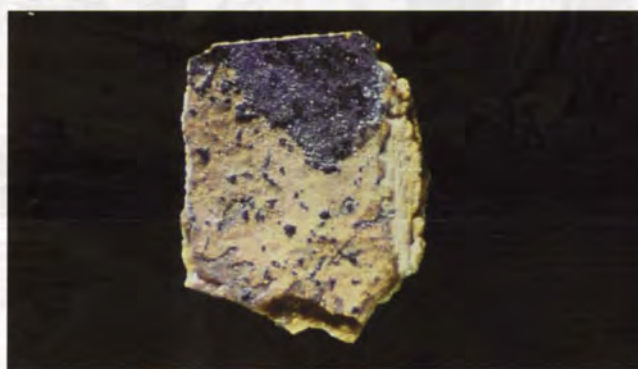
Au Pb Ag



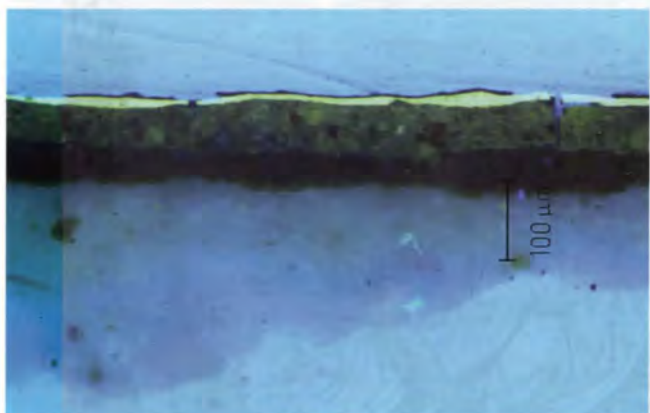
11a – MAPPE A RAGGI X DEL CAMPIONE 32L PER ORO (Au), PIOMBO (Pb), ARGENTO (Ag) E LORO SOVRAPPOSIZIONE
X-ray mapping of sample 32L for gold (Au), lead (Pb), silver (Ag) and their overlapping



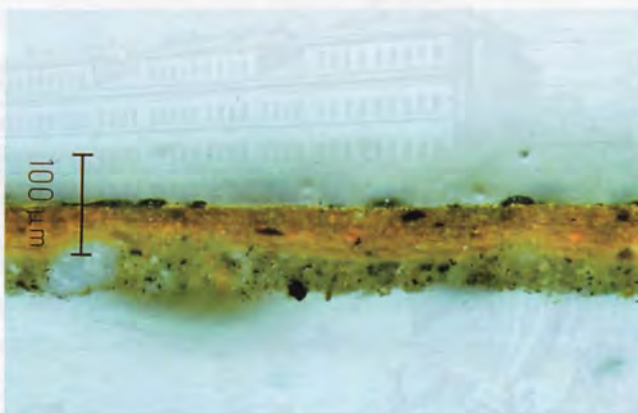
13 – ULTIMA CENA, AUREOLA ANNERITA DI SAN TOMMASO (CAMPIONE 39L)
Last Supper, blackened halo of St. Thomas (sample 39L)



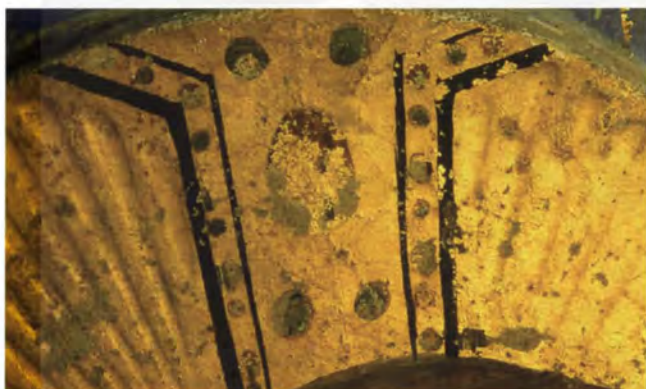
13a – CAMPIONE 39L OSSERVATO AL MICROSCOPIO OTTICO TAL QUALE
Sample 39L not embedded observed under optical microscope



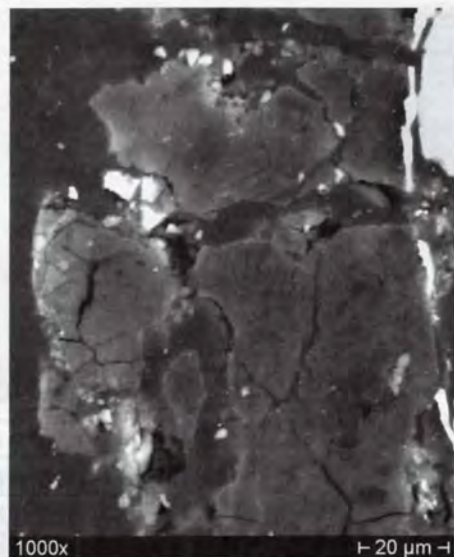
12 – CAMPIONE 14L, SEZIONE STRATIGRAFICA OSSERVATA IN LUCE ULTRAVIOLETTA
Sample 14L, cross-section observed under ultraviolet light



13b – CAMPIONE 39L, SEZIONE STRATIGRAFICA OSSERVATA IN LUCE RIFLESSA
Sample 39L, cross-section observed under reflected light



14 – BATTESIMO DI CRISTO, DECORAZIONI SU AUREOLA
Baptism of Christ, decorations on an halo



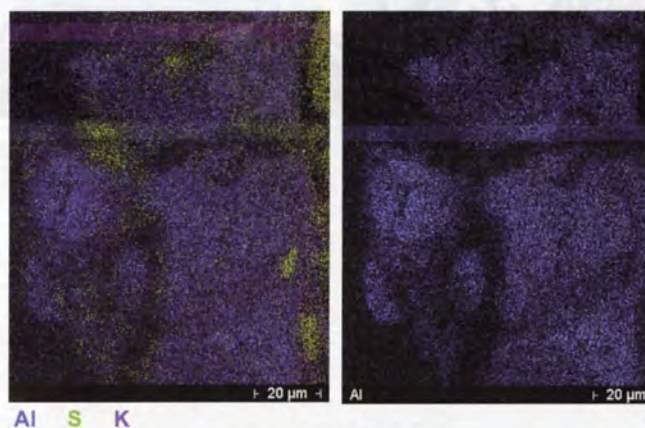
14c – FOTO AL SEM DEL CAMPIONE 33L, 1000x
SEM photo of sample 33L (1000x)



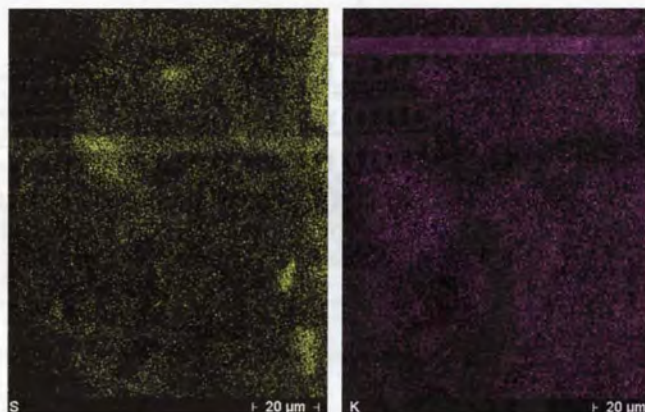
14a – CAMPIONE 20L, SEZIONE STRATIGRAFICA OSSERVATA IN
LUCE RIFLESSA
Sample 20L, cross-section observed under reflected light



14b – CAMPIONE 33L, SEZIONE STRATIGRAFICA OSSERVATA IN
LUCE RIFLESSA
Sample 33L, cross-section observed under reflected light



Al S K



14d – MAPPE A RAGGI X DEL CAMPIONE 33L PER ALLUMINIO
(Al), ZOLFO (S), POTASSIO (K) E LORO SOVRAPPOSIZIONI
X-ray mapping of sample 33L for aluminium (Al), sulphur (S), potassium (K) and their overlapping



15 – CROCEFISSIONE, SOLDATO CON AUREOLA ED ELMO ALTERATO
Crucifixion, soldier with halo and altered helmet



16 – NOZZE DI CANA, BICCHIERE IN STAGNO ALTERATO
Wedding feast at Cana, tin glass in altered state



NOZZE DI CANA – ESEMPI DI ALTERAZIONE DELLA LAMINA DI STAGNO
Wedding feast at Cana – Examples of altered tin



NATIVITÀ DELLA VERGINE – DA RILEVARE IL DIVERSO ESITO DI DUE DIVERSE LAMINE METALLICHE: A FOGLIA D'ORO L'AUREOLA DI MARIA BAMBINA, IN LAMINA DI STAGNO IL CRATERE

Birth of the Virgin – Note the result of two different metal leaves: in gold leaf for Child Mary's halo, in tin leaf for the large bowl

LUCIA TRAVAINI

MONETE, BATTILORO E PITTORI.
L'USO DELL'ORO NELLA PITTURA MURALE E I DATI
DELLA CAPPELLA DEGLI SCROVEGNI

*Coins, gold-beaters and painters.
How gold was used in wall paintings: some examples
from the Scrovegni Chapel*

Le dorature in pittura sono ricordate in trattati fin dall'antichità, a partire da Plinio, e in numerose fonti medievali, seppur con speciale riferimento a pittura su tavola; le "ricette" descritte dalle fonti sono state verificate attraverso accurate indagini scientifiche.¹⁾ La doratura permetteva di impreziosire ornamenti e dettagli, come corone, aureole e stelle, e dar rilievo a personaggi o inquadrature, e fino al Trecento i fondi di tavole erano spesso dorati interamente.

Per la doratura su dipinti murali le informazioni delle fonti sono più rare ed altrettanto può dirsi delle indagini scientifiche: per tale motivo lo studio delle dorature della Cappella Scrovegni costituisce un importante documento in questo campo di studi.

Il restauro della Cappella Scrovegni ha consentito l'analisi metallografica di dorature in diversi campioni, sui quali è stata rilevata l'utilizzazione di quattro tipi di lamine metalliche: oro, oro su stagno, stagno, oro/argento.²⁾ Nelle lamine d'oro, l'oro è risultato sostanzialmente puro; anche lo spessore rilevato è risultato altamente omogeneo, tra 1,2 e 1,8 micron. L'omogeneità degli spessori, e la presenza di uno strato preparatorio lascia supporre l'utilizzo di foglie d'oro, e di queste appunto si tratterà in queste pagine.

Nel trattato *De diversis artibus* di Teofilo 'presbiter' (XII secolo) un capitolo è dedicato alla preparazione della foglia d'oro ('petula auri'): «... prendi dell'oro puro e battilo con un martello...e taglialo in pezzi quadrangolari di grandezza di due dita ...», e si continua spiegando un procedimento complesso secondo cui i fogli così realizzati si disponevano uno sull'altro separati da pergamena, per ribatterli ancora realizzando fogli ancora più sottili, larghi circa il doppio.³⁾

Teofilo non dice la fonte dell'oro, ma *Il libro dell'arte* di Cennino Cennini, scritto alla fine del Trecento, al capitolo 139, parla esplicitamente del 'ducato', il ducato d'oro della zecca di Venezia: «... Sappi che l'oro che si mette in piani non se ne vorrebbe trarre

The use of gilding in painting is recorded in treatises dating back to antiquity, starting with Pliny, as well as in many medieval sources, though often with special reference to panel painting; the "recipes" described in the sources have been verified by careful scientific investigation.¹⁾ Gilding was used to embellish ornaments and details, such as crowns, haloes and stars, and to give depth to figures or frames; even whole background panels were often completely gilded (up to the 14th century).

As for gilding on wall paintings, information from sources is more rare and scientific investigation is lacking; for this reason, the study of the gilding in the Scrovegni Chapel represents an important contribution to research in this field.

The restoration of the Scrovegni Chapel has made it possible to analyse the metal content of the gilding on a significant number of samples made up of four types of metal: gold, gilded tin, tin, gold/silver.²⁾ The gold is practically pure, and the thickness is very much the same, ranging from 1.2 to 1.8 microns. The homogeneity of thickness, as well as the presence of a preparatory layer, leads to the conclusion that gold leaf was used, as will be discussed below.

*In the treatise entitled *De diversis artibus* by Theophilus presbiter (12th century), one chapter is devoted to making gold leaf (petula auri): «... take some pure gold and beat it with a hammer ... then cut it into squares two fingers wide ...». He goes on to explain the complicated process by which these pieces are then laid one on top of the other, separated by vellum, then hammered again to produce even thinner sheets, about twice the size of the original pieces.³⁾*

*Theophilus doesn't mention the source of the gold, but the well-known work *Il libro dell'arte* by Cennino Cennini, written in the late 14th century, in chapter 139, refers clearly to the 'ducato', the gold ducat from the Venetian mint: «... The gold to be worked should be produced at no more than one hundred sheets from one ducat coin, where*

dal ducato altro che cento pezzi, dove se ne trae cento quarantacinque ...»⁴⁾ Si parlerà ancora di questa frase, a proposito degli spessori delle foglie d'oro, ma per ora si vuole sottolineare che, alla base del procedimento, la materia prima per realizzare le foglie d'oro era costituita ormai dalle monete d'oro puro, in circolazione dalla seconda metà del Duecento.

Cennini, pur essendo nato a Colle Val d'Elsa, fu a lungo attivo a Padova, dove compose il suo trattato, e dove certamente usò ducati di Venezia più spesso che fiorini di Firenze. Sia i ducati che i fiorini erano comunque di oro puro.

Nell'Europa carolingia, dalla fine dell'VIII secolo, non si produssero monete d'oro, a parte rare eccezioni; continuavano a batterne l'Impero bizantino e i paesi islamici; in Sicilia e in Italia meridionale l'oro continuò ad essere prodotto in tutto il medioevo. Le prime monete d'oro dell'Europa occidentale furono il genovino d'oro e il fiorino d'oro, entrambe battute a partire dal 1252, di oro puro e del peso di circa g. 3,5; altre zecche seguirono l'esempio, e nel 1284 il Maggior Consiglio di Venezia ordinò che si facesse battere una moneta d'oro, il ducato, che avesse la stessa qualità dell'oro del fiorino, o anche meglio («tam bona et fina per aurum vel melior ut est florenus»).

Perché si usava oro puro e non oro in lega? L'oro puro non solo ha altissime qualità di lucentezza e incorruttibilità, ma è malleabile e duttile e quindi consente di realizzare proprio quelle foglie sottili necessarie a dorare le superfici pittoriche. La sua malleabilità e duttilità inoltre consentono di ottenere spessori molto sottili e tali da minimizzare i costi, che pure restavano alti.

Cennini spiega bene i motivi del preferire oro puro, l'unico che non diventa nero:

cap. 95, «El modo dell'adornare in muro ad oro, o cun stagno: ... ti voglio dimostrare a che modo dèi adornare il muro con istagno dorato in bianco, e con oro fine. E nota, che sopra tutto fa' con meno ariente che puoi, perché non dura e vien negro in muro o in legno; ma più tosto perde in muro. Adopera in suo cambio innanzi dello stagno battuto, o vuogli stagnuoli. Ancora ti guarda di oro di metà, ché di subito vien negro».⁵⁾

Molti contratti dagli inizi del Trecento documentano l'esistenza di una clausola per definire la qualità delle foglie d'oro, che dovevano essere appunto di 'aurum purum', 'optimum aurum' o oro fine.⁶⁾

Il consiglio era dunque quello di usare oro puro, ma è vero che si usavano comunemente diversi tipi di doratura, per risparmiare oro, tutti documentati anche nella Cappella Scrovegni; le dorature di qualità inferiore erano applicate secondo una ben nota gerarchia basata sull'importanza delle figure, come si legge anche in Cennini:

capitolo 96, «Come dèi sempre usare di lavorare d'oro fine, e di buoni colori. In muro i più hanno per usanza adornare con stagno dorato, perché è di meno spesa. Bene ti do questo consiglio, che ti sforzi d'ador-

they make up to 145 sheets ...».⁴⁾ This quote will be mentioned again when dealing with the thickness of gold leaf, but here I wish to point out that the raw material for making gold leaf consisted of pure gold coins, in circulation from the second half of the 13th century on.

Cennini was born in Colle Val d'Elsa, but lived for many years in Padua, where he wrote his treatise, and where he certainly used Venetian ducats more often than florins from Florence. Both ducats and florins were made of pure gold.

In Carolingian Europe, from the late 8th century, gold coins were not minted, apart from rare exceptions; gold coins were issued in the Byzantine Empire and Arab countries, throughout the Middle Ages as well as in Sicily and in southern Italy. The first gold coins in western Europe were the "genovino" and the florin, both of which were minted from 1252 onwards, made of pure gold and weighing about 3.5 grams; other mints followed their example and, in 1284, the Venetian Grand Council ordered a gold coin to be minted, the ducat, with the same quality gold as the florin, or even better («tam bona et fina per aurum vel melior ut est florenus»).

Why was pure gold used and not a gold alloy? Pure gold is not only brilliant and incorruptible, but it is also malleable and ductile. It is therefore ideal for making the thin sheets required for gilding painted surfaces. Its malleability and ductility enable extremely thin sheets (or leaf) to be produced thereby reducing the cost, which was nevertheless always high.

Cennini explains the reasons for using pure gold, the only metal that does not turn black over time:

chap. 95: "Decorating walls with gold or with tin: ... here we speak of how to decorate walls with gilded tin or pure gold. You are well aware that you should use as little silver as possible because it doesn't last and turns black on walls or on wooden panels; it is also absorbed by the wall surface. Instead you should use beaten tin, or if you like, tin foil. Beware of "half gold" as it turns black immediately".⁵⁾

Written contracts dating from the early 14th century often contain clauses defining the quality of the gold leaf, which had to be 'aurum purum', 'optimum aurum', in other words, pure gold.⁶⁾

Even though it was advisable to use pure gold, it is also true that several other types of gilding were commonly used, to save on gold, all of which are illustrated in the Scrovegni Chapel; the lower quality gilding was applied following an established hierarchy based on the importance of the figures, as we can also read in Cennini:

chap. 96: "The importance of using pure gold and good colours. Most people use gilded tin on walls because it costs less. Well, my advice is that you should always try to use pure gold and good colours for decorative work, especially for the figure of the Virgin Mary ...".

Having established the reasons for preferring pure gold, especially for the main figures, it is worth examining more

nare sempre d'oro fine e di buoni colori, massimamente nella figura di Nostra Donna ...».

Determinato dunque il motivo della preferenza di oro puro, specialmente per le figure principali, è opportuno investigare più a fondo la fonte di questo oro puro, secondo Cennini consistente in monete d'oro. Le monete d'oro puro, dal momento in cui furono circolanti normalmente, erano una accessibile fonte di oro, garantito dalla zecca, e, nel caso di fiorini e ducati, si trattava di oro a 24 carati, puro. Le zecche riuscivano in genere ad ottenere paste metalliche della caratura fissata dall'autorità emittente e a mantenerne la qualità, grazie a fonditori, affinatori e saggiatori altamente specializzati, controllati da soprastanti che sorvegliavano le operazioni di lavorazione e verificavano accuratamente, a campione, le monete prodotte.⁷⁾ Molti documenti di zecca ci mostrano l'attenzione delle autorità verso questi specialisti e la necessità di avere sempre apprendisti.⁸⁾ L'organizzazione delle lavorazioni più delicate in zecca era un ricorrente problema: era necessario un controllo serrato non solo per migliorare la produzione ed evitare le perdite naturali, ad esempio per il calo nelle fusioni, ma anche per controllare il personale e il sempre presente rischio di furti; nel 1352 un garzone della fornace dell'oro della zecca di Venezia fu condannato all'impiccagione per aver sottratto particelle di oro (ma del peso totale di 180 grammi circa) pulendo la fornace.⁹⁾

Le zecche dunque controllavano e garantivano la qualità della moneta, e le monete d'oro di carati 24 e peso pieno potevano essere usate facilmente per realizzare foglie d'oro puro. Ci si può chiedere perché non si usassero oggetti di oreficeria, e la risposta è nella diversa qualità di tali oggetti, lavorati in genere con una caratura inferiore, per motivi non solo economici: un oro legato con argento e rame poteva offrire maggiore resistenza agli urti pur conservando lucentezza e duttilità. A Padova gli orafi erano tenuti almeno fin dal 1265 a lavorare l'oro allo standard 'de terinis', vale a dire il titolo aureo dei tari siciliani,¹⁰⁾ pari a 16 carati e un terzo. I tari erano monete di oro di circa 1 grammo, battute in Sicilia ad imitazione dei quarti di dinar fatimidi: i normanni ne continuarono la produzione dopo la conquista dell'isola e così fecero anche i sovrani svevi; la produzione ebbe fine solo con la riforma monetaria di Carlo I d'Angiò nel 1278.¹¹⁾ Il titolo dei tari siciliani è documentato in una fonte ufficiale della zecca del XIII secolo: 16 carati e un terzo, con il rimanente composto di tre parti di argento ed una parte di rame (68% oro, 24% argento, 8% rame); questa composizione è stata verificata grazie a numerose analisi di monete.¹²⁾

Lo standard per gli orafi padovani era fissato quindi in carati 16 e un terzo dal XIII secolo, e fu confermato anche negli statuti successivi; l'argento doveva essere invece riferito alla lega degli sterlini inglesi.¹³⁾ Uno standard basato sui tari siciliani a Padova deve certamente essere considerato in vigore almeno dalla

closely the source of this gold which, according to Cennini, was gold coins. Since gold coins were common currency in those days, they represented an easily accessible source of gold, guaranteed by the mint, and, in the case of florins and ducats, of pure 24-carat metal. The mints had to produce coins at the carat value fixed by the authorities, and they were able to maintain the quality only by employing highly skilled smelters, refiners and assayers, supervised by overseers who constantly checked every stage of the operation and who carried out extremely accurate tests on random samples of the coins produced.⁷⁾ Many documents relating to mints show the close attention given by the authorities to these activities and the skilled workers required, as well as the constant need to find new apprentices.⁸⁾

The organisation of the mint's most delicate work processes was a recurrent problem; not only was it necessary to tightly control every stage in order to improve production and avoid natural wastage (for example, weight loss during smelting), but also to keep a check on the personnel so as to guard against the ever-present risk of theft; in 1352, an apprentice smelter at the Venice mint was sentenced to be hanged for stealing particles of gold (for a total weight of around 180 grams) while cleaning the furnaces.⁹⁾

So the mints controlled and guaranteed the quality of coins, and 24-carat gold coins could easily be used to make pure gold leaf. One might ask why they didn't use gold jewellery objects, and the answer lies in the different quality of such items, generally made with lower carat metal, not only for economic reasons. Gold alloyed with silver and copper is more resistant to strains, while still retaining its brilliance and ductility. In Padua, from 1265 on, the goldsmiths were obliged to use gold of 'de terinis' standard, that is, the standard used for the gold tari coins from Sicily,¹⁰⁾ equivalent to 16 and one third carats. The tari were gold coins weighing about 1 gram, minted in Sicily on the model of the Arab quarter dinar. The Normans continued production after occupying the island, as did the later Hohenstaufen kings; production ceased in 1278 after the monetary reforms brought in by Charles I of Anjou.¹¹⁾ The standard for the Sicilian tari is recorded in an official document in the 13th century: 16 and one third carats, with the rest made up of three parts of silver and one part of copper (68% gold, 24% silver, 8% copper); this composition has been verified by analysing many coins.¹²⁾

On the one hand, then, the standard used by the goldsmiths in Padua was fixed at 16 and one third carats in the 13th century (and this was confirmed in subsequent statutes); on the other hand, the standard for silver was based on the alloy used for the English sterling coin.¹³⁾ A standard based on the Sicilian tari in Padua must have been introduced by the mid-13th century (gold coins from the Kingdom of Sicily were widely used in northern Italy as a consequence of the Lombardy campaigns waged by Frederic II of Hohenstaufen). However, this was before the introduction of the first gold coins produced by mints in central and northern Italy in 1252.

metà del Duecento, quando, prima della introduzione (1252) e diffusione delle prime monete d'oro delle zecche dell'Italia centro settentrionale, le monete d'oro del Regno di Sicilia si erano diffuse al nord, certamente anche in conseguenza delle guerre lombarde di Federico II di Svevia.

A Siena invece gli statuti degli orafi dell'anno 1361 ordinavano che si lavorasse l'oro ad «almeno dodici charà per oncia», e l'argento ad almeno dieci once per libra: i «ricercatori» dell'arte erano incaricati di ispezionare le botteghe per verificare.¹⁴⁾

Gli oggetti di oreficeria potevano avere dunque diverse provenienze e quindi leghe diverse: oro non puro, per la presenza di argento e rame, avrebbe reso necessaria la preventiva fusione e separazione dei metalli per avere oro puro: per questo dal Trecento almeno si preferì usare monete; da una moneta di oro puro e peso fisso era facile stabilire la spesa, e indicare la qualità delle foglie, in base al numero di foglie d'oro per fiorino o per ducato: da qui l'importanza dello spessore e di una misura fissa delle foglie.

A quanto pare – forse prima del Trecento – si realizzavano 100 foglie da 1 fiorino d'oro (o ducato); al tempo di Cennini se ne ottenevano già 145, e al tempo di Vasari ancora di più: Vasari riteneva infatti «bellissimo segreto ed investigazione sofisticata il trovar modo che l'oro si battesse in fogli si sottilmente»; anche Leonardo da Vinci pensò a perfezionare la procedura e disegnò un apparecchio meccanico per la battitura di foglie d'oro.¹⁵⁾

I battiloro erano una categoria altamente specializzata, indispensabile ai pittori. I battiloro non solo fornivano foglie d'oro e d'argento ai pittori, ma lavoravano oro e argento anche in fili per la tessitura di stoffe: alcuni battiloro fiorentini agli inizi del Quattrocento erano iscritti all'Arte della Seta, ma quelli più in contatto con i pittori erano iscritti all'Arte dei Medici e degli Speciali. Nella prima metà del Quattrocento a Firenze furono attivi almeno 15 battiloro.¹⁶⁾ A Venezia è documentata una corporazione dei «batti e tira oro».¹⁷⁾

La fornitura di foglie d'oro ai pittori è documentata in diversi pagamenti o contratti: nel 1421 il battiloro fiorentino Piero di Francesco fu pagato per «2000 pezzi d'oro» forniti a Lorenzo Monaco che allora eseguì la tavola dell'altare maggiore di Sant'Egidio a Firenze, e nel 1457 l'Opera del Duomo di Firenze saldò un conto con gli eredi dello stesso battiloro per lire 58 e soldi 14 per la fornitura di «1710 petiis auri et petiis 100 argenti» per il tabernacolo della Vergine Maria.¹⁸⁾ Il 23 gennaio 1472 il pittore fiorentino Alessio Baldovinetti acquistò «pezzi quattromila d'oro fine ... da un genovese cioè oro battuto a Genova».¹⁹⁾ Il termine pezzi indicava le foglie; d'oro, d'oro «di metà», o d'argento che fossero. È verosimile che il diverso corso dei cambi e il mutevole rapporto oro-argento, variabile da una piazza all'altra e in diverse stagioni, potessero rendere conveniente acquistare foglie d'oro «straniere».

In Siena, we find that the goldsmiths' statutes dated 1361 called for a gold standard of "at least twelve carats per ounce", and for silver, at least ten ounces per pound. The goldsmiths' workshops were inspected by official "lesters".¹⁴⁾

So, jewellery items could come from many different areas and be made of different alloys. To obtain pure gold, it would have been necessary to separate the silver and copper components contained in these alloys. For this reason, from at least the 14th century on, goldsmiths preferred to use gold coins; from a pure gold coin of fixed weight it was easy to establish the cost, and to indicate the quality of the gold leaf, on the basis of the number of gold leaf sheets from one florin or one ducat; hence the importance of the thickness and the fixed dimensions of the sheets.

It seems that – perhaps even before the 14th century – it was possible to obtain 100 sheets from one gold florin or ducat; in Cennini's time, this figure had already reached 145, and by the time Vasari was writing, even more. Vasari refers to "the extraordinary secret and arcane research required to find ways of beating gold into very thin sheets"; even Leonardo da Vinci attempted to improve the procedure by designing a mechanical apparatus for producing gold leaf.¹⁵⁾

Gold-beaters were highly specialised craftsmen whose services were essential for artists. Not only did they provide gold and silver leaf for artists, but they also made gold and silver thread for weaving purposes. In the early 15th century, several Florentine gold-beaters were members of the Silk Guild, while those who dealt more with painters were member of the Guild of Doctors and Herbalists. In the first half of the 15th century, there were at least fifteen officially recognised gold-beaters.¹⁶⁾ Records in Venice speak of a guild of "gold beaters and stretchers".¹⁷⁾

The supply of gold-leaf to painters is recorded in various contracts and receipts for payment: in 1421 the Florentine gold-beater Piero di Francesco was paid for "2,000 pieces of gold" supplied to Lorenzo Monaco who was making the main altarpiece for the church of Saint Egidius in Florence, and in 1457 the Cathedral Board in Florence paid the heirs of the same Piero di Francesco «58 lire and 14 soldi» for the supply of «1,710 petiis auri et petiis 100 argenti» for the tabernacle of the Virgin Mary.¹⁸⁾ On January 23, 1472, the Florentine painter Alessio Baldovinetti purchased «four thousand pieces of fine gold ... from a Genoese, that is, gold beaten in Genoa».¹⁹⁾ The term "pieces" referred to the sheets of gold, of "half gold", or of silver, as the case may be. It is very likely that different exchange rates and the fluctuating value of gold and silver, which varied from one city to another and according to the time of year, made it convenient to buy gold leaf from "foreigners", i.e. dealers from other cities.

The thickness of the gold leaf made from ducats or florins might be greater or lesser, but the sheet measure was standard.

Lo spessore delle foglie d'oro realizzate da un ducato o da un fiorino poteva essere più o meno sottile, mentre la misura era standard.

Il peso di un fiorino era di circa g. 3,53 e quello di un ducato di circa g. 3,54. Dovendo realizzare 100 foglie da una moneta (come si trova indicato in alcune fonti, e da Cennini come una quantità "antica"), ciascuna foglia pesava circa g. 0,035; la foglia d'oro puro aveva una dimensione massima di circa 7,3 cm²; con una densità dell'oro pari a 19,3g/cm³ si può calcolare uno spessore di mm 0,000325 (pari a 0,325 micron).²⁰ Nel 1371 è registrato il pagamento «per cento pezzi d'oro ... fiorini 1 d'oro» per un polittico per l'altare maggiore di San Pier Maggiore a Firenze; un campione prelevato da questo polittico, ora alla National Gallery di Londra,²¹ è stato analizzato e si è rilevato uno spessore laminare pari a mm 0,000256 (0,256 micron): un dato certamente vicino a quello calcolato secondo lo standard di 100 foglie per fiorino, ma comunque più sottile; Merzenich ha ritenuto che il pagamento del 1371 si riferisse a 100 foglie d'oro effettivamente ottenute da un fiorino d'oro, così da poterne calcolare lo spessore; se così fosse, tuttavia, trattandosi di un pagamento, non vi sarebbe alcun compenso per l'opera del battiloro. Diversa la formula usata in un contratto del 1320 per il polittico di Arezzo di Pietro Lorenzetti, dove la qualità delle foglie viene specificata in termini di 100 foglie per fiorino: «laborando in campis et spatiis ipsarum figurarum de optimo auro de C folis pro florenno».²² Forse una formula di pagamento standard di «100 pezzi per 1 fiorino» poteva nascondere i margini di guadagno del battiloro. Nel 1420 il battiloro Piero di Francesco fu pagato 8 fiorini e una lira per 1000 foglie d'oro: questo sembra indicare uno spessore certamente inferiore allo standard di 100 foglie per fiorino d'oro, ma anche qui si deve precisare un dettaglio monetario, poiché 8 fiorini e 1 lira sono moneta di conto e possono non indicare un pagamento in moneta d'oro, dato che in questi anni il sistema di conto era basato su fiorini, lire, soldi e denari: nei documenti del Trecento 'fiorino' significa in generale la moneta di conto ufficiale; e la moneta sonante è identificata diversamente.²³

A proposito di spessori, e di pagamenti, è utile un confronto con i dati relativi alla doratura delle sculture bronzee del grifo e del leone di Perugia: si conosce il pagamento fatto nel 1281 dal Massaro del Comune, pari a 24 fiorini d'oro «pro auratura grifonis et leonis»; su campioni di lamina prelevati dalle due sculture si è riscontrato uno spessore variabile da circa 0,6 a 1 micron, e, se i 24 fiorini d'oro dovessero intendersi come la materia prima per realizzare le foglie, non sarebbero bastati a realizzare la copertura delle due sculture.²⁴

È necessario quindi fare attenzione al tipo di fonte, differenziando tra pagamento o contratto, e verificare possibilmente campioni di dorature.

Lo spessore verificato per la doratura delle sculture bronzee (da 0,6 a 1 micron) e per i campioni della

The weight of a florin was about 3.53 g. and that of a ducat about 3.54 g. When making 100 sheets from one coin (as indicated in some sources, and by Cennini as an "ancient" quantity), each sheet must have weighed approximately 0.035 g; the maximum size of a pure gold sheet was about 7.3 cm²; with a gold density of 19.3 g/cm³, one can calculate a thickness of 0.000325 mm. (or 0.325 microns).²⁰ In 1371, there is record of payment for "one hundred pieces of gold... one gold florin" for a polyptych for the high altar in the church of S. Pier Maggiore in Florence; a sample taken from this work, now in the National Gallery in London,²¹ has been analysed and reveals a laminar thickness of 0.000256 mm. (0.256 microns): a figure that is certainly close to that obtained by calculation based on the standard of 100 sheets per florin, though even thinner; Merzenich maintains that the payment in 1371 referred to 100 sheets of gold-leaf actually obtained from a florin, so as to be able to calculate the thickness; however, if this were the case, and since the subject is a payment, there would be no earning for the gold-beater himself. A different formula is used in a contract dated 1320 for the polyptych in Arezzo by Pietro Lorenzetti, where the quality of the sheets is specified in terms of 100 sheets per florin: «laborando in campis et spatiis ipsarum figurarum de optimo auro de C folis pro florenno».²² Perhaps the standard formula of "100 pieces per florin" also included the earnings for the gold-beater. In 1420, the gold-beater Piero di Francesco was paid eight florins and one lira for 1,000 sheets of gold-leaf: this seems to indicate a thickness that was certainly lower than the standard of 100 sheets per gold florin, but here again one must consider monetary details, because the words "eight florins and one lira" represent an accounting term and may not indicate an actual payment in gold coins, since at that time the accounting system was based on "fiorini", "lire", "soldi" and "denari"; in 14th century documents, the word "fiorino" is used as an official accounting unit; the actual "hard cash" coin used in trade was identified by other names.²³

On the subject of thickness and payments, it is interesting to compare the figures relating to the gilding of the bronze sculptures of a griffin and a lion in Perugia. We know from records that in 1281 the City treasury paid 24 gold florins «pro auratura grifonis et leonis». Samples of the leaf taken from the two sculptures show a thickness ranging from 0.6 to 1.0 microns. If the 24 gold florins were considered as the actual raw material for making the gold-leaf, then they would not be enough to cover the two sculptures.²⁴

Therefore it is important to pay close attention to the type of source, distinguishing between payments and contracts, and where possible checking actual samples of the gilding.

The actual thickness of the gilding on the two bronze sculptures (from 0.6 to 1 micron) and of samples taken from the Scrovegni Chapel (from 1.2 to 1.8 microns) is greater than what was generally used for painted panels

Cappella Scrovegni (da 1,2 a 1,8 micron) è maggiore di quello utilizzato per le tavole dipinte del Tre e Quattrocento: il motivo era la diversa natura del supporto, che per non essere in piano aveva bisogno di foglie più spesse. Stendere oro su muro era difficile e lo stagno dorato era spesso preferito.

La larghezza delle foglie poteva essere leggermente variabile, ma era comunque regolata da norme statutarie. Nello statuto dell'Arte dei Medici e Speziali del 1396 si stabiliva che «la misura [di ogni foglia d'oro puro] è più nona parte e meno octava parte d'un braccio alla misura di Firenze», vale a dire tra cm. 7,3 e 6,5.²⁵⁾ Le foglie realizzate con 'oro di metà' erano più grandi: lo Statuto dell'Arte dei Medici e Speziali del 1396 ne stabiliva la misura tra 1/7 e 1/8 di braccio fiorentino (tra cm 8,3 e 7,3).²⁶⁾

Per concludere, tra i molteplici usi delle monete nel medioevo – usi economici più propriamente monetali, usi rituali per offerte agli altari o in tombe, usi ornamentali in oreficeria – dobbiamo ricordare anche quello delle monete per la realizzazione delle foglie d'oro. La disponibilità di monete di oro puro a peso fisso dalla metà del Duecento non fu soltanto un vantaggio per il mondo degli scambi, ma anche per il mondo dell'arte, dei pittori e battiloro.

in the 14th and 15th centuries. The reason is the different nature of the support which, not being flat, required thicker gold-leaf. Laying gold-leaf on walls was difficult, and gilded tin was often preferred.

The width of the sheets could vary slightly, but was nevertheless fixed by statutory regulations. The statute of the "Arte dei Medici e Speziali" in 1396 states that «la misura [of each pure gold sheet] è più nona parte e meno octava parte d'un braccio alla misura di Firenze», in other words, the width was between 7.3 and 6.5 cm.²⁵⁾ Sheets made with "oro di metà" (half gold) were larger; the same statute of the "Arte dei Medici e Speziali" in 1396 gave the width as between 1/7 and 1/8 of a Florentine "braccio" (between 8.3 and 7.3 cm).²⁶⁾

In conclusion, amongst the many uses of coins during the Middle Ages – economic use as currency and hard cash, ritual use as offerings on altars or in tombs, ornamental use in jewellery – we should remember that coins were also used for making sheets of gold leaf. The availability of pure gold coins of fixed weight from the mid-13th century on, was an advantage not only for the world of trade but also for the world of art, for painters, and for gold-beaters.

1) M. MATTEINI, A. MOLES, *Le tecniche di doratura nella pittura murale*, in *Le pitture murali, tecniche, problemi, conservazione*, a cura di C. DANTI, M. MATTEINI, A. MOLES, Firenze 1990, pp. 121-126.

2) Si veda in questo volume il testo di MARABELLI ET ALII. Per le dorature in stagno dorato, argento e oro di metà si veda CH. MERZENICH, *Dorature e policromie delle parti architettoniche nelle tavole d'altare toscane del Trecento e Quattrocento*, in *Kermes*, 26, maggio-agosto 1996, pp. 51-71.

3) Teofilo Monaco, *Le varie arti. De diversis artibus. Manuale di tecnica artistica medievale*, a cura di Adriano Caffaro, Salerno 2000, pp. 82-85. Si veda anche la traduzione proposta da MERZENICH, *op. cit.*, p. 55. Strumenti e procedimenti simili, pur con le ovvie innovazioni tecniche, sono utilizzati ancora oggi dai doratori, come illustrato in dettaglio nel catalogo della mostra *Art in the Making: Italian Paintings before 1400*, National Gallery, London, 29.11.1989-28.2.1990, a cura di D. BOMFORD, London 1989, pp. 21-24.

4) C. CENNINI, *Il libro dell'arte*, a cura di F. BRUNELLO, Vicenza 1993, p. 141.

5) CENNINI, *op. cit.*, p. 103: l'argento tende ad annerire per formazione di una patina di solfuro d'argento.

6) MERZENICH, p. 56.

7) Sui fonditori e i sistemi di fusione e raffinazione dei metalli alla zecca di Venezia nel medioevo si veda A. M. STAHL, *Zecca. The Mint of Venice in the Middle Ages*, John Hopkins University Press e American Numismatic Society, Baltimore, London, New York 2000, pp. 323-336.

8) Un documento della zecca di Venezia del 1400 ricorda la necessità che gli affinatori avessero apprendisti per assicurare la continuità del mestiere («el mestier de li afinadori

1) M. MATTEINI, A. MOLES, *Le tecniche di doratura nella pittura murale*, in *Le pitture murali, tecniche, problemi, conservazione*, edited by C. DANTI, M. MATTEINI, A. MOLES, Firenze 1990, pp. 121-126.

2) See the article by MARABELLI ET ALII in this volume. For gilding on tin, silver and "half gold", see CH. MERZENICH, *Dorature e policromie delle parti architettoniche nelle tavole d'altare toscane del Trecento e Quattrocento*, in *Kermes*, 26, May-August 1996, pp. 51-71.

3) Teofilo Monaco, *Le varie arti. De diversis artibus. Manuale di tecnica artistica medievale*, edit by A. CAFFARO, Salerno 2000, pp. 82-85. See also the translation by MERZENICH, *op. cit.*, p. 55. Similar tools and procedures, though with obvious technical innovations, are still used by gold-leaf makers, as illustrated in the catalogue of the exhibition *Art in the Making: Italian Paintings before 1400*, National Gallery, London, November 29, 1989-February 28, 1990, edited by D. BOMFORD, London 1989, pp. 21-24.

4) C. CENNINI, *Il libro dell'arte*, edited by F. BRUNELLO, Vicenza 1993, p. 141.

5) CENNINI, *op. cit.*, p. 103: silver tends to turn black due to the formation of a patina of silver sulphide.

6) MERZENICH, p. 56.

7) For details of smelting and refining processes during this period, see A. M. STAHL, *Zecca. The Mint of Venice in the Middle Ages*, John Hopkins University Press and the American Numismatic Society, Baltimore, London, New York 2000, pp. 323-336.

8) A document from the Venice mint in 1400 records the need for refiners to have apprentices to ensure continuity of this highly skilled job («the task of refining silver is very

del l'armento sia uno mestier molto uelle e destro al nostro Chomun e però è l'è bona chossa a tegnirillo in ordene e ch'el non vada in ruina, perchè al prexente lo è dodexe mai-stri afinadori, dei quali el ne xè quatro vechi e i altri son ben zoveni, ma lor non n'è alcun fante soto de lor che inpara lo mestier...»: *Il "Capitolat dalle Broche" della Zecca di Venezia (1358-1556)*, a cura di G. BONFIGLIO DOSIO, Padova 1984, p. 76. Per il personale di zecca nell'Italia medievale cfr. anche L. TRAVAINI, *Mint organisation in Italy between the twelfth and the fourteenth centuries: a survey*, in *Later Medieval Mints: Organisation, Administration and Techniques. The Eighth Oxford Symposium on Coinage and Monetary History*, N.J. MAYHEW, P. SPUFFORD, (British Archaeological Reports Int. Ser. 389), Oxford 1988, pp. 39-60.

9) STAHL, p. 327. Si veda anche L. TRAVAINI, *Siena, Aristotele e la spazzatura della zecca*, in *Annali dell'Istituto Italiano di Numismatica*, 46 (1999), pp. 195-201.

10) La fonte è riportata da G. VERCI, *Delle monete di Padova*, in G. A. ZANETTI, *Nuova raccolta delle monete e zecche d'Italia*, III, Bologna 1783, p. 371, citato da L. TRAVAINI, *La monetazione nell'Italia normanna*, *Nuovi Studi Storici*, 28, Istituto Storico Italiano per il Medioevo, Roma 1995, p. 88 nota 244.

11) P. GRIERSON, L. TRAVAINI, *Medieval European Coinage with a Catalogue of the coins in the Fitzwilliam Museum, Cambridge, 14, (Italy III) South Italy, Sicily, Sardinia*, Cambridge 1998, pp. 39-40, 68-69, 169 e 170; TRAVAINI, *La monetazione nell'Italia normanna*, *op. cit.*, pp. 99-152.

12) L. TRAVAINI, *The fineness of Sicilian taris and of those of Amalfi and Salerno (11th to 13th centuries)*, in *Metallurgy in Numismatics*, 4 ed. by W. A. ODDY, M. R. COWELL (Royal Numismatic Society, special publication 30, 1998), pp. 504-517.

13) G. CHIAROT, *L'arte orafa a Padova. Opere, tecniche e norme tra Medioevo e Rinascimento*, Padova 2001, p. 17 (ma dà l'oro dei tarì a 16 carati invece che 16 e 1/3).

14) G. GAYE, *Carteggio inedito d'artisti dei secoli XIV.XV.XVI.*, tomo I, 1326-1500, Firenze 1839, pp. 5, 12 e 13. Il fatto che a Siena i lavori di oreficeria fossero realizzati con oro a 12 carati, quindi metà dell'oro puro che ne aveva 24, potrebbe anche far pensare ad un confronto con l'oro "di metà", termine usato per un tipo di doratura oro-argento, utilizzata anche nella Cappella Scrovegni: l'oro di metà è citato da Cennini al capitolo 95; si veda MERZENICH, *op. cit.*, p. 58.

15) MERZENICH, *op. cit.*, p. 53, con illustrazione del disegno di Leonardo; G. VASARI, *Della Pittura*, in *Le opere di Giorgio Vasari*, con annotazioni e commenti di G. MILANESI, Firenze 1981, vol. 1, p. 194.

16) MERZENICH, *op. cit.*, p. 51 e ss., il quale cita tra l'altro A. GUIDOTTI, *Battiloro e dipintori a Firenze fra tre e Quattrocento. Bastiano di Giovanni e la sua clientela*, in *Scritti di Storia dell'arte in onore di Roberto Salvini*, 1989, pp. 239-249 e A. MASCARO, *L'arte del battiloro. Cenni storici-tecnici-statistici*, Venezia 1928.

17) CHIAROT, *op. cit.*, p. 20.

18) MERZENICH, *op. cit.*, pp. 52 e 53.

19) MERZENICH, *op. cit.*, p. 55: i battiloro genovesi potevano utilizzare i genovini, anche questi monete di oro puro.

20) MERZENICH, *op. cit.*, nota 46.

21) *Art in the Making...*, *cit.*, p. 22.

skilled and useful for our City, and it would be wise to keep it in order so that it doesn't go to ruin, because at present there are twelve master refiners of whom four are very old and the others are very young, but they don't have any apprentices under them to learn the job ...»: *Il "Capitolat dalle Broche" della Zecca di Venezia (1358-1556)*, edited by G. BONFIGLIO DOSIO, Antenore, Padova 1984, p. 76. For details of mint workers in Medieval Italy, see also L. TRAVAINI, *Mint organisation in Italy between the twelfth and the fourteenth centuries: a survey*, in *Later Medieval Mints: Organisation, Administration and Techniques. The Eighth Oxford Symposium on Coinage and Monetary History*, N.J. MAYHEW, P. SPUFFORD cur., (British Archaeological Reports Int. Ser. 389), Oxford 1988, pp. 39-60.

9) STAHL, *op. cit.*, p. 327. See also L. TRAVAINI, *Siena, Aristotele e la spazzatura della zecca*, in *Annali dell'Istituto Italiano di Numismatica*, 46 (1999), pp. 195-201.

10) The source is quoted by G. VERCI, *Delle monete di Padova*, in G. A. ZANETTI, *Nuova raccolta delle monete e zecche d'Italia*, III, Bologna 1783, p. 371, cited by L. TRAVAINI, *La monetazione nell'Italia normanna*, *Nuovi Studi Storici*, 28, Istituto Storico Italiano per il Medioevo, Rome, 1995, p. 88, note 244.

11) P. GRIERSON, L. TRAVAINI, *Medieval European Coinage with a Catalogue of the coins in the Fitzwilliam Museum, Cambridge, 14, (Italy III) South Italy, Sicily, Sardinia*, Cambridge 1998, pp. 39, 40, 68, 69, 169 and 170; TRAVAINI, *La monetazione nell'Italia normanna*, *op. cit.*, pp. 99-152.

12) L. TRAVAINI, *The fineness of Sicilian taris and of those of Amalfi and Salerno (11th to 13th centuries)*, in *Metallurgy in Numismatics*, 4, ed. by W. A. ODDY, M. R. COWELL, Royal Numismatic Society, special publication 30, 1998, pp. 504-517.

13) G. CHIAROT, *L'arte orafa a Padova. Opere, tecniche e norme tra Medioevo e Rinascimento*, Padova 2001, p. 17 (but she gives the gold content of taris as 16 carats instead of 16 and 1/3).

14) G. GAYE, *Carteggio inedito d'artisti dei secoli XIV.XV.XVI.*, tomo I, 1326-1500, Firenze 1839, pp. 5, 12 and 13. The fact that in Siena jewellery was made with 12-carat gold, (therefore half the quality of pure gold at 24 carats), could make one think of the term "half gold", describing a type of gold-silver gilding which was also used in the Scrovegni Chapel; the term "half gold" is mentioned by Cennini in chapter 95; see MERZENICH, *op. cit.*, p. 58.

15) MERZENICH, *op. cit.*, p. 53, with an illustration of Leonardo's drawing; G. Vasari, *Della Pittura*, in *Le opere di Giorgio Vasari*, with notes and comments by G. MILANESI, Firenze 1981, vol. 1, p. 194.

16) MERZENICH, p. 51 and ss., who refers to A. GUIDOTTI, *Battiloro e dipintori a Firenze fra tre e Quattrocento. Bastiano di Giovanni e la sua clientela*, in *Scritti di Storia dell'arte in onore di Roberto Salvini*, 1989, pp. 239-249 and A. MASCARO, *L'arte del battiloro. Cenni storici-tecnici-statistici*, Venezia 1928.

17) CHIAROT, *op. cit.*, p. 20.

18) MERZENICH, *op. cit.*, pp. 52 and 53.

19) MERZENICH, p. 55: Genoese gold-beaters would have used the "genovino", another pure gold coin.

20) MERZENICH, *op. cit.*, note 46.

22) MERZENICH, pp. 56 e 57; *Art in the Making ...*, cit., p. 22.

23) Cfr. R. GOLDTHWAITE, *Il sistema monetario fino al 1600: pratica, politica, problematica*, in R. GOLDTHWAITE, G. MANDICH, *Studi sulla moneta fiorentina (Secoli XIII-XVI)*, Firenze 1994, p. 35.

24) M. MARABELLI, *Esami chimici e fisici di bronzi esposti all'aperto*, in *Problemi di conservazione*, a cura di G. URBANI, parte II, Bologna 1973, pp. 471-485.

25) MERZENICH, *op. cit.*, p. 56 e nota 40.

26) MERZENICH, *op. cit.*, p. 58.

21) *Art in the Making, ...cit.*, p. 22.

22) MERZENICH, pp. 56 and 57; *Art in the Making ...*, cit., p. 22.

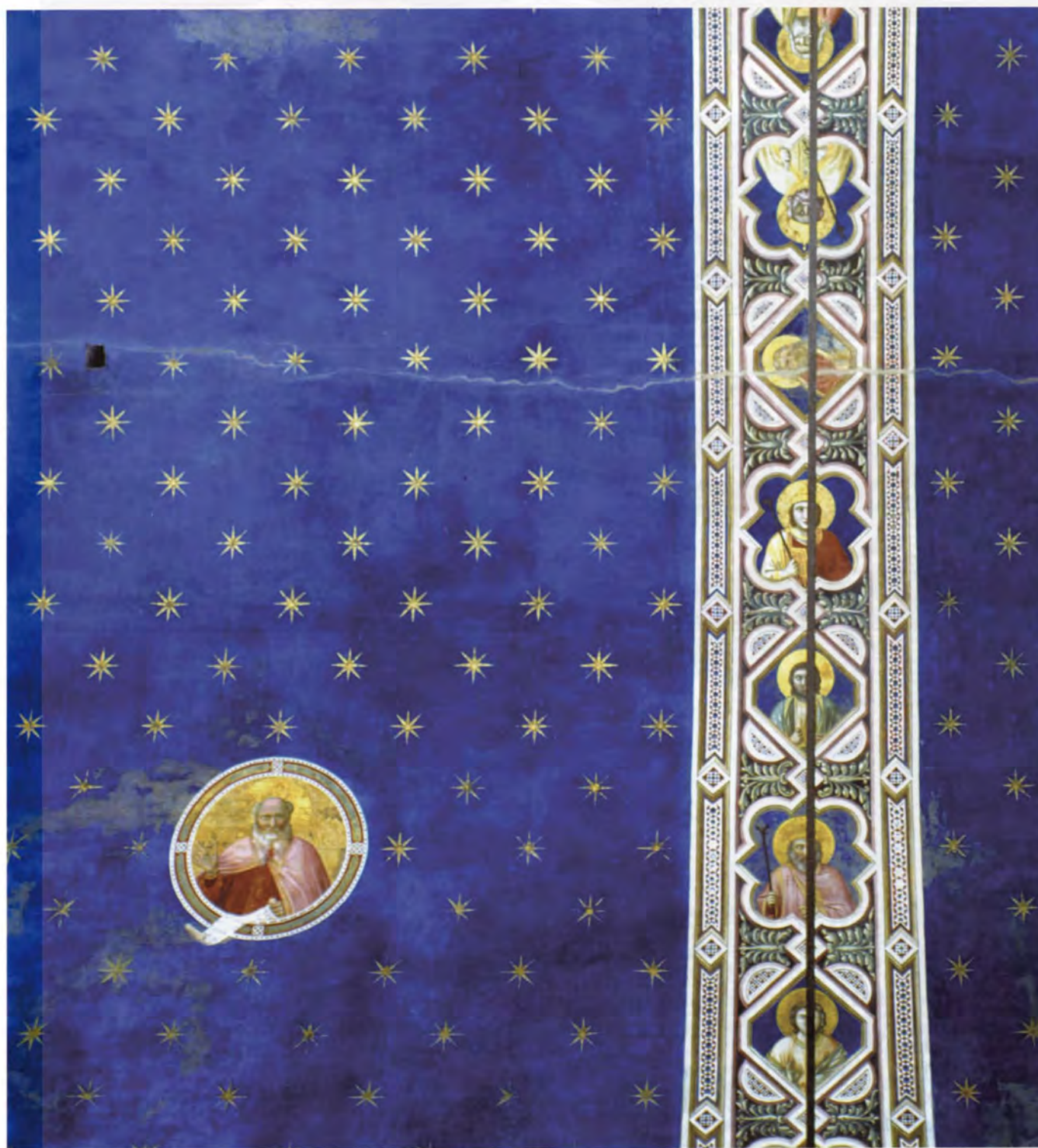
23) See R. GOLDTHWAITE, *Il sistema monetario fino al 1600: pratica, politica, problematica*, in R. GOLDTHWAITE, G. MANDICH, *Studi sulla moneta fiorentina (Secoli XIII-XVI)*, Firenze 1994, p. 35.

24) M. MARABELLI, *Esami chimici e fisici di bronzi esposti all'aperto*, in *Problemi di conservazione*, edited by G. URBANI, part II, Bologna 1973, pp. 471-485.

25) MERZENICH, *op. cit.*, p. 56 and note 40.

26) MERZENICH, *op. cit.*, p. 58.





PARTICOLARE DEL CIELO STELLATO – GIOTTO RIESCE AD OTTENERE DALL'AZZURRITE EFFETTI DI TALE PROFONDITÀ E COMPATTEZZA DA AVERE FATTO IPOTIZZARE (ERRONEAMENTE) L'IMPIEGO DI PIGMENTI QUALI IL LAPISLAZZULI

Detail of the star-studded sky – Giotto managed to achieve azurite effects of such depth and compactness that some experts have suggested (mistakenly) that he must have used pigments such as lapis lazuli



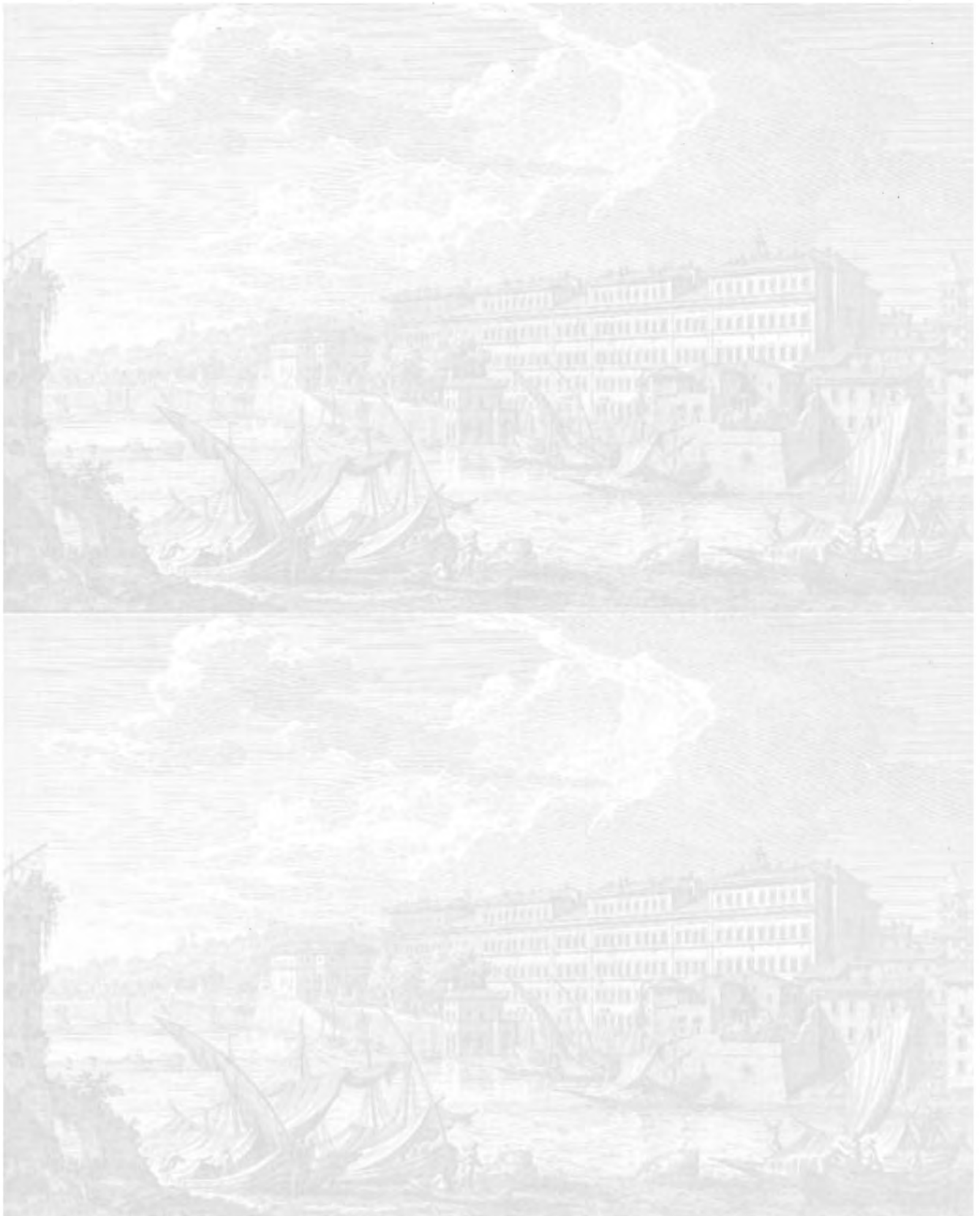
CRISTO GIUDICE – LA ZONA INFERIORE DEL MANTELLO DI CRISTO, ESSENDONE CADUTO QUASI COMPLETAMENTE L'AZZURRO, LASCIA IN VISTA IL DISEGNO PREPARATORIO

Christ the Judge – The blue pigment is almost entirely missing on the lower part of Christ's cloak, revealing traces of the preparatory drawing



CRISTO GIUDICE – LA “COSTRUZIONE” DELL’INCARNATO DEL VOLTO PARREBBE ESSERE STATA LA FONTE DELLA DESCRIZIONE FATTANE NEL SUO MANUALE DA CENNINO CENNINI E RAPPRESENTA OGGI NEL MODO MIGLIORE LA “MANIERA DOLCE E TANTO UNITA” DI CUI PARLA. DEL TUTTO ECCEZIONALE, SE NON UNICA, LA PRESENZA DI TRE SPECCHIETTI CONVESSI SULL’AUREOLA

Christ the Judge – The depiction of the face and the features would seem to be the source of the description given by Cennino Cennini in his manual on painting technique, and represents the best example of the “gentle, compact manner” which he refers to. The presence of three small reflecting pieces in the halo is exceptional, though not unique



ATTIVITÀ SVOLTE
ACTIVITIES CARRIED OUT

RESTAURO E DOCUMENTAZIONE

- restauro dipinti murali e decorazioni architettoniche presbiterio e abside
- restauro del dipinto su tavola raffigurante 'Dio Padre'
- restauro della statua in preghiera e del monumento funebre di Enrico
- restauro delle decorazioni, suppellettili e arredi fissi della Cappella
- revisione del restauro della Madonna con Bambino e 2 diaconi cerofori di Giovanni Pisano (già restaurati dall'ICR nel 1993)
- documentazione digitale del restauro da rilevamenti grafici, fotografici, filmici, fotogrammetrici
- pagina web sul ciclo di Giotto ed il suo restauro
- banca dati sulla Cappella, la sua decorazione ed il suo restauro
- ricerca archivio Gradenigo di Rio Marin (1° lotto)

FRUIZIONE E COMUNICAZIONE

- presentazione progetto restauro (Padova, Musei civici) 12 giugno 2001
- presentazione primi avanzamenti restauro (Roma, Sala Stampa estera) 14 novembre 2001
- *A tu per tu con Giotto* (visite guidate sabato, domenica e festivi, in collaborazione con il Comune di Padova) 29 settembre - 1-17 febbraio 2002
- giornata di studio per restauratori (in cantiere) 13 dicembre 2001
- illustrazione restauro in corso (Berlino, Gemaeldegalerie) 11 gennaio 2002
- giornata di studio per le soprintendenze (in cantiere) 17 gennaio 2002
- seminario specialistico internazionale (Padova, Sala Consiglio comunale) 18 gennaio 2002
- giornata di studio per docenti e allievi di Specializzazioni e Dottorati in Storia dell'arte (in cantiere) 22 gennaio 2002
- presentazione cappella restaurata 18 marzo 2002
- Mostra *Giotto in Quirinale* 22 maggio - 30 giugno 2002
- Giornata di studio su Giotto e la Cappella restaurati (Roma, Accademia nazionale dei Lincei) 30 maggio 2002
- Convegno internazionale di studi *Giotto e la Cappella Scrovegni dopo i recenti restauri* (Padova, Abbazia di Santa Giustina - con la collaborazione del Comune di Padova) 21-23 novembre 2002

RESTORATION AND DOCUMENTATION

- *Restoration of the wall paintings and architectural decorations in the presbytery and the apse*
- *Restoration of the painted panel depicting the "Eternal Father"*
- *Restoration of the statue of Enrico Scrovegni at prayer, and of his funeral monument*
- *Restoration of the decorations, fixtures and furnishings in the Chapel*
- *Retouching the restored "Virgin with Child" and the two statues by Giovanni Pisano (previously restored by ICR in 1993)*
- *Digital documentation of the restoration from graphic, photographic, film, and photogrammetric surveys*
- *Website on the Giotto cycle and its restoration*
- *Databank on the Chapel, its decorative scheme and its restoration*
- *Archive research "Gradenigo di Rio Marin" (1st lot)*

FRUITION AND COMMUNICATION

- *Presentation of restoration project (Padua, Civic Museum) June 12, 2001*
- *Presentation of first restoration results (Rome, Foreign Press Association) November 14, 2001*
- *"A tu per tu con Giotto" (Giotto close-up) (guided visits at weekends, in collaboration with the Padua City Council) September 29, 2001-February 17, 2002*
- *Study day for restorers (on site) December 13, 2001*
- *Illustration of restoration underway (Berlin, Gemaeldegalerie) January 11, 2002*
- *Study day for superintendencies (on site) January 17, 2002*
- *International seminar for specialists (Padua City Hall) January 18, 2002*
- *Study day for lecturers and university students specialising in art history (on site) January 22, 2002*
- *Presentation of the restored Chapel, March 18, 2002*
- *Exhibition entitled "Giotto at the Quirinal Palace", May 22-June 30, 2002*
- *Study day on Giotto and the restored Chapel (Rome, "Accademia Nazionale dei Lincei") May 30, 2002*
- *International study conference on Giotto and the Scrovegni Chapel after the recent restoration (Padua, Abbey of Santa Giustina - in collaboration with the Padua City Council) November 21-23, 2002*

PUBBLICAZIONI E DOCUMENTARI (in italiano e inglese)

- 4 Quaderni ad illustrazione dell'avanzamento dei lavori
- 1 Guida breve: *Giotto. La Cappella degli Scrovegni a Padova* (ed. Skira)
- 1 Guida al ciclo restaurato: *Giotto agli Scrovegni. La Cappella restaurata* (ed. Skira)
- *Giotto. I dipinti murali della Cappella degli Scrovegni a Padova* (ed. Skira)
- *La Cappella degli Scrovegni. Indagini, progetto, risultati* (ed. Skira)
- 1 documentario in Betacam sul restauro del ciclo di Giotto (produzione Palomar, regista Alberto Negrin)
- 1 documentario multimediale in DVD sul restauro della Cappella (produzione Artmediastudio Firenze)
- Atti del Convegno Internazionale su *Giotto e la Cappella Scrovegni dopo i recenti restauri* (ed. Skira)

PUBLICATIONS AND DOCUMENTAIRES

- Four "Quaderni" (booklets) illustrating the progress of restoration
- One brief guide: "Giotto: the Scrovegni Chapel in Padua" (Skira)
- One guidebook, on completion of restoration: "Giotto and the restored Scrovegni Chapel" (Skira)
- "Giotto. Wall paintings in the Scrovegni Chapel at Padua" (Skira)
- "The Scrovegni Chapel. Surveys, project, results" (Skira)
- One documentary (in Betacam format) on the restoration of the Giotto frescoes (produced by Palomar, directed by Alberto Negrin)
- One multimedia documentary (in DVD format) on the Chapel restoration (produced by Artmediastudio, Florence)
- Proceedings of International Conference on "Giotto and the Scrovegni Chapel after the recent restoration" (published by Editore Skira)





È vietata la riproduzione, con qualsiasi procedimento, della presente opera o di parti di essa, nonché la detenzione e la vendita di copie abusive della stessa. Ogni abuso verrà perseguito ai sensi di legge.

ISSN: 0394-4573

Esemplare non cedibile

Registrazione Tribunale di Roma
n. 439/84 del 12 dicembre 1984

CONDIZIONI E PREZZI DEL PERIODICO PER L'ANNO 2005

Un fascicolo { Italia € 36,00
Estero € 41,00

Un fascicolo doppio = prezzo doppio

Abbonamento annuo Italia € 134,00
(4 numeri trimestrali) Estero € 160,00

L'importo dell'abbonamento e dei fascicoli può essere versato sul c/c postale n. 16716029 intestato all' ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO S.p.A. - Piazza Verdi, 10 - 00100 Roma, precisando nell'apposito spazio la causale.



