Isia Urbino

Diploma Accademico di II livello
Relatore: Angelo Rubino
A.A 2013-2014

Rilievo 3D e nuove metodologie per la documentazione:

applicazione sui dipinti murali di Ottaviano Nelli

Amura Annamaria

Rilievo 3D e nuove metedologie per la documentazione: applicazione sui dipinti murali di Ottaviano Nelli

Dedico il mio lavoro a Luigi Amura, Annunziata Giulia Fantino,
Giovanni Amura, per avermi sempre sostenuto in ogni mia attività,
dandomi la possibilità di sognare.

Isia Urbino
Diploma Accademico di II livello
A.A 2013-2014

Rilievo 3D e nuove metodologie per la documentazione:
applicazione sui dipinti murali di Ottaviano Nelli

Annamaria Amura, N° Matricola 260
Relatore: Angelo Rubino

Fotografie e impaginato: *Annamaria Amura*

Finito di stampare a Marzo 2015 presso Seriline s,rl.. , Trasanni.

isiaurbino
Scuola di Progettazione
grafica ed editoriale

In copertina: Ottaviano Nelli, particolare di *San Nicola* in luce randere,
affresco votivo, volta sinistra, chiesa della Madonna dell'Homo,
Urbino, 1428-32

Foto: Annamaria Amura.

Le immagini contenute in questo libro non sono utilizzabili senza previo consenso dell'autore, dell'istituzione o ente di riferimento:

legge 22 aprile 1941, n. 633 (LDA) e succesive modifiche, e dal titolo IX del Libro Quinto del Codice Civile

Rilievo 3D e nuove metodologie per la documentazione:

applicazione sui dipinti murali di Ottaviano Nelli

Annamaria Amura

Isia Urbino
Diploma Accademico di II livello
A.A 2013-2014

Relatore
Angelo Rubino

INDICE

RINGRAZIAMENTI 6

INTRODUZIONE 8

CAPITOLO 1 - LA DOCUMENTAZIONE NEL RESTAURO 11

1.1 Il problema della normalizzazione 12

1.2 La struttura della documentazione: categorie, forma, modelli e simbologia grafica 14

2.3 Gli attuali sistemi di documentazione 19

CAPITOLO 2 - FOTOGRAFIA E IMAGING PER IL RESTAURO 25

2.1 La fotografia in supporto al restauro 26

2.2 Le tecniche fotografiche 29

2.2.a La monografia di ripresa 34

2.3 La Fotografia HD 35

2.3.a Il punto Nodale 37

2.4 Post produzione 40

CAPITOLO 3 - IL RILIEVO 3D APPLICATA AI BENI CULTURALI

3.1 Storia ed evoluzione 43

3.2 La modellazione 3D 47

3.3 Le tecniche di rilievo 54

3.3.a I sistemi attivi 55

4.3.b I sistemi passivi: la Fotogrammetria 58

4.3.c I sistemi Fotogrammetrici 59

CAPITOLO 4 - OTTAVIANO NELLI: NOTIZIE STORICHE,RIPRESE FOTOGRAFICHE E FOTOGRAMMETRICHE 63

4.1 Lo stile feltresco e il gotico internazionale nelle Marche 63

4.2 Memorie storiche di Ottaviano Nelli 72

4.3 Descrizione delle opere prese in esame 80

4.3.a La Madonna del Belvedere in S. Maria Nuova a Gubbio 80

4.3.b La Madonna del Latte nell'Oratorio di S. Gaetano in Urbino 86

4.3.c La Madonna della Misericordia nella chiesa dell'Homo in Urbino 90

4.4 Tecnica esecutiva degli affreschi di Ottaviano Nelli 98

4.5 Documentazione fotografica HD delle opere prese in esame 106

4.5.a La Madonna del Belvedere 108

4.5.b La Madonna del Latte 110

4.5.c. La Madonna della Misericordia 112

4.6 Modello Fotogrammetrico dell'oratorio di S.Gaetano 114

CAPITOLO 5 - SCANSIONE 3D DELLA MADONNA DEL LATTE IN URBINO 123

5.1 Luce strutturata 125

5.2 Modalità di ripresa 127

5.3 Risultato e finalità del lavoro 132

CAPITOLO 6 - PROPOSTA PER UNA METODOLOGIA DI DOCUMENTAZIONE GRAFICA 147

6.1 Gestire l'alta definizione 148

6.2 Da Autocad ad Adobe illustrator 151

6.3 Sistema di presentazione 156

CAPITOLO 7- RESTAURO VIRTUALE O RIPRISTINO ICONOLOGICO DIGITALE 165

7.1 Storia ed evoluzione terminologica 166

7.2 Che cos'è il restauro Virtuale 168

7.3 Procedimeto 172

7.4 Proposta per un ripristino iconografico 172

CAPITOLO 8 - APPENDICE 182

8.1 L'Affresco, tecnica esecutiva 183

8.2 Il Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio 196

CONCLUSIONI 200

FOTOGRAFIE FUORI TESTO 203

BIBLIOGRAFIA 210

SITOGRAFIA 214

RINGRAZIAMENTI

Il progetto di tesi è frutto all'aiuto di coloro che in vario modo ne hanno reso possibile la realizzazione.

Ringrazio per i permessi ricevuti e l'aiuto organizzativo:

Arcidiocesi di Urbino,Urbania, Sant'Angelo in Vado
Mons. Davide Tonti - *Vicario episcopale per l'arte e la cultura e direttore del Museo Diocesano Albani di Urbino*

Museo diocesano Albani di Urbino
Dott.ssa Sara Bartolucci - *Ufficio Diocesano Arte Sacra*

Soprintendenza per i Beni Storici Artistici ed Etnoantropologici delle Marche-Urbino
Dott.ssa Agnese Vastano - *Vice direzione tecnico scientifica della Galleria Nazionale delle Marche*
Dott.ssa Maria Claudia Caldari - *Direzione di ogni Unità Operativa Territoriale*

Soprintendenza per i Beni Storici, Artistici ed Etnoantropologici dell'Umbria (SBSAE Umbria)
Dott. Fabio De Chirico- *Soprintendente*

Provincia di Pesaro e Urbino
Dott. Massimo Grandicelli - *Dirigente*
Dott.ssa Antonietta Pompilio -*Responsabile P.O. Programmazione, promozione e gestione attività culturali-editoria*

Diocesi di Gubbio
Dott. Paolo Salciarini - *Direttore Ufficio Beni Culturali*

Per la realizzazione del modello 3D:

UNOCAD srl
Ivano Ambrosini - *Presidente di Unocad*
Nicola Mion - *Tecnico presso Unocad*

ISTI-CNR, Visual Computing Lab Pisa

Matteo Delle Piane

Per la cordinazione del lavoro e le fonti bibliografiche:

Dott. Francesco Sacco - *Architetto, responsabile documentazione grafica*

Dott.ssa Daphne de Luca - *Restauratrice dei Beni Culturali, docente presso l'università di Urbino Carlo Bo.*

Dott.ssa Francesca Capanna - *Restauratore conservatore direttore coordinatore Area III Fascia 4 - Laboratorio, Vicedirettore della scuola di Alta Formazione dell'ISCR*

Dott.ssa Sara Bartolucci - *Ufficio Diocesano Arte Sacra, Urbino*

Ing. Paolo Di Giacomo -*Alpha Consult per il web Gis Scrovegni*

Ringrazio di cuore il mio relatore **Angelo Rubino** per la disponibilità e il tempo dedicatomi.

Per l'aiuto e il supporto:

Alessia Piscicelli
Fabiano Ferrucci De Fabritiis
Federico di Iorio
Gaia Fagiolo
Leonardo Cuccia
Lorenzo Marra
Lorenzo Tempesta
Manuele Marracini
Marco Trovè
Marina De Simone
Martina Marchi
Matteo Fava
Orlando Lacarbonara
Paola Ghitotti
Riccardo Caracciolo
Simona Barsotti
Vanja Macovaz

INTRODUZIONE

Ogni epoca ha osservato ed esaminato i manufatti artistici con le interfacce tecniche, ambientali e culturali di cui disponeva. La storia dell'arte come la conosciamo oggi, è infatti stata scritta da critici e storici che hanno fondato il loro lavoro sulle foto delle opere; si potrebbe affermare che questa, come disciplina, nasce proprio grazie all'analisi comparativa di fotografie.

Mettere scientificamente a confronto due dipinti ubicati in luoghi diversi, spesso lontanissimi, era impossibile prima dell'avvento della fotografia.

Lo studioso doveva contare solo sulla propria memoria oppure sulle incisioni eseguite dagli artisti che, spesso, erano differenti tra loro anche quando riproducevano la stessa opera. Con le fotografie sembrò di aver trovato non solo la riproduzione più fedele, ma uno strumento capace di riunire sullo stesso tavolo tutti i capolavori.

In effetti, con il metodo del confronto fotografico, si fecero grandi scoperte, si stabilirono cronologie e genealogie, si scoprirono attribuzioni.

Un originale studioso di nome Giovanni Morelli costruì un efficientissimo "sistema" per scoprire, attraverso i dettagli fotografici, affinità segrete fra dipinti anonimi e tele firmate, e assegnare così le opere al loro vero autore[1].

Inizialmente tali riproduzioni fotografiche erano monocromatiche, e per molto tempo, anche dopo la diffusione del colore, furono utilizzate per lo studio delle opere, in quanto, le riproduzioni a colori disponibili nel Novecento, erano scadenti e infedelissime. La fototeca Federico Zeri[2], quella dell' ICCD[3], e il fondo Alinari[4], ne includono di antiche, anche ottocentesche, registrate con tecniche diverse: albumine dorate, bromuri carboniosi, aristotipi e collotipie. Grazie all'esame comparativo con queste immagini antiche d'archivio è stato spesso possibile comprendere se erano state effettuate manipolazioni nel corso dei secoli, durante precedenti interventi di restauro. Oppure è stato possibile vederle com'erano in origine all'atto della loro creazione se documentate appena compiute. Ancora la fotografia è un fondamentale documento nel caso in cui si trattasse dell'ultima rappresentazione disponibile di quell'opera, o di opere perdute.

Ogni secolo, subisce sempre i limiti e le innovazioni dei propri strumenti di lavoro, le banche dati oggi si sono rinnovate, le immagini sono a colori, spesso accuratamente calibrate: ma la fotografia di un'opera, anche se in altissima definizione, resta pur sempre una proiezione centrale di un oggetto tridimensionale rappresentata su un piano.

L'avanzamento tecnologico ha apportato grandi modifiche nel campo dei Beni Culturali, specialmente per quanto riguarda lo studio e la fruizione delle opere attraverso le procedure di rilievo tridimensionale, grazie alle quali, è oggi possibile ottenere un sistematico insieme di elaborati capaci d'interpretare la condizione reale delle opere e garantirne la trasmissione al futuro.

Il lavoro di tesi è volto a illustrare come queste nuove tecniche fotografiche e metodologie di rilievo, possano essere di grande ausilio all'intervento di restauro e, attraverso software specifici, rendano più precisa la documentazione.

Tutta la documentazione grafica, fotografica e 3D è contentuta all'interno del DVD.

1 SMARGIASSI M, *Giotto, no grazie me lo vedo in foto*, in Fotocrazia, Blog Repubblica, 5-Gennaio- 2015
http://smargiassi-michele.blogautore.repubblica.it/2015/01/05/giotto-no-grazie-me-lo-vedo-in-foto/

2 http://www.fondazionezeri.unibo.it

3 http://iccd.beniculturali.it/imgecomm/eFoto/index.php

4 http://www.alinari.it/it/archivi-online.asp

" Se infatti non potessimo essere certi che ciò che vediamo d'un opera d'arte è esattamente ciò che quell'opera è,
e non una nostra illusione o uno scherzo di natura,
i nostri discorsi sull'arte non avrebbero senso.
L'autenticità costituisce dunque la garanzia razionale della realtà dell'opera,
e quindi la condizione stessa della sua intelligibilità critica.
Quello dell'autenticità, in altri termini, è il criterio mediante cui la critica assicura al sentimento estetico
un contenuto obiettivo e razionalmente verificabile,
che può in ogni momento esser provato e convalidato in base a certezze di fatto
(quali possono essere, ad esempio, quelle ricavabili da analisi scientifiche, evidenze documentarie e simili).
In questo modo, ogni volta che la critica si pronuncia sull'autenticità d'un'opera,
è come se emettesse un giudizio estetico per così dire alla seconda potenza,
in cui al sentimento estetico si affiancano talune certezze razionali o credute tali.
Sempre, quando critici e storici dell'arte si pronunciano in materia di conservazione o restauro,
emettono giudizi di questo tipo.
Circa la fondatezza dei medesimi ci limiteremo a osservare di sfuggita
che essa dipende dalla qualità degli strumenti razionali di cui ci si serve,
e che critici e storici dell'arte inclinano troppo spesso a servirsi di strumenti, diciamo così, di bordo.
Siccome per la grande maggioranza l'autenticità equivale alla giustezza dell'attribuzione,
e le attribuzioni non si è mai saputo bene con che facoltà si fanno,
ma certamente con l'aiuto delle fotografie,
ecco che le fotografie "prima" e "dopo" costituiscono quasi sempre
il solo corredo razionale dei giudizi che si danno sui restauri."

Giovanni Urbani, *Intorno al restauro*, Milano, 2000.


1
3
7
15
5
2
4
6
14
5
16

CAPITOLO 1
LA DOCUMENTAZIONE NEL RESTAURO

Il concetto moderno di Bene Culturale descrive un oggetto con particolari caratteristiche
che la collettività riconosce come bene da conservare e valorizzare.
La documentazione e la sua catalogazione rappresentano il momento fondamentale del riconoscimento di tale bene nella sua essenza fisica e nella sua valenza storica passata e attuale.

Il Bene Culturale nel corso degli anni ha avuto terminologie e significati diversi, il mutamento terminologico avvenuto con il passaggio dalla definizione ***Cose di interesse storico-artistico*** usata nella legge italiana del 1939 a quella di ***Beni Culturali***, usata nella **Convenzione dell'Aja** nel 1954, ha portato a considerare il bene non solo come oggetto di tutela e conservazione ma soprattutto come funzione sociale, come patrimonio di arricchimento e sviluppo intellettuale della collettività; di conseguenza, ha portato allo sviluppo dell'impegno a renderlo fruibile attraverso attività di valorizzazione e di gestione.
La prima attività di catalogazione della documentazione fu dettata dall'esigenza di limitare le esportazioni di opere d'arte nello Stato Pontificio. Fra il 1900 e il 1930 furono emanate le prime leggi dello stato italiano unitario affinchè ci fossero delle linee guida da seguire nella compilazione degli elenchi del patrimonio culturale, elenchi che dovevano avere non solo una funzione di individuazione e riconoscimento del valore storico artistico del bene, ma anche e soprattutto, una funzione di tutela.
Le prime schede risalenti alla fine dell'Ottocento, avevano una grande parte riservata alla descrizione dove si poteva riportare il disegno dell'oggetto stesso. Negli anni venti, la scheda corredata dall'immagine fotografica, aveva già dei campi definiti ed era strutturata secondo una precisa normativa, fino ad arrivare a un preciso studio scientifico dell'oggetto e ad una organizzazione dei dati raccolti. Con l'avvento dell'informatica si è ottimizzato il lavoro, si è favorita la circolazione delle notizie con la creazione di un polo unico in cui far affluire tutti i dati. Le iniziative locali di digitalizzazione delle collezioni, museali e non, possedute e rese disponibili da archivi, biblioteche e musei, sono oggi messe in atto da una pluralità d'istituzioni: università, comuni, provincie e regioni[1].

1 CAVEZZALI D, La conservazione dell'arte egiziana. Percorsi di formazione per il restauro delle collezioni del Museo Egizio del Cairo, Gangemi editore, 2014.

1.1 Il problema della normalizzazione e catalogazione

Un intervento di restauro deve essere sempre preceduto da esami atti a conoscere e valutare le condizioni materiali dell'opera, la documentazione è quindi la base necessaria per la registrazione e la catalogazione di tutte le informazioni acquisite, per la progettazione dell'intervento di restauro e conservazione, e per la prevenzione dell'opera nel tempo.
Il problema più grande della catalogazione nell'ambito del restauro è sempre stato legato al processo di normalizzazione dei dati e della definizione dell'oggetto di catalogazione.
Per anni è mancato uno strumento di base per la realizzazione di un sistema automatico di acquisizione nè esistita una metodologia di documentazione normalizzata. Il problema è sempre stato stabilire criteri univocamente riconosciuti per rendere valida la terminologia già descritta o utilizzata in passato, per il riconoscimento delle omonime e delle sinonime, per la compilazione di elenchi sistematici.
Un'interessante attività promossa da Giovanni Urbani, fu la proposta, presentata al convegno di Bologna del 1975, "*The Conservation of Stone*", di attivare una commissione in grado di individuare metodologie di studio unificate e specifiche per il settore della conservazione dei materiali storici.
Infatti, fino al 1975 ogni laboratorio affrontava la diagnostica indirizzando gli studi sulla base dell'esperienza dei singoli ricercatori, adottando le procedure consuete del proprio laboratorio sulla base d'indirizzi metodologici eterogenei, presi a prestito da altri settori disciplinari.
La conseguenza di questa impostazione era, ed è ancora tuttora, che spesso non è possibile confrontare i risultati acquisiti dai diversi laboratori, mancando totalmente tra i ricercatori, un linguaggio comune in grado di offrire una facile e omnicomprensiva diffusione delle proposte e dei risultati ottenuti nelle varie ricerche fra gli operatori del settore, caratterizzati da una formazione culturale differente. Nel 1996 è stata istituita con questo scopo, dopo un decreto del 19 luglio 1984, la commissione **UNI Beni culturali L (Normativa Materiale Lapideo)**[2],con una convenzione tra **UNI**, responsabile dell'emanazione della normativa tecnica nazionale, e il **Ministero per i beni e le attività culturali**. Si trattò di far interagire, in materia di beni culturali, la struttura tecnica dell'UNI con quella del Ministero, tramite la sua **Commissione NorMaL**[3]**.**
Sulla scorta delle indicazioni proposte da un gruppo di ricercatori del **Consiglio Nazionale delle Ricerche**, propose di definire una metodologia unificata ***"per lo studio delle alterazioni del materiale lapideo e per la valutazione dell'efficacia dei trattamenti conservativi sui manufatti d'interesse storico"***[4]**.** Scopo del gruppo di studio era quindi quello di normalizzare, mediante la pubblicazione di raccomandazioni, i metodi di studio e di controllo degli interventi conservativi[5].
Tra i documenti prodotti e pubblicati, denominati raccomandazioni, interessano direttamente le tematiche del rilevamento e del disegno: la **NorMaL 1/80**, ***alterazioni macroscopiche dei materiali lapidei, lessico***, e la **NorMaL 17/84*****, elementi metrologici e caratteristiche dimensionali: determinazione grafica.***
Il **NorMaL 1/80**, e in seguito il **NorMaL 1/88**, una versione più recente del primo che ne migliora la comprensione attraverso un lessico normalizzato, descrive le alterazioni e le complesse fenomenologie di degrado che possono presentarsi sulla superficie di un materiale lapideo, attribuendo a ogni degrado un nome univoco al quale corrisponde un fenomeno visivo riconoscibile. In particolare queste raccomandazioni, sono utili alla causa del rilevamento poiché gettano le basi per

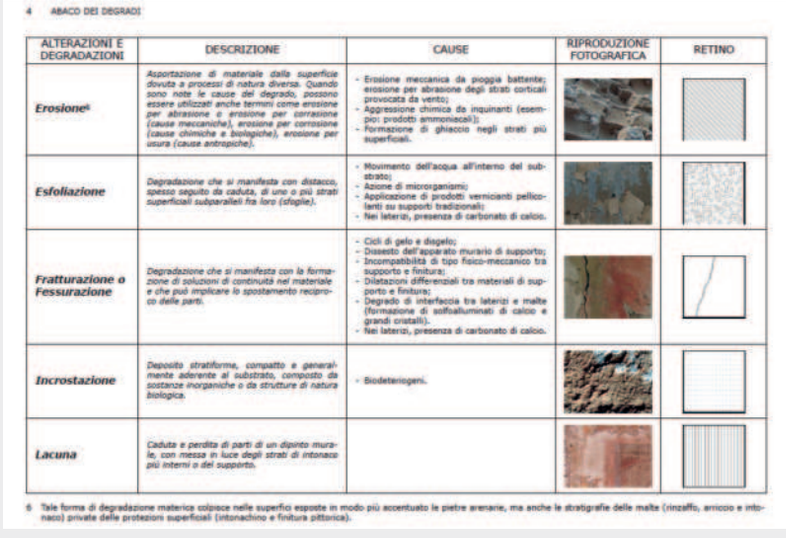
2 La denominazione della commissione pur con un esplicito riferimento ai materiali lapidei in realtà si occupa di tutti i materiali storici presenti nelle costruzioni. Il termine lapideo è stato scelto sulla base della diffusione più estesa di tale materiale nelle architetture del passato.

3 Si ricorda che la Commissione Normal aveva operato, fin dal 1978, per iniziativa congiunta dell'istituto Centrale
per il Restauro e del Consiglio Nazionale delle Ricerche, Centri opere d'arte di Roma, Firenze, Milano e Lecce, ed era Sfata infine istituzionalizzata nel 1992 con apposito DM.

4 Cfr. CNR, CENTRI SI STUDIO DI MILANO E ROMA SULLA CAUSE DI DEPERIMENTO E SUI METODI DI CONSERVAZIONE DELLE OPERE D'ARTE, ICR, ISTITUTO CENTRALE PER IL RESTAURO, NorMal 17/84,
Elementi metrologici e caratteristiche dimensionali: determinazione graRica, p.1.

5 SACCO F., *Sistematica della documentazione e progetto di restauro*. Bollettino ICR(N.S), 4(1)28-54, 2002.

le moderne modalità di rappresentazione grafica adottate nel progetto di restauro, superando il limite dell'individualità e adottando un linguaggio universale, facilmente comprensibile in ogni luogo e da differenti operatori.
Per la natura della Commissione Normal, tuttavia, il documento ha solo valore di raccomandazione. Hanno assunto invece valore di norma le raccomandazioni ora pubblicate nell'UNI. È il caso della **UNI 10924:2001**, ***Beni culturali, Malte per elementi costruttivi e decorativi, Classificazione e terminologia tecnica: definizione e descrizione delle malte***. Norma è anche la **UNI 10739:1998**, ***Beni culturali, tecnologia ceramica, termini e definizioni, redatta invece ex novo dal gruppo ceramica.***



4 ABACO DEI DEGRADI

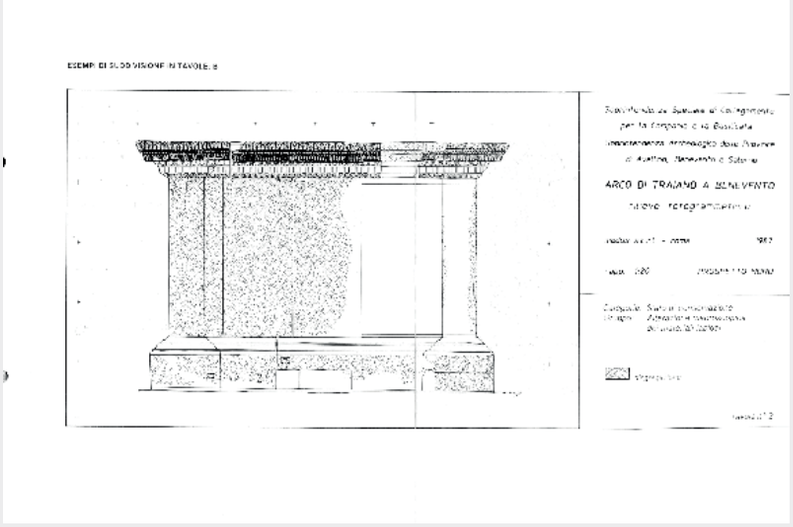
ALTERAZIONI E DEGRADAZIONI	DESCRIZIONE	CAUSE	RIPRODUZIONE FOTOGRAFICA	RETINO
Erosione[6]	*Asportazione di materiale dalla superficie dovuta a processi di natura diversa. Quando sono note le cause del degrado, possono essere utilizzati anche termini come erosione per abrasione o erosione per corrosione (cause meccaniche), erosione per corrosione (cause chimiche e biologiche), erosione per usura (cause antropiche).*	- Erosione meccanica da pioggia battente; erosione per abrasione degli strati corticali provocata da vento; - Aggressione chimica da inquinanti (esempio: prodotti ammoniacali); - Formazione di ghiaccio negli strati più superficiali.		
Esfoliazione	*Degradazione che si manifesta con distacco, spesso seguito da caduta, di uno o più strati superficiali subparalleli fra loro (sfoglie).*	- Movimento dell'acqua all'interno del substrato; - Azione di microrganismi; - Applicazione di prodotti vernicianti pellicolanti su supporti tradizionali; - Nei laterizi, presenza di carbonato di calcio.		
Fratturazione o Fessurazione	*Degradazione che si manifesta con la formazione di soluzioni di continuità nel materiale e che può implicare lo spostamento reciproco delle parti.*	- Cicli di gelo e disgelo; - Dissesto dell'apparato murario di supporto; - Incompatibilità di tipo fisico-meccanico tra supporto e finitura; - Dilatazioni differenziali tra materiali di supporto e finitura; - Degrado di interfaccia tra laterizi e malte (formazione di solfoalluminati di calcio e grandi cristalli). - Nei laterizi, presenza di carbonato di calcio.		
Incrostazione	*Deposito stratiforme, compatto e generalmente aderente al substrato, composto da sostanze inorganiche o da strutture di natura biologica.*	- Biodeterogeni.		
Lacuna	*Caduta e perdita di parti di un dipinto murale, con messa in luce degli strati di intonaco più interni o del supporto.*			

6 Tale forma di degradazione materica colpisce nelle superfici esposte in modo più accentuato le pietre arenarie, ma anche le stratigrafie delle malte (rinzaffo, arriccio e intonaco) private delle protezioni superficiali (intonachino e finitura pittorica).

FIG.1 Normal- 1/88
Alterazioni macroscopiche dei materiali lapidei: lessico. Esempio di abaco dei degradi.

La scelta di descrivere il degrado attraverso la sua manifestazione è stata obbligatoria, poiché, una classificazione dei degradi sulla scorta delle loro cause risultava ostica e di difficile praticabilità in quanto molto spesso ad un degrado corrispondono più cause, e contemporaneamente da una causa possono manifestarsi numerose patologie.

Foto:http://www.iuav.it/Ateneo1/docenti/architettu/docenti-st/Paolo-Facc/materiali-/abaco_degradi.pdf



ESEMPI DI SUDDIVISIONE IN TAVOLE: 2

ARCO DI TRAIANO A BENEVENTO

FIG.2 Normal- 1/88
Alterazioni macroscopiche dei materiali lapidei: lessico. Esempio di suddivisione in tavole del 1987

Mappatura tematica del degrado eseguito a mano sulla base di un rilievo fotogrammetrico.

Foto:https://www.unirc.it/documentazione/materiale_didattico/597_2011_287_13564.pdf

1.2 La struttura della documentazione: categorie, forma, modelli e simbologia grafica

La documentazione è il momento conoscitivo preliminare e propedeutico alla realizzazione dell'intervento, questa è effettivamente utile quando soddisfa alcune fondamentali richieste:

- **conoscere la consistenza materiale e artistica delle opere;**
- **facilitare la progettazione degli interventi;**
- **prevedere la futura salvaguardia dell'opera.**

È doveroso lasciare organizzata la descrizione di ciò che si è fatto oggi per consentire un domani una corretta manutenzione di quel bene, fornire le basi per un nuovo ed eventuale restauro e rendere nota la conoscenza aggiuntiva che del bene si è raggiunta nel processo di restauro.
Oggi tutte le informazioni che si acquisiscono sui manufatti sono il prodotto dei contributi di diverse discipline, quindi la buona riuscita di una documentazione dipende dalla sua strutturazione sistematica e dalla corretta impostazione di un sistema di classificazione delle informazioni acquisite, in seguito registrate sotto forma di ***documentazione grafica***.

"Il fine della documentazione grafica è portare a rappresentazione lo scarto tra lo stato di fatto dell'oggetto considerato e il suo stato originario, eliminando da quest'ultimo le modifiche che si sono succedute nel tempo a causa di fattori o eventi chiaramente distinti e identificati e distinti anche nelle loro eventuali correlazioni[6]."

Una documentazione grafica è quindi definita da un insieme complesso di dati non omogenei, strutturabile secondo sistemi, chiamati ***Categorie,*** e che a loro volta, possono essere formati da altri sottosistemi detti ***Classi,*** ordinati gerarchicamente fra loro e al loro interno[7] .
La prima Categoria denominata ***Procedimenti costitutivi dell'opera*** comprende le classi delle ***Tecniche esecutive*** e ***Materiali costitutivi*** dell'oggetto in esame. Sotto la voce delle ***Materiali costitutivi*** sono elencati tutti i materiali che compongono l'opera, sotto la voce ***Tecniche esecutive*** si individuano le tracce fisiche lasciate su esso da tutti i procedimenti di preparazione e lavorazione messi in atto nella fase esecutiva e, dove è possibile, l'indicazione degli strumenti che tali segni hanno prodotto. Questa categoria con le sue sottoclassi costituisce il momento della conoscenza dell'oggetto, acquistando un valore diagnostico. La categoria più importante rispetto agli scopi stessi della documentazione è quella dello ***Stato di fatto.***Questa categoria accerta la natura, l' intensità e le cause del degrado rilevato; esso comprende le classi ***Stato di conservazione*** cioè tutte le modifiche dell'oggetto originario prodotte da fattori sia naturali sia antropici e ***Interventi precedenti,*** che individua materiali e tecniche costruttive non originali riconoscendo i segni di precedenti attività di manutenzione e restauro, cioè gli effetti causati dagli interventi storici subiti dall'oggetto.
Una terza categoria chiamata ***Interventi conservativi o interventi di restauro,*** contiene il progetto d'intervento conservativo e di restauro. Questa categoria comprende la classe ***Elaborato di progetto.***
Infine una classe comune a tutte le categorie esposte sopra, prende il nome di ***Diagnostica;*** essa si articola in due sottoclassi: quella delle ***Indagini analitiche,*** che comprende le tecniche diagnostiche particolari, ricerche e analisi effettuate, prelievi, e quella delle ***Prove tecniche,*** che include anche le prove preliminari di pulitura consolidamento e integrazione, qui la documentazione grafica riveste il duplice ruolo di strumento sia diagnostico che documentario.

6 SACCO F., *Sistematica della documentazione e progetto di restauro.* In:Bollettino dell'Istituto Centrale per il Restauro. Nuova serie. n. 4, p. 28., 2002.

7 SACCO F, *Il problema della documentazione grafica nei restauri.* Materiali e strutture, 3(1);25-34, 1993.

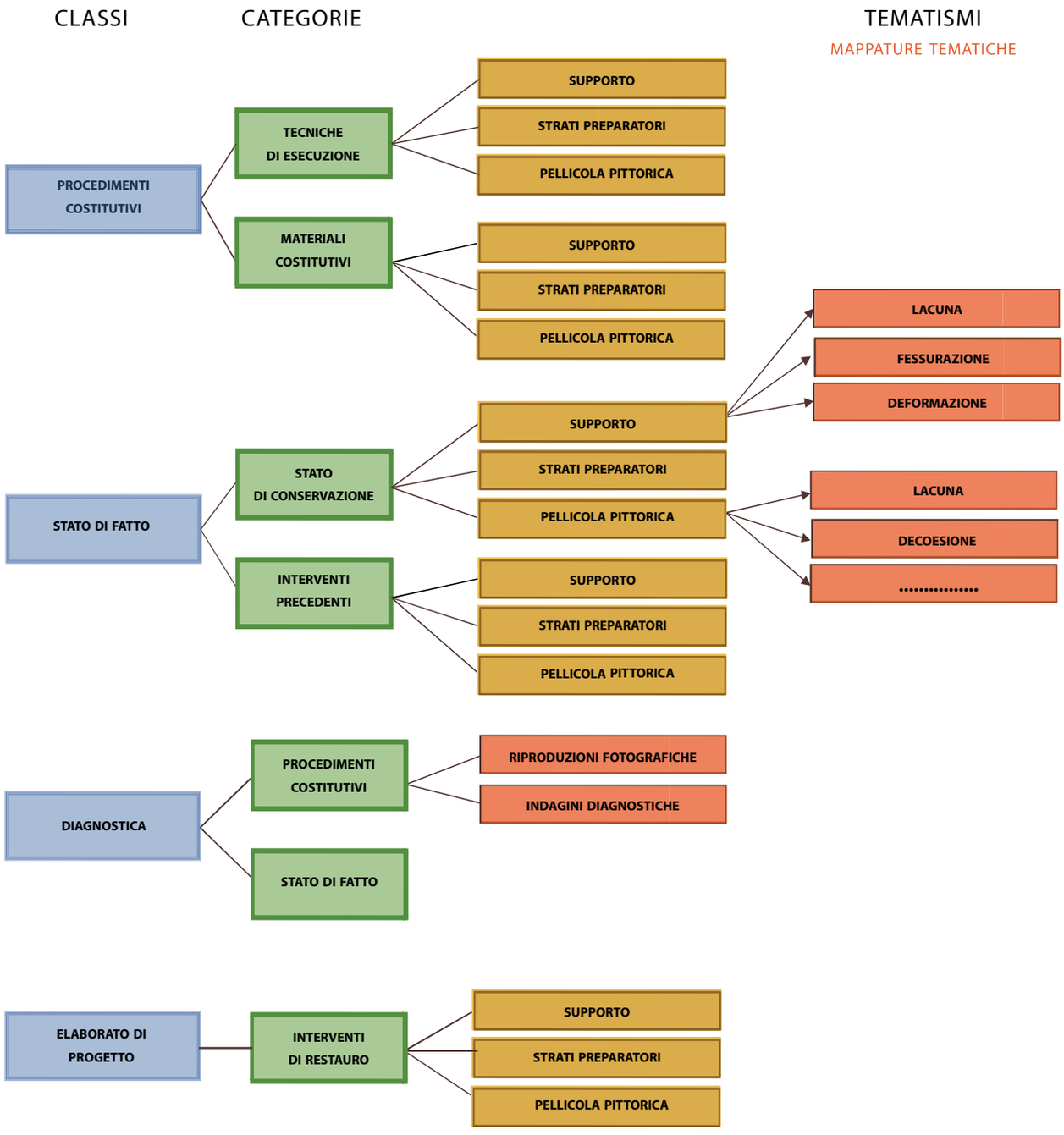


FIG.3 **Schema del Modello delle Informazioni**

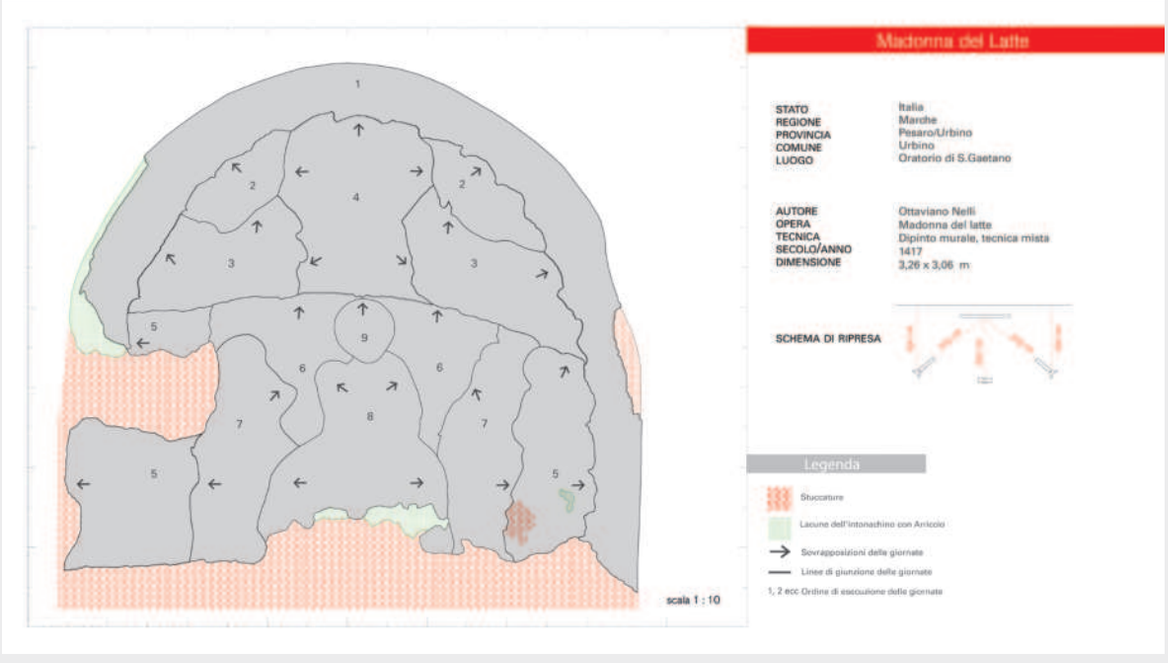


FIG.4 Mappatura tematica. Elaborazione grafica eseguita con i retini NorMaL. *Elaborazione grafica: Annamaria Amura*

Per quello che riguarda la forma della documentazione come principio generale, la ***documentazione grafica*** di un restauro è una particolare rappresentazione simbolica delle caratteristiche estrinseche di un manufatto. Si utilizza un tipo di restituzione grafica disegnata accompagnata da una leggenda e una documentazione fotografica, condotta con diverse tecniche specialistiche di diagnostica non invasiva, che specifica e chiarisce le diverse entità storico-conservative dell'opera attraverso ***mappature tematiche***.

Le mappature tematiche sono lo strumento più utilizzato per acquisire dati sulla natura e lo stato di conservazione di un manufatto; elaborazioni tematiche specifiche del restauro, relative all'analisi dei fenomeni di degrado ed alle questioni più propriamente progettuali. Queste ultime, hanno spesso come base una o più fotografie scattate con tecniche diverse, dell'opera in esame, che aiutano a individuare il degrado e la tecnica esecutiva[8]. Queste possono presentarsi però come veri e propri grafici e sono sempre accompagnate da relazioni scritte. In queste tavole di rilevamento del degrado superficiale dei materiali, le tipologie di danno vanno trascritte seguendo le ben definite raccomandazioni **NorMaL**[9], e più che con rappresentazioni naturalistiche di dettaglio, saranno evidenziate, in maniera simbolica, con attenzione alla qualità e quantità del danno, sulle tavole di rilievo generalmente in scala 1:50, usate come basi per opportuni trattamenti grafici, con chiare simbologie e legenda di riferimento.

La struttura grafica della documentazione è formata quindi da due diversi tipi di rappresentazioni chiamati ***modelli.***

Il primo, ***modello dell'opera d'arte,*** è afferente alla forma dell'oggetto, e quindi la rappresentazione grafica del manufatto;

8 Una di queste tecniche è la fotografia a luce radente, per approfondimenti si rimanda al capitolo *2.Fotografia ed imaging per il restauro.*

9 Commissione istituita dal CNR e dall'Istituto Centrale del Restauro con lo scopo di studiare scientificamente l'alterazione dei materiali lapidei, come deposito superficiale, rigonfiamento, fessurazione, fratturazione, scagliatura, alveolizzazione, croste nere, pitting, corrasione, spotting, efflorescenza, distacco ecc.

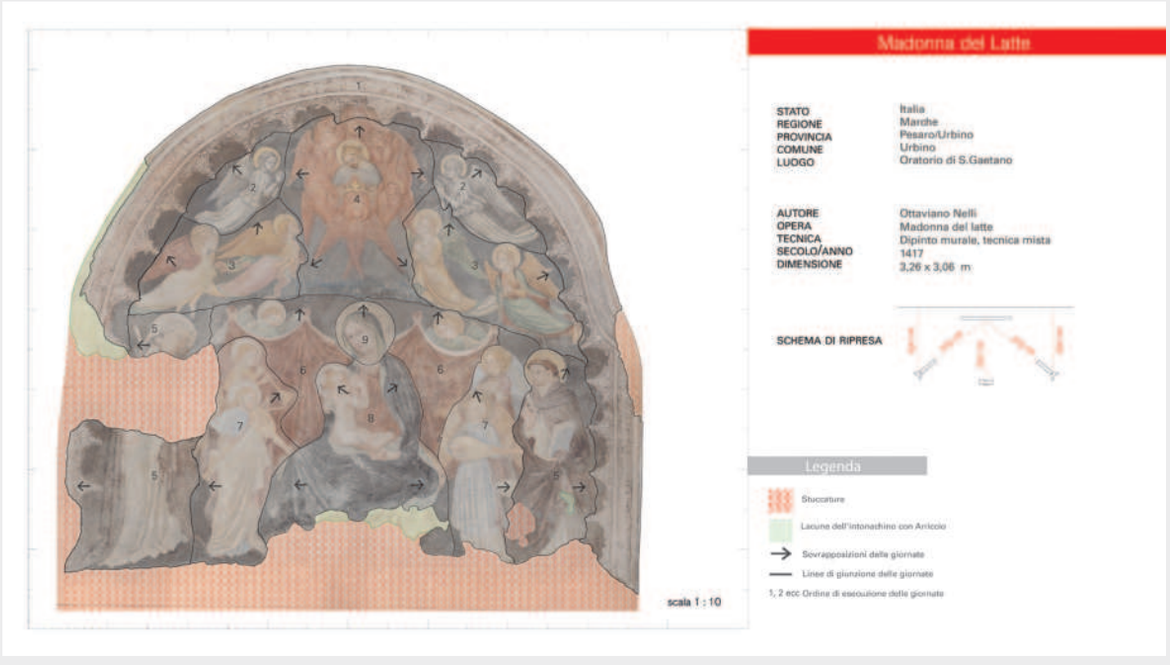


FIG.5 **Mappatura tematica. Elaborazione grafica eseguita con i retini NorMaL.** *Elaborazione grafica: Annamaria Amura*

il secondo ***modello delle informazioni,*** alle informazioni concernenti i dati storico conservativi individuati, selezionati e raggruppati all'interno delle singole categorie.
Questo viene creato mediante le **Categorie** e le **Classi**, e permette di organizzare tutti i dati relativi alla natura e alla storia dell'oggetto.
Per quanto riguarda la scelta dei ***simboli grafici*** da utilizzare per le ***mappature tematiche***, i principali problemi da affrontare sono i seguenti:

- **il mantenimento della distinzione tra la figura principale e lo sfondo, cioè la conservazione della piena leggibilità del Modello delle informazioni e del Modello dell'oggetto in sé, che quando sovrapposti, formano una definitiva documentazione grafica;**
- **la creazione di simbologie grafiche biunivocamente definite nel rapporto con il loro significato;**
- **la localizzazione dei dati che riguardano la natura e lo stato conservativo dell'oggetto mediante patterns che abbiano la capacità di definire non solo l'esatta estensione topografica, ma anche la loro consistenza quantitativa;**
- **la sovrapposizione di più dati e il mantenimento della piena leggibilità dei singoli patterns sovrapposti;**
- **l'uso del colore nella formazione della simbologia;**
- **scala della simbologia in rapporto a quella della rappresentazione dell'oggetto;**
- **le tecniche grafiche più idonee alla realizzazione di una documentazione, con particolare attenzione a quelle informatiche[10];**

10 SACCO F, *Il problema della documentazione grafica nei restauri.* Materiali e strutture, 3(1);25-34, 1993

- **usare scale uguali per grafici simili;**
- **la cura nell'evitare tutti i disegni e segni di parti che potrebbero più semplicemente essere rappresentate da una fotografia e segni puramente decorativi, privi di contenuto informativo.**

Per quanto riguarda il *Modello dell'opera* in esame, la scelta del tipo di restituzione varia a seconda dell'oggetto e dei casi. Quando il modello è restituito su supporti bidimensionali, essendo il suo rilievo legato alle leggi della geometria descrittiva, l'esatta corrispondenza metrologica tra modello e oggetto è esclusivamente garantita dal rigore esecutivo dell'operatore. Questo tipo di restituzione nasce da una *"osservazione diretta, attenta ed analitica, dell'opera*", che si traduce in un accurato e completo rilievo, geometricamente corretto e in grado di registrare tutte le possibili anomalie.

Il rilievo diretto consiste nell'apparato grafico basilare e può essere eseguito non solo attraverso le diverse tecniche tradizionali del disegno ma, come vedremo, anche con moderne o nuovissime tecnologie oggi disponibili, fotogrammetriche o di rilievo 3D[11].

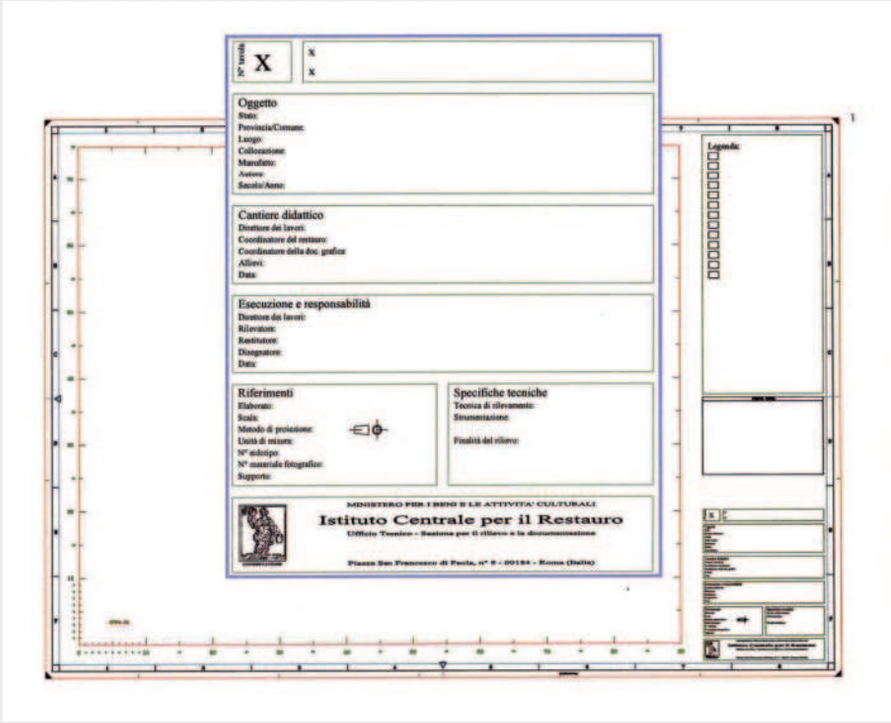


FIG.6 Scheda di Rilievo. Istituto Centrale per il Restauro.

Foto: Sacco, F. 2002. Sistematica della documentazione e progetto di restauro. Bollettino ICR, (N.S.)4(1); 28-54, pp35

11 Per approfondimenti si rimanda al capitolo *3. La scansione 3D applicata ai beni culturali.*

1.3 Gli attuali sistemi di documentazione

La prassi corrente della documentazione nei Beni Culturali è formata principalmente da una **relazione scritta**, ancora oggi notorio documentale per eccellenza, corredata da una documentazione grafica e fotografica e da una **schedatura conservativa**. Questo genere di dossier può essere considerato, ancora oggi, come standard medio della documentazione dei restauri[12].

Questa raccolta di dati, notizie storiche e di analisi a carattere scientifico finalizzati ad una conoscenza approfondita dell'oggetto, necessita di uno strumento di gestione che consenta un agevole reperimento dei dati offerti dalla **scheda inventariale** o, più compiutamente, da quella di catalogo corredata dalla documentazione grafica e iconografica, ma anche dei dati relativi alla storia dell'oggetto, al susseguirsi cioè delle attività che su di esso si erano esercitate: restauri, vincoli, passaggi di proprietà, mostre, ecc.

La tendenza a ricorrere all'informatica per l'archiviazione e per la mappatura tematica dei dati, nasceva in Italia, tra la fine degli anni Ottanta e gli inizi degli anni Novanta, quando, per documentare il restauro degli affreschi di Michelangelo alla Cappella Sistina, venne creato un software specifico per la raccolta sistematica dei dati relativi all'enorme volta (oltre 1.200 mq di superficie)[13].

Il Ministero dei Beni delle Attività Culturali e del Turismo, ha fondato a tale scopo nel 1975, **l'Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione, ICCD**. Da allora si è avviata una riflessione su come descrivere un'opera d'arte che ha portato, con l'avvento delle nuove tecnologie informatiche, alla diffusione di norme sempre più stringenti. Negli anni settanta l'Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione - ai sensi del D.P.R. 13/12/1975, n° 805, art. 13, lettere a), b), e c) - ha elaborato la metodologia generale per lo sviluppo della catalogazione territoriale e, contemporaneamente, ha promosso e coordinato l'attività esecutiva di catalogazione e di documentazione, costituendo e gestendo il catalogo generale dei beni culturali d'interesse archeologico, storico-artistico e ambientale.

Le schede cartacee, con la relativa documentazione fotografica e grafica, redatte a cura degli Istituti periferici del Ministero per i Beni Culturali e Ambientali, sono conservate presso le Soprintendenze stesse e, in copia, presso l'ICCD.

Nel tentativo di ovviare ai problemi relativi alla conservazione ed alla trasmissione di grandi quantità di informazioni cartacee e per migliorare in modo significativo l'accesso alle stesse, l'Istituto negli anni ha deciso di introdurre l'informatica nella propria metodologia catalografica. Si è dato così avvio a una vera e propria innovazione, procedendo alla strutturazione di tutti i dati informativi contenuti nelle varie schede secondo regole omogenee e semplici. E' stato impostato in questo modo un linguaggio che si è andato via via sempre più perfezionando e che ha permesso di comunicare tra periferia e centro con supporti magnetici o via rete, indipendentemente dall'hardware e dal software utilizzati dagli interlocutori in quel particolare momento dell'evoluzione dell'informatica[14]. Avere a disposizione una documentazione adeguata al tipo di opera in esame è di grande aiuto all'esecuzione dell'intervento, soprattutto se realizzata ed incrementata con tecnologie digitali ed informatizzate: tecnologie di rilevamento automatico, **GIS, CAD, ipertesti ed ipermedia, realtà virtuale.**

Le nuove tecnologie consentono ora di realizzare sistemi che permettono la registrazione delle metodologie prescelte e attuate, e ne assicurino l'accesso, anche in futuro, ad altri restauratori e ricercatori: un problema questo che, anche per l'immaturità della tecnologia, non era stato ancora adeguatamente affrontato.

È ormai possibile far tesoro di esperienze ***stand alone***[15], mettendole in rete, rendendo così accessibili archivi documentali,

12 SACCO F. *A cosa serve la documentazione dei restauri.* Geomedia 1(2006) 6-12.

13 CAPANNA F., *Conservazione preventiva dei beni culturali, documentazione grafica per la conservazione dei beni culturali. storia e struttura di un metodo. Tesi della Scuola di specializzazione in Beni storici artistici,* Università degli studi di Macerata a.a.. 2011- 2012, relatore prof. S. Della Torre, pag. 35.

14 ICCD, Strutturazione dati delle schede di catalogo e precatalogo, scheda OA-Normativa.

15 In informatica, l'espressione stand-alone indica che un oggetto o un software è capace di funzionare da solo o in maniera indipendente da altri oggetti o software, con cui potrebbe altrimenti interagire. I primi sistemi stand-alone non avevano sistema operativo: invece, i programmi utente interagivano direttamente con le risorse hardware.

predisposti in occasione del restauro di singole opere, spesso gestiti soltanto dal ristretto gruppo di persone che ha contribuito alla loro realizzazione, limitando così drasticamente l'utilità di queste raccolte. Per supportare la gestione degli archivi storici, di restauro, fotografici e rendere i dossier gestibili da tutti gli operatori, sono stati quindi creati e messi a disposizione delle Soprintendenze, dei **Sistemi Informativi** sviluppati con tecnologie ***open source e web-based***, pensati per gestire le informazioni ricavabili dalle fonti e gli interventi di restauro strutturati entro tracciati comuni, e messi in rete con l'obiettivo di contribuire alla trasformazione della Pubblica Amministrazione tramite la tecnologia dell'informatica, individuando e sperimentando applicazioni adeguate per tutelare il Patrimonio Culturale e comunicarne al cittadino valore e significato.

Anche **l'Istituto Centrale per il Restauro, ISCR**, negli stessi anni, si accostò al tema con diverse sperimentazioni, cercando di mettere in pratica alcuni principi delineati in seno al suo Ufficio per la Documentazione dei Restauri.

In occasione del restauro dei dipinti murali della **Cappella degli Scrovegni** a Padova, sulla base del sistema organizzativo della documentazione proposto da Sacco nel 2002, si creò un insieme d'interfaccia, tra grafica e ***data-base***, che si basava sulla tecnologia ***webGis a base cartografica***, usato solitamente per i sistemi **GIS** utilizzati per il supporto alla gestione del territorio.

Il sistema, tuttora consultabile in rete[16], presenta le basi grafiche, e le mappature delle condizioni conservative, collegate ai relativi dati diagnostici e d'intervento.

Poiché le tavole grafiche sono immesse nel sistema in scala, le distanze tra gli oggetti sono misurabili ed è possibile selezionare le analisi dalle posizioni sulle pareti utilizzando le selezioni spaziali tipiche del GIS, compiendo operazioni spaziali e misure per la valutazione dell'entità dei danni registrati o degli interventi compiuti.

Si ebbe così la possibilità di visualizzare contemporaneamente più dati archiviati, con un sistema di sovrapposizione di **piani tematici**, ***layer*** o richiamando finestre di dialogo collegate a punti dell'oggetto rappresentato, compiendo in tempo reale confronti tra dati grafici e data base testuali e determinando considerazioni tecniche in precedenza complicate da farraginose comparazioni di materiale cartaceo[17].

Il progetto dispone inoltre di una **Fototeca**: per visualizzarla, bisogna prima selezionare l'elenco fotografie dell'archivio fotografico e poi scegliere la foto. La finestra dei dati è organizzata in modo gerarchico: in alto le informazioni generali che riguardano la foto con le indicazioni della collocazione; nella parte centrale le indicazioni tecniche ed, infine, il motivo della foto dal punto di vista della conservazione.

Ogni foto ha uno scopo documentario ed è localizzabile sulla scena di appartenenza. Questo sistema può essere inteso come una delle prime applicazioni della monografia di ripresa[18].

C'è la possibilità, anche in quest'area, di incrociare i dati effettuando ricerche specifiche: ad esempio, inserendo nella barra di ricerca la dicitura ***battitura di filo,*** il sistema renderà visibili tutte le foto in cui questa tecnica è presente, indicandone anche la localizzazione generale all'interno della Cappella.

16 http://www.alphaconsult.it/Scrovegni/

17 CAPANNA E., *Conservazione preventiva dei beni culturali, documentazione grafica per la conservazione dei beni culturali. storia e struttura di un metodo. Tesi della Scuola di specializzazione in Beni storici artistici,* Università degli studi di Macerata a.a.. 2011- 2012, relatore prof. S. Della Torre, pag. 35.

18 Si rimanda al capitolo *2.2 La monografia di ripresa.*



FIG.7 Giotto agli Scrovegni.
Ambiente di visualizzazione dei dati della documentazione grafica del restauro on line.

Foto: http://www.alphaconsult.it/Scrovegni/

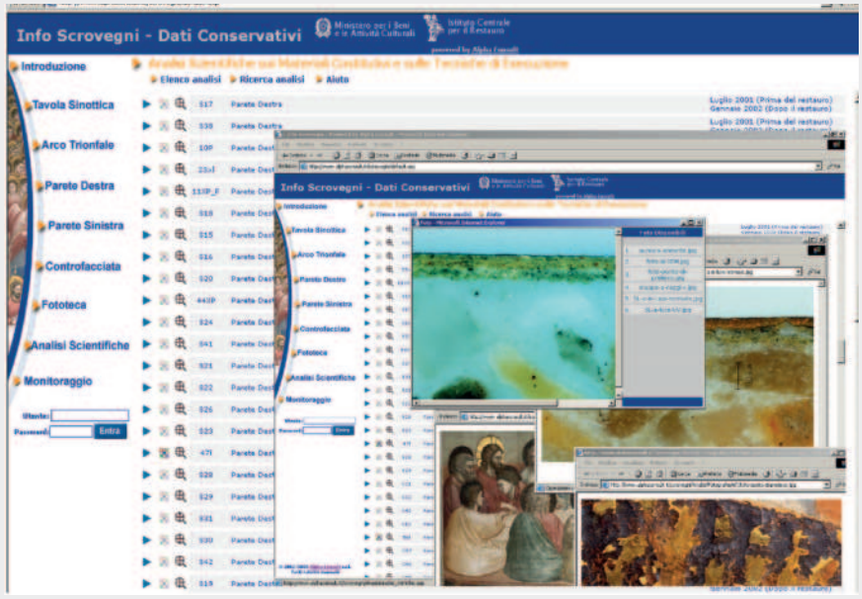


FIG.8 Giotto agli Scrovegni.
Finestre di dialogo: schede analisi chimiche collegata alle immagini fotografiche e alle schede conservative.

Foto: http://www.alphaconsult.it/Scrovegni/

FIG.9 Giotto agli Scrovegni.
Documentazione grafica: tematismi collegati alle foto

Foto:http://www.alphaconsult.it/Scrovegni/

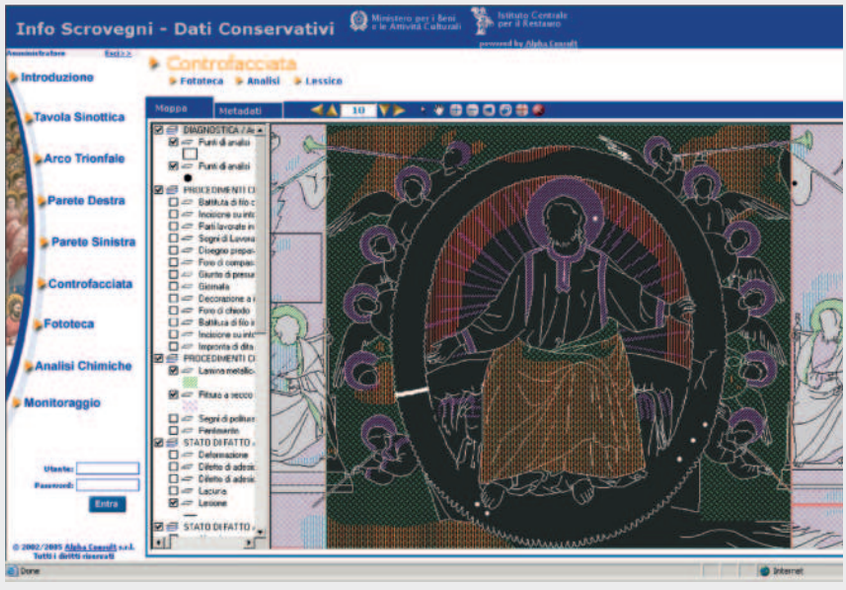


FIG.10 Giotto agli Scrovegni.
Fototeca: archivio foto filtrato sulla scena, finestra di dialogo del dettaglio ingrandito.

Foto: http://www.alphaconsult.it/Scrovegni/



L'ambiente di **WEB GIS posto on-line** è stato utilizzato come servizio pubblico di diffusione dei dati raccolti ora a disposizione della comunità scientifica e del privato cittadino e facilita l'interrogazione guidata servendo da ponte tra l'utente e la banca dati relazionale collegata al monumento.
Ai fini della documentazione, nel 2003 è stato approvato il progetto **ARTPAST**[19]presentato dalla Direzione Generale PSAD al CIPE[20] che l'ha finanziato.
Questo si rivolge alle Soprintendenze ai Beni Storico Artistici,[21]per ovviare alle diverse esigenze incontrate nell'analisi delle situazioni, sono stati adottati due sistemi informatici a ciò dedicati, nati dalla collaborazione tra l'Università di Pisa, la Soprintendenza di Pisa e Livorno e la Scuola Normale Superiore:

- **ARISTOS** dedicato alla raccolta della documentazione archivistica relativa alla storia della tutela delle opere d'arte, con particolare riguardo al restauro e alle sue problematiche;
- **SICaR** dedicato alla progettazione e alla gestione dei cantieri di restauro attraverso la georeferenziazione dei dati su un modello fedele e misurabile del bene.

Entrambi i sistemi sono stati realizzati con tecnologie open source. La modifica e la consultazione dei dati avvengono collegandosi a un comune ***browser web.***
All'interno del progetto, e per tutta la sua durata, è stato assicurato un server dedicato ai dati di documentazione del restauro, grazie al quale è stato possibile avviare l'inserimento dei dati. A completamento del progetto, la totalità dei dati risiederà su un server presso il CED del Ministero per i Beni e le Attività Culturali, così da non perdere la possibilità di esponenziale arricchimento derivante dalla condivisione in rete della documentazione.
Tutti questi sistemi sono messi appunto essenzialmente per avere un unico database popolabile e consultabile in rete, in questo modo conservatori e restauratori, dovrebbero poter elaborare confronti e verifiche su metodi e materiali utilizzati dai colleghi in relazione a specifiche situazioni di degrado, senza dover attendere convegni o pubblicazioni; studiosi e ricercatori possono avere accesso a preziose informazioni sulla consistenza materica delle opere, quale solo durante il restauro si può ottenere.
Questi due software sono stati sperimentati in trentadue soprintendenze, consentendone l'ottimizzazione, e portando nel 2007, a seguito di specifica richiesta da parte di tutte le soprintendenze che avevano preso parte alla sperimentazione, alla nascita del progetto **REARTE**. Questo si propone come obiettivo la stabilizzazione e la diffusione di **ARISTOS** e **SICAR** a tutte le soprintendenze attraverso la formazione del personale, la verifica e l'arricchimento del lessico e il tracciato per il rilevamento delle tecniche esecutive.
Lavorare in formato digitale facilita la registrazione, l'archiviazione, la gestione e la pubblicazione dei dati raccolti. Per quanto riguarda la catalogazione, le operazioni d'implementazione della banca dati da parte delle Soprintendenze si sono terminate nel dicembre 2007, rendendo consultabile in rete un patrimonio di 1.838.497 schede collegate alle relative 1.893.749 fotografie.

19 ARTPAST: Applicazione Informatica in Rete per la Tutela e la Valorizzazione del Patrimonio Culturale nelle Aree Sottoutilizzate
20 delibera n. 17/2003, punto 1.1, delibera n. 83/2003
21 http://www.artpast.org



CAPITOLO 2
FOTOGRAFIA E *IMAGING* PER IL RESTAURO

L'opera d'arte esiste in quanto costituita di materia
e la sua vita non è che un trasformarsi spontaneo o forzato di questa,
essa è in grado di esprimere il suo messaggio artistico solo in quanto garantita la sua esistenza materiale;
sarebbe però un'esistenza senza significato se la materia fosse conservata priva
o snaturata del suo originale contenuto espressivo.
Dalle discipline scientifiche possono essere ottenute le indicazioni
per prolungare con i metodi più corretti la sua esistenza.
L'analisi critico-estetica dell'espressione dell'opera e quella scientifica diretta alla tutela della materia,
devono coesistere; la scienza deve soddisfare le esigenze dell'estetica [1].

L'invenzione della fotografia poco prima della metà dell'Ottocento diede un forte impulso agli studi sull'immagine dell'opera d'arte. Oltre a fornire un procedimento di riproduzione giudicato più fedele dell'incisione, consentì di registrare in modo durevole nel tempo i risultati della visione diretta. In passato si disponeva di sistemi semplici come il racconto testuale corredato da rilievi geometrici o da disegni a mano libera e acquarellati, ma, nel tempo, il progredire della tecnologia ha permesso di registrare i dati con mezzi meccanici, strumentali e fotografici.

Ne derivò in pochi decenni la nascita di una documentazione dell'opera d'arte non soltanto come riproduzione del suo insieme ma anche dei suoi dettagli, ripresi con una illuminazione incidente secondo varie angolazioni.

Un precoce utilizzo della fotografia per scopi diagnostici[2] avvenne all'interno dei musei soprattutto per documentare lo stato di conservazione delle opere, oppure da parte di ricercatori che operavano autonomamente, in grado di definire strumenti adeguati alla riproduzione di dettagli. L'esame ravvicinato mediante strumenti ottici era già stato sperimentato alla fine del Settecento con il **mega-scopio**. Inventato dal fisico J.A.Charles nel 1780, proiettava un'immagine ingrandita dell'opera d'arte, superando così i limiti dell'occhio umano per approfondire lo studio dei dettagli della superficie. Il fisico dette inizio a un lavoro di ricerca e di analisi con strumentazioni all'avanguardia per l'epoca, quando ancora non era disponibile la fotografia. Già nel 1972, nell'**Allegato C** della **Carta Italiana del Restauro**[3] che prevede Istruzioni per l'esecuzione di restauri pittorici e scultorei si leggono precisi riferimenti all'utilizzo della fotografia, sin dalle operazioni preliminari. Inoltre, nel fornire le prescrizioni sulle modalità di documentazione di ogni intervento, all'**art. 8** della Carta si legge che ***"del suo corso dovrà essere tenuto un giornale, al quale farà seguito una relazione finale, con la documentazione fotografica di prima, durante e dopo l'intervento."*** La documentazione fotografica iniziò a entrare a far parte di un importante processo di registrazione di dati finalizzati all'acquisizione di una conoscenza più ampia dei manufatti, come nel tempo le possibilità per la documentazione fotografica si sono enormemente ampliate. Oggi con i sistemi digitali si possono raggiungere livelli altissimi di fedeltà di riproduzione.

1 M. Matteini A. Moles, *Scienza e restauro*, Firenze, 1984 p. 11.

2 L'introduzione del termine diagnostica in campo artistico risale alla fine degli anni venti del Novecento, ed è da riferire all'ambito internazionale di studi e ricerche culminati nella Conferenza Internazionale per lo Studio dei metodi scientifici applicati all'esame e alla conservazione delle pitture, tenutasi a Roma dal 13 al 17 ottobre del 1930. Con l'espressione Diagnostica Artistica s'intende l'insieme d'indagini scientifiche che forniscono informazioni altrimenti non desumibili in merito sia alla tecnica esecutiva sia allo stato di conservazione di un'opera d'arte.
Cardinali M., De Ruggeri B., Falcucci C., *Diagnostica Artistica, tracce Materiali per la storia dell'arte e per la conservazione*. Palombi Editore, 2007.

3 Allegato C "*La prima operazione da compiere, prima di ogni intervento di restauro su qualsiasi opera d'arte pittorica o scultorea, è un'accurata ricognizione dello stato di conservazione.*" …
"Verrà quindi redatto un resoconto che costituirà parte integrante del programma e l'esordio del giornale di restauro. Successivamente dovranno eseguirsi, dell'opera, le fotografie indispensabili a documentarne lo stato precedente all'intervento di restauro, e tali fotografie verranno eseguite, a seconda dei casi, oltre che a luce naturale, a luce monocromatica, ai raggi ultravioletti semplici o filtrati, ai raggi infrarossi. È sempre consigliabile eseguire, anche in casi che non rivelino ad occhio nudo delle sovrapposizioni, radiografie ai raggi molli. Nel caso di pitture mobili, anche il tergo del dipinto andrà fotografato." "Se dalle documentazioni fotografiche, che saranno annotate nel giornale di restauro, risulteranno degli elementi problematici, questi andranno riferiti nella loro problematicità."

2.1 La fotografia in ausilio al restauro

Sulla superficie dell'opera d'arte si deposita nel tempo materiale esterno, come pulviscolo, sostanze coerenti e incoerenti o verniciature e ritocchi dovuti a vecchi restauri. I materiali trovati sull'opera prima di un restauro sono solo in parte quelli originali posti dall'autore; per questo ogni metodologia che permette di rilevare ciò che non è direttamente visibile o percepibile costituisce un importante mezzo d'indagine; in particolare quando la tecnica è in grado di fornire informazioni interne alla materia senza la necessità di prelevarne dei campioni o di distruggerla.
Le indagini fotografiche forniscono informazioni altrimenti non desumibili in merito sia alla tecnica esecutiva sia allo stato di conservazione di un'opera, utilizzando porzioni dell'intero spettro di radiazioni elettromagnetiche, siano esse visibili, come la luce, o non visibili, come gli **Ultravioletti**, gli **Infrarossi** e i **Raggi X** e **Raggi Gamma (γ)**.
Si tratta di metodi che impiegano la fotografia per registrare fenomeni ottici dovuti a radiazioni riflesse, trasmesse o emesse dalla materia quando questa è colpita da radiazioni differenti da quelle della luce visibile[4].
Le procedure che svolge il fotografo in supporto ai laboratori di restauro fanno parte di esami diagnostici non invasivi: non prelevano nessun campione né danneggiano la materia dell'opera d'arte e si dividono in tre momenti fondamentali:

1.L'arrivo delle opere

Prima di ogni operazione di restauro, si eseguono fotografie dell'opera fronte e retro, in luce diffusa e radente, per documentarne il più possibile lo stato di fatto. In risposta ai quesiti posti dai restauratori prima dell'intervento, sarebbe ottimale eseguire anche la fluorescenza **UV,** il **Falso Colore**, e **fotografie all'infrarosso**, o **IR riflettografico.**
Tutte le varie operazioni di ripresa fotografica vengono annotate nella monografia di ripresa che servirà per sapere l'esatta posizione delle luci e la distanza di ripresa per effettuare la stessa fotografia durante e dopo il restauro, con medesime condizioni di luce, distanza e posizione dell'opera.

2.Durante il restauro

Si eseguono le stesse riprese dell'opera fronte e retro, in luce diffusa e radente esegiute prima del restauro, per documentarne lo stato a intervento ultimato. In questa fase è importante utilizzare la monografia di ripresa per effettuare le fotografie con lo stesso posizionamento di luci e fotocamera. Tutta la documentazione fotografica è poi catalogata e messa a disposizione delle Soprintendenze, dei restauri e dei laboratori scientifici e di restauro.

3.Dopo il restauro

Si rieseguono le riprese dell'opera fronte e retro, in luce diffusa e radente, per documentarne lo stato dopo il restauro.
In questa fase è importante utilizzare la monografia di ripresa per effettuare le fotografie con lo stesso posizionamento di luci e fotocamera. Tutta la documentazione fotografica è poi catalogata e messa a disposizione delle Soprintendenze, dei restauri e dei laboratori scientifici e di restauro.

Bisogna approcciarsi alla fotografia per il restauro tenendo sempre conto del fatto che le immagini prodotte, devono rispondere alle esigenze specifiche di documentazione ed essere funzionali alla lettura dello stato di fatto dell'opera.
La documentazione fotografica deve rappresentare e assumere un valore di testimonianza storica, certificare lo stato di conservazione dell'opera, motivare e attestare le scelte e le fasi dell'intervento, documentare le mutazioni, supportare lo

4 POLDI G., VILLA GIOVANNI C., *Dalla conservazione alla storia dell'arte. Riflettografia e analisi non invasive per lo studio dei dipinti.* Edizioni della Normale, 2006

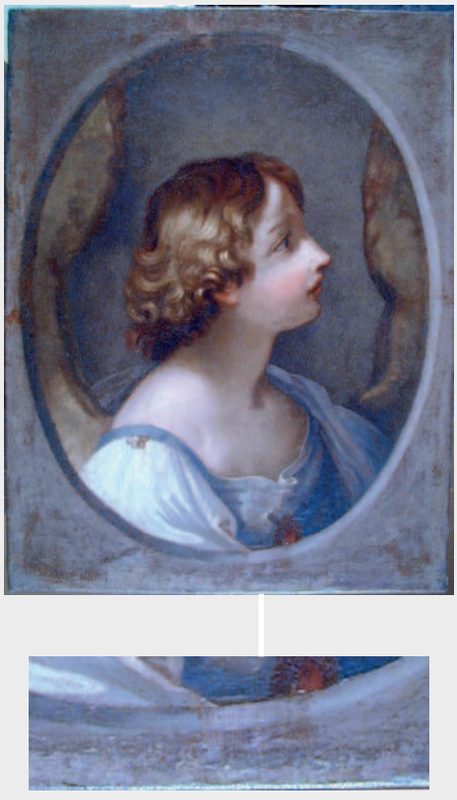


FIG.11 Dipinto su tela, Annunciazione,Angelo Gabriele, autore Ingnoto, Urbino, (PU)

Fotografia in luce Diffusa

Negli interventi di ritocco pittorico si raggiungo un grado di accordo cromatico fra la parte restaurata e quella di colore originale tale che l'intervento sia invisibile. Qusto risultato di accordo cromatico tra le zone originali e il ritocco, è stato ottenuto in passato, il più delle volte, empiricamente, ignorando la natura chimica del pigmento originale.

Foto: Annamaria Amura

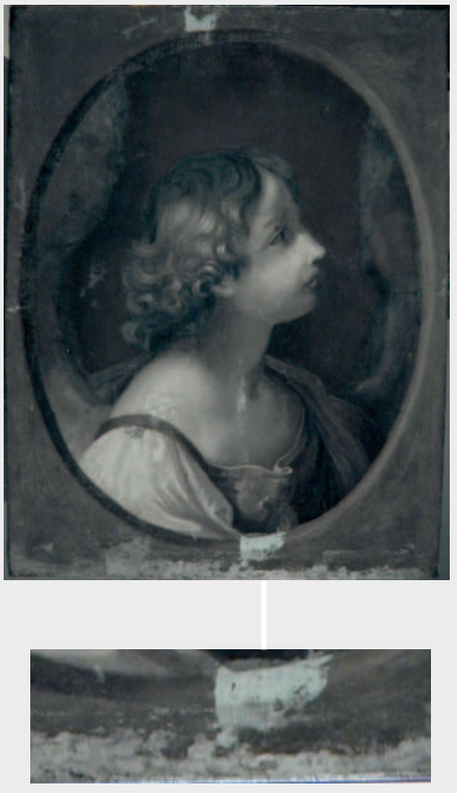


FIG.12 Fotografia all'infrarosso

Materiali di diversa natura chimica possono avere un comportamento simile fra loro quando sono colpiti da radiazioni visibili assumendo così lo stesso colore, ma posso avere un diverso comportamento in altre regioni dello spettro. Molti pigmenti stesi sulla pittura, puri o in mescolanza tra loro, nella fotografia all'infrarosso possono apparire più chiari o più scuri.

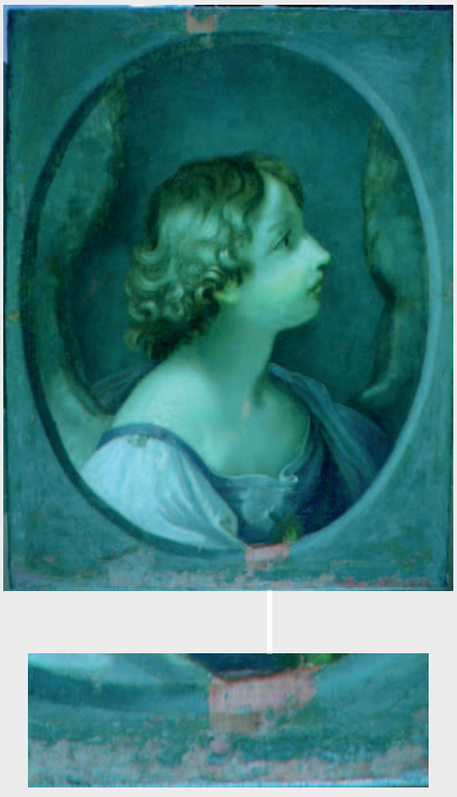


FIG.13 Tecnica del Falso Colore

Denominata anche Infrarosso Colore,
individua sul dipinto zone che hanno subito restauri postumi, con pigmenti diversi dagli originali, sufficientemente antichi perché non sia reperibile la documentazione a riguardo e può aiutare nell'identificazione dei pigmenti utilizzati nel dipinto. La tecnica provoca uno slittamento delle risposte cromatiche ricorrendo a metodi fotografici tradizionali e successiva elaborazione digitale, e consiste nella sovrapposizione di due tipi d'immagine, una fotografia in luce visibile e una fotografia eseguita nelle stesse condizioni di ripresa ma con la tecnica dell'infrarosso oppure della riflettografia.

studio e facilitare la comprensione delle pubblicazioni scientifiche fino al risultato finale.
Si desume l'importanza che una buona documentazione fotografica abbia in un archivio di restauro, in linea generale, a prescindere dalle esigenze specifiche richieste da ogni singolo caso, le caratteristiche principali di una buona fotografia per il restauro sono:

- **assoluta leggibilità di tutte le parti di cui l'opera è composta;**
- **nitidezza nei dettagli;**
- **coerenza dell'illuminazione in tutte le immagini appartenenti alla stessa opera;**
- **possibilità di effettuare misurazioni sull'immagine (questo comporta che il file debba essere sempre messo in scala o a dimensioni reali);**
- **fedeltà nella riproduzione del colore e possibilità di ottenere una stampa certificata attraverso l'uso in fase di scatto di un targhet di riferimento.**

In anni recenti, gli aspetti della documentazione fotografica, si sono radicalmente modificati con l'introduzione del digitale. A tal proposito negli USA è stato coniato il termine ***imaging*** per definire l'evoluzione dei processi di produzione e riproduzione dell'immagine.

La fotografia digitale ha portato molti vantaggi tra questi:

- **la possibilità di valutare la qualità della documentazione subito dopo la ripresa;**
- **migliore accuratezza cromatica grazie a software che equilibrano il colore dell'oggetto fotografato eliminando dominanti;**
- **possibilità di scattare macrofotografie ad alta definizione;**
- **integrare facilmente la documentazione grafica con quella scritta;**
- **vedere fotografie a livelli d'ingrandimento molto elevati;**
- **effettuare efficaci fotografie a ultravioletti e infrarossi e falso colore in tempi brevi;**
- **creare restauri virtuali per la discussione o per la pianificazione dei trattamenti[5];**
- **condividere o rendere immediatamente disponibili le immagini dell'opera**
- **organizzare la documentazione di archivio per un più efficiente utilizzo e consultazione;**
- **creare e immagazzinare facilmente molteplici copie della documentazione d'archivio per assicurare una durata a lungo termine;**
- **disporre di immagini in cui tutta la superficie non presenta parti sfocate, grazie alla tecnica del *Multifuoco*.**

5 Si rimanda al capitolo 7. *Restauro Virtuale o ripristino iconologico digitale.*

2.2 Le tecniche fotografiche

La fotografia fa parte delle tecniche diagnostiche non puntuali, in quanto estende a più zone dell'opera l'indagine conoscitiva, garantendo un'alta rappresentatività e affidabilità delle informazioni ottenute, rendendole visibili per tutta l'estensione dell'opera. La scelta dei prelievi campione o dei punti dove effettuare le analisi, sarà in questo modo eseguita con più razionalità.

Senza venire a contatto con l'opera un'analisi eseguita con le fotografie è di ausilio in operazioni come:

- **riconoscere i materiali costitutivi e la tecnica di esecuzione;**
- **autenticare le opere con più precisione;**
- **accertare lo stato di degrado dell'opera e conoscerne le trasformazioni e le cause;**
- **accertare la presenza di eventuali restauri precedenti[6];**
- **aiuta nella scelta dei nuovi materiali per il restauro[7];**
- **facilita la messa a punto e controllo degli interventi conservativi[8];**

Grande importanza riveste la possibilità di ottenere risultati complementari tra diversi metodi analitici, così da caratterizzare l'opera con maggiore ampiezza.
Ad esempio, tecniche come riflettografia, radiografia e analisi ultraviolette sono complementari poiché raramente danno le medesime informazioni: per tale ragione sono il loro uso integrativo favorisce, insieme alle riprese fotografiche in luce visibile, una lettura particolarmente ricca dell'opera in esame[9].
Gli esami diagnostici effettuati nel dominio delle radiazioni visibili a occhio nudo, cioè con una lunghezza d'onda compresa all'incirca fra i 400 e i 700 nanometri, sono sempre i primi cui un'opera è sottoposta e, se condotti da un occhio esperto, possono dare moltissime informazioni sullo stato di conservazione dell'opera.
Consistono principalmente in quattro tecniche:

1. Luce diretta

È la tecnica con la quale sono eseguite principalmente le fotografie per documentare lo stato dei dipinti e le opere d'arte. Si ricreano artificialmente condizioni d'illuminazione che rendano al meglio leggibile l'opera e i suoi valori cromatici; cercando di eliminare qualsiasi riflesso speculare della superficie ma, al tempo stesso, di rispettare il più possibile le normali condizioni di osservazione dell'opera in modo che in tutti i lati ci sia lo stesso tipo di esposizione.

6 Nella maggior parte dei casi le opere hanno subito in passato interventi di restauro che hanno introdotto nell'opera materiali nuovi, che subiscono spesso un degrado più veloce rispetto agli originali. Tali materiali vengono rimossi e sostituiti con altri più rispondenti ai criteri attuali.

7 I nuovi materiali sono principalmente prodotti di sintesi, la scelta critica di questi, è accompagnata da controlli di idoneità.

8 Proprio la scienza ha messo in luce la precarietà di qualsiasi materiale e la varietà di trasformazioni cui esso può dar luogo a seconda delle condizioni in cui viene a trovarsi. Da questo nasce l'esigenza rigorosa di un controllo sistematico chimico- fisico del comportamento dei materiali impiegati nella conservazione per le possibili interazioni con le sostanze originali. Importante è lo studio che permette di definire le migliori condizioni ambientali per la conservazione di un'opera. In passato non veniva attuata alcuna condizione atta a controllare o creare l'idoneo microclima intorno a un opera. La localizzazione stessa dipendeva dalla funzione a cui l'opera era destinata. Attualmente il museo può riprodurre un "ambiente chiuso" con condizioni di conservazione

9 Cardinali M., De Ruggeri B., Falcucci C., *Diagnostica Artistica, tracce Materiali per la storia dell'arte e per la conservazione.* Palombi Editore, 2007

2. Luce radente

L'opera viene illuminata con un fascio di luce parallelo alla superficie o formante con questa un angolo molto ridotto, da 5° a massimo 10°.
E' necessario che questo fascio sia condensato da lenti e ben delimitato da alette sagomatrici, in modo da aumentare il contrasto fra le zone illuminate e quelle che rimangono in ombra, e da evitare diffusioni di luce che attenuerebbero l'effetto voluto.
Le irregolarità sono in questo modo rese visibili dalle ombre portate dalle zone in rilievo, permettendo di percepire sull'immagine fotografica anche la terza dimensione dell'opera.
Questa pratica rappresenta il primo passo per esaminare un'opera con lo scopo di ottenere nuove informazioni e indagare il suo stato di conservazione e la tecnica esecutiva: in queste condizioni, infatti, tutti i difetti della superficie sono accentuati.
La luce radente rende evidenti anche i più piccoli sollevamenti del colore e della preparazione, guidando il restauratore nell'esecuzione d'interventi localizzati e, se eseguita durante le operazioni, aiuta a controllare il risultato ottenuto.
L'esame a luce radente è fondamentale anche per documentare la planarità dello strato di supporto dell'opera: i supporti, specialmente per quanto riguarda le tele e le tavole, tendono ad alterarsi e allentarsi sotto l'influenza delle variazioni microclimatiche o per instabilità dei telai; nei supporti di legno, questa tecnica d'illuminazione, evidenzia la curvatura, le distorsioni, le congiunzioni fra un pannello e l'altro e i tipici fenomeni di deformazione delle tavole: imbarcatura, svergolatura, arcuatura, falciatura. Per quanto riguarda le tele può aiutare a riconoscere eventuali imborsamenti o spanciamenti o le impronte lasciate, sulla superficie dalla battitura del telaio e dalle traverse sul retro del supporto.
La ripresa a luce radente può essere d'aiuto per desumere informazioni sullo strato pittorico mostrando variazioni di planarità non giustificate dalle stesure visibili del colore; in questo caso possono essere riconosciute ridipinture e presenza di uno strato pittorico sottostante alla superficie visibile. Può facilitare inoltre lo studio della tecnica esecutiva del pittore, in particolare quando il colore è posato a impasto spesso, facendo risaltare le caratteristiche della pennellata: rilievo, direzione, larghezza e curvatura. La tecnica della luce radente è infine utile per l'osservazione degli spessori degli strati pittorici, infatti, l'evidenziarsi della trama della tela sulla superficie indica, ad esempio, la presenza di una preparazione molto sottile.

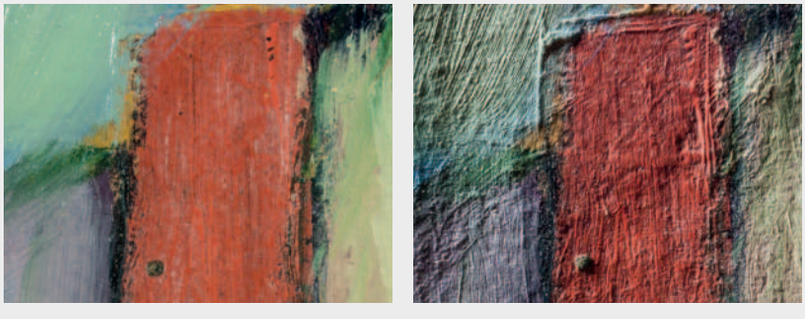


FIG.14 Dettaglio di fotografia in luce visibile a confronto con la luce radente su un dipinto su tela.
Si nota come luce radente aiuti nell'identificazione della tipologia di pennello e stesura del colore.

Foto: Annamaria Amura



FIG.15 Fotografia in luce radente. Deposizione di Cristo, Ercole Ramazzini,1575.Palazzo Ducale Urbino, (PU).

Le ombre portate rendono facile la lettura delle inclinazioni delle tavole

Foto ed elaborazione grafica: Annamaria Amura



FIG.16 Fotografia in luce radente. Modalità di ripresa.
Deposizione di Cristo, Ercole Ramazzini,1575. Palazzo Ducale Urbino, (PU).

Foto: Annamaria Amura



3. La transilluminazione

È una tecnica applicata principalmente ai dipinti su tela. Consiste nell'illuminare il dipinto dal retro e osservare il comportamento delle radiazioni che riescono ad attraversare i suoi strati. Logicamente i limiti dati da alcuni supporti spessi sono insuperabili poiché la luce non riesce a oltrepassare gli strati. Bisogna tuttavia considerare anche quest'ultimo caso come un'informazione importante poiché è indicativo della presenza di una preparazione spessa e colorata. La tela, anche se di notevole spessore o già rintelata, ha una parziale trasmissione della luce e lo strato pittorico, grazie alla trasparenza dei leganti e di alcuni pigmenti, difficilmente riesce a bloccarla completamente. I casi di opacità della preparazione in luce trasmessa riservano però spesso sorprese inaspettate: un'accentuata craquelure d'invecchiamento potrà manifestare con estrema chiarezza l'andamento e il variare della larghezza del suo reticolato. Una toppa incollata sul retro di un'opera generalmente maschera una lacerazione o uno strappo nel supporto; la luce trasmessa può, in questi casi, essere di aiuto nel valutare l'estensione e la forma del danno. Un ritocco può nettamente disegnarsi come macchia scura quando il suo spessore, o i materiali di cui è composto, sono più opachi alla luce di quanto non lo sia il colore originale. Sono tuttavia più frequenti i casi in cui l'aggiunta è più trasparente, accade allora che le zone di maggiore luminosità indichino non tanto l'estensione del ritocco, poiché in parte questo può sovrapporsi allo spessore della pittura originale risultando ancora più opaca, quanto quelle della mancanza sottostante. Il confronto delle informazioni ottenute con altri esami, e in particolare con la fluorescenza ultravioletta, è in questo caso assolutamente indispensabile poiché spesso parti di pittura fortemente abrase ridotte come spessore, come stesure originali eseguite con materiali a basso potere coprente, possono prendere una forte trasparenza. Naturalmente lo spessore dell'impasto pittorico farà schermo alla trasmissione dei raggi, così come vi saranno pigmenti più o meno trasparenti.
Da un punto di vista tecnico l'esame non richiede particolari attrezzature ma soltanto alcuni accorgimenti e una certa cautela perché il dipinto non rischi di essere danneggiato. Un fascio di luce condensato sul retro di un'opera tende a produrre un notevole riscaldamento anche in tempi piuttosto brevi: è quindi preferibile utilizzare il flash per non alterare le condizioni termiche dell'opera.

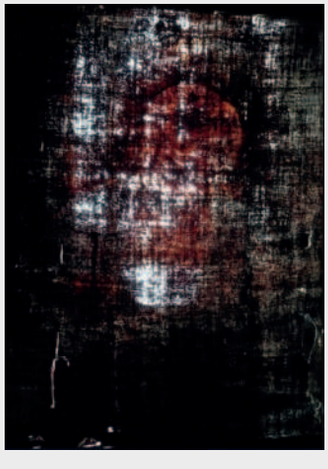


FIG.17-18
Transilluminazione a luce visibile.

Evidenzia le tavole del telaio, la trama della tela, il suo spessore,le abrasioni e le lacerazioni subite, mostrando nelle zone più chiare la perdita di materia e nelle zone più scure lo spessore della stessa.

Foto: http://www.arlango.it/?p=1812



4. Macrofotografia

Consiste in un ingrandimento fotografico: fino a scala 1:1 si parla di macrofotografia, dalla scala 2:1 in poi si parla già di microfotografia.
Il ***rapporto d'ingrandimento*** è quello fra le dimensioni fisiche reali del soggetto e la dimensione riportata sul fotogramma. Per ottenere queste immagini si possono impiegare obiettivi macro o obiettivi accoppiati a lenti addizionali con tubi di prolunga o soffietti di estensione.
Con le macrofotografie si visualizzano meglio le alterazioni della pellicola pittorica o del supporto. Le informazioni ottenute attraverso gli esami in luce radente, luce trasmessa, fluorescenza ultravioletta e infrarosso, possono essere ulteriormente precisate variando il rapporto d'ingrandimento dell'immagine. La macrofotografia dà la possibilità di isolare piccole zone dell'opera e concentrare l'attenzione su particolari invisibili all'occhio umano, il forte ingrandimento consente di visualizzare gli elementi caratteristici della crettatura (in francese ***craquelure***) caratteristica dei dipinti, permettendo di stabilire le cause per le quali questa si è generata: trazioni del supporto (***craquelure d'invecchiamento***), impiego di materiali inadeguati o non compatibili ***(craquelure di essiccamento)***. In altri casi l'esame può condurre al riconoscimento di craquelure provocate artificialmente.
Differenze della conformazione superficiale dello strato pittorico originale rispetto a quello della pittura soprammessa, rendono spesso preciso il riconoscimento dei confini fra la zona originale e l'intervento pittorico successivo.
La macrofotografia permette, perciò, una visione assai precisa sull'estensione dei rifacimenti di un'opera.
Naturalmente l'esame in luce radente e l'esame macrofotografico possono essere combinati per meglio determinare lo stato di adesione degli strati pittorici: saranno analizzati e documentati i più piccoli sollevamenti del colore dalla preparazione e della preparazione dal supporto insieme a tutti i difetti della superficie, guidando il restauratore nell'eventuale esecuzione di interventi localizzati e permettendo il controllo del risultato ottenuto dopo il restauro. Il forte ingrandimento ottenibile con le tecniche macrofotografiche renderà evidente il reale stato di conservazione della pellicola pittorica: abrasioni, piccole lacune, residui di vecchie vernici o corrosione dei margini della crettatura dovuta a un antico intervento di pulitura eseguito con solventi molto aggressivi[10].

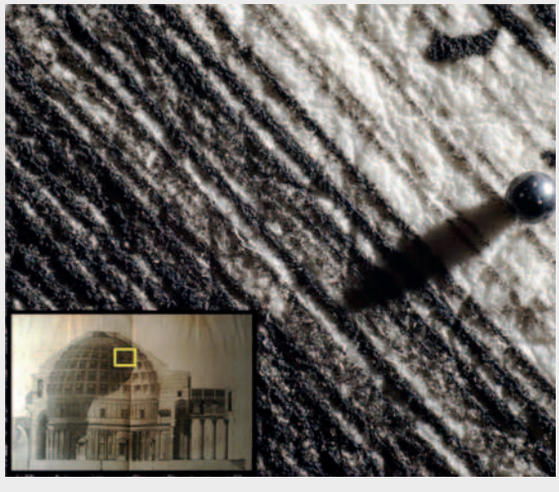


FIG.19 Macrofotografia di un rilievo eseguito a grafite su carta.

Foto: http://www.e-conservation.org/issue-1/20-macro-photography-for-reflectance-transformation-imaging

10 Ceroni M., Elia G., *Diagnostica per I Beni Culturali*, Alinea Editrice, Perugia 2008

2.2.a La Monografia di Ripresa

La fotografia non è un documento esauriente se non viene associato a informazioni alfa-numeriche e la monografia di ripresa equivale proprio a una scheda tecnica che accompagna ogni ripresa fotografica. In questa sono indicate informazioni come la tecnica di ripresa impiegata, l'apparecchiatura in uso e tutti gli aspetti tecnici connessi come le condizioni d'illuminazione, la distanza di ripresa, la macchina utilizzata, ecc.
Sarà così possibile per ogni operatore, eseguire la fotografia nelle stesse condizioni anche a distanza di tempo; quest'aspetto è indispensabile per effettuare esami comparativi sulle immagini a restauro avvenuto.
La messa a punto della monografia di ripresa, è stata possibile grazie alla tecnologia digitale, che ha la proprietà di conservare all'interno del file dati riguardanti le caratteristiche dello scatto. Questi dati, chiamati ***Exif,*** sono letti e gestiti dai diversi software per l'elaborazione, uno di questi, è ad esempio **FileMaker**[11], che viene usato per la sua facilità di utilizzo e per la possibilità di interscambio dei dati con altri sistemi operativi



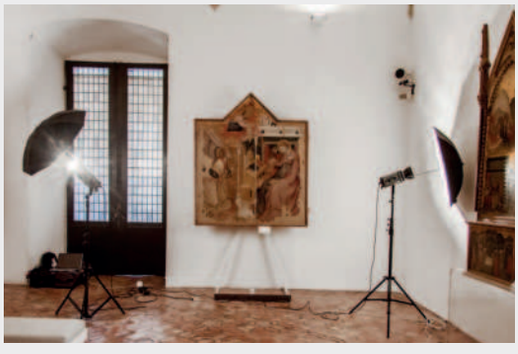


FIG.20 Monografia di Ripresa, fotografia in luce diretta
Annunciazione, Carlo da Camerino, seconda metà del XIV. Palazzo Ducale, Urbino, (PU)

Foto: Annamaria Amura

11 http://www.filemaker.com/it/solutions/starter_solutions.html

2.3 La Fotografia HD

La **fotografia HD** o ***High Definition*** è una tecnica di cucitura che, assembla più fotogrammi scattati su porzioni diverse di un unico oggetto e permette di ottenere fotografie ad altissima definizione e una resa del dettaglio molto precisa. Attraverso l'ingrandimento di tali immagini sono infatti leggibili particolari e minuzie che ad occhio nudo non sono evidenti. E' uno strumento di supporto al restauratore allo storico dell'arte che potranno esaminare nei minimi dettagli l'opera, il suo stato di conservazione e la tecnica esecutiva. L'elaborazione da parte del software permette di ottenere un'immagine di dimensioni maggiori rispetto all'opera originale, con stampe che possono superare di molto la grandezza reale dell'oggetto. Questo tipo d'immagini sono importanti in quanto mostrano, in maniera estremamente chiara, tutti i dettagli dell'opera che possono essere così esaminati con facilità da restauratori e storici dell'arte.
Questo metodo ha come base lo ***stitching***, una tecnica usata principalmente per le panoramiche. La differenza principale si trova nel tipo di obiettivo.

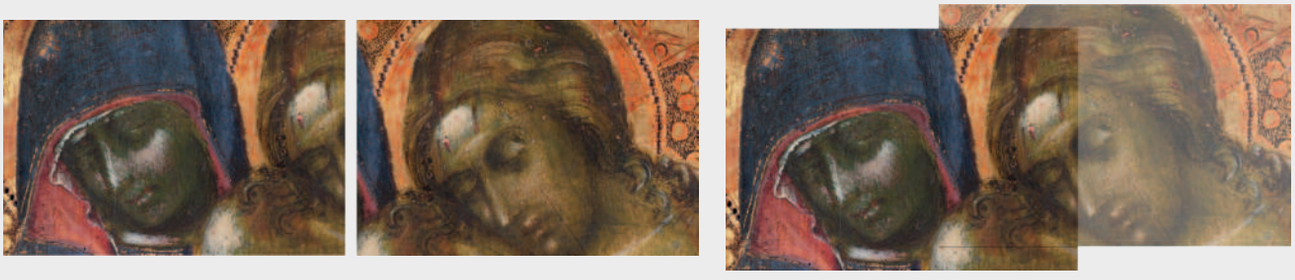


FIG.21 Dettaglio della tecnica dello *stitching*.

Foto: Annamaria Amura

Per le panoramiche, di solito si usano obiettivi grandangolari; per la documentazione per i Beni Culturali invece vengono adoperati teleobiettivi oppure **obiettivi Macro**.
Gli obiettivi tele catturano una porzione molto piccola del soggetto, più alto sarà il numero degli scatti, maggiore sarà la risoluzione dell'immagine finale.
Per ovviare alla scarsa profondità di campo di un teleobiettivo, in caso di soggetti tridimensionali che hanno diversi piani di messa a fuoco, si può ricorrere alla tecnica del **Multifuoco** che consiste nell'effettuare sulla stessa porzione d'immagine la messa a fuoco delle diverse profondità, sporgenze o rientranze dell'opera, che successivamente vengono fuse in un unica immagine per dare la visione del tutto a fuoco. È estremamente necessaria la precisione tra gli attacchi e le sovrapposizioni delle diverse foto, quindi viene adoperato il cavalletto con una ***testa micrometrica*** per le riprese con il punto ***nodale fisso,*** o un asta fissata su due stativi, dove la fotocamera si muove in senso verticale o orizzontale per effettuare una ripresa a punto ***nodale parallelo.***
Inoltre per permettere al programma di ***rendering*** di assemblare i fotogrammi scattati su porzioni diverse dell'oggetto questi devono essere eseguiti con una sovrapposizione di almeno un terzo o del 30 %, per permettere al programma di trovare gli attacchi giusti tra uno scatto e l'altro.
Non è consigliabile sovrapporre le immagini del 50 % o più, in quanto il programma potrebbe leggere doppie immagini e creare eccessive sovrapposizioni che non permetterebbero la giusta renderizzazione creando effetti fantasma sull'im-





FIG.22 Dettaglio della tecnica dello *stitching*.
Cristo in pietà con la Vergine e San Giovanni Evangelista, in alto due Angeli.
Barnaba da Modena, 1325/30 c.a -Post 1383.
Palazzo Ducale, Urbino, (PU)

Foto: Annamaria Amura



magine finale. Nella ripresa è importante seguire un andamento regolare a serpentina in sequenza ordinata in modo da facilitare il software nell'unione degli scatti. Generalmente l'andamento è dall'alto verso il basso e da destra verso sinistra, sia in senso orizzontale che verticale.

2.3.a Il Punto Nodale

Dal punto di vista geometrico una foto di un qualsiasi elemento può essere paragonata ad una proiezione centrale dello stesso, ottenuta proiettando i punti dell'oggetto su un piano o quadro di proiezione.
Nel caso della fotografia, il piano di proiezione è il piano del sensore o della pellicola; il centro di proiezione è un punto dell'obbiettivo della macchina fotografica e le rette proiettanti sono i raggi luminosi che hanno formato l'immagine fotografica in questione. Se l'obbiettivo della fotocamera fosse costituito da una lente infinitamente sottile, il centro di proiezione coinciderebbe con il centro di tale obbiettivo e un raggio di luce generico che entrerebbe nell'obiettivo ne uscirebbe dalla parte opposta con un angolo diverso. In un sistema ottico complesso, com' è nella realtà di un obbiettivo fotografico, non esiste un unico centro, ma possiamo individuare due punti, posti ad una certa distanza l'uno
dall'altro, lungo l'asse ottico del sistema: i cosiddetti punti nodali. I raggi luminosi provenienti dallo spazio esterno, dovendo attraversare le lenti, un mezzo di densità differente dall'aria, vengono deviati e danno luogo a due fasci di raggi:
il primo entrante, l'altro uscente dall'obbiettivo, i cui centri sono proprio i **punti nodali.** Il ***punto nodale anteriore*** è il piano relativo ai raggi di luce entranti ed il ***punto nodale posteriore*** è il piano relativo ai raggi di luce uscenti, indipendentemente dalla loro posizione effettiva rispetto all'obiettivo. Tra tutti i punti possibili, **N1**, ***punto nodale anteriore,*** gode della proprietà per cui tutti i raggi che lo attraversano riemergono dall'altra parte dell'obiettivo paralleli a loro stessi.
Il ***punto nodale posteriore,*** **N2**, corrisponde al punto il cui il cono di luce viene invertito proiettando l'immagine sul sensore. Il primo serve a calcolare la distanza tra il soggetto e la macchina fotografica, il secondo serve a calcolare la distanza focale quando l'obiettivo è posto all'infinito e corrisponde circa alla diagonale del piano di proiezione.
Al fine di evitare aberrazioni, la proiezione dei raggi luminosi riflessi dal soggetto ,sul sensore deve essere costante: questo significa mantenere il piano del sensore sempre parallelo alla superficie del soggetto e quindi effettuare tutta la ripresa con punto nodale sempre alla stessa distanza.

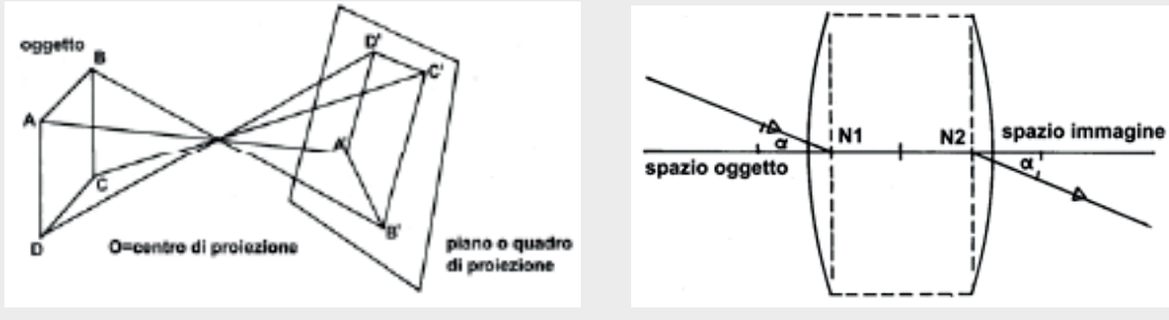


FIG.23-24 Schema del punto nodale.

Tecnica del punto nodale fisso

In questa tecnica è fondamentale avere un appoggio molto stabile per la fotocamera. Il cavalletto deve essere posizionato perfettamente in bolla; è consigliabile adoperare la ***testa micrometrica*** che consente movimenti precisi di regolazione dell'inquadratura che grazie alla manopola per il movimento micrometrico, permette una regolazione di massima precisione dell'inquadratura. Il centro del sensore della fotocamera deve coincidere con il centro del soggetto, e su quel punto la macchina viene poi inclinata di diversi gradi per effettuare gli scatti in tutta la dimensione dell'opera. Questo comporta naturalmente delle deformazioni. I singoli scatti devono essere aperti in **Photoshop** elaborati in modalità ***Correzione lente*** prima di essere inseriti nel **software di stitching.** Il punto nodale deve essere posizionato con il centro del cavalletto per poter girare l'ottica sempre sullo stesso punto.



FIG.25 **Testa micrometrica Manfrotto**



FIG.26 **Punto dell'asse di rotazione della fotocamera con la testa panoramica**



FIG.27 **Punto dell'asse di rotazione della fotocamera con la testa micrometrica**.

Tecnica del punto nodale parallelo, o tecnica a scansione

Tale tecnica è utilizzata prevalentemente per opere di piccole dimensioni e altezze limitate, e può essere eseguita con obiettivi macro anche con aggiunta di duplicatori di focale. La fotocamera si muove lungo un'asta fissata su due stativi e si sposta in orizzontale e in verticale seguendo una serpentina che procede dall'alto verso il basso e da destra verso sinistra o viceversa, come se l'acquisizione avvenisse tramite uno scanner. Gli spostamenti della macchina e la regolazione dell'altezza degli stativi, necessitano di essere eseguiti mantenendo la stessa distanza dall'opera in rapporto alle proporzioni dell'immagine finale. È quindi necessario adoperare un metro o un distanziometro per verificare se le ripetute azioni non abbiano spostato la distanza di partenza della macchina e quindi la distanza del punto nodale.
Questa tecnica di ripresa, se eseguita correttamente, elimina l'errore di parallasse rendendo la scansione dell'opera estremamente regolare.



FIG.28 Tecnica del punto nodale fisso, i fotogrammi si presentano con delle deformazioni

Foto: Annamaria Amura



FIG.29 Tecnica del punto nodale parallelo, o a scansione.

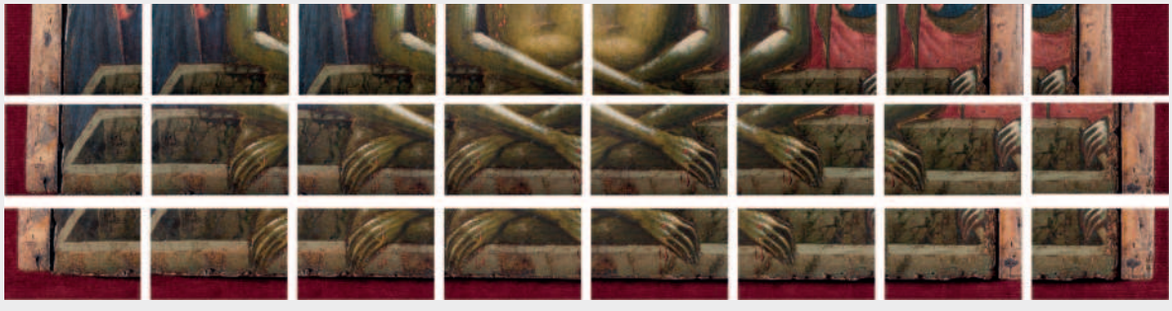


FIG.30 Tecnica del punto nodale parallelo, o a scansione, i fotogrammi non subiscono distorsione ottica.

Foto: Annamaria Amura

3.4 Post produzione

Una volta terminata la fase di ripresa fotografica dell'opera è necessario occuparsi dell'elaborazione al computer delle immagini ottenute.
Occorrerà usare dei software appositi che permettano di controllare l'uniformità di esposizione e bilanciamento del bianco dei fotogrammi scattati e di unirli tramite la tecnica dello stitching al fine di ottenere il render finale, ovvero un'unica immagine di grandi dimensioni e altissima risoluzione.
Vengono usati a tal proposito i programmi della **Adobe Bridge, Camera Raw** e **Photoshop** e software per **stitching** e **renderizzazione**, come **Autopano Giga.**

Di seguito sino elencati dettagliatamente i passaggi necessari per l'elaborazione digitale delle fotografie e la realizzazione dell'immagine finale.

Operazioni in Camera Raw

I file **RAW**[12] acquisiti dalla macchina, vengono aperti in **Camera Raw**[13]. Selezionando il fotogramma contenente il **Color Checker,** si procede al bilanciamento del bianco, usando il **Grigio Medio** presente nel **Color Checker.**
Successivamente, selezionando tutte le immagini, con il comando ***Sincronizza*** tutti i fotogrammi vengono automaticamente bilanciati allo stesso modo. Con la stessa operazione, si applica il profilo ***Correzione lente*** per l'ottica utilizzata, in modo che vengano corrette il più possibile le eventuali distorsioni e aberrazioni cromatiche. I file vengono poi salvati in una nuova cartella di destinazione in formato **JPG**[14]**.**

Montaggio del Multifuoco

Quando l'immagine è stata scattata con la tecnica del **Multifuoco** è necessario unire i singoli fotogrammi della stessa inquadratura in un unico file.
I diversi fotogrammi sono quindi aperti nella stessa finestra di **Photoshop** attraverso il programma **Adobe Bridge** [15]**,**
per procedere con il loro allineamento e la fusione tramite il comando di Photoshop ***allineamento e fusione automatica.***

Autopano Giga

I fotogrammi vengono inseriti in Autopano Giga, un software dedicato alla creazione d'immagini panoramiche e tour virtuali, consente anche di montare diverse centinaia o migliaia d'immagini per creare un'unica foto di svariati gigapixel.

12 La tecnica Raw (IPA: [ro:], in inglese crudo, grezzo) consiste in un particolare metodo di memorizzazione dei dati descrittori di un'immagine. Viene usata per non avere perdite di qualità della registrazione su un qualsiasi supporto di memoria, rispetto ai segnali catturati dal sensore e successivamente composti per interpolazione dal processore d'immagine della fotocamera nelle sue tre componenti fondamentali RGB (Red, Green, Blue). Basandosi su questa tecnica, le diverse case produttrici di fotocamere digitali, formattano i dati dei file Raw secondo formati proprietari.
Questi possono essere diversi anche fra modelli diversi della stessa casa produttrice. Tale accorgimento, permettendo l'identificazione del formato specifico, oltre al fattore commerciale di dare una riconoscibilità al marchio, consente ai programmi di elaborazione dei file Raw di attivare i processi di demosaicizzazione più adeguati per quel formato in fase di caricamento dei file. La risoluzione massima reale dell'immagine rimane quella determinata dalle caratteristiche del sensore installato nella fotocamera digitale. La metodica Raw è per lo più utilizzata nelle macchine fotografiche Reflex digitali, ma anche in quelle compatte di fascia alta.

13 Camera Raw è un plug-in del pacchetto Photoshop che consente d'importare immagini RAW da un'ampia gamma di fotocamere in varie applicazioni Adobe.

14 Il JPG È il file più comune, usato per visualizzare sul Web e su altri servizi fotografie e immagini a tono continuo inserite in file HTML. Supporta i metodi di colore CMYK, RGB e Scala di grigio. JPG conserva tutte le informazioni sui colori di un'immagine RGB ma comprime la dimensione del file eliminando dei dati in modo selettivo. Maggiore è il livello di compressione, minore è la qualità dell'immagine e viceversa. Nella maggior parte dei casi, l'opzione di qualità Massima produce un risultato identico all'originale.

15 Adobe Bridge è un programma organizzativo creato e distribuito da Adobe Systems come parte di Adobe Creative Suite, a partire dalla versione CS2. Il suo scopo principale è quello di collegare le parti della Creative Suite utilizzando un'interfaccia simile a quella del browser di file trovato nelle versioni precedenti di Adobe Photoshop. È accessibile da tutti gli altri componenti della Creative Suite (eccetto per la versione stand-alone di Adobe Acrobat 8) Adobe Bridge è inoltre incluso nella versione stand-alone di Photoshop ed è in grado di eseguire alcune operazioni tipiche di Photoshop.

Attraverso un sistema di stitching, unisce i singoli fotogrammi tramite un algoritmo chiamato **SIFT** ***(Scale-invariant feature transform)***, usato per il riconoscimento dei punti in comune e le analogie tra le immagini.
Più le immagini sono omogenee per ISO, messa a fuoco, tempi d'esposizione, diaframmi e, soprattutto, stessa distanza di scatto, migliore sarà il riconoscimento dei punti in comune, anche se il software bilancia perfettamente il colore e l'esposizione prendendo in esame un'immagine di riferimento.
Una volta caricate le immagini, nella sezione ***Ottimizzazione*** del pannello delle impostazioni occorre spuntare l'opzione ***Visuali multiple***, questa funzione aiuta a unire tutti i punti di visione diversi tra loro.
Nelle preferenze generali il software riconosce in automatico i dati ***Exif*** dello scatto che corrispondono alla lunghezza focale e al tipo di macchina fotografica, scala del sensore, tipo di lente, nome del file, velocità di scatto e diaframma[16].
Date le corrette impostazioni, si avvia il riconoscimento del gruppo delle immagini, attraverso cui il software esegue l'operazione di ***stitching.***
Si procede poi con l'ottimizzazione dell'immagine e l'eventuale correzione del panorama ottenuto.
Autopano Giga integra diversi strumenti per aiutare a regolare il raddrizzamento dell'immagine finale, e permette di selezionare tipi di **proiezioni** differenti: la proiezione è il modo in cui vengono "cucite" insieme le immagini.
Nel caso di dipinti su tele e tavole, si potrebbe preferire mantenere la ***proiezione planare,*** che permette di preservare le linee rette.
Il montaggio finale implementa le varie impostazioni e una volta riconosciuti tutti i file e uniti in un'unica immagine, è necessario procedere alla renderizzazione e salvare il file in **PSD**[17].

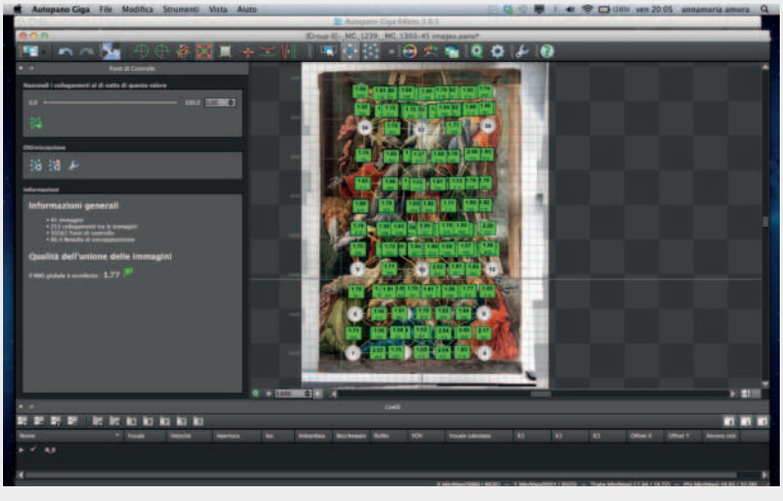
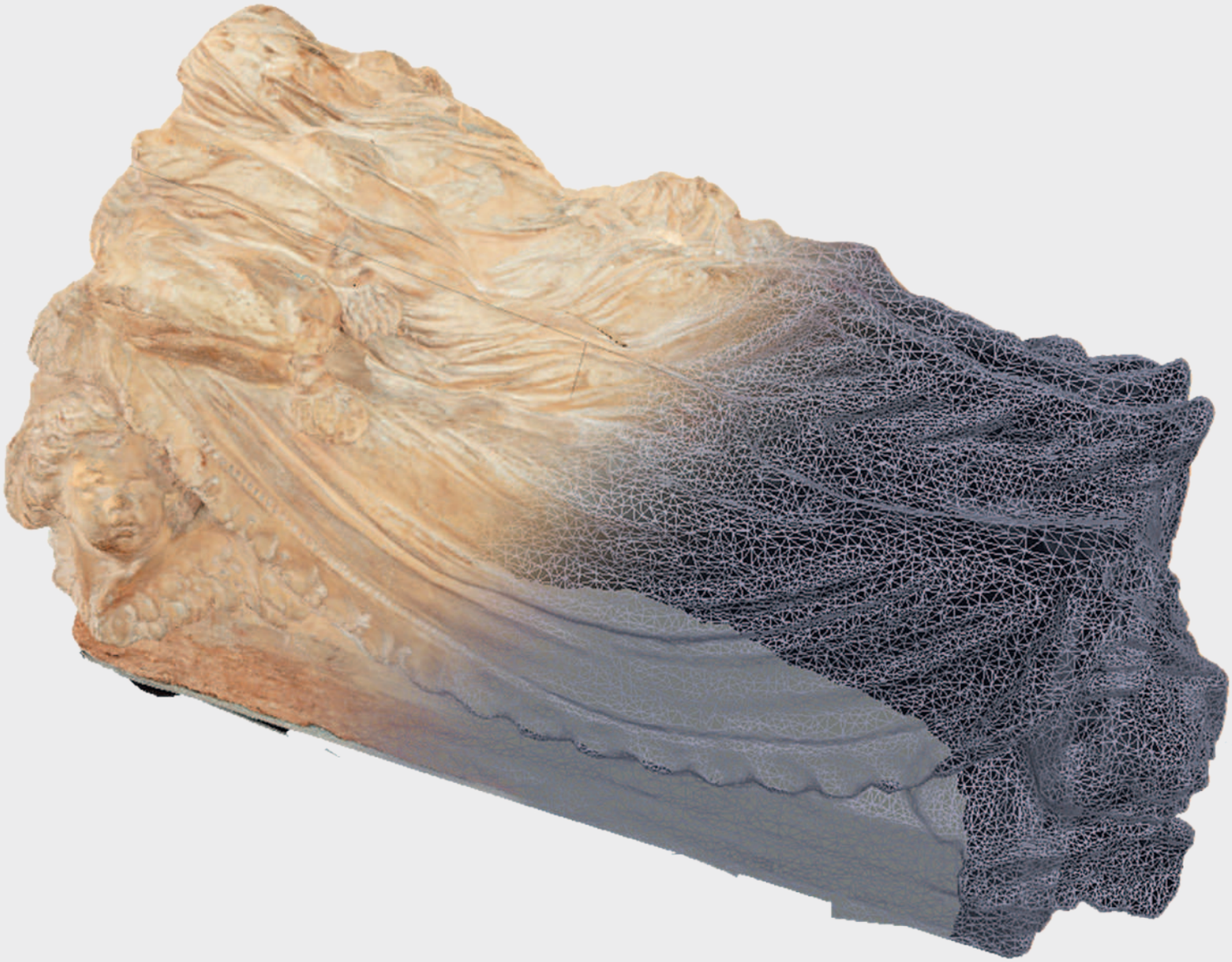


FIG.31 Finestra del sofware Autopano Giga in modalità correzione e ottimizzazione dei punti di controllo.

16 Quando si lavora con il punto nodale parallelo, è neccessario inserire una lunghezza focale di 1000,00 mm.

17 Il file Photoshop PSD, è un formato predefinito che supporta tutte le caratteristiche di Photoshop, oltre al formato documento grande (PSB). Grazie all'integrazione tra i prodotti Adobe, si può importare il file PSD direttamente in altre applicazioni Adobe, quali Adobe Illustrator, Adobe InDesign e mantenere numerose caratteristiche di Photoshop.
È una versione composita di un'immagine a più livelli, salvata all'interno di un file e che può essere letta da altre applicazioni, incluse versioni precedenti di Photoshop.
Salvando un PSD conserviamo tutte le operazioni svolte sull'immagine, ma non tutti i dispositivi possono visualizzare un PSD; per aprire questo file necessariamente bisogna essere in possesso di Photoshop o di uno dei prodotti della Adobe.
Noi quindi salveremo un file a più livelli, che conserva tutte le operazioni che abbiamo svolto e ci permette di intervenire su queste e di aggiungerne altre.
Il file PSD mantiene inoltre le sue caratteristiche, anche nel caso in cui versioni successive di Photoshop abbiano modificato le impostazioni.



CAPITOLO 3
IL RILIEVO 3D APPLICATO AI BENI CULTURALI

La modellazione 3D è un processo atto a definire una forma tridimensionale in uno spazio virtuale,
un disegno in grado di descrivere nel modo più puntuale possibile l'oggetto,
che ne rappresenti fedelmente le caratteristiche di forma, colore, tessitura e texture.
Nella pratica del restauro, molto spesso, si rende necessaria la costruzione di tali modelli
che rappresentino un manufatto, un edificio, o una sua parte, in modo da sperimentare,
nella realtà fisica simulata, l'efficacia dell'intervento proposto.
Le più recenti ricerche nel campo del rilevamento e della rappresentazione
s'indirizzano così verso la definizione di nuovi strumenti,
sia essi hardware, capaci di rilevare le caratteristiche dei manufatti,
che software, attraverso programmi che utilizzano le fotografie per la creazione di modelli.

3.1 Storia ed evoluzione

Il bisogno di avere una visione grafica della realtà in tre dimensioni ha una storia antica. Euclide nel 208 a.C. comprese i principi della visione tridimensionale; nel 1584 Leonardo da Vinci studiò la percezione della profondità; Giovanni Battista della Porta (1538-1615) produsse il primo disegno artificiale tridimensionale e Jacopo Chimenti da Empoli (1554-1640) realizzò disegni affiancati che chiaramente dimostrano la comprensione della visione binoculare.
Nel 1613 il gesuita Francois d'Aguillion (1567-1617) coniò in un suo trattato sull'argomento con il termine "stéréoscopique". Nel 1833 il Professor Sir Charles Wheatstone dimostrò che, ponendo due disegni leggermente diversi l'uno accanto all'altro e osservandoli attraverso un sistema di specchi e prismi è possibile produrre artificialmente l'effetto della visione tridimensionale e nel giugno 1838, illustrando la visione binoculare alla Royal Scottish Society of Arts, propose di denominare l'apparato ***stereoscope***[1]***,*** al fine di indicare le sue proprietà di rappresentare figure solide.
Nel 1844, Sir David Brewster apportò miglioramenti allo **Stereoscopio**. Fu l'interesse della Regina Vittoria, dimostrato a partire dalla ***Grande Esposizione*** del 1851 a Londra, che rese molto popolare la stereoscopia: nel 1856, secondo Brewster, erano stati venduti già mezzo milione dei suoi stereoscopi, malgrado il costo fosse molto elevato. Un americano, Oliver Wendell Holmes, realizzò una versione meno cara dell'apparato, in alluminio, consentendo la diffusione di grandi quantità d'immagini stereo, montate su cartoncino. La moda di raccogliere immagini stereo continuò fino alla prima guerra mondiale, documentata da diversi gruppi di fotografi dotati di apparati fotografici stereo. Furono molti i produttori di macchine fotografiche stereo dalla seconda metà del'Ottocento. Un certo numero di società si specializzò nella produzione d'immagini stereo e di visualizzatori, la più nota di queste fu l'americana **View-Master**, fondata alla fine degli anni '30. Infatti, dopo l'avvento della fotografia, il desiderio di acquisire una forma servendosi di mezzi ottici fotografici divenne

1 Lo stereoscopio, anche conosciuto come visore stereoscopico o stereovisore, è un dispositivo ottico, a forma di "mascherina" o "binocolino" e dotato di lenti, per la visione d'immagini stereoscopiche.
Sviluppato per la prima volta nel 1832 da sir Charles Wheatstone utilizzando coppie di disegni similari e successivamente la nascente fotografia, lo stereoscopio a specchi si è poi evoluto nel più semplice, leggero e pratico stereoscopio a lenti di sir David Brewster, successivamente perfezionato nel tempo da altri scienziati, ottici e inventori.
Durante tutto il XIX secolo lo stereoscopio è stato utilizzato per la visione di stereogrammi su carta o su vetro. Nel XX secolo sono stati invece sviluppati sistemi che utilizzano diapositiva su pellicola fotografica, quali soprattutto Tru-Vue e View-Master.Con applicazioni quali intrattenimento, gioco, diagnostica medica, studio scientifico e rilevamento fotogrammetrico, lo stereoscopio è in uso fino ai giorni nostri.

sempre più forte. François Willème nel 1816, inventò un processo noto come ***foto-scultura*** ma la dispendiosità dell'investimento necessario in termini di macchine fotografiche, sistemi di proiezione e riproduzione, e manodopera specializzata impedirono però la sua diffusione[2].

È da queste esperienze che si diffonde la cultura del **3D**, che in pochi anni si affiancherà anche alla riproduzione delle opere d'arte e alla documentazione e il rilievo dei beni culturali soprattutto grazie all'evoluzione della tecnologia digitale.

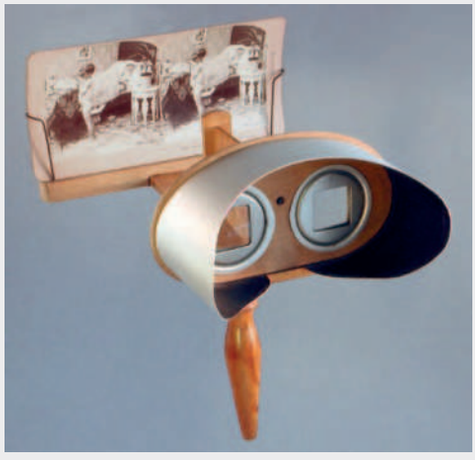


FIG. 32 Stereoscopio
la parola è composta dai due termini greci *stereos,* solido, e *scopos*, che guarda.

Prima dell'avvento della fotografia e le successive sperimentazioni sulla terza dimensione, la documentazione dei manufatti e dell'architettura era eseguita principalmente a mano, attraverso rilievi geometrici e disegni che fungevano da illustrazioni scientifiche. Il rilievo di manufatti con successiva restituzione grafica è presente già dell'epoca greco-romana e l'impiego cosciente del rilievo lo possiamo rintracciare già nel cosiddettoTaccuino di Villard de Honnecourt, architetto francese attivo intorno alla metà del XIII secolo. Il rinascimento è il periodo più fecondo per l'imponente massa di disegni volti a documentare, attraverso piante, prospetti, sezioni e particolari architettonici, gli edifici antichi. Le operazioni di rilevo e la conseguente graficizzazione costituivano in passato un documento base per elaborazioni progettuali successive. Sulla veste grafica era eseguito un lavoro di astrazione per il quale si tendeva a cancellare le specificità degli edifici antichi non indispensabili ai fini compositivi, integrando graficamente le parti mancanti. Nell'Ottocento è possibile avvertire ancora questa pratica nei rilievi prodotti soprattutto per illustrare trattati ed enciclopedie. È in questo secolo che i rilievi degli archeologi mostrano, invece, una maggiore aderenza all'oggetto reale, forse perché trattando per lo più di manufatti allo stato di rudere, subiscono meno degli architetti il peso dell'integrità, della forma regolare, della simmetria. Nel Novecento le categorie della pura visibilità e della pura forma impedirono l'affermarsi di un rilievo sempre più fedele alla realtà e bisognerà attendere le rivendicazioni degli architetti restauratori come Giovannoni e Sanpaolesi, per avere documentazioni grafiche le più possibili aderenti allo stato dei monumenti. In un periodo non ancora segnato dall'avvento dello strumento informatico, questi due architetti, cercarono, tuttavia, di simulare preventivamente l'aspetto originario attraverso tecniche sempre varie e altresì sempre capaci di

2 Nel Dizionario della Lingua Italiana di Niccolò Tommaseo (1860 e segg.), alla voce Fotoscultura si legge: "*L'Arte di far lavori di scultura giovandosi della fotografia per ritrarre i contorni delle varie parti dell'oggetto da riprodurre, i quali servono poi da garbi a modellarle convenientemente secondo le varie posizioni prese con la fotografia. Prendendone un gran numero si può conferire vera identità di forme*".
Nel 1861 comparve sulla stampa parigina l'annuncio del brevetto da parte di F. Willéme della fotoscultura per produrre copie miniaturizzate in tre dimensioni. All'inizio qualcuno lamentò il fatto che la posa fotografica necessaria fosse troppo lunga mentre altri avanzarono il sospetto che si trattasse di una "bufala". Successivamente però la notizia venne confermata e la tecnica impiegata spiegata in dettaglio: "il soggetto è collocato al centro di una piattaforma attorno alla quale girano macchine "fotoscultugrafiche" che registrano i rilievi dalle immagini ottiche alle quali si collegano pantografi che li trasportano sopra una massa molle fino a ottenere una copia fedele en diminutif". L'atelier di Willéme sugli Champs-Elysées scomparve relativamente presto, ma la sua tecnica generò altri apparecchi, come quello che, in campo medico, consentiva di ottenere la rappresentazione grafica del torace durante le fasi di inspirazione ed espirazione.
Nel numero del maggio 1904 del Bullettino della Società Fotografica Italiana (rivista mensile che uscì tra il 1889 e il 1914), viene descritto - nel breve articolo "La plastica in fotografia" - il sistema inventato dal signor Baese (fiorentino ma residente a Berlino) per ottenere delle matrici atte a creare forme plastiche, attraverso l'utilizzo di negativi fotografici.

trasmettere tutta l'atmosfera del monumento, senza mai confondere lo studio storico con il suo possibile ripristino, ma la prassi codificata dalla pratica architettonica per registrare e restituire i dati inerenti alla realtà costruita, suggerisce una procedura che astrae dal nostro modo quotidiano di fruire gli oggetti.

Infatti, sia il metodo rappresentativo per disegno realizzato su un foglio di carta
che la stessa fotografia, ambedue su supporti bidimensionali,
sono sistemi che presentano un'astrazione marcata rispetto alla percezione:
si riproduce, attraverso le operazioni di proiezione e sezione,
un mondo prospettico tridimensionale e dinamico in un sistema statico e bidimensionale.

Il reale è sempre riportato per quantità discrete e discontinue e, fino ai giorni nostri, questo modello figurativo è stato il sistema al quale ricondurre ogni rappresentazione del reale per poterne tenere memoria e applicarvi analisi tematiche, anche se, i mezzi espressivi adottati, cercano di far comprendere sempre la tridimensionalità dello spazio, integrando sistemi di rappresentazione bidimensionali come pianta, alzato, sezione, pseudo tridimensionali come l'assonometria, e la prospettiva, e tridimensionali cioè modellini e modelli.
Le testimonianze del passato sono state così memorizzate in modo sommario, spesso del tutto inefficace a un'esaustiva conoscenza.
I primi decenni del Novecento sono caratterizzati da un fermento operativo e dal costante impegno con cui, i responsabili della tutela e della conservazione dei beni culturali, affrontano le problematiche imposte dalle distruzioni causate dal primo conflitto mondiale portando a considerare il rilievo dei monumenti come un fondamento scientifico indispensabile ad ogni studio. Lo strumento del rilievo, infatti, contribuisce all'individuazione degli elementi reali di costruzione e forma attraverso i quali si può risalire alle varie vicende che si sono sviluppate e sovrapposte nel tempo.
Infatti, proprio nel Novecento, la moderna industria degli strumenti topografici amplia la sua gamma di prodotti con strumenti di altissima precisione, il cui uso viene esteso dal settore militare a quello civile, trasformando lentamente e radicalmente l'approccio al monumento.
Già nel 1901 l'ingegnere Karl Pulfrich costruisce, per la casa tedesca **Zeiss**, lo **stereocomparatore**, uno strumento che sostituisce quello realizzato da Paganini nel 1878. Quest'ultimo è costituito da un teodolite al quale è collegato una fotocamera e nel quale l'osservazione dei **punti omologhi** avviene in due momenti differenti, perché viene esplorato un fotogramma alla volta, richiedendo una lunga serie di calcoli e procedimenti grafici, lo **stereocomparatore**, invece, attraverso dei **movimenti longitudinali (SX)** e **trasversali (SY**), permette le operazioni di orientamento esterno dei due fotogrammi rendendo possibile in seguito la costruzione dei primi restitutori. Nel 1903 l'austriaco Theodor ScheimpMlung completa le sue ricerche sul raddrizzamento dei fotogrammi aerei e sulla PoF (Plane of Focus), definendo le condizioni di natura ottico meccanica che un raddrizzatore deve soddisfare e realizzando il **fotoperspectografo**, per l'osservazione dei fotogrammi. Ma spetta al triestino Ritter Von Orel nel 1908 il primato sulla realizzazione del primo strumento di restituzione fotogrammetrica applicabile praticamente, sempre per la Zeiss, lo **stereo-autografo**, un particolare **stereocomparatore** al quale sono fissate alcune ***alidade***, che permette il puntamento stereoscopico dei punti omologhi e l'intersezione grafica per la determinazione del dislivello. Questo incentiva maggiormente la produzione di documentazione aerea che comincia ad essere applicata su larga scala, come le sperimentazioni sugli scavi di Pompei che vengono documentati con una foto aerea nel 1910 realizzata mediante un pallone frenato, senza navicella, al quale era fissata una fotocamera con

telecomando. Negli anni Sessanta del Novecento, **Piero Sanpaolesi**[3] fonda a Firenze, un primo ***Laboratorio scientifico per l'analisi dei monumenti*** allargando i confini della cultura architettonica coinvolgendo altri settori disciplinari come quelli scientifici, cercando di comprenderne appieno le specificità e coglierne gli aspetti utili al fine della conservazione. Nell'ambito del cantiere di restauro conduce le prime sperimentazioni grafiche tridimensionali misurabili, un primo esempio di modello numerico virtuale risale al 1973, quando un gruppo di ricercatori italiani tenta di analizzare le caratteristiche plano-volumetriche della Cupola di **Santa Maria del Fiore** adottando come database georeferenziato una serie di riprese fotogrammetriche delle vele interne e dei costoloni che formano la cupola. In questa occasione però Sanpaolesi polemizza contro i risultati, dimostrando l'impossibilità di rilevare un'architettura senza comprendere il funzionamento statico e meccanico delle costruzioni.

A parte questo evento fino agli anni Sessanta si preferiscono rappresentazioni bidimensionali, trascurando una serie di sviluppi sull'impossibilità di governare fino a fondo una realtà costituita da tre dimensioni, solo con l'avvento dei computer il processo di acquisizione della forma tramite mezzi ottici ha potuto proporsi con concretezza, grazie ai progressi nel campo dell'elettronica dello stato solido, della fotonica, della computervision e della computergraphic.

La storia della **computer grafica 3D** è molto recente, lo stesso termine di grafica computerizzata nasce solo nel 1960.

Una delle prime rappresentazioni tridimensionali su calcolatore è stata quella del famoso "***primo uomo"*** o ***"Boeing Man"*** realizzata da William Fetter; un insieme di linee che descrivevano la sagoma virtuale di un pilota di aereo.

A partire dal 1959, la General Motors, in collaborazione con la IBM, sviluppa **il sistema "DAC",** uno dei primi **sistemi CAD** della storia; attraverso una penna ottica e uno schermo sensibile, gli operatori disegnavano delle curve matematiche in uno spazio virtuale, con le quali delimitavano i profili, le sezioni e le superfici delle automobili.

Della prima metà degli anni 60' è anche il sistema chiamato ***Adage***, considerata da molti la prima **workstation CAD** indipendente.

Alla fine del 1980 un'avvocato giapponese cerca di brevettare una nuova tecnica di Prototipazione 3D, che permetterà di ottenere da un **modello virtuale** una stampa del **modello reale**. Nel 1983, Charles Hull dà vita alla prima vera e propria **stampante 3D** che utilizzava la tecnica della **Stereolitografia,** ottenendo il brevetto di questa macchina nel 1986. Continuerà poi negli anni a lavorare in questo settore dando vita alla ***3D Systems***, una delle maggiori aziende a livello mondiali per quanto riguarda la Stampa 3D e tutti i suoi processi. Lo studio di questo settore andrò sempre più avanti quando nel 1989 vennero brevettate altri due sistemi di produzione: quelli **FDM (*Fused Deposition Modelling*)** e **SLS (*Selective laser sintering*)**. Il processo **FMD**, registrato oggi dall'azienda **Stratasys**, è tutt'oggi uno tra i più utilizzati per quanto riguarda la **Stampanti 3D Desktop**.

Poi arrivò il processo **SL *(Sinterizzazione laser)*** che venne inventato e brevettato dalla **EOS**. Nel corso degli anni '90 vennero messe a punto altre tecniche di produzione come quelle denominate **LMD, DPM, LOM, SGC, 3DP** anche se quelle create **3D Systems**, **EOS** e **Stratasys** sono ad oggi quelle più comuni.

Nel 2012 sono nati altri kit per stampanti 3D come il **B9Creator** e l'acquisizione da parte di ***Stratasys di MakerBot***, uno dei principali produttori di stampanti 3D a livello mondiale. Il 2013 e il 2014 sono stati anni di consolidamento ma anche

3 Piero Sanpaolesi nasce a Rimini nel 1904. Un momento fondamentale nella sua formazione è rappresentato dagli anni della maturità classica, presso il Liceo "Dante" di Firenze, che gli conferisce un approccio umanistico che lo avvicinerà alle tematiche della storia dell'architettura. Questa propensione alle materie umanistiche viene equilibrata con la laurea in Ingegneria, conseguita nel 1929, presso l'Università di Pisa, attraverso la quale acquisisce un approccio scienti^ico e tecnico. La sua formazione si completa in^ine con la laurea in Architettura, conseguita nel 1936 a Firenze, in seguito alla quale vince il concorso presso la Soprintendenza alle Belle Arti per la Toscana nel 1937. Per approfondimenti sul suo pro^ilo umano e scienti^ico si consulti il testo introduttivo alla sua raccolta di scritti: P. SANPAOLESI, Introduzione, in Facoltà di Architettura di Firenze (a cura di), Scritti vari di storia, restauro e critica dell'architettura di Piero Sanpaolesi, Firenze 1978, pp. 5--19. Si consulti inoltre: G. CRUCIANI FABOZZI, Piero Sanpaolesi (1904 – 1980), in M. DEZZI BARDESCHI (a cura di), Terza mostra internazionale del restauro monumentale. Dal restauro alla conservazione. Volume Primo, Omaggio ai protagonisti di Venezia, 1964, sezione internazionale, Città di Castello 2008, pp. 40-44.

di forte crescita per il mondo della stmapa 3D, per l'enorme potenziale che può avere sia sul settore industriale che sul settore dei beni culturali[4].

3.2 La modellazione 3D

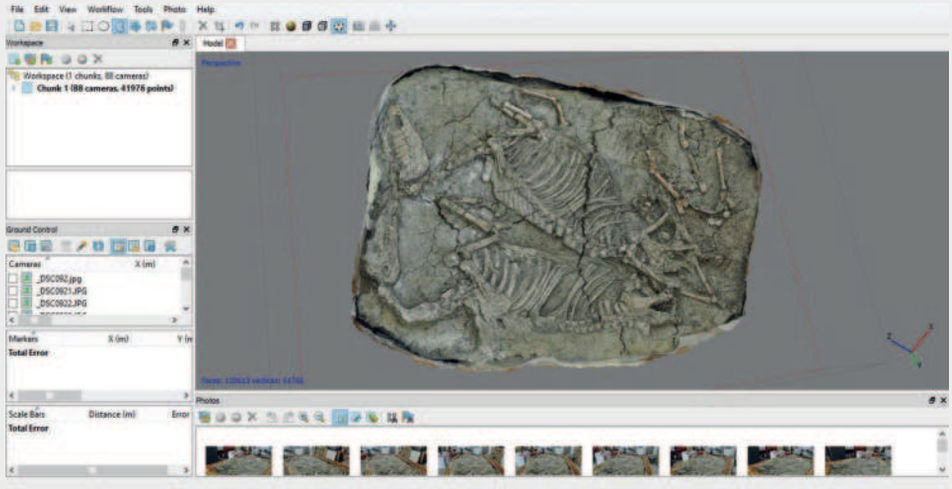


FIG. 33 Schermata di Photoscan, programma per la fotomodellazione.

"Horse grave" in Verucchio (RI)

foto: http://chsopensource.org/2013/09/30/3d-photomodeling/

Il termine **modello** al quale ci si riferisce non corrisponde con quello ereditato dalla tradizionale cultura architettonica, infatti con l'avvento diffuso dei computer, esso ha mutato la sua fisionomia. Prima si riferiva alla realizzazione di plastici tridimensionali che descrivevano le architetture evidenziando possibili anomalie tecniche e, solo in alcuni casi, a espedienti grafici che simulavano le tre dimensioni della realtà in un supporto bidimensionale. Solo ultimamente con il termine modello, anzi più correttamente **modello informatico**, si indica la rappresentazione tridimensionale in un ambiente grafico virtuale, un insieme spaziale, o nuvola di punti, georeferenziati nello spazio tridimensionale di esistenza[5].
La tecnica mediante la quale è possibile disegnare manualmente dei modelli, prende il nome di ***Computer Aided Design CAD***. Le tecniche **CAD** consentono la modellazione e la rappresentazione grafica, su computer di oggetti tridimensionali. Ad esempio il ritrovamento di reperti nei siti archeologici pone l'archeologia di fronte al problema della catalogazione dei pezzi e alle successive operazioni di ricostruzione. Un metodo per individuare i frammenti che appartengono allo stesso reperto, ad esempio, è quello di disegnare degli "archetipi" di forme dei vasi interni, ossia delle forme standard dei vasi, utilizzando comuni modellatori **CAD** tridimensionali. Questo modo di procedere, tuttavia, comporta dei tempi molto lunghi di elaborazione al computer da parte dei disegnatori, che devono possedere competenze specifiche nel campo del

4 http://www.3dmag.it/storia-stampa-3d/2242

5 Giuseppe T., *Il rilievo e la rappresentazione per il progetto di restauro architettonico*, Facoltà di Architettura, Frederico II Napoli, 2009.

disegno meccanico, architettonico e della grafica.
Per tali ragioni, anche nell'ambito del restauro, si è perfezionata, negli ultimi anni una tecnica particolare detta di **Ingegneria Inversa, *Reverse Engineering*,** che consente di "copiare" oggetti reali trasformandoli in modelli 3D al computer, senza che si debba disegnarlo con un **software CAD**.
Le metodologie proposte per l'acquisizione semi-automatica delle caratteristiche di forma e colore di oggetti tridimensionali sono molteplici poiché un'intensa attività di ricerca ha prodotto un ventaglio molto ampio di possibili metodologie e, analogamente a quanto accade in altri campi, non esiste una metodologia che possa essere applicata in modo indifferenziato a qualsiasi problema di acquisizione. Le caratteristiche dell'oggetto da acquisire infatti influenzano profondamente tale scelta.

Tra queste possiamo elencare:

- **complessità di forma dell'oggetto come numero di componenti, presenza di buchi o sezioni molto concave;**
- **caratteristiche della superficie dell'oggetto come riflettività, trasparenza, deformabilità;**
- **dimensione spaziale;**
- **trasportabilità ed accessibilità del manufatto;**
- **necessità di acquisire attributi come il colore.**

Inoltre va considerata anche la specificità dell'applicazione che si prevede per il modello acquisito:

- **grado di accuratezza richiesto al modello digitale per la sua finalità**
- **complessità di descrizione del modello digitale ottimale per l'applicazione di riferimento**
- **compatibilità del tempo e costo di acquisizione con il budget di progetto**

A prescindere dal metodo di ripresa, il processo di creazione del modello digitale 3D consiste nell'acquisire da più punti di vista l'oggetto e nel fondere le informazioni in un unico modello.

Acquisiti i dati, il flusso di lavoro prevede quindi diversi passaggi, tra i quali è poi spesso necessaria una tappa intermedia di pulizia dei dati per l'eliminazione di piccoli difetti.
Nei software di lettura, una luce virtuale radente, permette di migliorare la leggibilità dei graffiti sul modello digitale.

Il poter disporre di questi modelli nel campo del restauro si rileva di grande utilità, tipici esempi di utilizzo dei modelli 3D nel settore dei Beni Culturali possono essere:

- **Strumento per la comprensione del bene**

Strumenti software ad hoc permettono di migliorare la leggibilità del manufatto e quindi la sua conoscenza. Le tecniche hanno consentito di evidenziare, per esempio, dimensione, profondità e direzione dei segni lasciati dagli strumenti

- **L'analisi digitale**

Il modello virtuale può essere utilizzato per studi sulla statica, come anche per valutare le parti maggiormente esposte al degrado.
Possono essere calcolate tramite il modello le esatte dimensioni, la superficie, il peso, la posizione del baricentro, ricavando una tabella di riferimento per l'analisi a elementi finiti della struttura.
Queste analisi sono state effettuate, ad esempio, sulle caviglie del David di Michelangelo e su molteplici volte e archi di altrettanti edifici storici. Nel caso della ***Cattedrale di Lucera***-Troia (FG) le analisi effettuate sul modello digitale della facciata (acquisito con tecnologia laser time-of-flight) hanno permesso di valutare con precisione lo spostamento del rosone rispetto al piano di facciata[6].
Possono essere anche simulate particolari condizioni atmosferiche o ambientali. I risultati, messi a confronto ad esempio con le immagini a ultravioletti delle superfici, permettono al restauratore, d'indirizzare meglio le pratiche d'intervento.

- **Monitoraggio**

L'accuratezza e la ripetibilità della misura permette di approntare campagne di monitoraggio temporale per quei beni per i quali il solo controllo visivo o fotografico non fornisca sufficienti garanzie.

6 SCOPIGNO R., *Il rilievo digitale tridimensionale, un nuovo strumento di analisi e documentazione per il restauro,* CNR - Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione "Alessandro Faedo" (ISTI)







FIG 34-35-36

Acquisizione digitale effettuata da UNOCAD della *Danzatrice con i cembali*, Antonio Canova di Possagno, al fine di reintegrarela dopo i danneggiamenti avvenuti durante la guerra.

Foto: http://www.unocad.it/cms/index.php/storie-di-successo/integrazione-danzatrice-con-i-cembali

Nel caso di delicati dipinti eseguiti su tela e tavola o affreschi, il rilievo della superficie del dipinto e il confronto geometrico tra acquisizioni successive, permette di valutare eventuali spostamenti dovuti a modificazioni del supporto.

- **Restauro assistito da elaboratore**

Nei casi di oggetti molto fragili, frammentati o disassemblati, opportuni strumenti software, consentono di simulare le complesse operazioni di ricerca dei frammenti e di riassemblaggio, evitando ulteriori danni dovuti alla continua manipolazione delle parti, come nel caso del restauro e della ricostruzione dell'opera in terracotta Madonna di Pietranico, effettuata grazie alla patecipazione del CNR al progetto di restauro.
Il riassemblaggio virtuale di oggetti di cui siano stati acquisite digitalmente le diverse parti, rappresenta uno strumento rivoluzionario del restauro assistito in quanto non necessita di collanti, di sostegni, di modellazione materica delle parti mancanti e può essere ripetuto e modificato a piacimento. Un'accurata copia dell'oggetto realizzata a partire da un modello virtuale può essere molto utile se il restauratore desidera sperimentare colori originali di statue o decorazioni policrome: si possono infatti produrre e porre a confnronto soluzioni diverse.

- **Produzione di copie o parti**

Partendo da un modello 3D è possibile realizzare oggetti fisici utilizzando tecnologie di stampa tridimensionale, realizzando copie del soggetto interessato o parti di esso, per riprodurne esattamente la forma in caso di danneggiamenti, o produrre pezzi sostitutivi basandosi sulla misurazione dei modelli 3D.
Le tecnologie di stampa a rimozione di materiale (dispositivi a controllo numerico pilotati da elaboratore) o le più moderne tecnologie additive (dispositivi per rapid prototyping) permettono di ottenere facilmente e rapidamente copie fedeli all'originale (in scala o a grandezza naturale).
I materiali spaziano dal pregiato marmo ai metalli, dalle polveri di gesso alle resine. Gli impieghi sono molteplici: dalla sostituzione di originali per motivi di sicurezza, di conservazione o promozionali, dalla creazione di parti mancanti o gravemente danneggiate.
La presenza della ***Donna con anfora*** di Arnolfo di Cambio alla mostra "*Arnolfo, alle origini del rinascimento fiorentino*" di Firenze è stata resa possibile dalla temporanea sostituzione dell'originale, presso la Galleria Nazionale dell'Umbria di Perugia, con una copia in polvere di gesso creata con tecnologia rapid prototyping a partire dal modello digitale 3D dell'opera. A differenza del calco, non subisce deformazioni nel tempo e non presenta cuciture o sbavature nel caso di riproduzione, ed è creato con tecnologia non distruttiva e non a contatto.

- **Documentazione**

E' certamente il mezzo più accurato e preciso di descrizione del bene.
Sono in fase di progettazione e sviluppo sistemi informativi di supporto al restauro che permettano d'impiegare il modello come vero e proprio indice spaziale di un **GIS 3D**, riportando punto per punto, tutte le informazioni peculiari del bene (informazioni storiche, di restauro, d'indagine, testuali o pittoriche, ecc.), con lo scopo d'introdurre progressivamente l'uso dei modelli digitali 3D nella catalogazione dei beni culturali e sostituire le immagini 2D o le descrizioni testuali recuperando quindi una completa conoscenza e descrizione del bene.

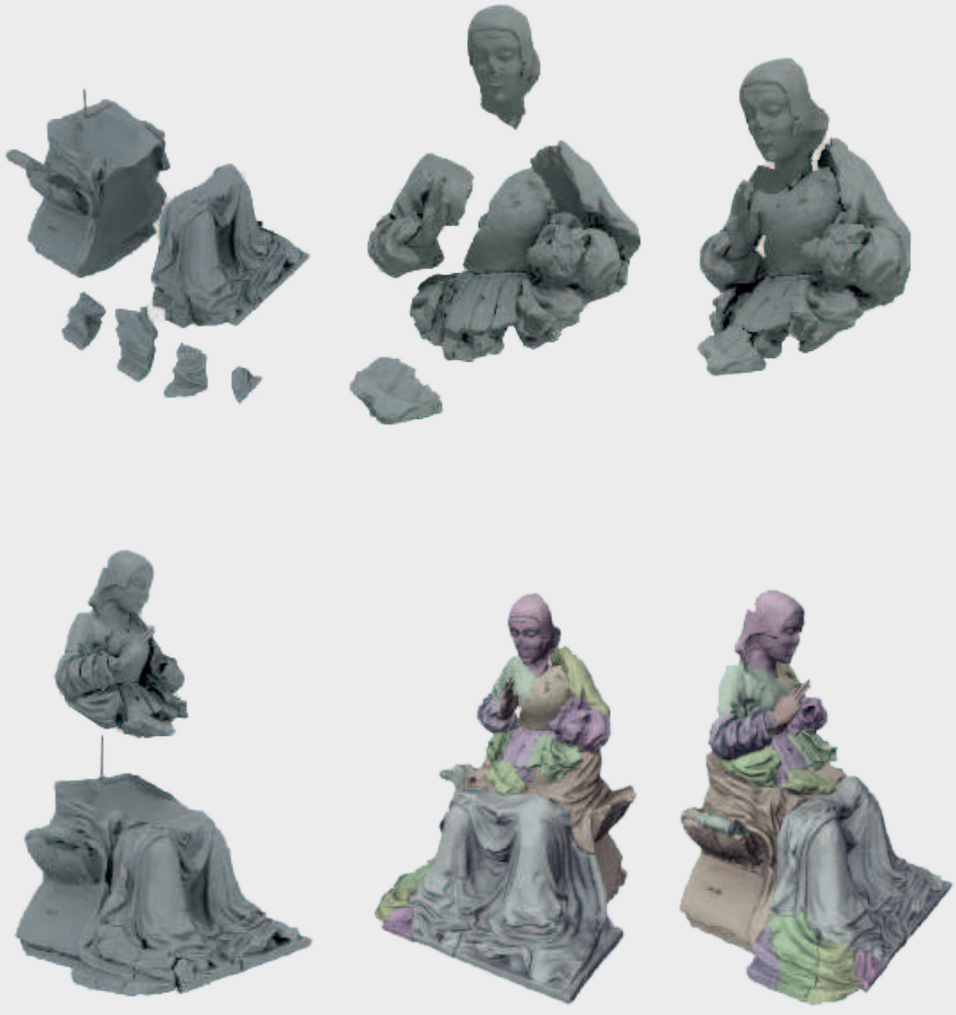


FIG. 37

Madonna di Pietranico
La realizzazione di un modello tridimensionale ha permesso in questo caso di raggiungere molteplici obiettivi: documentare dettagliatamente lo stato dell'opera al momento dell'inizio del restauro, produrre alcuni pezzi sostitutivi basandosi sulla misurazione dei modelli 3D dei diversi frammenti, creare un video a carattere divulgativo sul processo di restauro e, probabilmente di maggiore importanza, costruire a partire dall'assemblaggio virtuale gli elementi di sostegno per l'assemblaggio reale dei frammenti dell'opera. Il modello digitale non solo per la documentazione quindi, ma soprattutto come supporto attivo alla realizzazione del restauro.
Tenendo in considerazione le dimensioni contenute dei frammenti dell'opera e del tipo di materiale costituente, è stato scelto di realizzare il modello con la tecnica della scansione laser a triangolazione, grazie allo scanner Konika Minolta Vivid 910.

Foto: MODELLI DIGITALI 3D PER IL SUPPORTO AL RESTAURO: RIASSEMBLAGGIO VIRTUALE E RICOSTRUZIONE DIGITALE
Marco Callieri, Matteo Dellepiane, Roberto Scopigno







FIG.38-39-40 **Il primo modello 3D colorato al computer dell' Ara Pacis, realizzato da S. Borghini e R. Carlani, 2008. L'immagine colorata da A. Merante per il pannello del Lupercale.**

Foto: Archeomatica Settembre 2010, ANNO I, Numero III: Un eseperienza sensoriale: i colori dell'Ara Pacis.

- **Applicazioni multimediali**

I modelli digitali 3D, alla stessa stregua di testi, immagini, sequenze video,
possono essere proficuamente impiegati nella creazione di strumenti multimediali di divulgazione, promozione, conoscenza.
La creazione dei modelli digitali delle statue e dei reperti possono essere la base per ricostruzione virtuali che hanno consentito, ad esempio, di ipotizzare l'assetto iniziale del complesso stesso nell'abside del Duomo di Pisa. Le rappresentazioni multi-risoluzione adottate e gli strumenti di visualizzazione sviluppati consentono di andare oltre la multimedialità: vere e proprie applicazioni di realtà virtuale sono rese ormai possibili a costi del tutto sostenibili.

- **Musei virtuali**

Il museo virtuale non è ovviamente limitato alla presentazione di uno o più oggetti 3D, ma le opere digitali tridimensionali possono giocare un ruolo importante, insieme alla loro ambientazione originale e contestualizzazione mediante la creazione di scenari adeguati.
Questa contestualizzazione può essere raggiunta mediante tecniche di modellazione o l'uso d'immagini. L'effetto finale non solo accresce la conoscenza del bene stesso ma certamente rappresenta un importante veicolo promozionale e didattico. Ne è un esempio il **MAV**, **Museo Archeologico Virtuale di Ercolano**, al suo interno si trova un percorso virtuale dove è presentato un viaggio interattivo nelle città romane di Pompei ed Ercolano.

- **Visualizzazione e navigazione interattiva**

Quando si esplorano modelli digitali 3D su un comune PC risulta di primaria importanza la possibilità di interagire in tempo reale con il modello stesso. I modelli digitali 3D di beni culturali sono in genere caratterizzati da milioni di campioni e complesse tessiture colore.
Una serie d'innovativi algoritmi e strutture dati permettono di superare queste limitazioni e consentono una facile navigazione interattiva 3D.
Le soluzioni si basano generalmente sulla rappresentazione multrisoluzione dei modelli e sulla visualizzazione ad alta risoluzione delle sole parti "vicine" all'osservatore.

3.3 Le tecniche di rilievo

La scelta delle procedure e delle strumentazioni da impiegare nel rilevamento di un bene sono influenzate e indirizzate dalle caratteristiche dell'oggetto, dall'accuratezza e dal dettaglio geometrico richiesti e dalle finalità del rilievo stesso.
In linea generale le tecniche di rilievo sono distinte principalmente in **metodi a contatto**, **diretti** e **non a contatto**, **indiretti.**
Nel **rilievo diretto** le operazioni di misura sono a diretto contatto con i manufatti da documentare e immediatamente verificabili nei loro valori metrici.
Si utilizzano strumenti semplici quali fettucce metriche, fili a piombo, cordini, livelle che, stesi lungo le superfici degli oggetti da riprodurre o nelle loro vicinanze, consentono di misurare lunghezze ed impostare allineamenti.
I valori ottenuti possono essere annotati su un foglio di carta, corredato a uno schizzo approssimativo del manufatto, da cui si ricaverà la rappresentazione esatta. Su manufatti dalla morfologia, o dal modellato particolarmente complesso, come le curvature delle volte o la statuaria in genere, si riscontra una certa difficoltà di applicazione, con un risultato finale piuttosto soggettivo e non sempre attendibile in quanto la misurazione solitamente è imprecisa e spesso lacunosa. Di conseguenza le ricerche scientifiche sono state indirizzate verso metodi più oggettivi e precisi.
Nel **rilievo indiretto, non a contatto,** le misurazioni sono effettuate con degli strumenti ottici, meccanici o informatici di grande precisione, i quali, tramite una serie di calcoli più o meno complessi, traducono graficamente gli oggetti rilevati all'interno di un sistema di coordinate spaziali. La differenza principale tra il rilievo diretto e indiretto è che nel primo le trilaterazioni operano su un piano orizzontale bidimensionale sul quale si proiettano tutti i punti misurati, mentre nel secondo si agisce in uno spazio tridimensionale.
Fanno parte del **rilievo indiretto i sistemi di acquisizione acustici, magnetici e ottici.**
Gli **strumenti acustici** si basano su tecniche analoghe al sonar, cioè conoscendo la velocità del suono e misurando il tempo necessario perché il suono emesso da una sorgente ritorni indietro dopo essere stato riflesso da un oggetto, si riesce a risalire alla distanza. Questo metodo però è piuttosto sensibile al rumore a causa d'interferenze acustiche.
Gli **strumenti magnetici** derivano da quelli utilizzati in campo medico, come la risonanza magnetica, e sono utilizzati per lo studio di oggetti immersi in liquidi o di corpi molli. I dispositivi a ultrasuoni e magnetici presentano alcune limitazioni; il loro funzionamento si basa sulla trasmissione di onde sonore. Poiché la velocità del suono dipende anche dalle condizioni di pressione, di temperatura e di umidità dell'aria, è evidente che la corretta misurazione effettuata con questi strumenti richiede ambienti non ricreabili nei musei, cantieri e nei laboratori di restauro. Inoltre il campo magnetico creato da questi dispositivi può subire sensibili distorsioni in presenza di oggetti metallici, che non possono essere acquisiti con questa categoria di scanner.
I **sistemi ottici** possono essere suddivise in due tipologie relative alla modalità d'interazione con la forma dell'oggetto fisico da digitalizzare ed alla tipologia di sorgente luminosa utilizzata; esse si suddividono in **passive** e **attive**.
I **sistemi di acquisizione attivi** sono scanner composti da una sorgente di luce artificiale e un sensore in grado di rilevare il segnale luminoso riflesso dall'oggetto.
I **sistemi di acquisizione passivi**, ricostruiscono il modello partendo da un gran numero di fotografie dell'oggetto, consistono nella **Fotogrammetria**, che a sua volta si divide in **monoscopica, stereoscopica e 3D**.

Quella dei **sistemi ottici** è la classe ottimale per i beni culturali, tra i vantaggi possiamo senza dubbio elencare queste:

- **Non richiedono il contatto con la superficie dell'oggetto, sono per definizione non-distruttive;**
- **Sono economiche, anche se questo vale in genere per i sistemi a bassa accuratezza;**
- **Sono sicuri, ma si deve tenere conto delle possibili collisioni tra oggetto e scanner in particolare ove si faccia uso di un sistema servo-assistito per la movimentazione del sistema di scansione nello spazio;**
- **Veloci nell'acquisizione.**

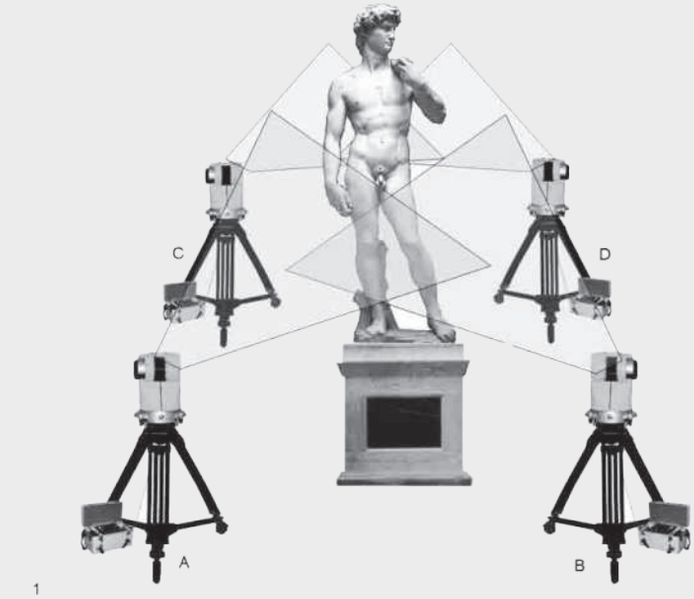
3.3.a Sistemi attivi

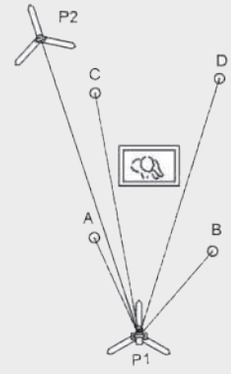
Per sistemi ottici attivi s'intendono tutti quei sistemi in cui l'oggetto è sottoposto a qualche tipo di sorgente d'illuminazione. Questi metodi sono in generale basati sul processo della triangolazione. Un esempio di strumenti appartenenti a questa classe sono sia i **sistemi a luce laser,** che quelli a **luce strutturata**.
I sistemi ottici attivi fanno uso di un **emettitore,** o sorgente, che proietta una forma di **radiazione luminosa** sulla superficie dell'oggetto da acquisire, e da un **sensore CCD**[7], che acquisisce tutti i punti dell'oggetto sottoposti a illuminazione; l'informazione geometrica si ricava dall'osservazione di come il pattern di luce viene distorto sulla superficie dell'oggetto.
Una particolare classe di sistemi ottici attivi è quella dei cosiddetti laser radar, o laser a tempo di volo, a differenza di fase. Questi sistemi usano un emettitore di luce laser modulata in intensità e misurano il tempo trascorso tra l'emissione del segnale e la ricezione dell'impulso riflesso. Sono sistemi orientati alla scansione di oggetti di grandi dimensioni, e forniscono un'accuratezza della misura rilevata molto più bassa dell'accuratezza fornita dai sistemi laser a triangolazione: i valori tipo sono in genere dell'ordine del centimetro, sono adatti all'acquisizione di grosse strutture.

I sistemi Laser

I sistemi laser fanno parte della categoria delle **tecniche non a contatto**; misurano la distanza di un oggetto o di una superficie tramite un impulso laser, rilevando le coordinate tridimensionali in tempo reale in modo automatico, sistematico e ad alta velocità. In alcuni casi accoppiano al valore spaziale anche l'informazione colore, registrata dal sensore stesso oppure da una fotocamera digitale, interna o esterna, ad integrazione dello strumento.
I dispositivi alla base di questi strumenti sono principalmente due: il laser e il **sensore CCD**.
Usano una sola lunghezza d'onda che permette di isolare la riflessione del fascio laser nelle immagini acquisite dal sensore, non forniscono aberrazione cromatica e permettono di mantenere una focalizzazione del fascio luminoso anche a lunga distanza, come gli **scanner laser a tempo di volo**.
Essendo la luce laser monocromatica, è possibile montare davanti al **CCD** un filtro passa-banda centrato sulla frequenza di emissione del laser proteggendo il sensore da sorgenti luci parassite.
Esistono molti tipi di scanner laser, diversificati dal modo in cui la coppia emettitore-sensore è organizzata e dal modo in cui questi si muovono nello spazio per effettuare la scansione.
Il principio di funzionamento si può sintetizzare in due fasi:

7 Il CCD è un sensore tridimensionale costituito da una griglia di elementi semiconduttori, capace di tradurre il segnale elettromagnetico che lo raggiunge in un segnale di tipo elettrico. La superficie, inquadrata e proiettata sul sensore, viene suddivisa in elementi immagine, restituiti al computer in matrice dei pixel. In corrispondenza di ciascun pixel, il sensore valuta le coordinate spaziali corrispondenti ed eventualmente il colore.









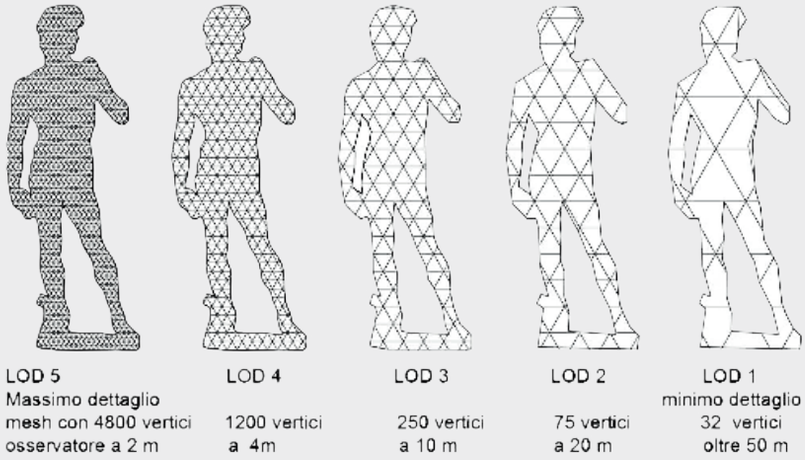


FIG 41 Scansione del David di Michelangelo da quattro stazioni A, B, C, D (1) la cui posizione viene rilevata con la stazione totale P2 (2).
In alternativa le nuvole dei punti vengono allineate tramite punti di corrispondenza (3)

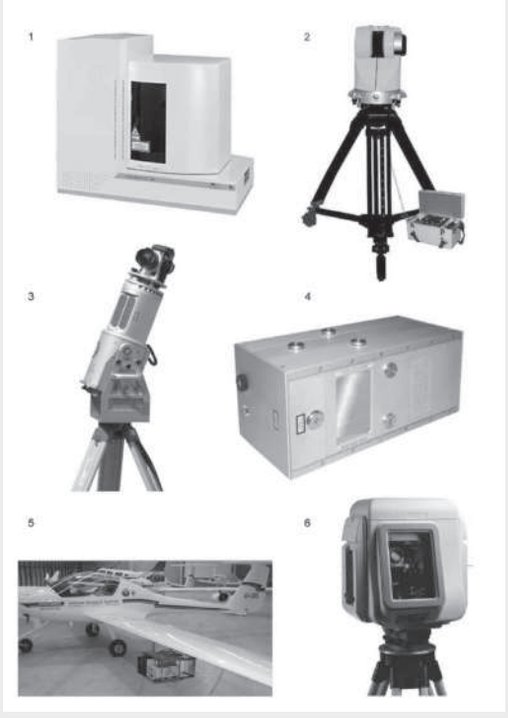
Foto: www.rilievoarcheologico.it/manuale_rilievo8_000006.htm

- **proiezione di un raggio, di un fascio di luce, analisi di ritorno dell'energia emessa per riflessione su superfici, e quindi l'esecuzione della misura;**
- **la quantità di luce riflessa dalla superficie d'interesse è funzione del coefficiente di riflettività R (λ) del materiale: il rapporto fra l'intensità dell'onda di ritorno e quella di emissione, per una definita lunghezza d'onda λ, si traduce in forma numerica.**

A seconda della modalità di calcolo si distinguono diversi principi operativi:

- **laser scanner a triangolazione ottica**, *triangulation scanners*: la posizione spaziale dei punti si determina per triangolazione (per intersezione di fasci laser connessi a una base di osservazione nota). In base al tipo di emissione laser si distinguono ulteriormente in: sistemi laser a singolo spot o sistemi a lama di luce;
- **laser scanner a luce strutturata**: anch'essi effettuano la misura tramite triangolazione ma come sorgente è utilizzato un pattern luminoso;
- **laser scanner distanziometrici**, *ranging scanners* in cui la misura della distanza si valuta direttamente da onde elettromagnetiche e può essere effettuata: o a tempo di volo dell'onda; o a differenza di fase tra l'onda emessa e l'onda riflessa;
- per **interferometria** - ***Multi - wavelenght***; **olografia**.

Questi strumenti possono operare in due condizioni, da postazione fissa o mobile.



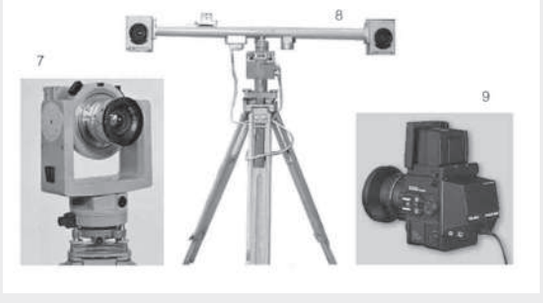


Fig. 42-43

1.Laserscanner triangolatore Callidus CT 180.

2. L.s. distanziometrico Callidus CP 3200.

3. L.s. distanziometrico Riegl LMS-Z390i.

4. L.s. aereo Riegl LMS-Q560.

5. L.s. montato su aeromobile

6. L.s. distanziometrico Trimble GX 3d

7. Fotocamera metrica Wild P31.

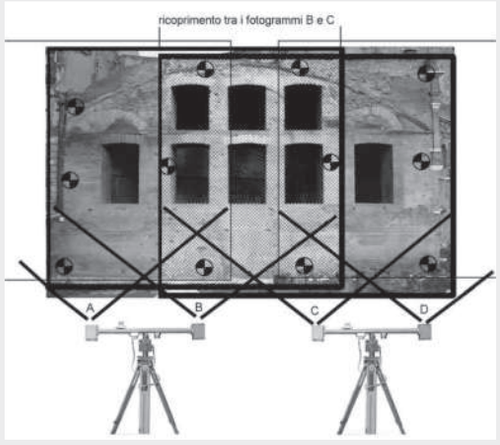
8. Fotocamere metriche Zeiss SMK. 3. Fotocamera metrica

9. Digitale Rollei DB 44.

Foto: www.rilievoarcheologico.it/manuale_rilievo8_000006.htm

4.3.b Le tecniche passive: la Fotogrammetria

La fotogrammetria è una pratica di rilievo che utilizza le immagini fotografiche di un oggetto per ricavarne la forma e le dimensioni.
Consente di correggere le distorsioni dei fotogrammi
e trasformare la visione centrale dell'oggetto ripreso in una proiezione ortogonale,
tramite l'acquisizione e l'analisi di fotogrammi stereometrici.



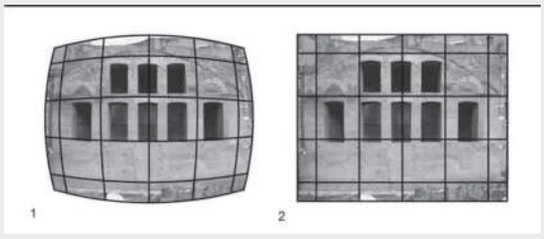


FIG 44 **Fotogrammetria terrestre**

Nella fotogrammetria terrestre le camere metriche vengono utilizzate in coppia montate su un'asta orizzontale collegata allo stesso cavalletto, in quanto devono essere tra loro parallele e al contempo ortogonali alla parete da fotografare 1. Distorsione radiale "a barilotto". 2. Fotogramma raddrizzato.

Foto: http://www.rilievoarcheologico.it/manuale_rilievo8_000006.htm

Dopo l'invenzione della fotografia, nel 1839, si pensò subito di affiancare al tradizionale rilievo per punti, quello realizzato con fotografie. Nello sviluppo della tecnica del rilievo fotogrammetrico, è possibile riconoscere schematicamente delle fasi temporali, grossomodo della durata di cinquant'anni, e legate a determinate tecnologie[8].

Fase pionieristica 1850-1900

La fotogrammetria fu fondata da Aimé Laussedat, che nel 1851 ne indicò i procedimenti, basati sostanzialmente su una intersezione in cui le misure venivano ottenute dai fotogrammi. La misura delle grandezze sul fotogramma era, però, fonte di notevoli errori dovuti alla distorsione degli obiettivi fotografici. Fu Ignazio Porro che nel 1865 cercò di rimediare a tali errori, integrando questa nuova tecnica con il **fotogoniometro**, uno strumento che permetteva di misurare gli angoli delle direzioni che vanno dal centro dell'obiettivo ai punti dell'oggetto fotografato, dopo aver collocato la lastra nel posto che aveva al momento della ripresa e averla convenientemente illuminata.

Fase analogica e stereoscopica 1900-1960

La seconda età della fotogrammetria inizia nei primi anni del Novecento attraverso la **stereoscopia** (C. Pulfrich) e il principio della marca mobile (F. Stoltz), che permisero di superare le difficoltà dell'ambiguo riconoscimento dei punti omologhi su due fotogrammi diversi.

8 CANNAROZZO, F*otogrammetria Zanichelli*, .Vol3.UnitaT1,10, Bologna 2012

Nel 1909, poi, il triestino E. Von Orel costruì lo **stereo-autografo**, per mezzo del quale fu risolto il problema di passare da una coppia di fotogrammi alla proiezione orizzontale, non attraverso il calcolo delle coordinate dei singoli punti, ma in maniera continua utilizzando elementi fisici di tipo analogico. Von Orel aprì l'era dei restitutori analogici; in questo campo i progressi furono abbastanza rapidi, soprattutto per opera di studiosi come Wild, Nistri e Santoni.
La prima guerra mondiale vide poi l'introduzione della **fotogrammetria aerea**. Oggi essa ha sostituito tutti gli altri metodi per la produzione di carte di media e grande estensione, mentre la fotogrammetria terrestre viene impiegata nel rilievo degli edifici.

Fase analitica 1960.

L'impostazione analogica nella fotogrammetria era legata a epoche in cui i limitati mezzi di calcolo impedivano di sviluppare le procedure analitiche necessarie per passare dalla prospettiva (fotografia) alla proiezione ortogonale (carta).
A partire dagli anni '60, l'avvento dei calcolatori elettronici con grande capacità di calcolo ha indirizzato lo sviluppo della fotogrammetria verso una impostazione analitica del problema. Essa prevede che il passaggio da una **coppia stereoscopica di fotogrammi** alla **relativa proiezione ortogonale** avvenga tramite lo sviluppo numerico di un certo numero di equazioni elaborate dal computer.

Fase digitale

A partire dagli anni '90 è stato possibile produrre e utilizzare immagini numeriche digitali, strutturate in una matrice di piccoli elementi detti **pixel**. L'impiego di queste immagini ha dato luogo alla fase digitale della fotogrammetria che svolge le procedure connesse attraverso un computer.
I recenti progressi tecnologici di **fotocamere digitali**, processori per computer e tecniche computazionali, fanno della fotogrammetria una tecnica semplice, economica ed efficace, che permette di ottenere dati di superfici 3D estremamente densi e precisi.
L'avvento dell'informatica ha parzialmente facilitato le cose, contribuendo a sveltire e semplificare le procedure e consentendo l'utilizzo di tecnologie di basso costo. La fase di restituzione ha abbandonato gli stereo-restitutori analogici di tipo ottico-meccanico e viene svolta interamente al computer, impiegando appositi software che gestiscono formati sia raster che vettoriale e favoriscono in questo modo un'immediata integrazione con altri dati di diversa provenienza[9].

4.3.c I sistemi Fotogrammetrici

Il successo della fotogrammetria come tecnica di rilievo nel campo dei Beni Culturali è dovuto alla sua estrema flessibilità, sia per l'acquisizione del dato che per le procedure di elaborazione e i prodotti finali, ottenibili con rapidità di acquisizione, senza entrare in contatto con l'oggetto.
I sistemi Fotogrammetrici si dividono in monoscopici, stereoscopici e Fotogrammetria 3D.
Ia Fotogrammetria monoscopica consiste nel raddrizzamento di singoli fotogrammi da cui si ricava una proiezione ortogonale di tipo bidimensionale, parallela alla superficie inquadrata;

9 CANNAROZZO, Fotogrammetria Zanichelli,.Vol3.UnitaT1,10 Bologna 2012

la Fotogrammetria stereoscopica implica invece che il medesimo oggetto sia fotografato da più punti differenti in modo da ricavarne una visione tridimensionale; ciò consente di riportarlo all'interno di un sistema geometrico con l'appoggio topografico in **coordinate spaziali x, y, z** e di apprezzare pertanto anche i valori di quota delle sue varie parti, cioè le distanze dall'obiettivo della fotocamera.

Fogrammetria 3D

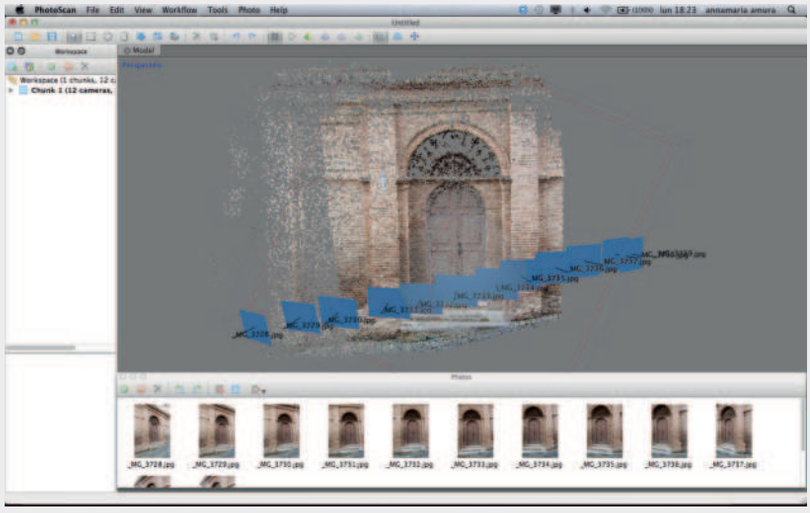


FIG. 45 Schermata di Photoscan, programma per la fotomodellazione.

Nebulosa di punti, con il colore originario, modello spaziale di foto "solida" dell' oggetti ripreso.

Foto: Annamaria Amura

Questa tecnica è oggi resa possibile anche con fotocamere a medio o basso costo, fattore importante per un settore in cui talvolta le risorse economiche e temporali a disposizione sono limitate.
Le possibilità che offre attualmente il digitale, hanno accresciuto la diffusione delle tecniche fotogrammetriche nel rilievo di aree, edifici ed oggetti di interesse storico: le nuove tecnologie portano le camere digitali ad essere fornite di ottimi **CCD,** e i file creati sono sempre definiti da milioni di pixel e proporzionalmente il risultato della fotomodellazione raggiunge un'ordine di punti elevatissimo anche grazie all'utilizzo di ottimi microprocessori e schede grafiche.
Normalmente il soggetto viene posto al centro dello spazio e l'operatore si muove intorno a esso, cercando di mantenere invariata la distanza e di riprendere l'intera superficie dell'oggetto per descriverlo completamente, scattando con delle zone di sovrapposizione tra l'una e l'altra foto.
Ruotare intorno all'oggetto è importante in quanto il software si baserà anche sullo sfondo per riconoscere il punto in cui è stata scattata la foto.
Diversi software sono in grado di trovare i parametri relativi alla geometria interna della camera, **self calibration.**
Se l'oggetto ripreso ha una forma complessa è conveniente apporvi delle mire, che risultino ben riconoscibili nei fotogrammi e che facilitino quindi l'allineamento di questi.
Le immagini vengono poi importate all'interno del software che sarà in grado di generare, quasi del tutto automaticamente, il modello tridimensionale partendo dal riconoscimento dei **punti d'interesse.**

Dall'allineamento delle immagini è riconosciuta la posizione spaziale dell'oggetto rispetto a ogni fotogramma e sarà così possibile generare la **geometria**, ***mesh***, e infine "rivestire" le superfici con le stesse foto digitali utilizzate per la costruzione del modello generando la ***texture.***
Questo metodo ha il vantaggio di restituire modelli metricamente esatti composti da un basso numero di poligoni, quindi particolarmente leggeri, facili da importare e rielaborare in altri programmi di grafica tridimensionale, generando delle nuvole di punti tridimensionali analoghe a quelle dei laser scanner ***dense surfacemodeling.***

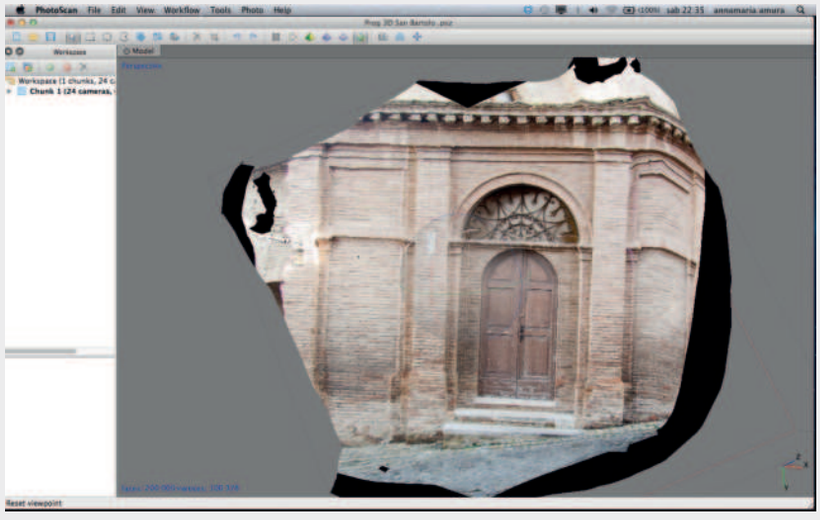


FIG. 46 **Schermata di Photoscan, programma per la fotomodellazione.**
Nuvola di punti viene iterpolata per la formazione di modelli poligonali, rendendola più fitta e chiudendo i punti con una rete di triangoli per formare una superficie scultoria.
Successivamente è applicata la Texure.

Foto: Annamaria Amura

Le superfici da riprendere devono presentare una tessitura in cui sono ben distinguibili i contrasti cromatici o di chiaroscuro. Non sono adatte le superfici lisce, monocrome e riflettenti. I fotogrammi devono inoltre presentare la stessa esposizione; negli esterni le immagini non vanno pertanto scattate in due diversi momenti della giornata; negli interni bisogna predisporre un'illuminazione adeguata che eviti riflessi e zone troppo scure; non è sicuramente consigliabile l'uso del flash.
In ogni caso per incrementare la velocità di calcolo e rendere più sicuro e preciso l'orientamento dei fotogrammi, soprattutto quando sono riprese delle superfici di forma molto irregolare e complessa, può esser utile porre intorno all'oggetto d'interesse alcune strisce bianche su cui si stagliano delle marche circolari ben visibili. Con una camera ad alta risoluzione può essere ripreso qualunque manufatto e la densità della nuvola dipende semplicemente dalla distanza in cui si colloca l'operatore. Se l'immagine è nitida si possono ottenere rilievi con una precisione inferiore ad un **pixel**, valore che può corrispondere a meno di un cm reale nel caso delle riprese di un edificio. L'accuratezza del rilievo può essere in ogni modo facilmente verificata misurando all'interno del modello 3D le distanze fra alcuni punti ben riconoscibili e di cui si conoscono le distanze reali.
La duttilità del sistema consente inoltre di adattare il procedimento di costruzione 3D alle differenze morfologiche che si riscontrano tra le varie parti dell'oggetto d'interesse; i volumi più schematici potranno essere restituiti per mezzo di una **foto modellazione su base geometrica**, mentre le parti più complesse saranno ricavate dalle **nuvole di punti.** I due tipi di modelli possono essere gestiti dallo stesso programma e associati in un unico file.



CAPITOLO 4
OTTAVIANO NELLI: NOTIZIE STORICHE, RIPRESE FOTOGRAFICHE E FOTOGRAMMETRICHE

4.1 Lo stile feltresco e il Gotico Internazionale nelle Marche

Il Gotico Internazionale è contrassegnato da una pluralità di ambienti che rendono difficile chiarirne le origini; esso gode di una straordinaria abbondanza di definizioni: gotico fiorito, gotico internazionale, tardo gotico, gotico cortese, gotico metropolitano, gotico flamboyant[1].
Negli stessi anni della sua diffusione nasce una nuova maniera di dipingere e scolpire, le figure si allungano, le vesti s'impreziosiscono di pieghe di torsioni, di allungamenti, disegni geometrici modellano i corpetti.
L'interesse per la moda e per i nuovi vestiari si fa assoluto, lo scrutare della natura diventa una costante, erbe, fiori, foglie, animali, sono indagate con una puntigliosità raffinata, l'arte sacra s'imbeve di spunti laici e viceversa.
Il benessere economico raggiunto nelle città marchigiane fra '300 e '400 favorisce il germogliare nella regione del nuovo gusto estetico legato all'eleganza delle forme e all'indagine minuziosa dei particolari della vita quotidiana e della natura: tutti i centri più importanti delle Marche, governati in genere da signorie, dai Malatesta a Fano ai Chiavelli a Fabriano, dai Montefeltro a Urbino ai Varano a Camerino agli Smeducci a San Severino Marche si dimostrano sensibili a recepire il nuovo linguaggio cortese. Le Marche sono considerate infatti una delle regioni protagoniste dello sviluppo dell'arte figurativa in chiave gotica e tardogotica, in Italia e in Europa: Urbino, Fabriano, Fermo, San Severino Marche, Camerino, alcune delle città d'arte più importanti delle Marche, diventarono inoltre in questo periodo centri commerciali di primaria importanza, governati da signorie attente al valore delle immagini e della pittura.
La capillare diffusione dei modi del **Gotico Internazionale** s'innesta in una regione dove le città, governate dalle famiglie più importanti e rilevanti nel contesto sociale e economico, costituiscono un punto di riferimento per l'intero tessuto urbano: gli aspetti più qualificanti e significativi delle città d'arte marchigiane, il nucleo urbanistico dei centri storici e le eccellenze del patrimonio culturale sono il frutto delle oculate volontà e committenze delle classi politiche del tempo. I signori vissuti tra '300 e '400 furono degli uomini di cultura attenti al valore delle immagini nonché protettori degli ordini religiosi.
Le commissioni arrivano agli artisti di Camerino come Arcangelo di Cola; ai fratelli Salimbeni di San Severino Marche; a Olivuccio di Ceccarello, pittore camerte attivo anche ad Ancona tanto famoso da ricevere nel 1429 la commissione di un' ***Adorazione dei Magi*** da Filippo Visconti duca di Milano per la Santa Casa di Loreto, oggi perduta; ai veneti Jacobello da Bonomo, Zanino di Pietro, Jacobello da Fiore; all'eugubino Ottaviano Nelli; al ferrarese Antonio Alberti; a Nicolò di Pietro. Le Marche delle Signorie costituiscono pertanto un tematismo storico e culturale attuale che apre la scena al tardogotico, nel cuore della regione. Le città di Fabriano, Urbino, Camerino e San Severino Marche, Matelica, Ancona, Fano, Pesaro, Fermo e Ascoli Piceno e i territori a loro legati nascondono tesori di straordinaria importanza per la cultura e la storia della regione[2].
Il problema degli apporti esterni alla formazione del **Gotico Internazionale** nelle Marche è assai complesso, le opere realizzate in questo periodo possono essere schematicamente identificate in tre gruppi: quelle afferenti all'**area bolognese,** quelle appartenenti all'**area lombarda e veneta**; e infine quelle che presuppongono contatti con opere dell'area dell'**Italia**

1 DAL POGGETTO P., *Fioritura tardo gotica nelle marche* , Milano, Electa, 1998. pp 11

2 http://www.turismo.marche.it/Guida/Itinerari/tabid/189/ID/35/Il-Gotico-Internazionale-nelle-Marche/Default.aspx

centrale[3]. Di uno stato feltresco è legittimo parlare solo dalla fine del 300 quando Antonio da Montefeltro riesce a estendere i suoi domini sull'intero territorio di Urbino, la bassa valle del Metauro e Gubbio col suo circondario[4].
Nel 300 le singole regioni si muovono su linee di cultura molto differenti e apparentemente non comunicanti, se non parzialmente nell'area della valle del Metauro di formazione locale.
Non marchigiano, anzi forse spagnolo è, infatti, Antonius Magister che domina l'ambiente urbinate, la cui attività si spinge fino a Mombaroccio, presso Fano e dal centro delle Marche proviene Carlo da Camerino.
È un panorama di estrema frammentarietà, s'individuano piccole scuole disancorate dal sostrato locale e prive di una continuità legate all'occasionale arrivo di artisti "forestieri"[5].Unica eccezione è Gubbio, città in cui esiste una precisa tradizione artistica e dove nel 300 operavano molti artisti congiunti uniti dalla bottega del Palmierucci. Tuttavia si evidenziano



FIG.47 **Urbino,(PU)**

Foto: http://en.wikipedia.org/wiki/Urbino

una serie di pittori che vanno distinti: il Maestro della Incoronazione Johnison, il Maestro della Madonna Ferroni e il cosiddetto Donato da Gubbio, tutti partecipi in varia misura della cultura del Palmerucci, ma anche interessati alla nuova scuola orvietana. Su una posizione autonoma si collocano invece l'anonimo autore del Battista della Pinacoteca di Gubbio, e il pittore cui si devono alcune bellissime storie di Tristano, cui la data 1380 conferisce un'eccezionale importanza iconografica, trattandosi del primo ciclo a fresco dedicato, in Italia, al notissimo romanzo cavalleresco.
Quando Antonio da Montefeltro riuscì a unificare sotto il suo dominio tutta la zona, alla frammentarietà politica corrispondeva anche quella culturale, senza reale possibilità di osmosi da una scuola all'altra. L'unico centro importante, dotato

3 DAL POGGETTO P., *Fioritura tardo gotica nelle marche* , Milano, Electa, 1998 pp 13

4 Sulla Signoria di Antonio, e poi Guidantonio da Montefeltro, e sulla situazione politico-economica della zona del '300 e '400, cfr. soprattutto : UGOLINI F., *Storia dei Conti e dei Duchi di Urbino*, Firenze 2859; PELLEGRINI E., *Gubbio sotto i Conti e i Duchi di Urbino*, in "*Bollettino della Reale Deputazione di Storia Patria per l'umbria*", 1906; FRANCESCHINI G., *Saggi di storia montefeltresca e urbinate,* Urbino, 1957.

5 ROSSI F.,*Lo "stile feltresco": arte tra Gubbio e Urbino nella prima metà del '400*, in Rapporti artistici fra le Marche e l'Umbria. Atti del Convegno interregionale di studio, Fabriano-Gubbio 1974, Perugia 1977, pp. 61

di tradizione, vitalità, continuità e possibilità di espansione era Gubbio.
La situazione culturale del 300 aiuta a comprendere i modi e i tempi di formazione dello ***Stile Feltresco*** del 400.
Il primo percorso tocca le città della provincia di Pesaro-Urbino, compresi i capoluoghi. Pesaro è una città ricca di testimonianze artistiche dovute alle committenze malatestiana prima e sforzesca poi. I Malatesta di Rimini governarono anche a Fano, dove fecero costruire la corte, la Rocca e la chiesa di San Francesco, mausoleo della famiglia.
Urbino, assegnata ai Montefeltro nel XII-XIII secolo, prima di diventare capitale del Rinascimento sotto la guida del duca Federico, fu protagonista della stagione del Gotico Internazionale con la decorazione dell'Oratorio di San Giovanni Battista in cui sono raffigurate le storie del santo titolare: realizzato intorno al 1416 da Lorenzo e Jacopo Salimbeni, il ciclo è considerato il manifesto e la summa del Gotico Internazionale nelle Marche e in Italia e uno straordinario viaggio nella

FIG.48 **Gubbio (PG)**

Foto: https://maupes.wordpress.com/2010/10/01/in-viaggio/gubbio-anfiteatro-e-cittadella/



fiaba e nell'eleganza di una corte. Infatti nel 400 la presenza più rilevante è quella dei fratelli Lorenzo e Jacopo Salimberti, che nel 1416 firmavano insieme gli affreschi dell'Oratorio di S. Giovanni, il loro arrivo dovrebbe collocarsi intorno al 1415. Oltre che i più dotati sul piano qualitativo sono anche, tra i pittori della nuova generazione, i primi a giungere in Urbino. La loro incidenza sul tessuto linguistico locale fu modesta, poiché gli sono state attribuite due sole opere a Urbino e a Cagli, il quale stile è però individuabile negli affreschi di S, Monica a Fermo, nell'opera di un pittore attivo nell'urbinate, il Maestro della Beata Serafina, dove si può parlare con certezza di ripresa iconografica. **L'influenza dei Salimbeni, soprattutto quella di Jacopo, la subirono Ottaviano Nelli da Gubbio e Antonio Alberti da Ferrara**. Questi ultimi giungono in Urbino più tardi dei Salimbeni, ma vi rimangono molto più a lungo, almeno un ventennio, sia pure con frequenti interruzioni[6].
Di **Ottaviano Nelli** restano in Urbino due opere sicure, molto distanziate nel tempo: gli affreschi dell'***Oratorio della Madonna dell'Homo***, databili intorno alla fine del secondo decennio, e la ***Madonna e Santi dell'oratorio di S. Gaetano***,

6 ROSSI F., *Lo "stile feltresco": arte tra Gubbio e Urbino nella prima metà del '400*, in Rapporti artistici fra le Marche e l'Umbria. Atti del Convegno interregionale di studio, Fabriano-Gubbio 1974, Perugia 1977, pp. 63



FIG.49 Lorenzo e Jacopo Salimbeni, *La predica*, particolare degli affreschi dell' Oratorio de San Giovanni in Urbino, 1415-16.

Foto: https://www.pinterest.com/pin/497507090057210451/

posteriore al 1430. La sua attività artistica doveva essere stata molto più cospicua data la presenza dei soggiorni urbinati del pittore; egli ebbe un certo seguito locale e i suoi imitatori sono chiaramente individuabili nella ***Madonna col Bambino*** in S. Sergio situata in S. Croce, e in un affresco sito in località le Logge[7]. Ancora più vasta è l'attività di Antonio Aliberti, giunto da Ferrara intorno al 1420. Sue sono alcune tavole presenti nella Galleria Nazionale di Urbino, e gli vanno attribuite con certezza le ultime ***Storie del Battista*** in S. Giovanni e una parte degli affreschi strappati della chiesa di S. Domenico in S. Francesco, ora nella Galleria Nazionale, nella chiesetta dell'Annunziata, e soprattutto in S. Domenico, ove le ***Storie della Croce*** costituiscono anzi uno dei punti di collegamento tra il maestro ferrarese e il Maestro della Beata Serafina[8].

A Urbino, dunque, si possono individuare con chiarezza due diversi filoni di cultura: il primo coincide con la personalità di Lorenzo Salimbeni, portatore di un gusto gotico "cortese" di larga rispondenza italiana ed europea, al secondo filone di cultura appartengono invece Ottaviano Nelli e Antonio Alberti, con Jacopo Salimbeni e il Maestro della Beata Serafina; sono costoro che impongono il loro gusto e danno un'impronta all'ambiente. Il loro linguaggio si basa sulla mimica esasperata, sul colorismo acceso, sul gioco di masse pesanti e poco articolate: una scrittura più corsiva, più immediatamente popolare, che suona come ripudio del gotico cortese, dettato da una precisa e cosciente scelta culturale[9].

Per quanto riguarda Pesaro, verso la fine del XIII secolo, la famiglia Malatesta entra in possesso della città segnando profondamente il territorio con opere di grande importanza: il portale della Chiesa di S. Francesco dove è sepolta la Beata Michelina Metelli, ed il portale della Chiesa di S. Agostino, sono due splendidi esempi dell'arte gotica di questo periodo. Con la scomparsa dei Malatesta, Pesaro passa agli Sforza, ai quali si deve la costruzione di importanti monumenti, come ad esempio la Villa Imperiale, residenza suburbana degli Sforza. Nella Pinacoteca sono conservati numerosi dipinti su tavola che testimoniano la diffusione del Gotico Internazionale in epoca signorile tra cui il noto Polittico della Beata Michelina di Jacobello del Fiore, già nella chiesa di S. Francesco.
A Fano, la Corte Malatestiana, le tombe dei Malatesta e la Rocca Malatestiana (il cui maschio fu distrutto dalle bombe durante l'ultima guerra) sono i segni ancora visibili della lunga dominazione dei signori di Rimini. Furono i Malatesta, dopo il Medioevo, a determinare un sensibile sviluppo urbano, sia nell'edilizia religiosa con la costruzione di vasti conventi e chiese ad aula come quelle di San Domenico (oggi sede di una pinacoteca), San Francesco, spettacolare luogo di vestigia a cielo aperto con le straordinarie tombe di Paola Bianca e Pandolfo III Malatesta, capolavoro della scultura dell'epoca e S. Agostino. In pinacoteca il polittico di Michele Giambono è il più noto esempio della diffusione dei modi del Gotico Internazionale nel territorio. È questo il quadro di cultura chiamato ***stile feltresco***, nel cui ambito può includersi la quasi totalità della produzione artistica urbinate della prima metà del '400 e che si forma e si esaurisce sotto la Signoria di Guidantonio da Montefeltro.

7 SERRA L., *La Madonna col Bambino in S. Sergio*, Guida di Urbino, Milano, 1920 p.36: come di scuola del Nelli è in effetti una libera derivazione di quella dell'Oratorio di S. Gaetano, di cui è replica anche quella in località Le Logge.

8 Su Antonio Alberti: ZANCHI M. T. , *Antonio Alberti e il suo itinerario umbro-marchigiano*, in "*Commentari*" 1964

9 ROSSI F., *Lo "stile feltresco": arte tra Gubbio e Urbino nella prima metà del '400*, in Rapporti artistici fra le Marche e l'Umbria. Atti del Convegno interregionale di studio, Fabriano-Gubbio 1974, Perugia 1977,

Per quanto riguarda Gubbio, era in quel periodo la città più ricca e civile tra quelle incluse nello stato feltresco e conosce sotto la nuova Signoria un momento di eccezionale finitura culturale. Tutte le chiese cittadine si rinnovano, si abbelliscono di affreschi, sia votivi sia di grandi cicli storici, e, più raramente, di pitture su tavola. La personalità centrale, e anzi quasi esclusiva, è quella di Ottaviano Nelli, che esaurisce in sé tutte le commissioni più importanti. Sue opere si trovano in S. Francesco, in S. Domenico in S. Maria Nuova, in S. Agostino, altre erano in S. Pietro e in S. Eraso; ancora Nelli era chiamato ad eseguire la decorazione di Palazzo Beni. Intorno a lui, inoltre, ruotano almeno due generazioni di personalità minori, la prima ancora legata in qualche modo alla tradizione trecentesca composta dal Maestro di S. Maria Nuova, Pietro Coleberti, Il Maestro di Fossato, e la seconda di stretta osservanza nellesca composta da Jacopo Bedi, Giovanni Pintali, Domenico di Cecco, Il Maestro di S. Maria dei Laici.

Proprio per effetto di questa presenza continua, quasi assillante, del Nelli e dalla sua scuola, si verifica la saldatura culturale tra Gubbio e Urbino, dove ancora il Nelli è un protagonista. La sua importanza storica si accentua ancora se si pensa che egli sia stato l'unico a tentare di esportare lo stile feltresco al di fuori dei confini dello stato del Montefeltro, sia verso il Nord, Fano e Rimini, sia verso l'Umbria; Perugia, Assisi e Foligno. È evidente che, per una corretta comprensione storia del fenomeno nella sua globalità non si potrà che partire dal riesame della personalità storica e artistica del Nelli stesso.
Che Ottaviano Nelli venisse ad assumere, anche per motivi politici, una posizione di pittore di corte dei Montefeltro, è dimostrato attraverso il suo ruolo di capo dell'unica scuola eugubina che avesse una precisa tradizione nella zona[10].
Egli era nelle condizioni migliori per sfruttare la situazione e imporre il suo gusto a tutto l'ambiente; ma la sua concezione di pittore artigianale e la sua dignità morale e mentale non gli rendevano facile l'incarico di vero caposcuola.
Appare uno dei protagonisti ma non l'unico, e le ragioni profonde della formazione dell'unità culturale della zona vanno ricercate non nella singola personalità di Nelli, ma nell'incontro dialettico tra le scelte linguistiche di un gruppo omogeneo di artisti, da un lato, e gli indirizzi di politica culturale di Guidantonio da Montefeltro dall'altro, legati alla sua concezione dello stato. Anche se la forza economica dello stato feltresco poggiava sull'agricoltura e sul mestiere delle armi, il Signore da Montefeltro svolge una politica culturale di tipo cortese concettualmente analoga a quella dei Visconti, Signori di Milano, e gli artisti che tale politica realizzano, possiedono un analogo repertorio di modi figurativi.

Il Nelli non è meno informato di Lorenzo Salimbeni sugli stilemi del Gotico Internazionale, le citazioni miniaturistiche sono in lui continue e precise. Nell'opera *La morte di S. Pietro Martire* in S. Domenico a Gubbio, egli è tra i pochissimi che abbiano osato trasformare un'intera parete a fresco in una colossale pagina miniata: la sua linea sa essere meno fluida e la sua tavolozza giovanile include spesso quelle tinte pastello che tutti i pittori cortesi prediligevano; il suo occhio si fissa sul reale con quello stesso attento particolarismo, incapace di sintesi realista, che costituisce il fascino, e il limite umanistico, di tutta la sua generazione[11].

Tuttavia appena giunto a Urbino, egli tende a trasformare questi vocaboli linguistici in termini dialettali, dotati di un'urgenza contenutistica popolare; di qui l'assunzione di moduli molto meno moderni e il recupero di schemi narrativi neo-trecenteschi. Uscito dal suo ambiente originario eugubino, divenuto pittore di corte, Nelli ha un profondo rivolgi-

10 ROSSI F.,*Lo "stile feltresco": arte tra Gubbio e Urbino nella prima metà del '400*, in Rapporti artistici fra le Marche e l'Umbria. Atti del Convegno interregionale di studio, Fabriano-Gubbio 1974, Perugia 1977, pp. 66

11 ROSSI F.,*Lo "stile feltresco": arte tra Gubbio e Urbino nella prima metà del '400*, in Rapporti artistici fra le Marche e l'Umbria. Atti del Convegno interregionale di studio, Fabriano-Gubbio 1974, Perugia 1977, pp. 68



FIG.50 Ottaviano Nelli, *Morte della Vergine*; particolare degli affreschi nella Cappella di Palazzo Trinci a Foligno, 1424 ca.

Foto: http://www.gazzettadifoligno.it/wordpress/?p=677



FIG.51 **Ottaviano Nelli, *Natività di Gesù*; particolare degli affreschi nella Cappella di Palazzo Trinci a Foligno, 1424 ca.**

Foto: http://www.gazzettadifoligno.it/wordpress/?p=677

mento spirituale, che precede e motiva le sue scelte stilistiche.
È poco probabile che Guidantonio intendesse svolgere, in campo culturale, una politica d'intervento dirigistico analoga a quella che svolgerà più tardi Federico II; forse, egli si limitò ad attirare ad Urbino artisti di buona ed eccelsa fama, per abbellire la sua capitale e, ancor di più il suo palazzo, o ad inviare suoi artisti a Talamello o a Fossombrone, a farsi portatori anche in provincia del gusto della capitale. Ma una volta che questi artisti si misero al lavoro, egli non poteva non accorgersi che mentre Lorenzo Salimbeni esprimeva una concezione di grazia e di bellezza del tutto estranea al reale modo urbinate, Nelli e Alberti parlavano un linguaggio più correttamente popolare, meno raffinato ma ben più accessibile a quelle classi artigiane e piccolo-borghesi che costituivano il verbo del suo stato e che egli favoriva a scapito dei vecchi ceti nobiliari. Da questa coincidenza tra modi espressivi assunti da alcuni pittori, primo tra tutti Ottaviano Nelli, e le finalità politiche dei dominanti, nasca la fortuna dello ***stile feltresco.***
Prendendo in considerazione alcuni esempi vicini al centro si notano molto le influenze artistiche dei maggiori esponenti di questo stile. A Fermignano, va segnalata la Cappella di S. Giacomo, sulla cui parete absidale ci sono alcuni affreschi apertamente derivati dai Santi di Ottaviano Nelli presenti nella Cappella della Madonna dell'Homo a Urbino. Negli immediati dintorni, a Canavaccio, altri affreschi di gusto popolareggiante come la Madonna Della Misericordia e Santi sembrano risentire dei modi dell'Alberti. Risalendo lungo la Valle del Burano, qualche interessante testimonianza è rintracciabile a Cagli. Nella chiesa delle Clarisse è la citata Madonna della Misericordia già attribuita ai Salimbeni, ma di tarda scuola di Carlo da Camerino; nella chiesetta della Madonna della Misericordia, alcuni lacerti di affreschi si richiamano genericamente a Ottaviano Nelli; in S. Francesco, due affreschi con Storie di S. Antonio nella zona. Quasi illeggibili e ridotti a miseri frammenti, sono alcuni affreschi dell'Abbazia di Lamoli, che sembrano del resto molto tardi, e nella chiesa di S. Vincenzo al Furlo; a Cantiano, infine, esistono alcuni affreschi attribuiti avventatamente ad Ottaviano Nelli, ma di datazione più tarda, verso la fine del secolo.
A Fossombrone è ubicato il ciclo qualitativamente più importante, gli affreschi della chiesa della Rocca, dedicata a S. Aldebrando, opera già attribuita all'Alberti e certamente con lui imparentata, ma non di sua mano, come provano le Storie di S. Aldebrando, il cui precedente più prossimo è ancora una volta Nelli.
Un ultimo eco di Antonio Alberti si registra a Saltara, nei noti affreschi della chiesa di S.Francesco in Rovereto. Vanno ricordati anche alcuni frammenti in S. Maria e una serie di Santi affrescati in una chiesetta delle immediate vicinanze, ora ridotta a cascina, opera che, nonostante sia più tarda, dimostra la vitalità locale di Antonio Alberti. L'ubicazione del ciclo più notevole a Fossombrone, è un indizio importante sulle modalità di questa diffusione: esso si trova infatti nella chiesa della Rocca, che era controllata direttamente dai Montefeltro e per la cui decorazione, probabilmente, fu inviato da Urbino un'artista esperto. Appena superati i confini dello stato feltresco, a Fano, ad esempio o a Monbaroccio, il quadro di cultura si fa più complesso, includendo anche opere venezieggianti tipiche della fascia adriatica, questo conferma l'ipotesi che l'unità linguistica della Valle de Metauro, raggiunta nella totale dipendenza dalla cultura urbinate, sia in qualche modo connessa con la nuova situazione politica della zona unificata sotto la signoria feltresca[12] .

12 ROSSI F.,*Lo "stile feltresco": arte tra Gubbio e Urbino nella prima metà del '400*, in Rapporti artistici fra le Marche e l'Umbria. Atti del Convegno interregionale di studio, Fabriano-Gubbio 1974, Perugia 1977, pp. 64

4.2. Memorie storiche di Ottaviano Nelli

Ottaviano o ***Taviano di Martino Nelli***, così chiamato dal nome del padre Martino, nasce a Gubbio nella metà del XVI secolo, all'incirca nel 1370, e la sua formazione avviene con molta probabilità presso la bottega familiare[13].
La data di nascita approssimativa si ricava dal primo documento in cui appare il suo nome, nel bimestre di maggio-giugno del 1400, in cui fu nominato Console per il quartiere eugubino di S. Pietro[14], carica che, secondo gli statuti cittadini, poteva essere conferita solo al raggiungimento dei trent'anni. Il fatto che Nelli fosse un pittore di successo e che si fosse imposto abbastanza precocemente, è riscontrabile fin dalla sua prima commissione perugina, menzionata in un documento conservato nel Pubblico Archivio di Perugia. In tale città fu chiamato dai Priori delle Arti il 25 ottobre del 1400 per dipingere alcuni stemmi di Gian Galeazzo Visconti, Duca di Milano, diventato signore di Perugia. Il lavoro fu svolto sulle porte del Palazzo dei Priori, di quello del Capitano e della Sala dell'Udienza, in collaborazione con due pittori locali: Cristoforo di Nicoluccio e Francesco di Antonio[15]. Il titolo di Maestro dato a Ottaviano nel contratto perugino è una prova certa che prima del 1400 fosse già piuttosto conosciuto. Punto di partenza per la ricostruzione del suo percorso stilistico è il ***Polittico di Pietralunga*** dal titolo ***Madonna con Bambino in trono e i SS. Agostino, Paolo, Antonio Abate, Caterina d'Alessandria,*** proveniente dalla chiesa di S. Agostino di Pietralunga, nell'Alta Valle del Tevere, e oggi presso la Galleria nazionale dell'Umbria. L'opera, datata maggio 1403, reca la sua firma e il ricordo della committenza legata agli eredi di Pietro «Corsutii». Tra settembre e ottobre 1403 fu di nuovo console per il quartiere di S. Pietro; l'anno successivo fu consigliere del Popolo per il semestre gennaio-giugno, dopo la morte di Antonio di Montefeltro nel 1404 la sua presenza a Gubbio non è più documentata fino al 1409[16].
Anche in virtù del suo girovagare il suo linguaggio figurativo si aggiornò di continuo. Fra le opere comprese entro il primo decennio del Quattrocento figurano gli affreschi votivi di vario soggetto: ***Crocifissione, Madonna con Bambino in trono e s. Giovanni Battista, Matrimonio mistico di s. Caterina d'Alessandria e s. Anna, Cristo crocifisso, S. Michele Arcangelo e Cristo redentore benedicente*** in S. Maria della Piaggiola a Fossato di Vico, datato intorno al 1405. In questo primo tempo dell'attività di Nelli si deve collocare anche la tavola con la ***Madonna dell'Umiltà e due angeli*** e sulla cuspide la ***Crocifissione di Cristo*** del Musée du Petit Palais di Avignone, nonché la ***Madonna dell'Umiltà*** del Niedersächsisches Landesmuseum di Hannover, parte centrale di un polittico i cui scomparti laterali con ***S. Bartolomeo, S. Maria Maddalena, S. Agnese e S. Tommaso*** sono oggi in collezione privata fiorentina[17]. Databile a questo momento è anche la decorazione ad affresco, in gran parte perduta, eseguita per l'Oratorio dei Mercanti della lana a Gubbio, cui appartiene il frammento con la **testa di S. Ludovico da Tolosa** (oggi nei depositi della Galleria nazionale dell'Umbria)[18].
Dopo il soggiorno milanese, al suo ritorno a Gubbio nel 1409, Nelli è profondamente mutato:
ha acquisito maggiore maturità tecnica e compositiva che gli consente di affrontare imprese pittoriche di grande impegno o ricche di "esibizionismi decorativi" ma anche un individualità stilistica, unita ad un'interpretazione popolare del linguaggio di Gentile e dei Salimbeni. Nel 1410 è ricordato **console per il quartiere di S. Pietro di Gubbio**[19], che deve essere dunque considerato quello della sua residenza fino al 1420 circa, anno in cui si trasferì nel quartiere di S. Andrea,

13 BONFATTI L., *Ottaviano Nelli pittore eugubino illustrate con documenti di Luigi Bonfatti*. in *L'Imparziale*, 1841, n. 58. Magni, 1843; p. 5 : ***"Ancor giovinetto essendo iniziato da suo padre ne' modi del pennelleggiare, e avendo sott'occhio di continuo i meravigliosi freschi del Palmierucci..."***

14 ROSSI F., *Ottaviano Nelli: note per la biografia di un pittore di corte,* in *L'Arte*, 1967, 4 n. speciale, pp. 4, 7-27.

15 MAZZANTINI G., *Documenti per la storia delle arti a Gubbio*, Foligno 1886, pp. 19-28;
SILVESTRELLI M.R., *Ottaviano Nelli, in La Pittura in Italia. Il Quattrocento*. II, Milano 1988, p. 715.

16 ROSSI F., *Ottaviano Nelli: note per la biografia di un pittore di corte*, in *L'Arte*, 1967, 4 n. speciale, p. 4, n. 5, p. 7, n. 16.

17 TONDINI F., *La pittura umbra dal Duecento al primo Cinquecento,* Milano 1989, I, pp. 234-237; II, pp. 283-295.

18 TARCHI L., *Per un catalogo dei dipinti murali di Ottaviano Nelli : tecniche esecutive, materiali, restauri* : tesi di laurea / Relatore Maria Grazia Albertini Ottolenghi; Università degli studi di Macerata, Facoltà di Lettere e Filosofia, corso di laurea in Storia e Conservazione dei Beni Culturali. Anno accademico 2001 - 2002

19 ROSSI F., *Ottaviano Nelli: note per la biografia di un pittore di corte*, in *L'Arte*, 1967, 4 n. speciale, pp. 4, 7-27. p. 8, n. 17



FIG.52 **Ottaviano Nelli, *Polittico di Pietralunga; Madonna con Bambino in trono e i SS. Agostino, Paolo, Antonio Abate, Caterina d'Alessandria.* Galleria Nazionale dell'Umbria, Perugia, XV d.C.**

Foto: http://www.atlantedellarteitaliana.it/index.php?artwork=11437&lang=italiano

dove possedeva degli immobili, probabilmente pervenutigli con la dote della moglie Balda di Bartolello, e dove fissò la sua dimora fino alla morte. Tra il 1417 e il 1430 il Nelli è impegnato in frequenti viaggi che lo portano spesso fuori patria. Durante questi anni si muove principalmente tra Urbino, Assisi, Foligno, Fano e Rimini, ma, nonostante la sua attività lontano dalla città di origine, non imterrompe mai i rapporti con Gubbio, dove, fino alla morte, continua a raccogliere le commissioni più importanti.

Si può dire con certezza che almeno nel 1422, 1427, 1428 egli risiede nella città natale.

Nel 1411 dipinse pennoni di tube e l'anno seguente affrescò gli stemmi della Chiesa, del Papa, dell'Imperatore e di **Guidantonio di Montefeltro** sulle cinque porte della città per 25 fiorini[20]: dati che rivelano una ben organizzata bottega, atta a far fronte a ogni genere di incarichi anche impegnativi e prestigiosi, come l'esecuzione del ***Ciclo con Storie della Vergine,*** basate sulla **Legenda Aurea**, nell'abside sinistra di S. Francesco a Gubbio. L'impresa, considerata il capolavoro giovanile di Nelli e probabilmente eseguita poco oltre il 1410, rappresenta una nuova svolta nel suo percorso stilistico, dove si avverte più forte l'influenza di Gentile da Fabriano, come nell'***Incoronazione di Maria*** in alto, derivata dal ***Polittico di Valle Romita*** (Milano, Pinacoteca di Brera). Nelli inserisce anche trovate di grande effetto, come le originali figure femminili viste di spalle, con lunghi capelli annodati, che diventano cariatidi messe a sorreggere l'architettura dipinta, e fa uso esteso di cangiantismi in ogni scena, indugiando sui particolari narrativi.

Non molto lontano da questa prima fase sembra essere anche l'affresco con la ***Visione di S. Brigida***, parte di una decorazione più estesa, conservato nella chiesa di S. Maria Novella (intitolata poi a S. Benedetto) dei Condotti a Perugia.

Da quel momento e poi in tutta la sua lunga carriera, Nelli restò sostanzialmente fedele a un proprio linguaggio espressivo, popolaresco, contraddistinto da una solida vena narrativa e da un'immobilità stilistica che in mancanza di dati documentari precisi , rende incerta e insidiosa la ricostruzione cronologica del suo catalogo.

Tradizionalmente datato tra il 1408 e il 1413 è il dipinto murale con la ***Madonna del Belvedere, Madonna con Bambino***

20 ROSSI F., *Ottaviano Nelli: note per la biografia di un pittore di corte*, in *L'Arte*,1967, 4 n. speciale, pp. 4, 7-27. p. 26, n. 26

tra angeli musicanti, s. Giovanni Evangelista, s. Antonio Abate e donatori, nella chiesa di S. Maria Nuova a Gubbio; sono tuttavia valide le considerazioni di Sannipoli (2003) che osserva come l'opera mostri forti rapporti con la grande ***Crocifissione*** dipinta nel 1416 da **Lorenzo e Jacopo Salimbeni** nell'oratorio di S. Giovanni a Urbino, riprendendone le tinte brillanti, qui accentuate dalla tecnica mista, impreziosita da una trama sottile di dorature; non è escluso pertanto che possa essere stata eseguita attorno a questa data, quando si fecero più forti e importanti l'influsso e il contatto con i Salimbeni, già conosciuti da Nelli a Perugia, forse nello stesso ambiente di S. Maria Novella dei Condotti, un contatto poi rinnovato nella stessa Urbino. La ***Madonna del Belvedere*** è l'opera più apprezzata dalla critica fin dall'Ottocento, conside-



FIG. 53 Ottaviano Nelli ,Madonna del Belvedere,*Madonna dell'Umiltà con cinque Angeli fra S.Giovanni Evangelista, S. Antonio Abate e I donatori,* Affresco Votivo, Santa Maria Nuova, Gubbio. 1408 o 1413.

Foto: Annamaria Amura

rata per l'atteggiamento triste e pensoso dei personaggi come un modello esemplare di certa pittura devozionale cristiana, ma anche punto di avvio della scuola umbra verso i suoi più alti raggiungimenti. Sul finire del secondo decennio si data il ciclo ad affresco nella chiesa di S. Agostino a Gubbio con ***Storie di s. Agostino*** nell'abside e il Giudizio finale nell'arco trionfale. I restauri del 2003-04 hanno confermato che per primo fu dipinto il ***Giudizio finale***, al cui interno si distinguono due mani diverse riconosciute per la prima volta da Sannipoli (1989; 2003): oltre a Nelli e alla sua bottega, attivi nella rappresentazione del ***Paradiso e dell'Inferno*** posta nella parte alta del dipinto, intervenne anche la bottega dei Salimbeni. Il ciclo pittorico, composto da 25 scene i cui soggetti sono tratti dalle ***Confessioni, dalla Vita Sancti Aurelii Augustini di Possidio*** e da due testi trecenteschi[21], risulta uno dei primi e più completi sulla vita del santo e influenzò anche l'iconografia agostiniana posteriore.
Lo sforzo compositivo raggiunge risultati interessanti soprattutto nelle ***scene dei viaggi per mare del santo e in quella del-***

21 il Trattato sull'origine e sviluppo dei frati eremiti di Enrico di Friemar e il Liber Vitasfratrum di Giordano di Sassonia.

le Esequie, caratterizzata da una vivace galleria di ritratti. Secondo le scarne notizie documentarie[22], la cappella absidale della chiesa spettò alla famiglia eugubina dei Brunamonti della Serra dalla seconda metà del Trecento fino alla metà del successivo, ma nulla di sicuro si conosce sullo sviluppo del progetto decorativo. La presenza di Nelli in diversi contesti agostiniani, già dal periodo del *Polittico di Pietralunga*, fa pensare a un suo rapporto particolare con qualche membro di rilievo dell'Ordine, un'ipotesi che sembrerebbe confermata anche dalla realizzazione a Fabriano delle pitture con ***Quattro miracoli*** sulla fronte del cassone funerario del beato Pietro Becchetti, agostiniano[23]. Nella stessa cittadina dipinse l'edicola in via Cialdini con la ***Madonna dell'Umiltà e angeli.***



FIG. 54 Ottaviano Nelli, Madonna della Misericordia,*Madonna dell'Homo,* Affresco Votivo, Chiesa della Madonna dell'Homo, Urbino, 1417.

Foto: Annamaria Amura

Per quanto riguarda il soggiorno ad Urbino, esistono numerosi documenti che ne attestano la presenza.
È lì documentato la prima volta il 26 marzo 1417 e, a distanza di tre anni, nel 1420, la città feltresca diventerà per Ottaviano una vera e propria residenza[24]. Sebbene non sia noto dai documenti cosa abbia dipinto in questo periodo, la tradizione vuole che sia stato chiamato presso la corte feltresca dal Conte Guidantonio, che lo chiamò ad Urbino nel 1416 per dipingere nel suo palazzo; le pitture eventualmente eseguite per il palazzo sono andate perdute, forse perché distrutte nel 1464 quando fu costruito il nuovo edificio. Tra gli affreschi che si sono conservati ad Urbino, dove i maggiori committenti cittadini erano le confraternite, furono probabilmente realizzati in questi anni la Madonna del latte nell'oratorio di S. Gaetano, parte di una più vasta decorazione, forse realizzata nel 1417, *la* ***Madonna della Misericordia*** nella Chiesa della Madonna dell'Homo, dal nome del committente, Homo di Tudinello (qui in particolare nelle colonne tortili animate si è

22 CECE F., SANNIPOLI E.A., *Il restauro degli affreschi della "loggetta" di palazzo Beni: primi spunti per una riflessione,* ibid., LII (2001A), pp. 38-46; Id., La chiesa e il convento di S. Agostino in Gubbio, Perugia 2001 B

23 Fabriano, Pinacoteca civica Bruno Molajoli.

24 BONFATTI F. ,*Elogi e documenti riguardanti Ottaviano di Martino Nelli*, Foligno 1879, p 23

voluta riconoscere la collaborazione con Lorenzo Salimbeni)[25], la cui datazione oscilla tra il 1417 e 1420, e la ***Madonna Annunciata*** nella cripta della chiesa dell'Annunziata, forse realizzata poco prima degli affreschi in S. Gaetano, ma attribuita in un primo tempo ad Antonio Alberti da Ferrara. Sempre a Urbino, nell'oratorio di **S. Gaetano,** affrescò la ***Madonna del Latte tra angeli musicanti, s. Domenico e s. Pietro Martire*** esemplata sul modello della ***Madonna del Belvedere.***
Il soggiorno nel cuore dello Stato dei Montefeltro potrebbe averlo visto coinvolto anche all'interno dello stesso palazzo di Urbino, nelle case di Guidantonio: gli sono attribuiti dei frammenti di decorazione con il monogramma del conte, da confrontare con quello presente nella 'loggetta' di palazzo Beni a Gubbio.



FIG. 55 **Madonna con bambino o *Madonna del latte e Angeli, S. Domenico e S. Pietro martire, Gesù con corona in mano tra Cherubini e Angeli,* Oratorio di S.Gaetano Urbino, 1417.**

Foto: Annamaria Amura

Sono gli anni in cui Nelli unifica con il suo linguaggio figurativo lo Stato feltresco, muovendosi nei centri più importanti. All'incirca nel 1422 Nelli lascia Urbino, ritorna a Gubbio dove per la prima volta, nell'elezione del Consolato del 26 febbraio, figura come rappresentante del quartiere di S. Andrea e riparte quindi per Assisi, dove dipinge sopra l'arco dell'antica facciata della Cappella del soppresso Ospedale dei Pellegrini, una ***Vergine con Bambino e Santi, un'Annunciazione*** e una ***S. Lucia***. Dopo il soggiorno ad Assisi, nel 1424 fu chiamato da Corrado III di Ugolino dè Trinci a Foligno, dove il 25 febbrai dipinse la cappella del palazzo con le ***Storie della Vergine***, ultima opera del Nelli ad essere documentata con certezza. Il Nelli fa ritorno a Gubbio nel 1427, anno in cui abbiamo memoria di un gonfalone realizzato per il Comune, di cui però già il Bonfatti, nelle memorie storiche del 1843, annota la perdita[26]. Furono anni di intensa attività e anche di continui spostamenti, come ricorda Nelli stesso in una lettera inviata alla contessa di Urbino Caterina Colonna alla fine di giugno 1434: ***nella missiva si scusa di non aver ancora eseguito un affresco raffigurante suo figlio Oddantonio «genuflesso»***

25 MINARDI M.,Fioritura tardogotica nelle marche, Milano 1998 pp.83

26 BONFATTI L., *Ottaviano Nelli pittore eugubino illustrate con documenti di Luigi Bonfatti*. in *L'Imparziale*, 1841, n. 58. Magni, 1843

innanzi a S. Erasmo col cavallo e «col fameglio», essendosi trattenuto fuori di Gubbio per un lavoro che aveva promesso da un anno e che rischiava di perdere[27]. Tra il 1427 e il 1437, infatti, pur continuando a mantenere stretti contatti con Gubbio, torna ad Urbino, dove risulta attivo presso la Confraternita di S.Croce, testimonianza di una sua prolungata, sebbene saltuaria, presenza nella capitale feltresca[28]. Preziosi sono i documenti conservati presso la stessa Confraternita che ci permettono di stabilire con esattezza la sua presenza ad Urbino, città con cui chiudeà definitivamente i contatti nel 1444, quando revocherà la sua iscrizione alla Confraternita.

Esaminando i Libri di S. Croce, lo storico rileva che il Nelli fu ad Urbino otto volte: nella Pasqua del 1427, il 1 giugno del 1427, il 1 novembre del 1428, il 1 marzo del 1429, il 16 aprile del 1430, il 1 luglio del 1432, il 1 novembre del 1435.

A ogni lacuna nei documenti di Gubbio corrisponde con regolarità la presenza ad Urbino e non si verifica mai alcuna sovrapposizione. Databili intorno al 1434, nel momento in cui Nelli si muoveva tra Gubbio e Urbino, sono le ***Storie di S. Domenico e di S. Maria Maddalena*** nella chiesa di S. Domenico a Fano, attribuite al pittore e alla sua bottega da Luigi Asioli (1910), cui si affiancano ora le ***Storie del Battista*** emerse dietro un altare settecentesco nel corso dei restauri del 2007 sul fianco sud-orientale della chiesa.

Nel 1436 insieme ad Antonio d'Anghiari eseguì alcuni gonfaloni a Borgo San Sepolcro, dove già nel 1428 aveva fornito il disegno per la carpenteria della pala d'altare (poi dipinta da Piero della Francesca) della Confraternita della Misericordia, realizzata dal legnaiolo Bartolomeo di Giovanni. È un' opera collegata a questo momento tardo anche la Dormitio Virginis affrescata nella cappella del Transito della chiesa di S. Maria delle Grazie a Città di Castello.

Attorno al 1430 si diradano le visite a Urbino, dove il Nelli tornerà solo alla fine del 1432 per un breve periodo.

Questo segna il definitivo ritorno in patria e il distacco dall'ambiente artistico urbinate. Negli anni 1431-1446 ricopre con frequenza incarichi pubblici a Gubbio: è console del quartiere di S. Andrea per ben sei volte e, dal 1435 al 1441, viene anche eletto per tre volte Provisor Hospitalium, carica di un certo rilievo. Tra il 1430 e il 1433 realizzò probabilmente gli affreschi in S. Domenico a Gubbio e nel 1433 si occupò della realizzazione di apparati decorativi tra cui un baldacchino e qualche bandiera, per la vista a Guggio e a Cagli dell'imperatore Sigismondo.

In questi anni si collocherebbe anche la realizzazione dello ***stendardo a due facce che si trova in S. Maria delle Grazie Covignano*** (Rimini), anche se la datazione di quest'opera non è certa. Tra i rari dipinti su tavola riconducibili all'attività più matura di Nelli, si ricorda un ***polittico frammentario diviso in vari musei con S. Gerolamo che estrae una spina dalla zampa del leone*** (Avignone, Musée du Petit Palais), ***l'Adorazione dei magi*** (Worcester Art Museum, Massachusetts) e la ***Circoncisione e lo Sposalizio di s. Francesco con la Povertà*** (Pinacoteca Vaticana). Una tavoletta con ***S. Giovanni Battista con Erode e Salomè***, forse parte di un dossale con Storie del Precursore si conserva presso la Fondazione Longhi a Firenze.

Per poter meglio stabilire i rapporti con i Signori di Urbino è di grande importanza una lettera spedita da Gubbio il 30 giugno 1434 dal Nelli alla Contessa Caterina Colonna, seconda moglie di Giudantonio, che dimostra quando Ottaviano fosse in confidenza con i Conti di Montefeltro, Signori di Urbino e di Gubbio. In questa lettera Nelli ricorda di aver fatto nuovi lavori fuori Gubbio, ma si sarebbe subito recato a S. Erasmo, dove doveva ritrarre Oddantonio, figlio della Contessa, impegnandosi ad eseguire quanto prima tale lavoro, oggi purtroppo andato perduto.

Il Bonfatti ci informa che, assieme alla chiesa di S. Erasmo, andò distrutta anche la Cappella di Angelo di Cecco d' Angioluccio dei Carnevali nella chiesa di S. Pietro che gli era stata commissionata in quell'anno ma che finirà di decorare soltanto il 1439.

27 ROSSI F., *Ottaviano Nelli: note per la biografia di un pittore di corte*, in *L'Arte*, 1967, n42 , pp. 15
MAZZANTINI G., *Documenti per la storia delle arti a Gubbio*, Foligno 1886, pp. 19-28;

28 ROSSI F., *Ottaviano Nelli: note per la biografia di un pittore di corte*, in *L'Arte*, 1967, n. 35 , pp. 27

Sempre nel 1434 il Nelli è ricordato in un altro documento, dove leggiamo che dipingeva altri pendoni per le tube del Comune e, da un documento del 14 maggio 1435, sappiamo che realizzava anche bandiere per la sua città. La lacuna di documenti a Gubbio tra il 14 maggio 1435 e il 1 aprile 1437 è colmata dalla testimonianza della presenza del pittore il primo novembre 1433 a Urbino e il 10 novembre 1436 a Borgo San Sepolcro, dove, con Antonio d'Anghiari, dipinge alcuni gonfaloni.

Dei diversi gonfaloni ricordati dai documenti resta quello a due facce della chiesa di S. Maria delle Grazie a Covignano presso Rimini con ***l'Annunciazione e la Crocifissione con San Francesco che riceve le stimmate***, da datare entro il terzo decennio.

Questa notizia permette di collocare cronologicamente un'opera della tarda produzione di Nelli, ma di datazione incerta, cioè la ***Morte della Vergine in S.Maria delle Grazie*** a Città di Castello.

Basta constatare che Borgo San Sepolcro non è troppo lontano da Città di Castello per supporre che questo affresco possa essere realizzato proprio in questi anni. Per quanto riguarda altri affreschi realizzati in questo periodo ricordiamo anche le rare ***allegorie dipinte a monocromo in palazzo Beni a Gubbio***, staccate e conservate nella collezione Cagnola, oggi nell'omonima villa a Gazzada Schianno (Varese), tradizionalmente datate sul finire degli anni Trenta del Quattrocento. (Gorni, 1998). In seguito ai restauri eseguiti all'interno dello stesso palazzo si è recuperata alla lettura una decorazione araldica che sembrerebbe circoscrivere tutto il ciclo al periodo 1424, anno del matrimonio tra Guidantonio da Montefeltro e Caterina Colonna, e il 1431, anno dell'elezione di Eugenio IV Condulmer, il cui stemma compare in uno strato sovrapposto alla più antica decorazione[29]. Durante il terzo decennio del Quattrocento, il Nelli continua a rivestire importanti cariche pubbliche: dal 1430, salvo qualche breve viaggio, è quasi sempre documentato a Gubbio.

Il 1 aprile del 1437 è ancora in patria per dipingere scudi in occasione della venuta del Cardinale Colonna a Gubbio, e il 28 agosto dello stesso anno viene eletto Console del Quartiere di S. Andrea. Nel 1439 è ricordato per la decorazione di stemmi sulla facciata dell'Ospedale di S. Maria del Mercato, per la vendita di un terreno e per un'altra elezione a Consigliere il 21 settembre. Nel 1439 è anche documentata la sua ultima importante commissione, riguardante i dipinti, perduti, per la cappella di Agnolo di Cecco di Agnoluccio dei Carnevali in S. Pietro a Gubbio[30]. Nello stesso 1439 adottò come figlio Marte di Pompeo; si ha notizia che dopo la sua morte la moglie, Balda di Bartolello, avrebbe voluto annullare tale procedimento[31]. Un secondo figlio, Guido di Suppolino Corboli, fu adottato intorno al 1441, la stessa data in cui Nelli accolse formalmente come suo discepolo per sei anni Domenico di Cecco di Baldo[32]. Nel Novembre del 1441, nei libri delle Riformazioni Egubine, è documentato come eletto a provveditore e revisore degli Ospedali e, nel medesimo anno, il 22 dicembre, come un atto notarile **assume come discepolo Domenico Ceco di Baldo per sei anni, a cominciare dal 1 gennaio 1442, promettendo di istruirlo nell'arte della pittura e di mantenerlo. Domenico, a sua volta, promette di *stare con Ottaviano, di servirlo e obbedirlo in tutto ciò che gli comanderà per tutto il tempo stabilito*.** Delle opere realizzate negli ultimi cinque anni della vita, purtroppo, resta soltando un affresco in S. Maria della Piaggiola, fuori le mura di Gubbio.

L'ultima notizia certa che si ha del Nelli riguardo alla sua attività pubblica è del 29 giugno 1444, quando è ricordato come Consigliere del quartire di S. Andrea per i mesi di luglio e agosto.

29 CECE F., SANNIPOLI E.A., *Il restauro degli affreschi della "loggetta" di palazzo Beni: primi spunti per una riflessione,* ibid., LII (2001A), pp. 38-46; Id., La chiesa e il convento di S. Agostino in Gubbio, Perugia 2001 B

30 ROSSI F., *Ottaviano Nelli: note per la biografia di un pittore di corte*, in *L'Arte*, 1967, n.46 , pp. 18
MAZZANTINI G., *Documenti per la storia delle arti a Gubbio*, Foligno 1886, pp. 24.

31 ROSSI F., *Ottaviano Nelli: note per la biografia di un pittore di corte*, in *L'Arte*, 1967, n.63,
MAZZANTINI G., *Documenti per la storia delle arti a Gubbio*, Foligno 1886, pp. 28.

32 ROSSI F., *Ottaviano Nelli: note per la biografia di un pittore di corte*, in *L'Arte*, 1967, p. 18, n.65

Il luogo e la data di morte sono ignoti. Ricordato ancora in vita nel 1446[33], risulta già defunto il 29 ottobre 1449 [34], ma la sua morte viene generalmente fissata nel 1444.

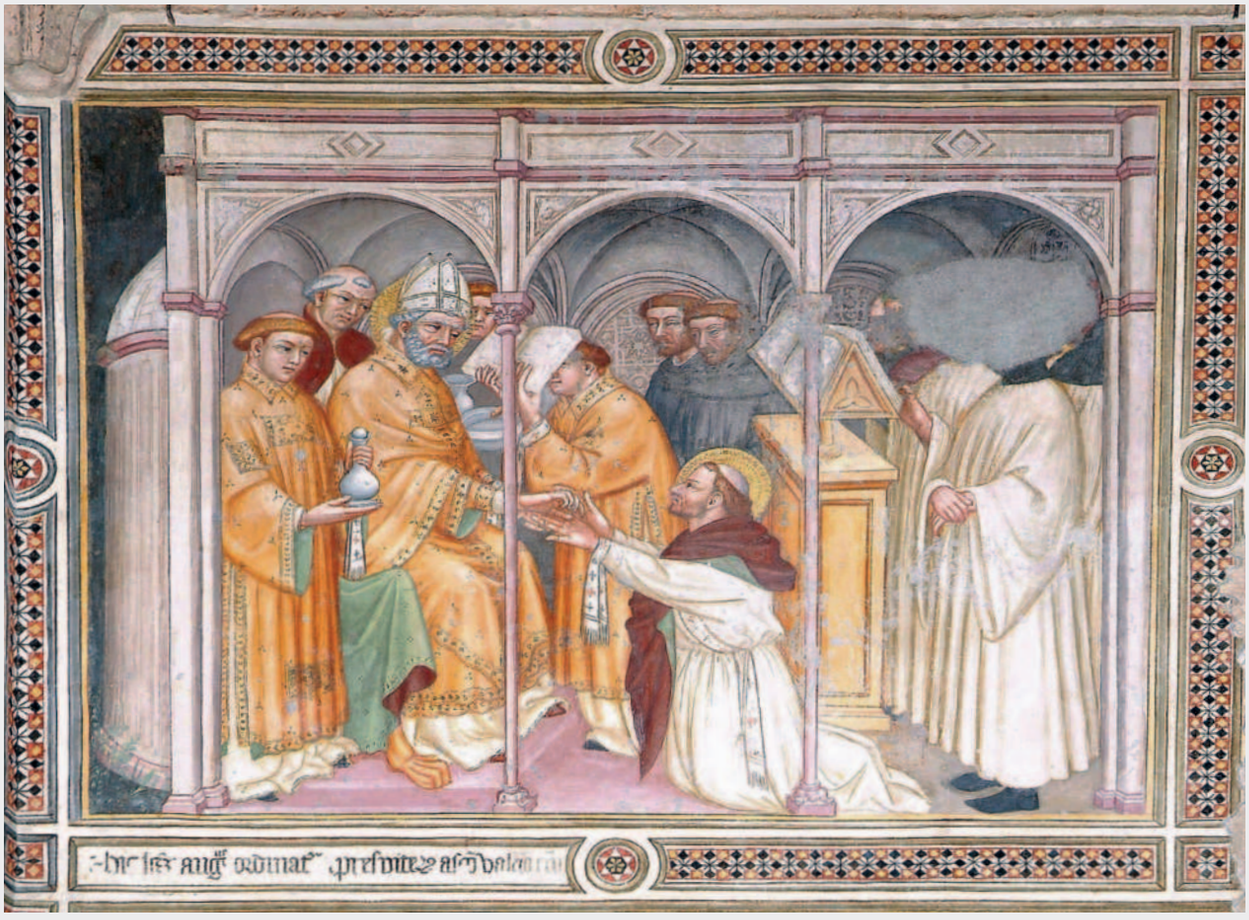


FIG. 56 Ottaviano Nelliadonna, *Sant'Agostino ordinato presbitero da San Valerio*, particolare del ciclo di affreschi Agostiniani nella chiesa di S.Agostino a Gubbio, sec. XV.

Foto: http://www.chiesacattolica.it/pls/cci_new_v3/v3_s2ew_consultazione.mostra_pagina?id_pagina=58537

33 MENICHETTI P.L., *Storia di Gubbio dalle origini all'Unità d'Italia*, II, Città di Castello 1987, pp. 169-171;

34 SANNIPOLI F.A., *L'Incoronazione della Vergine: opera inedita di Ottaviano Neli a Gubbio*, Città di Castello 1981;

4.3 DESCRIZIONE DELLE OPERE PRESE IN ESAME

4.3.a La Madonna del Belvedere in S. Maria Nuova a Gubbio

Notizie Storiche

L'opera si trova nella **chiesa di S.Maria Nuova** che era stata costruita nella seconda metà del XIII secolo, probabilmente tra il 1270 e il 1280, nel 1510 fu apposta un edicola in arenaria e costruito un altare ligneo intagliato e dorato che ha danneggiato intorno all'affresco che ne ha danneggiato la parte bassa, distruggendo i piedi delle delle principali figure. Gli iconoclasti del settecento imbiancarono tutte le pareti affrescate, ad eccezione dell'affresco del Nelli, forse salvato dalla pietà e dalla devozione di cui era circondato.
La ***Madonna del belvedere*** attribuita al Nelli sulla base dell'iscrizione presente sopra il dipinto, è da sempre considerata l'opera più famosa e ampiamente descritta del pittore eugubino. Contribuì sicuramente alla buona fortuna di quest' affresco la sua pubblicazione in cromolitografia, su disegno di Stigford Burr, da cui poi furono fatte numerose litografie e fotografie, nel 1857, da parte della Società Arundelliana di Londra.
Il Bonfatti ci informa che il dipinto fu eseguito per i nobili conti Pinoli, nella figura inginocchiata a destra della Madonna è possibile riconoscere il ritratto del committente, Vinteruccio o forse Pinolo, rispettivamente padre e figlio della casata; la figura è stata successivamente identificata con certezza come Ventuccio. Il Layard ci informa che si tratta di un affresco votivo, probabilmente ordinato dalla famiglia Pinoli in adempimento di un voto alla Vergine durante la malattia di un membro della famiglia, o in occasione di qualche pubblica calamsità. Definisce l'affresco imitante la più fine miniatura, e ci spiega che è conosciuto come ***Madonna del Belvedere*** proprio per la ricchezza e l'armonia delle tinte. La conservazione quasi totale dell'affresco è dovuta al fatto che già a quel tempo era protetto da un vetro di cristallo, il Cavalcaselle nel 1902 ci informa che, agli inizi del secolo scorso, era ancora protetta da un cristallo. Molti storici la definiscono una miniatura dipinta su muro, per la sua raffinatezza di linee e l'armoniosa gamma di colori.



FIG. 57 **Facciata Chiesa di S.Maria Nuova,**



FIG. 58 **Interno della Chiesa di S.Maria Nuova, Gubbio.**



Titolo completo:

Madonna dell'Umiltà con cinque Angeli fra S.Giovanni Evangelista, S. Antonio Abate e I donatori.

Affresco votivo di dimensioni 2,20 m di larghezza per 2,37 m di altezza; conosciuto come *Madonna del Belvedere*, incorniciato da un baldacchino ligneo cinquecentesco, situato nella parete destra della chiesa, datazione 1408 o 1413.

Foto: Annamaria Amura

Iscrizioni

Nella parte superiore, sopra la trabeazione nel frammento a essa soprastante, è presente un'iscrizione frammentaria, seguita probabilmente in oro in cui però non si osserva alcuna traccia, ad abbreviazioni a caratteri rinascimentali, uguali a quelli conservati sul baldacchino ligneo. Purtroppo l'iscrizione, attualmente, non è leggibile ma secondo la critica, riportava:

" OCTAVIAN(US) MARTIS EUGUBINUS PINXIT ANO DNI MCCC(…)III".



FIG. 59 **Particolare dell'iscrizione**

Foto: Annamaria Amura

Si tratterebbe quindi di una trascrizione di almeno un secolo più tarda della scritta originale, che doveva essere in un'altra parte del dipinto, forse nella zona di base che ora purtroppo è in stato di rovina. Probabilmente la trascrizione venne effettuata quando l'immagine fu racchiusa nell'edicola cinquecentesca in pietra, che tutt'ora sussiste, l'iscrizione originaria andò perduta a causa di un ifiltrazioni d'acqua di un vicino versatoio. La data fu riportata erroneamente dal Reposati nel 1773 come **MDCCCCIII** e corretta da Mariotti nel 1788 in **MCCCCIII**, secondo una comunicazione dello stesso Reposati. Non è possibile ritenere che la data trascritta sia esatta, poiché ad un esame più attento si rivela la presenza di piccoli frammenti di altre lettere dopo la **C.** Se è chiara la datazione per le tre unità **(III)** la parte della data relativa alle centinaia rimane infatti la più confusa dell'iscrizione, le tre **C** supertiti sono intrecciate fra loro e quasi sovrapposte, tanto che il Calvalcaselle nel 1902 , il primo a leggere la data come frammentaria, trscrisse co una sola lettera le tre lettere intrecciate **MC…III**. Nella cornice dipinta in rosa sono visibili le impronte di un iscrizione originale in piccole lettere gotiche bianche, due righe in tre zone, ora quasi completamente illeggibile: probabilmente erano riportati sei versi in onore della Vergine[35].

35 TARCHI L., *Per un catalogo dei dipinti murali di Ottaviano Nelli : tecniche esecutive, materiali, restauri* : tesi di laurea / Relatore Maria Grazia Albertini Ottolenghi; Università degli studi di Macerata, Facoltà di Lettere e Filosofia, corso di laurea in Storia e Conservazione dei Beni Culturali. Anno accademico 2001 - 2002

Descrizione iconografica

L'affresco raffigura al centro la **Madonna** seduta su un cuscino, coperta di una veste rossa riccamente ricamata in oro e di un manto punteggiato a fiori d'oro, che tiene sulle ginocchia il **Bambino** nudo coperto da un leggerissimo panneggio bianco trasparente. Ai lati della Madonna ci sono due **Angeli** in piedi che suonano il vilino e mandolino e, dietro al gruppo centrale, due **Angeli** in volo reggono un drappo rosso.

Lateralmente troviamo, simmetrici, a destra **S. Antonio Abate** con bastone e barba bianca, a sinistra un altro Santo, con un libro chiuso nella mano sinistra e la palme, segno del martirio, nell'altra. Il Bambino, in piedi sulle ginocchia della madre, è in atto di benedire con la mano destra, mentre tende la sinistra alla figura più giovanile dei due donatori, identificata come la moglie di Venturuccio, presentata al Bambino dall'angelo custode.

L'altra figura inginocchiata a destra, di età più avanzata, è il **Conte Venturucco,** presentato invece alla Madonna da **S. Antonio Abate**, suo protettore. La presenza di personaggi caratteristici della vita di corte e popolare, è piuttosto frequente nel repertorio figurativo umbro-marchigiano e nella ***Madonna del Belvedere***, oltre alla presenza dei due donatori, anche gli **Angeli musicanti** nella posa sinuosa, sono vestiti con colori vivaci con maniche a spampanatura, panneggio ricadente in pieghe dritte che partono dall'alta cintura e alti colletti a calice da cui sbucano le testoline rotonde coi capelli spartiti nel mezzo della fronte dalla riga.

Nella parte alta dell'affresco l'**Eterno** tiene la corona sopra il capo della **Vergine**, circondato da due gruppi concentrici di Angeli: quello più interno di Cherubini, quello più esterno di Serafini. Completano il gruppo, ai lati, due Angeli in volo che suonano strumenti musicali: un'arpa l'Angelo a destra, un organo portatile quello a sinistra. La scena è su fondo azzurrovariamente rabescato, simile ad un ricco arazzo fiorato, decorato con uccelli e animali: probabilmente il Nelli voleva ricreare un'atmosfera fiabesca, quasi sospesa nella costellazione della formelle del fondo.

L'elaborata geometria del fondo, che ripete il semplice motivo quadrilobato della Maestà di Fabriano, arricchito



FIG. 60 **S.Antonio Abate con Bastone presenta il Conte Verduccio alla Madonna**

Foto ed Elaborazione grafica: Annamaria Amura



FIG. 61 **La Moglie di Verduccio presentata dall'angelo custode alla Madonna.**

Foto ed Elaborazione grafica: Annamaria Amura

di figure animali, contribuisce, assieme ai personaggi abbigliati sfarzosamente, a spostare il racconto in un clima fiabesco e ad estraniare dalla dimensione reale i personaggi; soltanto il committente sembra ancora appartenere ad una pittura trecentesca. La scena è incorniciata lateralmente da due colonnine tortili.

Il Nelli ripropone Uno schema simile nell'oratorio di S. Gaetano, ma mentre a Urbino la simmetria è perfetta, a Gubbio nella parte bassa dell'affresco, si rivela un'asimmetria iconografica. L'affresco è caratterizzato da colori vivaci, azzurri luminosi, gradevoli tonalità di verde e giallo, toni di rosa delicati, esaltati dalle dorature diffuse, in una straordinaria qualità cromatica.

Gli atteggiamenti e le forme delle figure, particolari per la lucentezza e la trasparenza degli incarnati, l'eleganza degli abiti e la dolceza degli atteggiamenti, rilevano l'eleganza e la qualità pittorica del Nelli. Un'opera estremamente curata, in cui colpisce soprattutto l'espressione degli occhi e la dolcezza dello sguardo della Vergine col capo leggermente reclinato e l'occhio perduto nella distanza[36].

Stato di conservazione

Per quanto riguarda lo stato di conservazione il manto della madonna e il fondo erano stati danneggiati dal tempo e dai ritocchi e risultano perdute le dorature degli orli, la testa del donatore che a destra aveva subito dei danni, ed era stato ridipinto lo scuro manto di S. Antonio.
Lo stato di conservazione attuale è comunque molto buono. Forse la straordinaria conservazione dell'affresco dipende dalla qualità dell'intonaco e dalla cura nel preparare i colori. Il colore a mezzo fresco e a secco, molto diluito, steso con estrema cura e con velature molto sottili, si è conservato quasi completamente.

36 TARCHI L., *Per un catalogo dei dipinti murali di Ottaviano Nelli : tecniche esecutive, materiali, restauri* : tesi di laurea / Relatore Maria Grazia Albertini Ottolenghi; Università degli studi di Macerata, Facoltà di Lettere e Filosofia, corso di laurea in Storia e Conservazione dei Beni Culturali. Anno accademico 2001 - 2002 pp. 88

Soltanto la parte inferiore risulta leggermente deteriorata, principalmente a causa dell'umidità. Nonostante il restauro del 1977/1998, non è stato possibile risolvere completamente il problema, dovuto alla presenza di un orto all'esterno della chiesa, dietro la parete del dipinto, anche se
si è proceduto al risanamento di quella parte del muro. Inoltre il dipinto presenta delle lacune, sicuramente riconducibili alla realizzazione del baldacchino ligneo cinquecentesco[37].





FIG. 62

Eterno Circondato da Angeli e cherubini, Gubbio.

FIG. 63

Madonna seduta su un cuscino, coperta di una veste rossa riccamente ricamata in oro e di un manto punteggiato a fiori d'oro, che tiene sulle ginocchia, il Bambino nudo coperto da un leggerissimo panneggio bianco trasparente.

Foto ed Elaborazione grafica: Annamaria Amura

37 TARCHI L., *Per un catalogo dei dipinti murali di Ottaviano Nelli : tecniche esecutive, materiali, restauri* : tesi di laurea / Relatore Maria Grazia Albertini Ottolenghi; Università degli studi di Macerata, Facoltà di Lettere e Filosofia, corso di laurea in Storia e Conservazione dei Beni Culturali. Anno accademico 2001 - 2002 pp. 91

4.3.b La Madonna del Latte Nell' Oratorio di S. Gaetano in Urbino

Notizie storiche

Datati nel secondo decennio del XV secolo, intorno al 1417, gli affreschi superstiti facevano parte di una complessa decorazione, impoverita prima dai rifacimenti settecenteschi dell'attigua chiesa di S. Domenico, quindi dal taglio netto, di circa un metro della parte esposta verso la via, avvenuto nel secolo scorso, che ridusse parzialmente la vela e i due costoni corrispondenti e infine dai restauri che hanno interessato l'area absidale della chiesa stesa nel 1934. Inoltre, nel corso dell'Ottocento, nella parete verso la piazza fu praticata un'apertura che provocò la perdita degli affreschi dipinti su quel lato.
L'affresco, pervenutoci quasi intatto, fu scoperto nel 1873 dal Marchese Pietro Antiori che tentò, nel 1875, di liberarlo dallo scialbo,tuttavia l'operazione non ebbe una buona riuscita, anzi provocò alcuni danni in particolare al volto della Madonna che, in seguito, dovette essere ridipinto. Da quel momento l'affresco fu abbandonato, o perché ritenuto poco importante, o perché si credeva fosse ormai irrimediabilmente rovinato. Soltanto il successivo restauro di Guglielmo Filippini da Parma, fece si che gli studiosi s'interessassero nuovamente all'affresco. La corretta attribuzione a Ottaviano Nelli, generalmente accettata dalla critica, si deve al Calzini (1899) ed è stata confermata dal restauro del 1973, che ha rivelato evidenti analogie iconografiche e compositive con la più conosciuta Madonna del Belvedere di Santa Maria Nuova a Gubbio. Altre relazioni si possono inoltre stabilire con un'edicola votiva fabrianese d'identico soggetto, attribuibile anch'essa con certezza al pittore eugubino.
Questo duplice confronto stilistico, può essere una valida prova anche per la datazione dell'opera. Infatti, la critica ha più volte sostenuto che i toni ricercati e i tratti delicati, riscontrabili nell'affresco, non permettono di ritenerlo un'opera della tarda maturità, databile tra il terzo e il quarto decennio del Quattrocento. Quindi, sebbene l'affresco della Madonna del latte fosse stato datato dal Rossini (1966) tra il 1428 e il 1435, Walter Fontana (1992) ha proposto di collocare l'opera nella prima maturità del Nelli, quindi con datazione più precoce, composta tra il 1417 e il 1420, dato che è concorde l'opinione di far risalire agli ultimi anni del Trecento e i primi del secolo successivo la sua genesi artistica e la sua prima attività pittorica. Inoltre, a conferma della sua tesi, il Fontana sostiene che sono forti le analogie con gli affreschi realizzati dai Salimbeni nell'Oratorio di S. Giovanni Battista a Urbino, datato 1416, quindi la datazione dell'affresco del Nelli non deve essere di molto posteriore[38].



FIG. 64 **Chiesa di San Domenico,Urbino.**



FIG. 65 **Interno dell'Oratorio di S.Gaetano,Urbino.**



38 TARCHI L., *Per un catalogo dei dipinti murali di Ottaviano Nelli : tecniche esecutive, materiali, restauri* : tesi di laurea / Relatore Maria Grazia Albertini Ottolenghi; Università degli studi di Macerata, Facoltà di Lettere e Filosofia, corso di laurea in Storia e Conservazione dei Beni Culturali. Anno accademico 2001 - 2002 pp. 136



Titolo completo:

Madonna con bambino o Madonna del latte e Angeli,
S. Domenico e S. Pietro martire, Gesù con corona in mano tra Cherubini e Angeli.

Affresco votivo di dimensioni 3,26 m di larghezza per 3,06 m di altezza, posto nella lunetta della parete di fondo della Cappella. Originariamente faceva parte del ciclo pittorico che ricopriva la volta e le altre pareti, delle quali restano solo parziali immagini e sinopie, ancora da interpretare, venute alla luce grazie al recente restauro.

Foto: Annamaria Amura

Descrizione iconografica

Nonostante la presenza di numerose lacune, l'affresco dell'Oratorio di S. Gaetano va sicuramente ricordato come una tra le opere più importanti che il Nelli eseguì per Urbino nel primo periodo della sua maturità artistica. La **Vergine** in torno col **Bambino** si trova al centro della composizione racchiusa all'interno di una cornice bianco-rosa, decorazione tipica del Nelli, già realizzata nell'affresco in S. Maria Nuova a Gubbio, alle sue spalle due piccole figure di **Angeli diademati** sorreggono e si affacciano dall'alto del drappeggio rosso ed osservando il **Bambino**; circondano il gruppo della **Vergine** e **Bambino i quattro Angeli musicanti** il primo piano e i due Santi alle estremità: **S. Domenico con il giglio e S.Pietro Martire con il libro e la palma del martirio**; nella parte alta dell'affresco, sopra la Vergine, una **Gloria di Angeli in volo** è rivolta a **Cristo**, circondato dai **Cherubini**, che sta per incoronare la madre.

Negli anni di realizzazione dell'affresco, il Nelli attraversa il momento di massima adesione al gusto gotico cortese e le sue scelte stilistiche sembrano dettate da una precisa richiesta da parte delle committenze.

Il complesso pittorico si è arricchito dopo il restauro, delle immagini delle **sinopie**, da tempo celate sotto lo spessore strato di gesso e cemento che le ricopriva, importanti testimonianze di uno studiato programma decorativo.

Nella vela che sovrasta la ***Madonna del latte*** è venuta alla luce un imponente **figura maschile seduta** e intenta a scrivere, probabilmente un **Dottore della Chiesa**; forse **S. Agostino,** di cui i Domenicani seguirono la regola, o un'Evangelista; nella lunetta di destra sono apparsi due **Angeli oranti** e tracce presumibilmente di una **Natività;** nella vela soprastante forse la scena dell'**Annunciazione**. Nel lato estremo della parete stessa è stato scoperto il frammento di una figura con turbante, probabilmente un nobile o un dignitario che sembra appartenere a un'altra mano e forse di realizzazione più tarda di alcuni anni, per cui, come possibile attribuzione, è stato proposto il nome del ferrarese Antonio Alberti, ipotesi plausibile sia crono-



FIG 66 **S.Pietro Martire con il libro e la palma del martirio**

Foto ed Elaborazione grafica : Annamaria Amura

logicamente, sia dal punto di vista storico e biografico, tenuto conto dei rapporti che ci furono tra i due autori e, nella vela a destra e in quella di fronte, sono emerse, dentro arcatelle, minute raffigurazioni di personaggi.
Il recupero, purtroppo frammentario, delle sinopie che adornano la parete destra e le vele della tavola, permette di far nuova luce su quest'opera. Sebbene il tema del ciclo pittorico resti ancora da individuare con esattezza, dopo il confronto tra le sinopie emerse nelle vele, è stata scartata l'ipotesi fatta inizialmente, cioè che nelle vele fossero rappresentati i quattro Evangelisti, poiché le scene presentano figure che sono una diversa dall'altra.
Per quanto riguarda la lunetta raffigurante l'affresco della ***Madonna del latte,*** è evidente e immediato il legame con l'analogo dipinto di Gubbio in S. Maria Nuova, ***Madonna del Belvedere***, nel quale la **Vergine** è al centro di una corte celeste in cui compaiono anche i committenti. L'affresco di Urbino, pur non raggiungendo la raffinatezza della meglio conservata Madonna di Gubbio e, tenendo conto del fatto che il volto della Vergine non è quello originale, è comunque da collocare tra le opere più interessanti del Nelli, influenzato sia qui, sia a Gubbio, dall'opera dei Salimbeni. L'insieme compositivo di San Gaetano è più schematico di quello eugubino. Infatti, sebbene siano numerose le analogie iconografiche e compositive con la Madonna del Belvedere, a Gubbio domina nelle figure la simmetria delle tinte, ad Urbino prevale l'alternarsi ritmico delle tinte e l'arte del Nelli si fa più rapida e sicura nell'organizzazione spaziale, nell'equilibrio tra le parti e nelle corrispondenze cromatiche[39].
In quest'affresco i richiami trecenteschi si affiancano ai motivi più aggiornati derivati dal gotico internazionale e tale compresenza, assieme ad un gusto decisamente miniaturistico, può generare qualche dubbio circa la collocazione cronologica. Sicuramente posteriore alla ***Madonna del Belvedere***, l'affresco è stato infatti considerato da alcuni critici un'involuzione stilistica della tarda maturità, da altri riproposta in tono minore di un modello che il maestro aveva nel suo repertorio e che poteva quindi riutilizzare, con variazioni più o meno vistose, in momenti diversi a seconda della committenza, dell'ispirazione e dei costi, fattori di cui si deve sempre tener conto. In ogni caso l'opera va collocata nel secondo decennio del XV secolo.

Stato di conservazione

Le condizioni conservative ed estetiche dell'opera, prima dell'ultimo restauro, erano molto precarie. I fattori di deterioramento della Cappella erano imputabili essenzialmente all'azione dell'uomo e dell'ambiente circostante.
Al suo interno, eccetto l'affresco raffigurante ***Madonna del latte con Angel e Santi,*** le pareti, le vele e i costoloni erano totalmente ricoperti da uno spesso strato di materiale, non idoneo, cioè gesso e cemento, utilizzato durante precedenti interventi di restauro per il consolidamento degli affreschi.
Le infiltrazioni di umidità avevano provocato danni all'intonaco e alla pellicola pittorica; un grave danno era avvenuto nel secolo scorso con il taglio netto della parete esposta verso la via, che aveva ridotto parzialmente le vele e i due costoloni danneggiando quindi anche gli affreschi.

39 TARCHI L., *Per un catalogo dei dipinti murali di Ottaviano Nelli : tecniche esecutive, materiali, restauri* : tesi di laurea / Relatore Maria Grazia Albertini Ottolenghi; Università degli studi di Macerata, Facoltà di Lettere e Filosofia, corso di laurea in Storia e Conservazione dei Beni Culturali. Anno accademico 2001 - 2002 pp.141

4.3.c La Madonna della Misericordia nella chiesa dell'Homo in Urbino

Notizie storiche

La chiesa della ***Madonna dell'Homo***, sorse a cavallo tra il XIV e il XV secolo, attorno ad un'edicola all'aperto rimasta tale fino al 1557, come si deduce da un documento dell'Archivio del Brefotrofio di Urbino; solo agli inizi del XVII secolo si costruì l'edificio, a tre arcate con campanile a vela, es in seguito nel XVII secolo venne aggiunta l'attuale sagrestia. L'affresco viene attribuito al Nelli a partire dal 1889 da Egidio Calzini che lo riferisce al secondo soggiorno urbinate del pittore, circa al 1430, mentre la critica (Colasanti, Serra, Roli) propone di collocarlo nel primo periodo per le affinità con gli affreschi salibeniani del 1416[40]. Nel 1973 l'affresco venne restaurato da Silvestro Castellani e, in quell'occasione, Walter Fontana curò una scheda critica posticipando di nuovo l'opera al secondo periodo, nel 1428-32. Bonita Cleri in seguito rivela un importante influenza di Antonio Aliberti da Ferrara, evidente soprattutto nelle figure di Santi, che mostrano una forza e una plasticità sconosciute ad opere precedenti del Nelli[41]. L'affresco fu commissionato dalla ***Confraternita di Pian Merato della Misericordia***. Il nominativo ***Madonna dell'Homo***, deriva, secondo una tradizione orale, dal nome del proprietario del sito, identificabile nella persona di quell' ***Homo di Tudinello***. Questa, che è la più vasta e la più solenne delle ***Madonne della Misericordia*** di Ottaviano Nelli[42], è quindi di datazione incerta, decisa per i riflessi della produzione precedente del Nelli e per gli echi immediati dell'opera urbinate dei Fratelli Salimbeni, riguardante sia i profili delle figure inginocchiate, sia il motivo delle colonne tortili scolpite. La datazione dal 1428-32, può essere rafforzata dal fatto che i più antichi graffiti incisi sulle figure in basso, firmati e spesso datati, risalgono al 1431. La datazione 1431 posta sotto San Paolo si pone, infatti, come termine ante quem indicativo di un'esecuzione poco dopo il ciclo dei Salimbeni nell'oratorio di S.Giovanni. A tale periodo condurrebbe anche l'affinità con l'arte dell' Aliberti.
Appartenuta alla Confraternita della Misericordia di Urbino, attraverso complesse vicende dal 1962 la chiesetta è divenuta proprietà dell'Amministrazione Provinciale di Pesaro e Urbino[43].

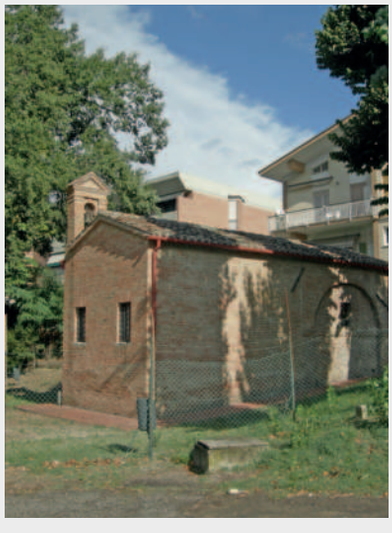


FIG. 67 **Chiesetta della Madonna dell'Homo, Urbino.** *Foto: Annamaria Amura*



FIG. 68 **Interno della Cappella, Chiesetta della Madonna dell'Homo, Urbino.** *Foto: Annamaria Amura*

40 FUOCHI A., MANCINI T., *Urbino, chiese fuori le mura.*

41 MAZZINI F., Urbino. *I mattoni e le pietre*, Argalia editore, 2000, pp 456

42 Altre si trovano a Pesaro e a Gubbio nella Chiesa di Sant'Agostino.

43 MAZZANTINI F.,*Urbino. I mattoni e le pietre*, Argalia editore, 2000, pp 456



Titolo completo:

Madonna della Misericordia incoronata da Angeli, ai lati: S.Nicola, S. Bartolomeo, S. Pietro e S.Paolo

Affresco votivo di dimensioni 3,36 m di larghezza per 2,84 m di altezza, conosciuto come Madonna dell'Homo, presente al centro dell'edicola incorniciata da una volta di dimensioni 2,14 di larghezza x 2,84 m di altezza raffiguranti i Santi nei lati e al centro della volta l'Agnello mistico con i simboli evangelici, Attribuito a Girolamo Cialdieri.

Foto ed Elaborazione grafica : Annamaria Amura



FIG 69 **L'*Agnello mistico con i simboli evangelici*, posto al culmine della volta, attribuita ad un rifacimento di Girolamo Cialdieri.**

Foto: Annamaria Amura



FIG. 70 **S.Nicola, S. Bartolomeo, affrescati nella volta sinistra della cappella.**

Foto: Annamaria Amura



FIG. 71 **S. Pietro e S.Paolo, affrescati nella volta destra della cappella.**

Foto: Annamaria Amura

Iscrizioni

L'affresco reca in basso la scritta autografa del pittore, poco leggibile ma vivamente suggestiva:

"RECTORES FRATERNITATIS SANTE MARIE DE MISERICORDIA DE PLANO MERCATI……
A……..A..UNDINELLI QUOD OPUS PINXIT OTAVIANUS..MARTINI MCCCC…".

Un'attenta lettura ha permesso di collegare il dipinto alla persona dell'**Homo di Tudinello o Tudinelli**, forse raffigurato ai piedi della vergine incoronato di fiori. Questo fu il Rettore della Confraternita di Pian Mercato, di cui parlano alcuni documenti notarili urbinati della fine del 300 riguardanti sue vendite alla stessa Confraternita. Pertanto, col parere degli esperti, la scritta terminale **UDINELLI,** potrebbe essere riferita non al pittore, nominato poi come **OTAVIANUS**, ma potrebbe meglio riferirsi, attraverso le lettere superstiti e la congettura del testo lacunoso, a un **"PRO ANIMA TUNELLI"**, e il nome **Homo**, che qui non compare, sarebbe invece rimasto nella tradizione orale, connesso alla Madonna del Nelli e alla successiva chiesetta[44].



FIG. 72 **Particolare dell'iscrizione in luce radente.**

Foto: Annamaria Amura

44 SOPRINTENDENZA ALLE GALLERIE E OPERE D'ARTE DELLE MARCHE, *Restauri nelle marche, testimonianze, acquisti e recuperi*, in *Conferenza Nazionale per la prima relazione sulla situazione ambientale,* Urbino, Palazzo Ducale, 28 Giugno-30 Settembre 1973 pp 660



FIG. 73 **Soggetto identificato nell'*Homo di Tudinello o Tudinelli,* committente dell'affresco**

Foto ed elaborazione grafica: Annamaria Amura

Descrizione iconografica

Il tema rappresentativo della ***Madonna della Misericordia*** era assai diffuso nell'iconografia mariana del tardomedioevo. La sua origine è antichissima: il gesto di accogliere qualcuno sotto il mantello ha da sempre avuto il significato di protezione; si trova nei riti di adozione e di matrimonio, ad esempio tra gli Ebrei, e nel medioevo le persone perseguitate tendevano a proteggersi simbolicamente sotto il mantello di un Signore o di un Vescovo; nell'arte cristiana questo ruolo venne riservato alle Madonne.

L'iconografia trova la sua ufficializzazione nell'ambiente dei monaci Cistercensi intorno al 1200, quando viene elaborata la leggenda di una visione avuta da u monaco di Cologne riportata da Cesare d'Heisterbanch nel Dialogus miracolorum, nel 1230[45].

A rendere il soggetto devozionale universale furono soprattutto le confraternite di laici che si mettevano sotto la protezione della Vergine, in Italia, nel 1270, S. Bonaventura fonda la Confraternita dei Recommandati Virgili e da questo momento le confraternite di Penitenti di diffondono enormemente e la ***Madonna della Misericordia*** diviene il loro vessillo. Molte di queste rappresentazioni acquistano anche il significato dell'ex voto che la Confraternita, la città o la famiglia dei committenti dedicava alla Vergine, chiedendo la protezione da calamità o più precisamente dalla perste[46].

La ***Madonna della Misericordia*** è ulteriormente caratterizzata a seconda dei protetti che raccoglie sotto il suo manto:

la Mater omnium, protettrice del genere umano, in cui i fedeli sono rappresentati divisi per sesso, e tra chierici e laici, la Protettrice di una comunità, una città, un ordine o una Confraternita; o la Protettrice di un committente specifico che si fa ritratte nell'opera, ad esempio un signore o un re.

La figura centrale della **Madonna**, che ricorda **Simone Martini**, presenta un grande manto spalancato fino all'orizzonte sorretto da più mani divine, trenta figure di fedeli inginocchiati ai suoi piedi, l'uno diverso dall'altro, tutti di profilo o con sapiente variazione di teste.

45 SEN. PALMIRO U., GIARDINI C., PIERINI J. *La chiesa della madonna dell'Homo in Urbino,* Opuscolo, Urbino, 11 ottobre 2003

46 SEN. PALMIRO U., GIARDINI C., PIERINI J. *La chiesa della madonna dell'Homo in Urbino,* Opuscolo, Urbino, 11 ottobre 2003.





FIG. 74-75 **Madonna della misericordia.**
Dettaglio delle acquile, stemma comitale della famiglia di Montefeltro.

Foto ed elaborazione grafica: Annamaria Amura



FIG. 76 **Particolare delle colonne tortili**

Foto ed elaborazione grafica: Annamaria Amura

La Madonna è posta al centro sotto un arco di trionfo di fo gliame verdissimo, quasi a ricordare la volta celeste, presenta un manto ondoso che si prolunga fino ai piedi della vergine racchiudendo sotto di esso tutti i fedeli. La veste della vergine è ricoperta da quelle che una volta dovevano essere ricercate rifiniture a oro raffiguranti tante piccole aquile, stemma comitale della famiglia di Montefeltro, a significare uno stretto legame con Guidantonio da Montefeltro. Tutto l'affresco è dominato dai morbidi toni pastello che vanno dal verde-azzurro delle vesti e delle ali degli angeli, al rosa-arancio dello sfondo e della veste della vergine.

Dove il Nelli tocca l'apice della sua arte, è nelle forti figure dei quattro Santi, sotto le rosse edicole con cupola, dirompenti e aguzze e tuttavia all'esterno delicatamente bianco-rosa, violacee, tenute in piedi da colonne tortili scolpite.

Queste già presenti nella precedente ***Madonna del Belvedere di Gubbio,*** presentano figure, forse simboliche, di cavalieri a cavallo che in equilibrio, su rampe precipiti a chiocciola, lottano con estrema ferocia tra loro.

Le colonnine tortili animate da figure, si ritrovano pressochè identiche anche negli affreschi dell'oratorio di S. Giovanni portato a termine nel 1416 dai Salimbeni. Nella volta settecentesca vi è dipinta un'immacolata, attribuita a Girolamo Cialdieri, urbinate (1593-1680) risalente circa nel 1630, autore anche dell'affresco raffigurante ***l'Agnello mistico con i simboli evangelici***, posto al culmine della volta, erroneamente attribuito in passato al Nelli. Il Cialdieri, riprendendo visibilmente alcune parti della fascia rettangolare decorata nelle volte raffiguranti i santi, rifece o restaurò, un dipinto caduto con il medesimo soggetto e la stessa composizione. Anche se non esistono tracce di una pittura anteriore, il Nelli aveva senza dubbio completato il centro della volta, come nell'Oratorio di S. Maria della Piaggola, con un motivo liturgico nodale decisivo di foggia probabilmente circolare[47].

47 SOPRINTENDENZA ALLE GALLERIE E OPERE D'ARTE DELLE MARCHE, *Restauri nelle marche, testimonianze, acquisti e recuperi*, in *Conferenza Nazionale per la prima relazione sulla situazione ambientale,* Urbino, Palazzo Ducale, 28 Giugno-30 Settembre 1973 pp 660

Stato di conservazione e intervento di restauro

Il ciclo pittorico presenta numerosissime iscrizioni e graffiti, alcuni d'incerta manifattura. Presenta delle estese lacune della pellicola pittorica sia nella parte sinistra lunetta centrale, raffigurante la madonna, che all'apice della volta dov'è presente l'Agnello mistico di Girolamo Cialdieri, le volte raffiguranti i Santi presentano delle lacune poco estese soprattutto nella parte superiore, nel complesso l'affresco versa in un discreto stato di conservazione. Ha subito nelle epoche dei rifacimenti, com'è stato riscontrato nell'ultimo restauro grazie al riconoscimento dell'applicazione di tecniche pittoriche diverse tra loro, inoltre grazie ad analisi stratigrafiche, si è scoperto che la ***Madonna della Misericordia*** nella lunetta centrale, fu dipinta dal Nelli sopra un affresco preesistente.
La parete di fondo non risulta immorsata alle ricurve pareti laterali della cappella, che furono aggiunte ai tempi del pittore su suo progetto o almeno su suo suggerimento[48].
Prima del restauro l'affresco presentava uno spesso strato di cera che velava tutte le superfici policrome, il quale è stato rimosso con bisturi e solventi volatili.
Il restauro pittorico è costituito in leggere velature nelle lacune più vaste, opportunamente stuccate e a campiture tonali in quelle più ridotte, ricostruendo così l'unità cromatica dell'insieme.[49]
Grazie alla consultazione del catalogo Alinari, è stato possibile visionare come, tra il 1915 e il 1920, sull'affresco della lunetta centrale, erano stati effettuati dei rifacimenti postumi sull'arco di trionfo di fogliame che incornicia la raffigurazione. Questi, che avevano interessato la parte sistra dell'arco, furono rimossi in un successivo intervento di restauro, in quanto non interessavano esclusivamente le lacune, bensì coprivano le parti originali.



FIG 77 Ottaviano Nelli, Madonna della misericordia, chiesa della Madonna dell'Homo, Urbino.
Foto recuperata dall'archivio Alinari Firenze, scattata tra il 1915-1920.

Foto: http://www.alinariarchives.it/it/search?isPostBack=1&panelAdvSearch=opened&artista=Nelli,%20Ottaviano

48 La stessa soluzione architettonica compositiva è presente nell'Oratorio di S.Maria della Piaggiola a Fossato di Vico.

49 MAZZANTINI F., Urbino. I mattoni e le pietre Argalia editore, 2000, pp 665

4.4 Tecnica esecutiva affreschi Ottaviano Nelli

Complessivamente i dipinti murali di Ottaviano Nelli sono stati eseguiti principalmente secondo la **tecnica del buon fresco**, tuttavia, come altri pittori del **Gotico Internazionale,** periodo in cui si colloca la sua opera.
Per ottenere effetti di particolare ricchezza decorativa, ha abbinato molto spesso alla tecnica base dell'affresco, finiture con pigmenti applicati a secco, con un legante proteico e applicazione di motivi decorativi realizzati con lamine metalliche fatte aderire su missione oleoresinosa. Questa tecnica mista è meno duratura della pittura a fresco, per questo gli affreschi del Nelli hanno perso nel tempo molto della loro ricchezza decorativa. Già il Cennini, nel suo trattato dopo aver dedicato largo spazio alla tecnica del buon fresco, descrive con cura anche la tecnica di esecuzione dei dipinti murali a secco con leganti proteici.
È dunque evidente che questa tecnica fosse conosciuta e sperimentata già alla fine del Trecento, quando Cennini scrive il suo trattato, e che lui stesso sconsigliasse alcuni pigmenti perché inadatti all'affresco. Questi pigmenti come il cinabro, il minio, la lacca rossa, orpimento, verderame, biacca e azzurrite, sono infatti instabili e non possono essere utilizzati ad affresco ma solo a tempera. Il Nelli esegue volutamente parti delle sue opere, come ad esempio le vesti azzurre, con la tecnica mista a tempera. Le analisi compiute sugli affreschi[50] permettono di confermare che utilizzava una tecnica mista con estese applicazioni a mezzo fresco e a secco, realizzate con stesure di colore sovrapposte. I pigmenti minerali utilizzati individuati dalle analisi risultano essere : ocra bruna di varie tonalità, ocra gialla, ocra rossa, cinabro, minio, lacca rossa, bianco di calce (bianco San Giovanni), biacca, nero carbone, oltremare naturale, lapislazzuli, azzurrite, malachite, terra verde, giallorino (giallo di piombo).
Era solito rabescare i tessuti con colori contrastanti e cospargerli di molecole d'oro, così da ottenere effetti luminescenti e preziosi. Analizzando gli affreschi è quasi sempre possibile identificare il numero delle giornate di lavoro cioè delle d'intonaco che dovevano essere completamente dipinte, sulla base della traccia del disegno preparatorio sottostante, nell'arco delle ore di lavoro giornaliero.
Le giornate venivano stese in fasi successive, in modo da combaciare perfettamente le une sulle altre. È possibile notare comunque una leggera sovrapposizione tra le successive stesure d'intonaco, necessaria per una perfetta adesione tra i due strati.
Le sovrapposizioni venivano in ogni caso eseguite con molta cura, al punto che non è sempre facile rivelarne la presenza e la successione, spesso è possibile individuarle solo dopo un esame estremamente attento. La levigatura dei confini della giornata doveva assicurare il "livellamento" più completo possibile della superficie e una buona saldatura con le giunture delle giornate successive e precedenti. Il riconoscimento delle giornate è stato più semplice nei casi in cui gli affreschi erano maggiormente deteriorati, perché la materia pittorica risultava assottigliata ed aveva perduto gran parte delle rifiniture a secco che, invece, nelle pitture meglio conservate, andavano a coprire le sovrapposizioni di giornata. In questi ultimi casi l'individuazione delle porzioni d'intonaco è risultata più complicata. Un altro elemento utile che consente di distinguere i giunti di giornata può essere anche la colorazione differente che talvolta hanno assunto i pigmenti se sono stati stesi su un diverso tipo d'impasto o su uno più asciutto rispetto a quello della giornata precedente. Generalmente le giornate procedono in successione dall'alto verso il basso e possono essere di medie dimensioni e in numero variabile a seconda dell'estensione delle scene. Vengono sempre realizzate per prima le cornici, poi le scene figurate, a volte anche più figure insieme possono essere eseguite in una stessa giornata, soprattutto nel caso in cui particolari vengano poi rifiniti con stesure a secco[51].

50 FELICETTI P., in Il Palazzo Trinci di Foligno a cura di G.Benazzi e F.Mancini, Foglino 2001 pp 589-594

51 TARCHI L., *Per un catalogo dei dipinti murali di Ottaviano Nelli : tecniche esecutive, materiali, restauri* : tesi di laurea / Relatore Maria Grazia Albertini Ottolenghi; Università degli studi di Macerata, Facoltà di Lettere e Filosofia, corso di laurea in Storia e Conservazione dei Beni Culturali. Anno accademico 2001 - 2002 pp.276



FIG 78-79-80-81 **Particolare dell'affresco della Madonna del belvedere, Confronto tra luce radente e luce visibile.**

Nelle prime due immagini si evidenzia la preparazione nera eseguita a fresco realizzata per la successiva stesura dell'azzurrite a secco, visibile grazie alla perdita di quest'ultima in alcuni punti.

Foto : Annamaria Amura



FIG 82 **Incisioni eseguite a mano nella cornice delle volte, particolare in luce radente, affresco della Madonnna dell'Homo, Urbino.**

Foto : Annamaria Amura



FIG 83 **Sinopia, presente nella cupola dell'Oratorio di San Gaetano a Urbino.**

Foto : Annamaria Amura

Nei dipinti analizzati, è stato possibile osservare in alcuni casi l'impiego di un'unica giornata per realizzare il volto della **Madonna** forse per la particolare importanza attribuita dal Nelli alla **Vergine**. Le teste degli altri personaggi raffigurati nelle scene sono state quasi sempre eseguite insieme al corpo in un'unica giornata, fatta eccezione per ***S. Antonio Abate*** e ***il donatore*** di destra della ***Madonna del Belvedere.***

Sicuramente prima di passare alla stesura dell'intonaco e dalla pittura delle scene, il Nelli era solito eseguire il disegno preparatorio del dipinto con larghe e veloci **pennellate di sinopia,** com'è dimostrato dalle tracce pittoriche presenti sull'arriccio trovate in seguito a restauri di alcune sue opere. In occasione di restauri più recenti sono state infatti eliminate le intonacature che avevano ricoperto le tracce di sinopia, realizzate nel corso dei precedenti interventi, come nell' **Oratorio di S. Gaetano** e in **Santa Maria Nuova** a Gubbio, in questi casi è stato possibile studiare alcune parti del disegno preparatorio. L'esistenza delle sinopie sotto alcuni affreschi del Nelli, analizzati nelle schede di approfondimento, ci fa supporre che questa tecnica possa essere stata utilizzata dal pittore anche per la realizzazione delle altre sue opere. La presenza della sinopia è molto importante perché, oltre ad avere un proprio valore artistico, ha anche importanza documentaria per la relazione che si può ricavare confrontando le **sinopie** con l'opera finita. Le tracce di **sinopia** presenti nelle opere del Nelli corrispondono sia a segni a mano libera realizzati per abbozzare le figure, sia alle linee orizzontali e verticali, realizzate con battiture di filo o cordicella intrisa di rosso sinopia sull'intonaco ancora umido, utilizzate come riferimento per organizzare la "riquadratura" geometrica delle scene e della scansione dei particolari architettonici.

È stato possibile anche verificare la presenza d'incisioni dirette a mano libera, realizzate con uno strumento acuminato, utilizzate per definire i vestiti e sottolineare l'andamento delle pieghe, come ad esempio le incisioni che si trovano spesso lungo il modellato del manto della vergine, e per delimitare le zone su cui poi il Nelli avrebbe posto le lamine metalliche. In questo caso le incisioni sono più profonde e spesse, in modo da poter apparire per trasparenza attraverso le lamine e guidare in un modo preciso il taglio della foglia d'oro lungo i contorni delle figure.

Il disegno inciso ha il preciso significato di conservare la leggibilità del disegno preparatorio quando l'artista prevede la sovrapposizione di più strati di colore che nasconderebbero il disegno. Il Nelli infatti non si limita alla sola definizione delle pieghe delle vesti, ma nelle sue opere è frequente osservare incisioni anche in corrispondenza delle linee geometriche, specialmente delle architetture, dove l'incisone serve a conferire alle linee degli edifici o delle cornici una maggiore acutezza. In questo caso si tratta d'incisioni rettilinee, utilizzate ad esempio per il perimetro di colonne o edifici, o realizzate con l'ausilio del compasso, utilizzato per delimitare i contorni delle aureole, o impiegato per definire gli archetti decorativi delle architetture, di cui è possibile rintracciare il foro di puntatura e si riscontrano nella definizione di alcuni edifici nella cappella di Palazzo Trinci; è possibile ritrovare questo tipo di incisioni a compasso anche nelle architetture del ciclo mariano di S. Francesco a Gubbio.

Ottaviano Nelli stendeva generalmente a buon fresco soltanto la preparazione dei cieli stellati e dei manti della vergine, le architetture e le cornici delle scene, gli incarnati e i capelli, le esti (gialle, rosse e marroni, realizzate con la limitata gamma cromatica delle terre naturali e bruciate, ocre gialle, rosse, brune), terra verde, bianco san Giovanni, nero vegetale, realizzando talvolta alcune campiture delle vesti a mezzo fresco, lapislazzuli e cinabro, mentre rifiniva a secco molte luci finali sugli incarnati e sulle capigliature, alcune vesti, i manti in azzurrite e le dorature.

Gli incarnati sono eseguiti secondo la tecnica classica cenniniana, stendendo a buon fresco le terre, sovrapponendo cioè al disegno preparatorio in verdaccio (la terra verde era utilizzata anche per sottolineare le zone in ombra) un modellato di una tonalità ottenuta mescolando terra rossa e bianco di calce, bianco san Giovanni, sottolineando poi le gote e le labbra con velature di rosa acceso, ocra rossa, ripassando di ocra bruna, con un pennello sottile, i lineamenti, sopracciglia, pal-



FIG. 84 **Volto di S.Pietro, Madonna del Belvedere, Gubbio.**

Foto: Annamaria Amura



FIG.85 **Volto di S.Bartolomeo, Madonna della Misericordia.Urbino.**

Foto: Annamaria Amura

pebre, naso, contorno volto, rughe, labbra, e di nero il margine superiore della palpebra, la pupilla, le narici del naso, gli angoli della bocca, i fori delle orecchie ed infine mettendo in risalto, con piccoli tocchi bianchi, la sommità della fronte, il naso, le labbra, il mento e la luce degli occhi.

Le capigliature sono realizzate con un tono ocra chiaro di fondo su cui spiccano sottili ciocche ondulate bianche e ocra scuro che indicano il movimento dei capelli. Con un tono più scuro sono sottolineate poi la scriminatura mediana, le ciocche all'altezza dell'orecchio e il profilo dell'acconciatura.

La lumeggiatura sulle capigliature e sull'incarnato spesso venivano realizzate con sottili pennellate di bianco di calce.

Per quanto riguarda la realizzazione degli abiti a buon fresco, il Nelli, seguendo i suggerimenti del Cennini, modellava solitamente il tono base dei vestiti partendo da tre sfumature di colore e stendendo prima gli scuri e poi i chiari, realizzando i panneggi con stesure dense e sovrapposte in modo da rendere sfumato, il passaggio fra i colori, con pennellate incrociate e tratti paralleli per rendere l'idea del volume e rompere la nettezza del tratto e realizzare un modellato più naturalistico[52].

Poi procedeva alla stesura delle ultime lumeggiature, pennellate molto diluite e trasparenti di bianco san giovanni, e delle zone in ombra, stendendo pennellate molto sottili per rifinire il modellato attraverso morbidi e soffusi chiaroscuri.

Talvolta le ombre cangianti dei tessuti, giallo-azzurro, verde-azzurro, rosa-azzurro, erano ottenute sovrapponendo sottili

52 TARCHI L., *Per un catalogo dei dipinti murali di Ottaviano Nelli : tecniche esecutive, materiali, restauri* : tesi di laurea / Relatore Maria Grazia Albertini Ottolenghi; Università degli studi di Macerata, Facoltà di Lettere e Filosofia, corso di laurea in Storia e Conservazione dei Beni Culturali. Anno accademico 2001 - 2002 pp.281

pennellate di un colore diverso da quello di fondo: questa tecnica che attraverso i colori sovrapposti riproduceva l'effetto dei particolari tessuti che cambiando di colore per un diverso riflesso di luce, permetteva anche di ottenere maggior volume nelle vesti.
Definiva poi i contorni dei personaggi e delle architetture rinforzandoli con colori scuri come la terra bruna, stendendoli a secco con tratti veloci, per rimarcarli rendendoli più visibili dal basso, e sulle espressioni dei volti per migliorare l'effetto volumetrico e staccarli dallo sfondo.
Le campiture eseguite a mezzo fresco sono principalmente composte da lapislazzuli e cinabro. Molti abiti iniziati ad affresco venivano rifiniti con dettagli applicati a secco, in stesure sovrapposte per ottenere un effetto di trasparenza del modellato. L'azzurrite, generalmente stesa come ultima campitura di colore prima di applicare le dorature, è il pigmento più steso a secco, e viene molto utilizzato in tutte le opere del Nelli, riconoscibile spesso anche a casa dell'alterazione cromatica in malachite. Applicata a secco sopra una precedente stesura ad affresco, che varia con tonalità Grigio scuro, al rossastro bruno a seconda della trasparenza e dell'effetto finale, l'azzurrite riveste tutti gli sfondi, alcuni abiti, il manto della Vergine; generalmente nei panneggi veniva applicata in doppia stesura per conferire un effetto vellutato e corposo alla veste.
Per quanto riguarda l'esecuzione del manto della Vergine, il Nelli sembra eseguire i suggerimenti del Cennini, ma con alcune varianti. Dov'è stato possibile controllare direttamente, è sempre presente l'incisione del disegno delle pieghe realizzata nell'intonaco, poi la veste veniva dipinta a buon fresco con un colore nero-rossastro ottenuto mescolando generalmente due parti di sinopia e una di nero, dopo di che l'azzurrite veniva applicata a tempera in tre o quattro strati sovrapposti allo stato preparatorio, le ombre delle pieghe venivano rinforzate con più stesure di nero, mentre sulle ginocchia e sugli altri punti di luce venivano poi stese pennellate molto sottili di bianco.
Nei dipinti del Nelli sono presenti numerose decorazioni realizzate con elementi plastici e laminati in oro, di cui però molte volte restano solo le tracce lasciate dalla missione. Le dorature delle parti più estese sono stare realizzate con foglia d'oro, mentre i particolari di dimensioni minori, ad esempio decorazioni ai bordi delle vesti e talvolta le stelline più piccole degli sfondi, sono stati eseguiti con oro a conchiglia, cioè oro liquido applicato con pennello sulla superficie pittorica.
Molte dorature sono state realizzate con foglia d'oro disegnata, ritagliata e poi applicate su una missione oleoresinosa di colore rosso bruno o ocra, di cui restano generalmente residui giallastri, generalmente spessa e corposa a cui venivano aggiunte piccole quantità di biacca e minio per aumentare le proprietà siccative; la foglia d'oro veniva applicata ad esempio per realizzare i motivi a stella o quadrettati dei fondi blu, gli ornati floreali e zoomorfi dei tessuti, la rifinitura nei bordi dei manti, le aureole dei Santi, per rifinire le acconciature più elaborate, le piume delle ali degli Angeli e dei Serafini, i raggi dorati che compaiono in alcune scene ed anche gli strumenti musicali in metallo. Talvolta le dorature dei vestiti erano poi completate ulteriormente con pennellate a tratteggio color rosso o nero per rendere l'ombra delle pieghe e conferire maggior volume alle vesti. Soprattutto nella cappella di Palazzo Trinci a Foligno abbiamo testimonianza di molti oggetti che venivano realizzati in foglia d'oro, come ad esempio le corone e i doni dei Magi; mentre in S. Francesco è documentato anche l'impiego di grandi lamine di stagno dorato di cui però restano soltanto minuscoli frammenti anneriti. Generalmente la lamina era abbastanza spessa in modo da poter essere ritagliata della forma voluta e poi applicata con mordente[53].
Nelle decorazioni ripetitive raramente è stato possibile individuare l'utilizzo di mascherine o dello spolvero.
È stato ipotizzato l'utilizzo di una mascherina per realizzare la decorazione Zoomorfa del manto di Baldassarre nella scena dell'Adorazione dei Magi in Palazzo Trinci e Foligno ed anche per la decorazione del manto blu della Madonna del Belvedere, poiché il modulo decorativo si ripropone con estrema regolarità; la presenza di tracce di spolvero, pigmento nero, è

53 TARCHI L., *Per un catalogo dei dipinti murali di Ottaviano Nelli : tecniche esecutive, materiali, restauri* : tesi di laurea / Relatore Maria Grazia Albertini Ottolenghi; Università degli studi di Macerata, Facoltà di Lettere e Filosofia, corso di laurea in Storia e Conservazione dei Beni Culturali. Anno accademico 2001 - 2002 pp. 283









FIG 86-87-88-89 **Particolare dell'affresco della Madonna del belvedere, Confronto tra luce radente e luce visibile.**

Nella foto in alto si evidenziano le tracce lasciate dall'oro liquido steso a pennello, mentre nella foto in basso, il rilievo delle stesse decorazioni ancora presenti sull'affresco.

Foto : Annamaria Amura

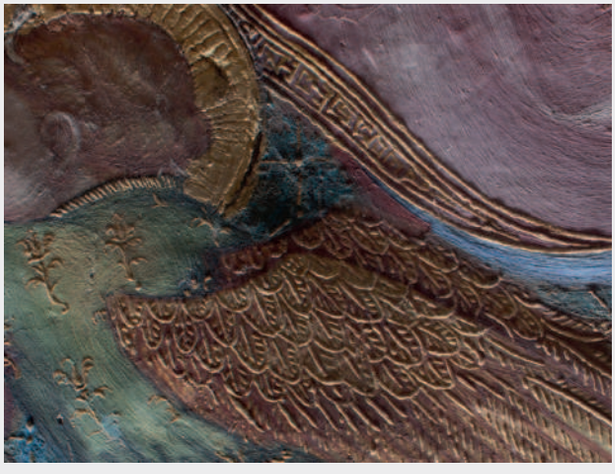




FIG 90-91 **Particolare dell'affresco della Madonna del belvedere, Confronto tra luce radente e luce visibile.**

Foto : Annamaria Amura

stata riscontrata, invece soltanto per l'esecuzione dei peducci che delimitano il catino dell'abside in S.Francesco a Gubbio. Si riscontra più spesso un tratto disinvolto, come a mano libera, anche se sicuramente molte linee rette sono state eseguite mediante l'ausilio di una riga, ma senza un disegno preparatorio e direttamente con il colore.
La maggior parte degli elementi decorativi plastici è stata spesso realizzata con una pasta di cera impressa a caldo, modellata sul posto secondo la forma desiderata, fatta aderire all'intonaco già dipinto e poi rivestita a missione di foglia d'oro, come la stella cometa e la collana del Re Magio nella scena dell'Adorazione dei Magi e le borchie nelle cinture dei pretendenti di Maria.
La doratura in rilievo è anche utilizzata per la decorazione dei costoloni nella cappella di Foligno e nell'oratorio di S. Gaetano a Urbino.
A Foligno nei costoloni addossati alle pareti, è presente una decorazione più semplice costituita da lastrine in cera dorate, decorate con un motivo a quadrilobi; nei costoloni della volta la decorazione è invece realizzata con lastre a croce di cera con lamina di stagno su cui poi veniva applicato l'oro fatto aderire con missione bruno-rossiccia; sempre nella cappella di Foligno agli archetti che profilano internamente le scene del racconto sono realizzati con cera rivestita di lamina dorata ed anche ad Urbino, dopo il restauro, sono state ritrovate tracce di cera nella decorazione a fasce gialle dei costoloni delle vele, forse un motivo dorato realizzato in cera fusa.
Le aureole sono quasi sempre realizzate in rilievo, per dare maggiore risalto con la stessa malta dell'intonaco, immediatamente dopo l'esecuzione del disegno della testa del personaggio e dorate a missione dopo il completamento della pittura e dell'asciugatura dell'affresco. Realizzato lo spessore dell'aureola veniva quindi praticata l'incisione lungo il contorno della testa in modo che apparisse attraverso la foglia d'oro che andava poi ben battuta con il palmo della mano, così che era sufficiente ripassarne la traccia con un coltello per tagliare e raschiare l'oro secondo il profilo voluto. La Maestà di Fabriano presenta una particolarità nell'aureola della Vergine, cioè la sovrapposizione di una doppia lamina d'oro; probabilmente anche per l'aureola del Bambino della Madonna del Belvedere è stato seguito il medesimo procedimento poiché abbiamo traccia di due lamine d'oro, applicate forse nello stesso momento.
Le aureole sono definite sempre da tre incisioni concentriche a compasso e decorate da punzoni circolari e radiali[54]. Questa forma, può essere considerata tipica del Nelli, è presente in tutti i suoi affreschi, su tutti i personaggi principali suddivide l'aureola in due zone concentriche, quella interna con solchi lineari radiali conclusi da una punta tonda, quella esterna, meno estesa, decorata con piccole punzonature circolari affiancate, le due zone sono poi divise da una doppia linea circolare, analoga a quella che delimita marginalmente l'aureola. I personaggi secondari o di piccole dimensioni, in secondo piano, presentano invece forme ridotte di questo tipo di aureola[55].

54 SANNIPOLI E.A.,*Breve nota sul Giudizio universale di S. Agostino a Gubbio,* in "*A Gubbio Informatutto*", III (1989).

55 TARCHI L., *Per un catalogo dei dipinti murali di Ottaviano Nelli : tecniche esecutive, materiali, restauri* : tesi di laurea / Relatore Maria Grazia Albertini Ottolenghi; Università degli studi di Macerata, Facoltà di Lettere e Filosofia, corso di laurea in Storia e Conservazione dei Beni Culturali. Anno accademico 2001 - 2002 pp. 287

4.5 Documentazione Fotografica HD delle opere prese in esame

Per eseguire le riprese in alta definizione di tutti gli affreschi è stata utilizzata tale attrezzatura:

- Treppiede Manfrotto con testa micrometrica

- Fotocamera Canon EOS 5D Mark II

- Obiettivo 70-200 mm 1:2.8

- 2 luci Flash Canon Speedlite 430 EX II

- Color Checker

La ripresa in luce diffusa e radente sono state eseguite utilizzando la tecnica **HD del punto nodale fisso**[56].
Gli scatti sono stati aperti con il programma **Camera Raw 7.0**, softwar dell'Adobe, dove sono state apportate le correzioni di temperatura colore, aberrazioni cromatiche e il bilanciamento del bianco, usando come Grigio Medio del **Color Checker** ed è stato applicato il profilo correzione lente corrispondente all'ottica utilizzata.
Gli scatti sono quindi stati salvati in formato JPG di alta qualità. Per ottenere l'immagine **HD** del soggetto, i file JPG sono stati processati con **Autopano Giga 3.0.5.** in modalità ***Proiezione planare.*** Le eventuali modifiche finali al render e la messa in scala 1:1 dell'immagine potranno essere eseguite su **Photoshop**[57].

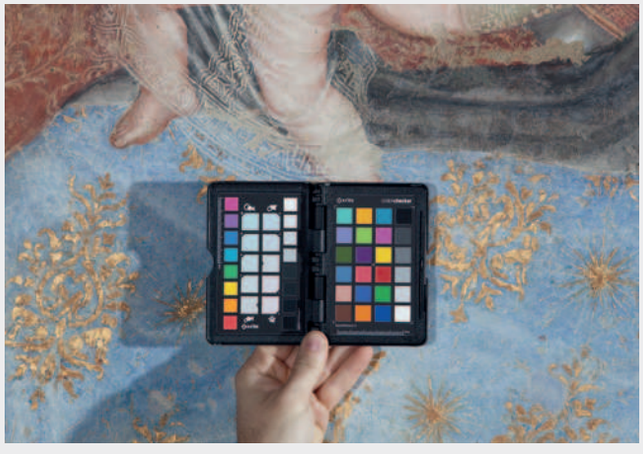


FIG 92 **Scatto con il Color Cheker, durante le riprese fotografiche della Madonna del Belvedere.**

Foto : Annamaria Amura

56 Si rimanda al capitolo 3.3 La fotografia HD.

57 Adobe Photoshop è un software proprietario prodotto dalla Adobe System Incorporated specializzato nell'elaborazione di fotografie, foto-ritocco e, più in generale, di immagini digitali.
Usato per effettuare l' ottimizzazione delle immagini, offre enormi possibilità creative grazie ai numerosi filtri e strumenti che permettono di emulare le tecniche utilizzate nei laboratori fotografici, le tecniche di pittura e di disegno.
Un'importante funzione del programma è data dalla possibilità di lavorare con più "livelli" permettendo di gestire separatamente le diverse componenti che costituiscono l'immagine principale.

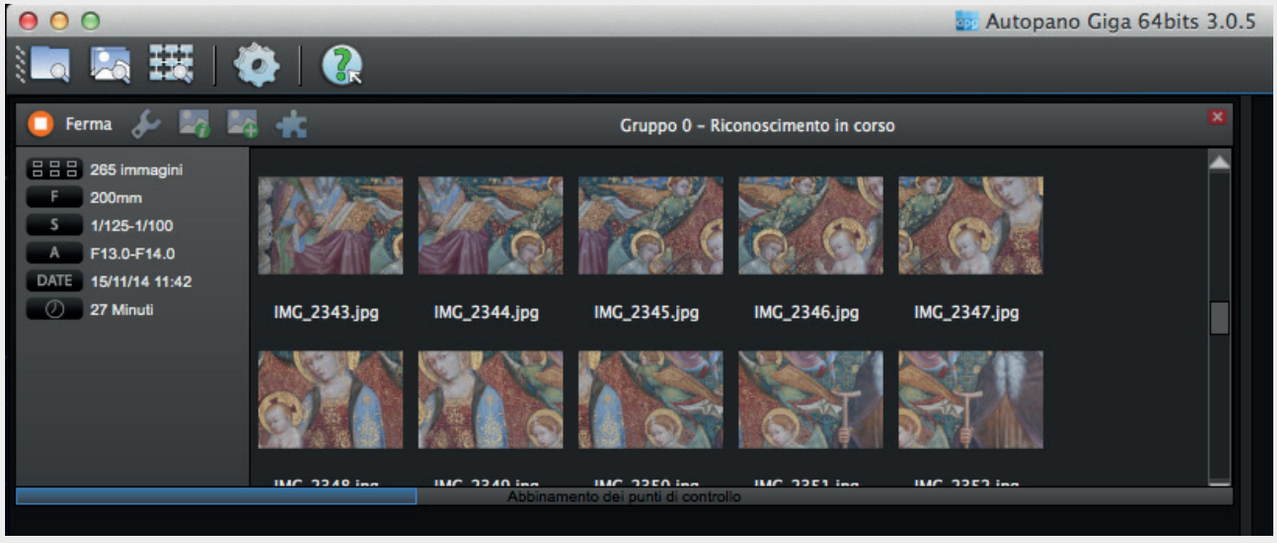


FIG 93 **Creazione dell'immagine finale attraverso il software Autopano.Giga, che esegue in automatico l'estrazione deila chiave SIFT, il riconoscimento dei punti di controllo tra le foto, la correzione della distorsione delle lenti e l'equalizzazione del colore.**

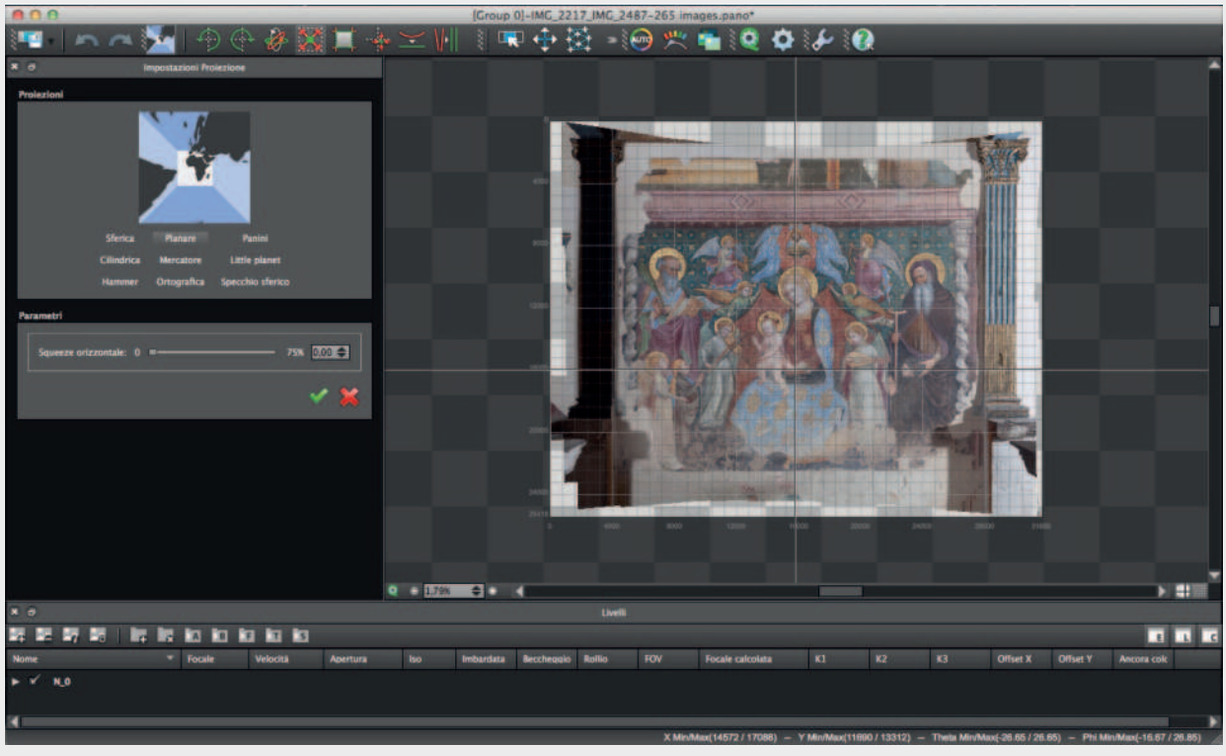


FIG 94 **L'immagine finale viene esportata in modalità *Proezione Planare*.**

5.5.a La Madonna del Belvedere

La ***Madonna del Blevedere*** è inserita in un baldacchino ligneo costruito intorno ad essa all'inizio del cinquecento, il riquadro in cui s'inserisce inizia a un'altezza di 1 m dal pavimento e misura 2,20 m di altezza per 2,37 di larghezza.
Il cavalletto è stato collocato a una distanza di 2,6 m con la fotocamera esattamente al cento dell'opera, cioè a un'altezza di 1,8 m dal pavimento perfettamente in bolla e con il centro del sensore al centro del riquadro, come necessita la tecnica del punto nodale fisso.
Per quanto riguarda l'illuminazione sono stati utilizzati due **flash Bowens Esprit da 1500 W** con due calotte, diretti verso il dipinto murale. Giacché questo presenta numerose dorature, l'illuminazione creava problemi di riflessi.
Sono quindi stati sistemati i flash in modo da raggiungere un'illuminazione omogenea e uniforme, eseguendo degli scatti di prova per trovare l'angolazione della luce adatta ad esaltare la brillantezza dell'oro senza creare eccessivi riflessi, controllando i valori di luminosità con l'esposimetro a luce incidente in corrispondenza dei quattro angoli del soggetto ed al centro. Prima di passare agli scatti definitivi è stato eseguito uno scatto di prova sull'intera area dell'opera per verificare la generale illuminazione e gli eventuali riflessi. Con la focale regolata su 200 mm mantenuta tale per tutta la durata della ripresa, sono stati eseguiti per coprire l'intera superficie dell'opera **279 foto** in formato **RAW + JPG.** Con queste impostazioni di luci definitive è stato eseguito uno scatto con il Color Checker per ultimare il successivo bilanciamento del bianco tramite il software e per creare un profilo desiderato destinato alla stampa. Per quanto riguarda la ripresa a luce radente, i flash sono stati sistemati in basso, all'altezza del pavimento, con le calotte parallele alla parete, in modo da illuminare la superficie con un fascio di luce radente dal basso che evidenziasse le irregolarità della superficie. Il fascio di luce è stato condensato con apposite alette poste sulle calotte dei flash e ben delimitato, in modo da aumentare il contrasto fra le zone illuminate e quelle in ombra e evitare diffusioni di luce che attenuerebbero l'effetto voluto. Il file finale è risultato di **4 GB.**



FIG 95 **Riprese fotografiche della Madonna del Belvedere in Santa Maria Nuova, Gubbio.**

Foto : Annamaria Amura

ISIA Urbino - Diploma Accademico di II Livello

in Grafica delle Immagini con Indirizzo in Fotografia dei Beni Culturali

Monografia di Ripresa

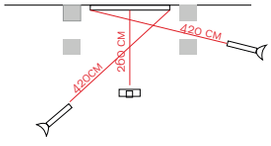
Regione	Marche
Provincia	Pu
Comune	Gubbio
Edificio/Ambiente	Chiesa di S. Maria Nuova
Condizione giuridica	Demaniale
Inventario	
Materiale	Pittura murale, tecnica mista
Soggetto	Madonna del Belvedere
Autore	Ottaviano Nelli
Secolo/Anno	1413 sec.



MTS_AP/Macchina fotografica	Canon EOS 5D Marck II
MTS_OB/Obiettivo	200
MTS_TP/Shutter	1\125s
MTS_DI/Diaframma	13
potenza flash	**500**

MTS_LS/Distanza luce-soggetto	2,25 m/ h 1,7
MTS_VL/Impiego luce	diretta diffusa
MTS_IL/Illuminatori	2
MTS_TL/Tipo di luce	flash
MTS_DR/Distanza ripresa	2,6 m / h 1,8
area	660,045837
scala	76,394194

Schema di ripresa



FVCF/Nome del file	Madonna del Belvedere_luce diretta-
FVM/Cartella-Numero del cd o DVD	Foto Affreschi/Gubbio
FVCN_D/Descrizione	Fotografia parallela all'opera - HD Distanza ripresa misurata dalle colonnine.

Fotografo	Annamaria Amura
LRD/Data di ripresa	15/11/2014 12:06
LRE/Data di elaborazione	15/11/2014 21:00
FVCN/Note	

FVCP/Software di elaborazione	Autopano,Photoshop CS6
FVCU/Pixel totali	
FVCM/Dimensione sensore	3,6 * 2,4 = cm^2 8,6

4..5.b La Madonna del latte

L'affresco nella lunetta centrale raffigurante la ***Madonna del latte*** inizia a un'altezza di 1,65 m dal pavimento e misura 3,26 m di larghezza per 3,06 m di altezza.
È stato dunque necessario utilizzare un trabattello per collocare il cavalletto con la fotocamera esattamente al cento dell'opera, perfettamente in bolla e con il centro del sensore della fotocamera stato posizionato all'esatto centro dell'affresco, come necessita la **tecnica del punto nodale fisso.** Per quanto riguarda l'illuminazione sono stati utilizzati due **flash Bowens Esprit da 1500 W** con due calotte, diretti verso il dipinto murale. Giacché questo non creava problemi di riflessi, sono stati sistemati in modo da raggiungere un'illuminazione il più possibile omogenea e uniforme, calcolando i valori di luminosità con l'esposimetro a luce incidente in corrispondenza dei quattro angoli del soggetto ed al centro. Prima di passare agli scatti definitivi è stato eseguito uno scatto di prova sull'intera area dell'opera per verificare la generale illuminazione e gli eventuali riflessi. Con la focale regolata su 200 mm mantenuta tale per tutta la durata della ripresa, sono state scattate **227 foto** in formato **RAW + JPG**. Con queste impostazioni di luci definitive è stato eseguito uno scatto con il color checker per ultimare il successivo bilanciamento del bianco tramite il software e per creare un profilo desiderato destinato alla stampa.
Per quanto riguarda la ripresa a luce radente della lunetta centrale raffigurante la ***Madonna del Latte***, lo schema è rimasto lo stesso, ma i flash sono stati sistemati in basso, in prossimità dell'inizio della pittura a un'altezza di 1,5 m, con le calotte parallele alla parete, in modo da illuminare la superficie con un fascio di luce radente dal basso che evidenziasse le irregolarità della superficie.
Le riprese della volta dell'oratorio sono state eseguite in alta definizione con la stessa tecnica del punto nodale fisso, disponendo il cavalletto in bolla al centro di ogni lunetta.
Il cavalletto è stato posto a un'altezza di 1 m, messo in bolla con l'obiettivo della fotocamera verso la volta. La ripresa è stata eseguita spostando di cinque gradi la testa micrometrica fino a ricoprire l'intera superficie interessata, sia in angolo orizzontale sia in angolo verticale. Per ricoprire l'intera superficie della volta sono stati eseguiti **327 scatti** in formato **RAW + JPG.** Ogni lunetta è stata quindi fotografata con la macchina posizionata al centro e la focale regolata su 200 mm mantenuta per tutta la durata della ripresa. I file sono stati aperti con il programma **Camera Raw 7.0**, dove sono state apportate le correzioni ed è stato applicato il profilo correzione lente corrispondente all'ottica utilizzata. Gli scatti sono quindi stati salvati in formato JPG di alta qualità. Per ottenere l'immagine HD del soggetto, i files JPG sono stati processati con **Autopano Giga 3.0.5.** in modalità ***Proiezione planare***, ottenendo una riproduzione fotografica in alta definizione per ogni lunetta della volta.

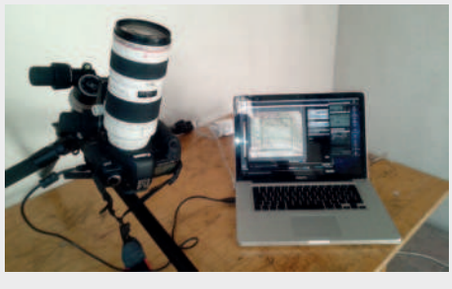




FIG 96 **Riprese fotografiche della volta della Madonna del Latte nell'oratorio di S. Gaetano, Urbino.**

Foto : Annamaria Amura

ISIA Urbino - Diploma Accademico di II Livello

in Grafica delle Immagini con Indirizzo in Fotografia dei Beni Culturali

Monografia di Ripresa

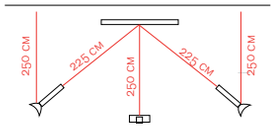
Regione	Marche
Provincia	PU
Comune	Urbino
Edificio/Ambiente	Oratorio di S. Gaetano
Condizione giuridica	
Inventario	
Materiale	Pittura Murale, tecnica mista
Soggetto	Madonna col bambino, angeli musicanti e santi.
Autore	Ottaviano Nelli
Secolo/Anno	1413



MTS_AP/Macchina fotografica	Canon EOS 5D Marck II
MTS_OB/Obiettivo	200
MTS_TP/Shutter	1\125s
MTS_DI/Diaframma	8
potenza flash	**500**

MTS_LS/Distanza luce-soggetto	2,5 m / h 3 m
MTS_VL/Impiego luce	diretta diffusa
MTS_IL/Illuminatori	2
MTS_TL/Tipo di luce	flash
MTS_DR/Distanza ripresa	2,5 m / h 2,5 m
area	684,356436
scala	79,2079208

Schema di ripresa



FVCF/Nome del file	Madonna del latte col bambino_luce diretta
FVM/Cartella-Numero del cd o DVD	Foto Affresci / Oratorio S. Gaetano
FVCN_D/Descrizione	

Fotografo	Annamaria Amura
LRD/Data di ripresa	01/10/2014 12:12
LRE/Data di elaborazione	01/10/2014 12:12
FVCN/Note	

FVCP/Software di elaborazione	Autopano,Photoshop CS6
FVCU/Pixel totali	
FVCM/Dimensione sensore	3,6 * 2,4 = cm^2 8,6

4.5.c Madonna della Misericordia

La ***Madonna della misericordia*** inizia a un'altezza di 1,98 m dal pavimento e misura 3,36 m di larghezza per 2,84 m di altezza. È stato dunque necessario utilizzare un trabattello per collocare il cavalletto con la fotocamera esattamente al cento dell'opera, perfettamente in bolla e con il centro del sensore della fotocamera posizionato all'esatto centro della lunetta. Per quanto riguarda l'illuminazione sono stati utilizzati due **flash Bowens Esprit da 1500 W** con due calotte, diretti verso il dipinto murale. Giacché questo non creava problemi di riflessi, sono stati sistemati in modo da raggiungere un'illuminazione il più possibile omogenea e uniforme, calcolando i valori di luminosità con l'esposimetro a luce incidente in corrispondenza dei quattro angoli del soggetto ed al centro. Prima di passare agli scatti definitivi è stato eseguito uno scatto di prova sull'intera area dell'opera per verificare la generale illuminazione e gli eventuali riflessi. Per coprire l'intera superficie dell'opera sono state scattate **270 foto** in formato **RAW + JPG.** Il risultato è stato un file finale di **8 GB.**
Per quanto riguarda la ripresa a luce radente della lunetta centrale raffigurante la ***Madonna della Misericordia***, lo schema è rimasto lo stesso, ma i flash sono stati sistemati in basso, in prossimità dell'inizio della pittura a un'altezza di 1,90 m, con le calotte parallele alla parete, in modo da illuminare la superficie con un fascio di luce radente dal basso che evidenziasse le irregolarità della superficie. Il fascio di luce è stato condensato con apposite alette poste sulle calotte dei flash e ben delimitato, in modo da aumentare il contrasto fra le zone illuminate e quelle in ombra e evitare diffusioni di luce che attenuerebbero l'effetto voluto.
Le riprese della volta a botte raffigurante i santi, sono state eseguite in alta definizione con la stessa tecnica del punto nodale fisso, disponendo il cavalletto in bolla al centro di ogni lunetta a un'altezza di 2,5 m messo in bolla.
Per ricoprire l'intera superficie della volta sono stati eseguiti **327 scatti** in formato **RAW + JPG**. Ogni lunetta è stata quindi fotografata con la macchina posizionata al centro e la focale regolata su 200 mm. I file sono stati aperti con il programma **Camera Raw 7.0**, dove sono state apportate le correzioni ed è stato applicato il profilo correzione lente corrispondente all'ottica utilizzata. Gli scatti sono quindi stati salvati in formato JPG di alta qualità. Per ottenere l'immagine HD del soggetto, i files JPG sono stati processati con **Autopano Giga 3.0.5.** in modalità ***Proiezione planare***, ottenendo una riproduzione fotografica in alta definizione per ogni lunetta della volta.

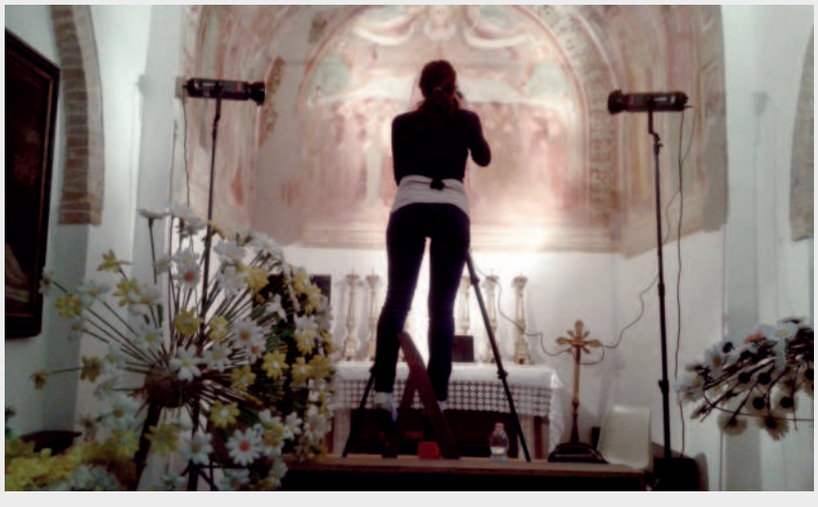


FIG 97 **Riprese fotografiche della volta della Madonna della misericordia nella Chiesa della Madonan dell'Homo, Urbino.**

Foto : Annamaria Amura

ISIA Urbino - Diploma Accademico di II Livello

in Grafica delle Immagini con Indirizzo in Fotografia dei Beni Culturali

Monografia di Ripresa

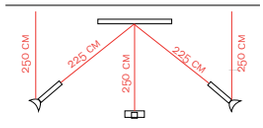
Regione	Marche
Provincia	PU
Comune	Urbino
Edificio/Ambiente	Chiesa della Madonna dell'Homo
Condizione giuridica	
Inventario	
Materiale	pittura murale, tecnica mista
Soggetto	Madonna della misericordia
Autore	Ottaviano Nelli
Secolo/Anno	1431



MTS_AP/Macchina fotografica	Canon EOS 5D Marck II
MTS_OB/Obiettivo	200
MTS_TP/Shutter	1\125s
MTS_DI/Diaframma	11
potenza flash	**1500**

MTS_LS/Distanza luce-soggetto	2,5 m / h 3 m
MTS_VL/Impiego luce	diretta diffusa
MTS_IL/Illuminatori	2
MTS_TL/Tipo di luce	flash
MTS_DR/Distanza ripresa	2,5 m / h 2,5 m
area	684,356436
scala	79,2079208

Schema di ripresa



FVCF/Nome del file	Madonna della misericordia _luce diretta
FVM/Cartella-Numero del cd o DVD	Foto Affresci / Madonna dell'Homo
FVCN_D/Descrizione	

Fotografo	
LRD/Data di ripresa	10/10/2014 11:54
LRE/Data di elaborazione	10/10/2014 11:54
FVCN/Note	

FVCP/Software di elaborazione	Autopano,Photoshop CS6
FVCU/Pixel totali	
FVCM/Dimensione sensore	3,6 * 2,4 = cm^2 8,6

4.6 Modello Fotogrammetrico dell'oratorio di S.Gaetano.

Durante le attività di rilievo svolte in campo archeologico, architettonico o più in generale nel settore dei beni culturali, le condizioni di lavoro spesso impongono che il tempo dedicato alle fasi di acquisizione ed elaborazione dei dati sia breve e che venga ridotta al minimo l'interazione con l'opera d'arte.
Impiegando sensori passivi di acquisizione e algoritmi automatizzati, è possibile ricostruire una nuvola di punti ad alta densità, dalla cui elaborazione grafica è estraibile un modello 3D dell'oggetto indagato[58].
La ricostruzione fotogrammetrica 3D dell'Oratorio di S.Gaetano è stata realizzata acquisendo **51 fotogrammi ad alta risoluzione,** con una **fotocamera reflex digitale Nikon D3**, da **12.10 Megapixels** con **obiettivo fisso 50 mm**.
Per eseguire una corretta ricostruzione fotogrammetrica ogni area è stata ripresa da più angolazioni, mantenendo le opportune sovrapposizioni tra aree adiacenti.
Grazie alla **testa micrometrica** utilizzata, è stato possibile spostarci ogni cinque gradi per un intero angolo giro sia in angolo orizzontale che in angolo verticale per poter avere maggiori punti di unione, eseguendo in tutto sette angoli giri.
I fotogrammi acquisiti sono stati elaborati con **PhotoScan,** software progettato dalla **Agisoft**[59], dotato d'interfaccia grafica capace di determinare i parametri della camera di ripresa e ricostruire una nuvola di punti a partire da un set di immagini non calibrate.
Il Software sfrutta l'algoritmo **SIFT (*Scale Invariant Feature Transform*)** per mettere a confronto i fotogrammi scomponendoli in una griglia di piccoli riquadri; per ciascun riquadro, va alla ricerca di quello che nell'altra immagine presenta le maggiori analogie, i punti omologhi vengono quindi automaticamente associati e registrati.





58 Per informazioni sul 3D da foto, si rimanda al capitolo 4.3.b *I sistemi passivi: la Fotogrammetria*

59 http://www.agisoft.com

La base di questo algoritmo è infatti l'individuazione e l'assegnazione di diversi **punti chiave o di interesse** ***(keypoint, feature point)*** ad una immagine.
Prende in riferimento l'oggetto, la posizione delle camera e lo sfondo, I file jpeg sono stati quindi importati nel software ed è stato lanciato il comando di ***Allineamento delle foto***: con questo comando, l'algoritmo **SIFT** individua i punti d'interesse di ogni singola immagine e stima i collegamenti esistenti tra immagini diverse ***(matching)***.
Photoscan effettua una previsione delle posizioni e dell'orientamento assunti dalla macchina fotografica durante la ripresa rispetto al soggetto inquadrato e le dispone nello uno spazio virtuale intorno all'oggetto ripreso.
Definita la posizione delle camere si può ripetere l'operazione di ***mathcing*** trovando nuovi **punti d'interesse** e ottenendo così una nuvola di punti molto densa.
Affinando la sua analisi trova quindi le coordinate di tutti i punti visibili che definiscono la superficie dell'oggetto, corrispondenti ai punti d'interesse delle fotografie, proiettandoli nello spazio 3D e creando una nuvola di punti.
Dopo ogni passaggio eseguito, si è proceduto al salvataggio del progetto.
Dopo l'allineamento, può essere necessario controllare l'area di lavoro del software attorno alla **nuvola di punti** ed eventualmente modificarne le dimensioni, in modo che nessuna parte sia tagliata fuori nella creazione della **mesh**.
Si è poi proceduto con la creazione della **geometria partendo dalla nuvola di punti**.
Successivamente, si è avviata la generazione della texture, un processo attraverso il quale il software recupera le informazioni di **colore e texture** dai fotogrammi per proiettarle e ancorarle sulla geometria. Il programma di foto modellazione



FIG 98-99-100 **Riprese per il modelo fotogrametrico dell'oratorio di San Gaetano.**

Foto : Annamaria Amura

dispone di un set di strumenti che consentono di editare la nuvola di punti e la ***mesh*** esattamente con le stesse procedure: chiusura di buchi, pulizia dei punti fuori posto, ecc. Il modello tridimensionale può essere eventualmente esportato in un **CAD** dove sarà oggetto di ulteriori elaborazioni.
Oltre al salvataggio del progetto, è possibile anche esportare il modello in diversi formati. Può essere infatti utile, per la fruizione da parte delle soprintendenze, esportarlo come **PDF multimediale**, oppure in formato **ply,** ovvero un formato che permette di elaborare ulteriormente il modello in altri programmi anche ***open source***, come **Meshlab**.

I modello finale presenta un'alta qualità di dettaglio e può essere scalato alle dimensioni reali.
Questi modelli possono essere impiegati non solo a scopo di documentazione digitale, ma anche per studi strutturali e dimensionali di aree difficilmente accessibili per esigenze di varia natura (logistiche, museali, di precarietà del sito documentato, ecc.).
Grazie a questo modello è stato infatti possibile intuire che la cupola dell'oratorio di S. Gaetano, è una volta a padiglione, è cioè una cupola formata da quattro piani che tagliandola, formano i quattro spicchi.

Attrezzatura:
Nikon D3
50 mm 1.4
Flash Nikon SB 910
Testa micrometrica
Cavalletto al centro della cappella



FIG101 **Modelo fotogrametrico dell'oratorio di San Gaetano.**

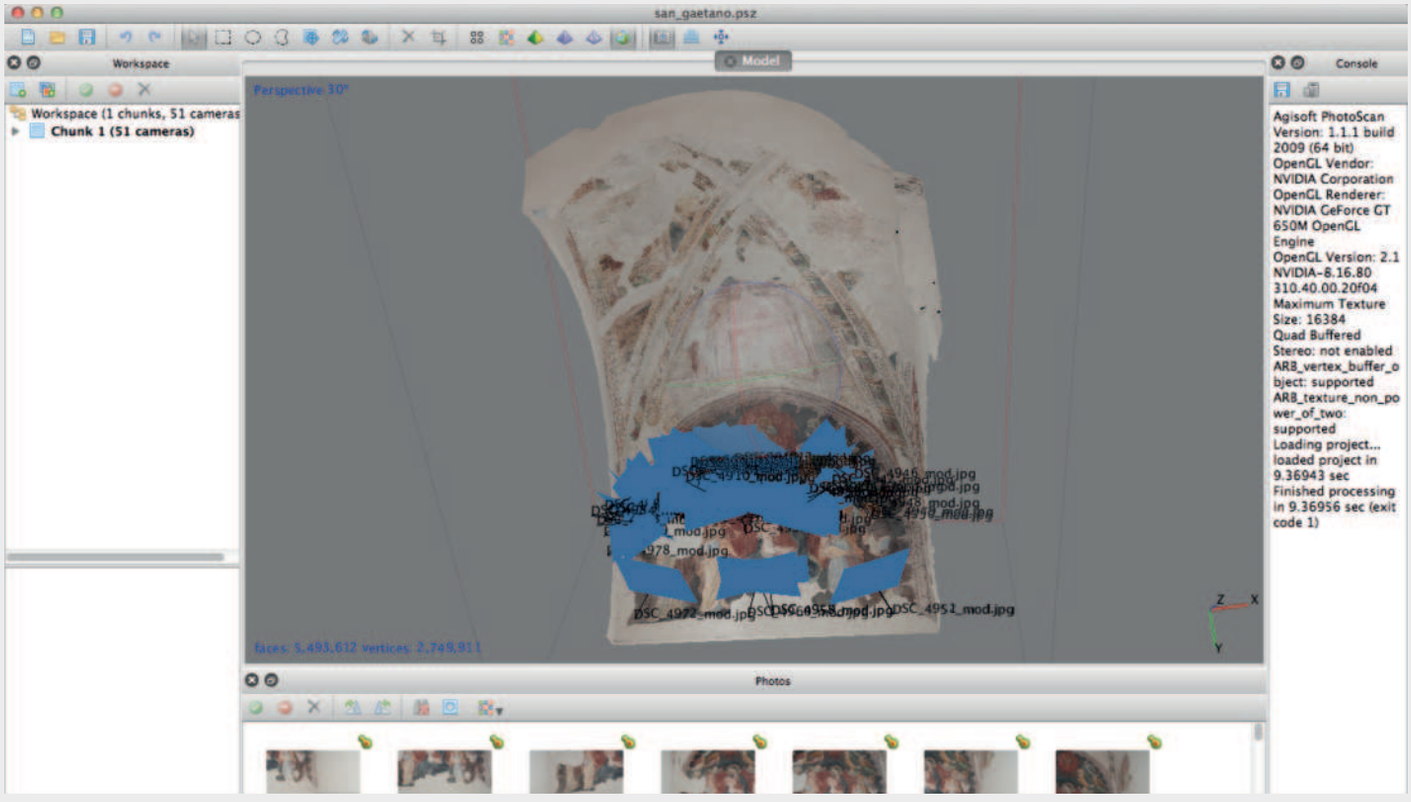


FIG.102 **Modelo fotogrametrico dell'oratorio di San Gaetano, aperto in Photoscan, visibile il riconoscimento da parte del Software dei punti di ripresa dei singoli fotogrammi.**

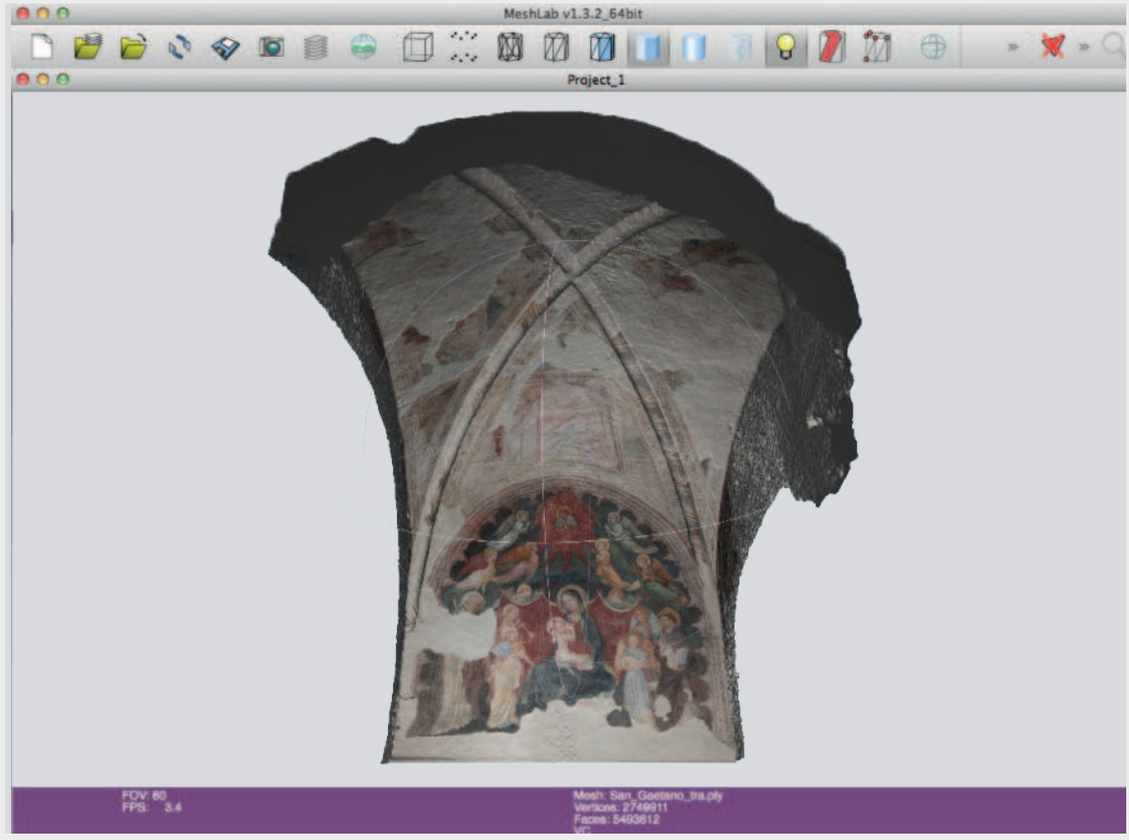
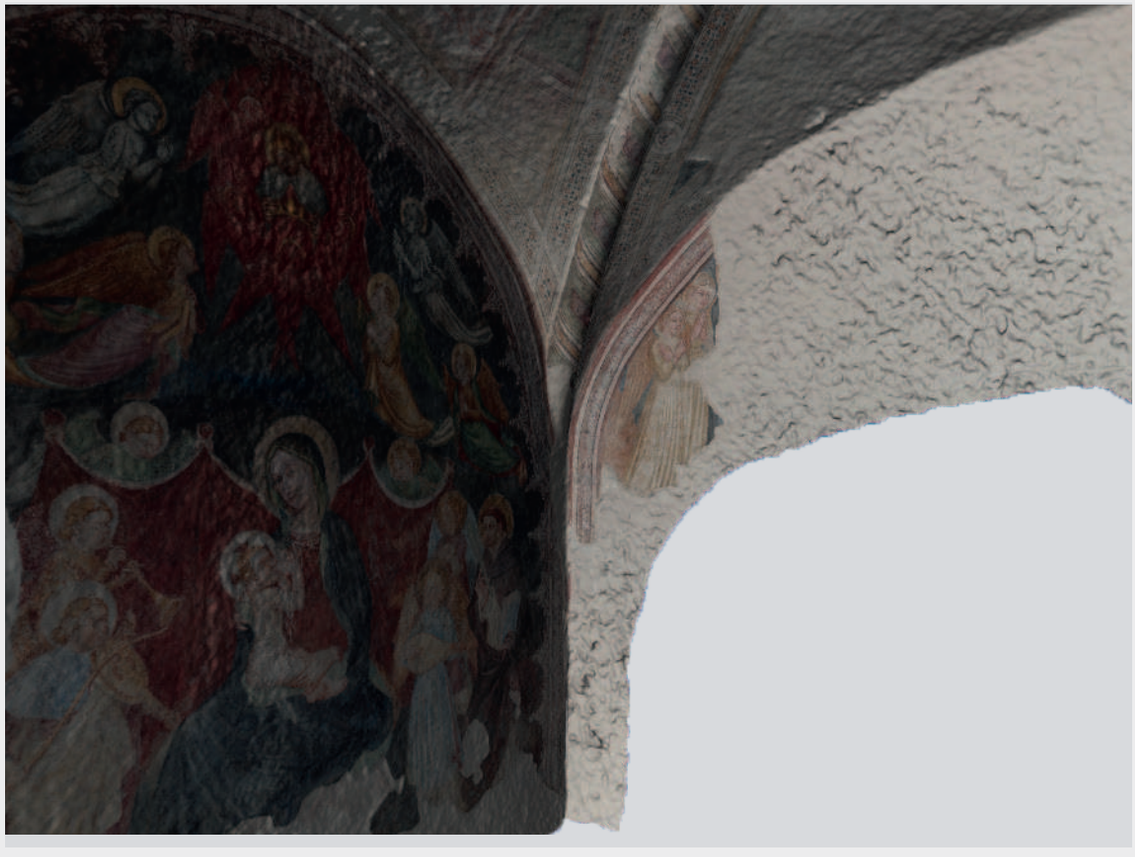


FIG.103-104 **Modelo fotogrametrico dell'oratorio di San Gaetano, aperto in Meshlab.**



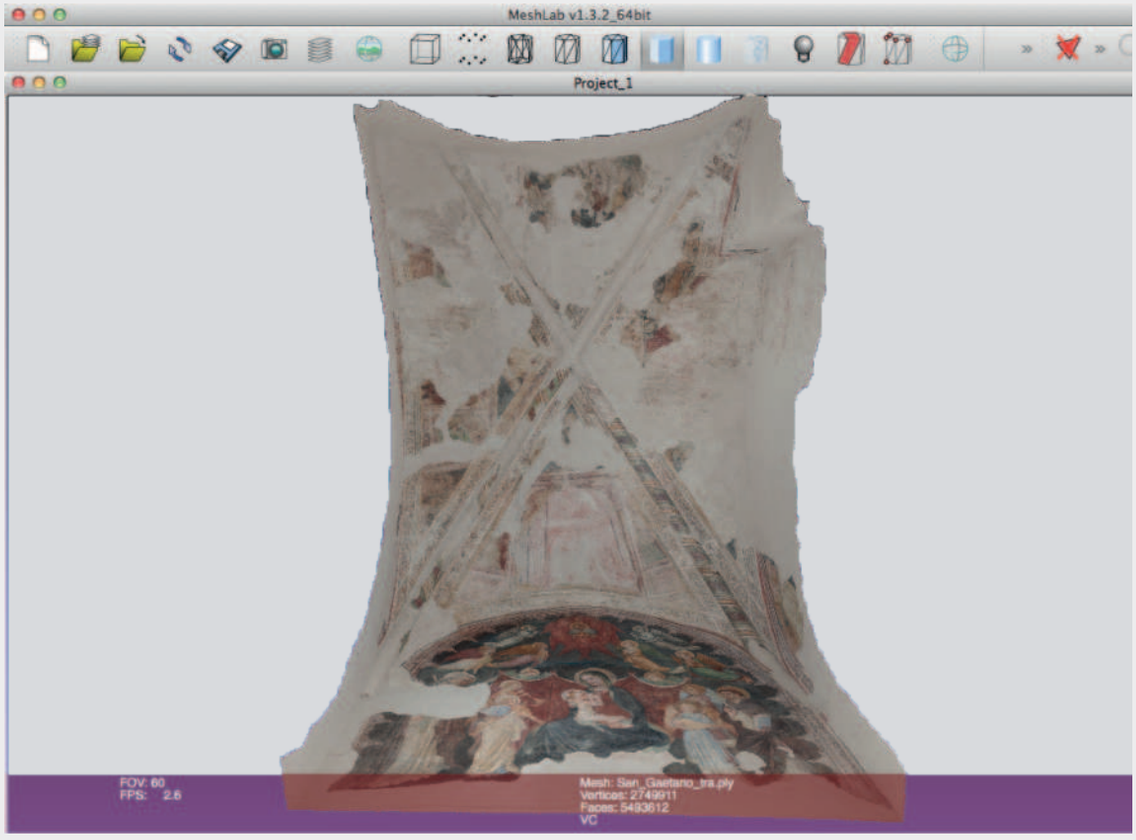
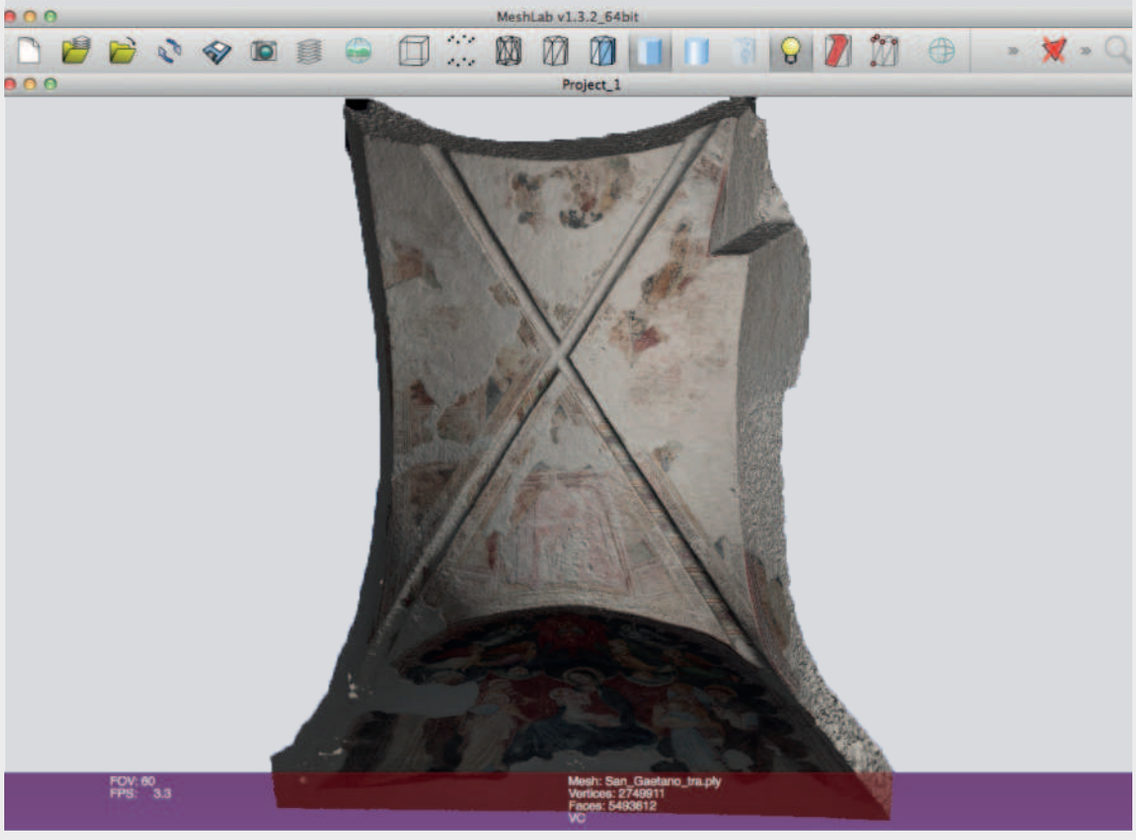


FIG.105-106 **Modelo fotogrametrico dell'oratorio di San Gaetano, aperto in Meshlab, visibile sia con la luce diffusa, che con la luce radente.**



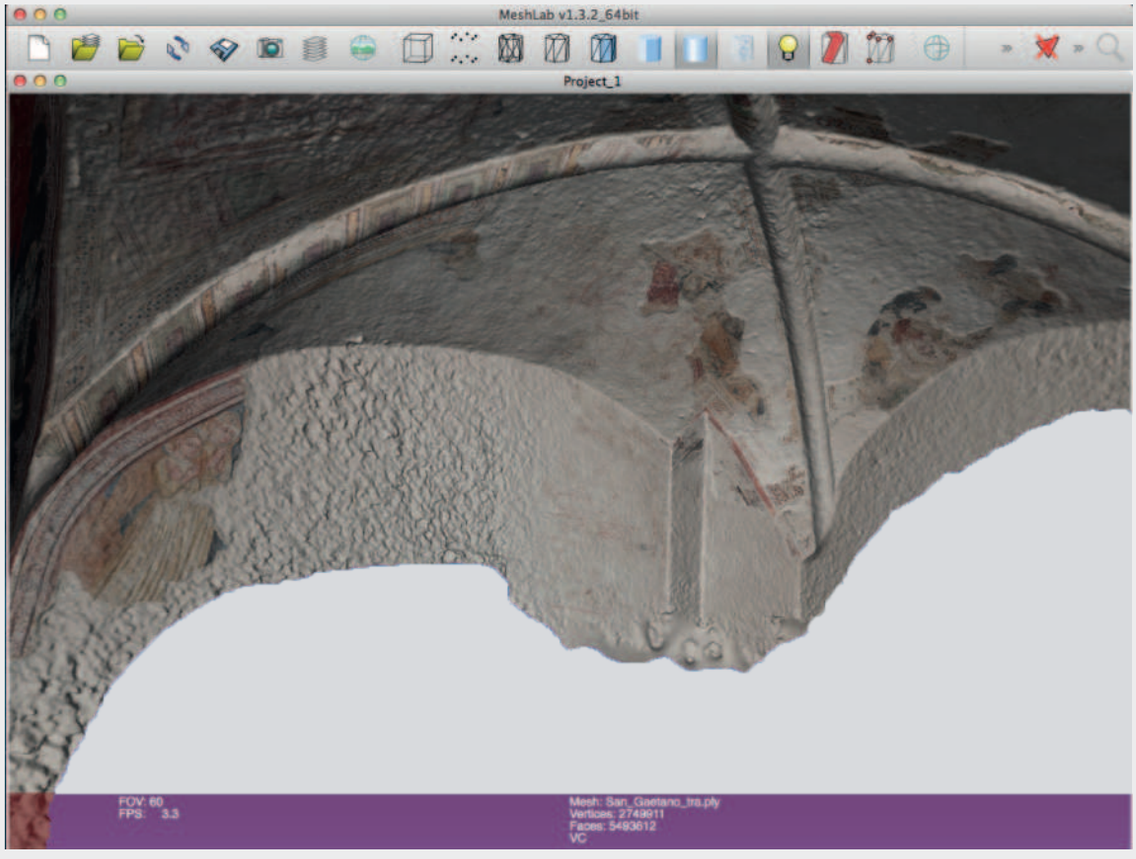
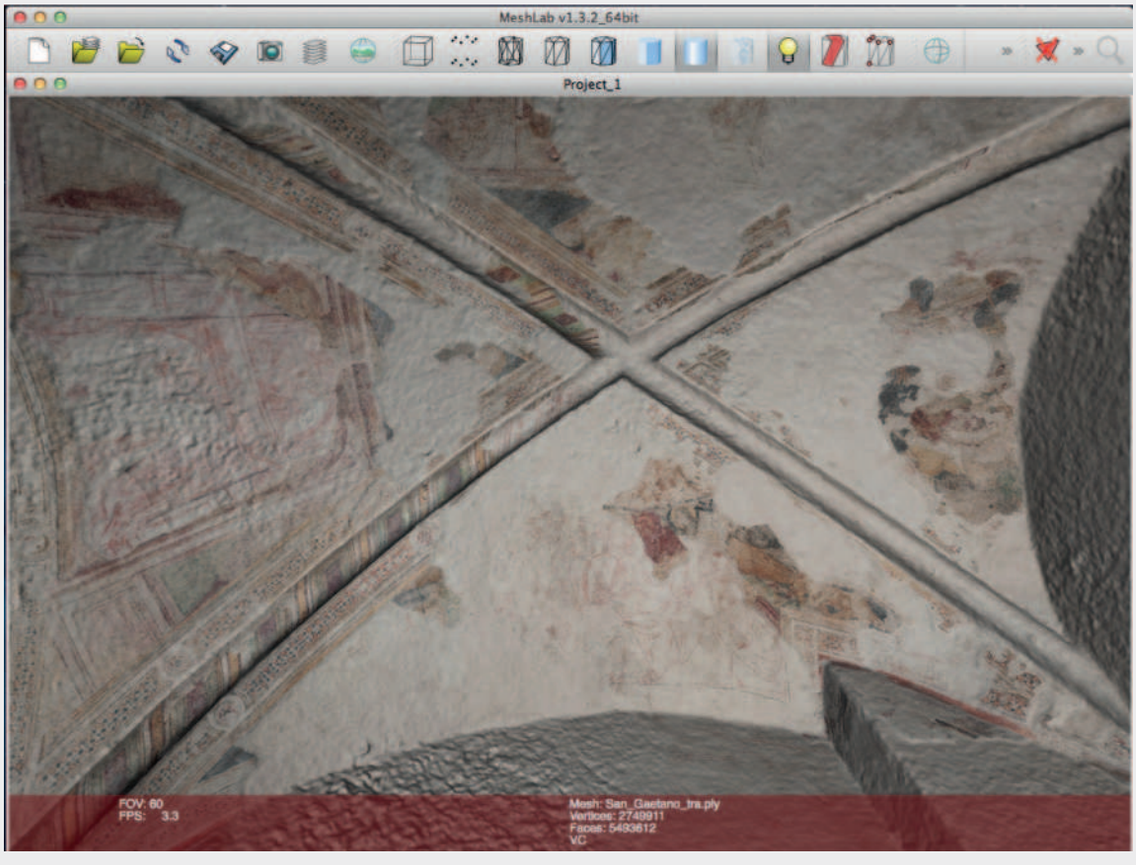


FIG.107-108 **Modelo fotogrametrico dell'oratorio di San Gaetano, aperto in Meshlab, visto con la luce radente.**





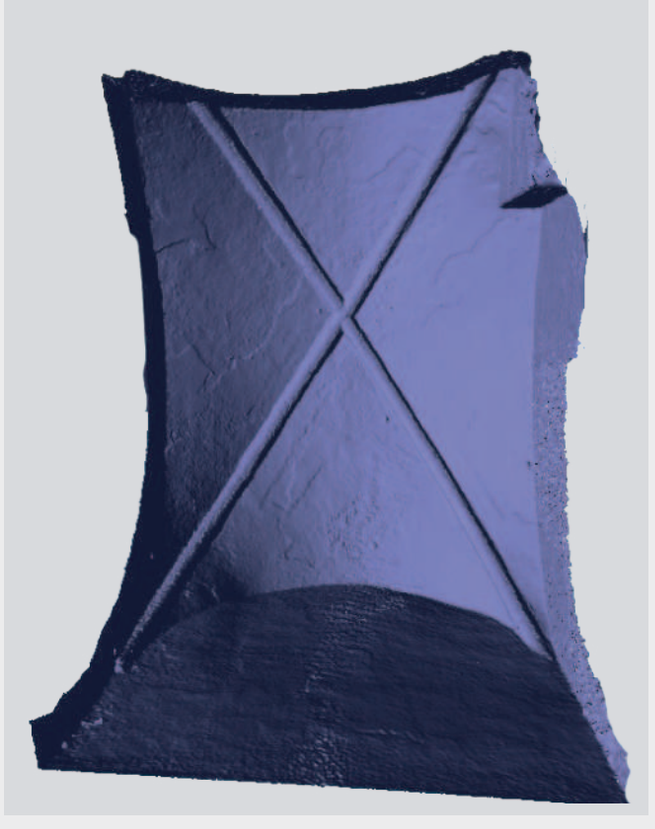




FIG.109-110-111 **Modelo fotogrametrico dell'oratorio di San Gaetano, aperto in Meshlab, visto in luce radente, con texure e senza texure, per evidenziare l'andamento e lo stato di conservazione della muratura.**



CAPITOLO 5
SCANSIONE 3D DELLA MADONNA DEL LATTE IN URBINO

Il rilievo 3D può essere definito un rilievo scientifico in quanto origina,
dalla materia stessa del manufatto,
una speciale e veritiera documentazione intrinseca dello stesso.
Rilievo scientifico, quindi, da un lato per il rigore geometrico che lo caratterizza e per la precisione delle misurazioni; dall'altro per il valore d'interpretazione critica che assume, per la sua oggettività', e per quella necessaria comprensione storica dell'oggetto di cui il restauratore ha bisogno per procedere all'intervento e per l'approfondimento e la completezza degli aspetti che deve affrontare e indagare.

I dipinti murali sono attualmente studiati principalmente con le convenzionali tecnologie 2D.
Queste, non essendo in grado di registrarne la terza dimensione, offrono informazioni rilevanti solo sulla superficie pittorica; permettendone uno studio legato alla sua superficie. Bisogna partire dal presupposto che ogni oggetto, anche il più sottile, possiede proprie caratteristiche materiali, stratigrafiche e di assemblaggioe che ogni sistema in grado di analizzarne la forma, la geometriae le caratteristiche tecnico-esecutive nei minimi dettagli, è di estrema utilità quando si vogliano eseguire studi approfonditi. Tali studi non possono prescindere dalla conoscenza dei dati di documentazione storica ma anche dai dati materici.
La scelta di utilizzare uno scanner 3D a luce strutturata è stata dettata dalle infinte potenzialità di questo strumento che permette di :

- **ottenere informazioni millimetriche accurate e dettagliate dell'oggetto in esame rilevando informazioni importantissime utili alla formulazione di un'ipotesi progettuale;**
- **documentare le caratteristiche del manufatto ai fini del restauro**
- **aiutare la ricerca storico-artistica nel ricnoscimento di una bottega attraverso l'analisi delle pennellate o delle decorazioni a secco;**
- **assistere e agevolare il riconoscimento dell'esecuzione temporale delle giornate e pontate.**

Il riconoscimento della tecnica esecutiva di un dipinto murale, non può avvenire unicamente sulla base chimica, poiché la presenza del carbonato di calcio non è sempre indice dell'avvenuto processo di carbonatazione della calce ma può anche rappresentare l'adozione di una tecnica di pittura a calce che conduce al medesimo risultato chimico, ma che si basa però su un diverso metodo di stesura del pigmento[1]. Avere quindi la possibilità di analizzare in terza dimensione le pennellate su un dipinto murale, permette di verificare, con estrema chiarezza, quali di queste sono state eseguite a secco, e quali invece fanno parte della base a fresco.
Per quanto riguarda il monitoraggio, compiere la stessa acquisizione nel corso del tempo, rende possibile lo studio geome-

1 Per informazioni dettagliate sulla tecnica esecutiva degli affreschi, si rimanda all'appendice 8.1, o al capitolo 4.4 per quanto riguarda la tecnica esecutiva degli affreschi di Ottaviano Nelli.

trico del deterioramento superficiale dell'affresco, al fine di quantificare le variazioni superficiali della muratura intercorse in un arco temporale, indagandone anche la correlazione con cause esterne. Il monitoraggio nel tempo può essere utile anche per testare nuovi materiali utilizzati nei restauri, per verificare il loro effetto sull'opera nei minimi dettagli.
La conservazione degli affreschi non può infatti prescindere dal sistematico monitoraggio del rischio di distacco degli intonaci. Attualmente, nella larga parte dei casi, il rilevamento avviene identificando i distacchi dal differente suono prodotto dalla leggera percussione manuale della parete.
Il rilevo è perciò affidato alla sensibilità dell'esperto, e consente di verificare punto per punto lo stato dell'affresco senza però renderne una visione complessiva e oggettivamente documentata, né può costituire una serie d'informazioni in grado di descriverne l'evoluzione e di modellare previsioni sullo stato di conservazione. Medesimo discorso vale per il riconoscimento delle giornate e le pontate su un affresco. Questo è di solito eseguito attraverso un'attenta osservazione della muratura da parte del restauratore, che aiutato da una luce radente, esegue il rilievo prima manualmente, su appositi fogli traslucidi posti su una foto della parete interessata, per poi mapparlo successivamente in digitale attraverso software vettoriali[2].
Questo metodo, per la sua natura antropica, ha però la caratteristica di essere spesso poco preciso, la mappatura è infatti affidata, anche in questo caso, esclusivamente all'esperienza e alla precisione manuale del restauratore.
Studiare lo stato di fatto di un affresco e la sua evoluzione nel tempo attraverso il un modello 3D ad alta risoluzione, si rivela di grandissimo aiuto anche perché questo rappresental'unico modo che il restauratore ha di avere una visione globale dell'andamento della muratura, per tutta la sua estensione.
Conoscendo le potenzialità di tale strumento, si è voluto dimostrare come l'acquisizione di un enorme quantità di dati riferiti a mq di affresco, può essere svolta in-situ abbastanza rapidamente, con un flusso di lavoro ugualmente efficiente senza emissione di radiazioni, senza contatti e danneggiamenti sull'opera, utilizzando una fonte di luce strutturata codificata e macchine fotografiche digitali.
La scansione dei dipinti murali non rappresenta una grossa problematica, tutto si risolve con uno scanner mobile con sistema di allestimento stabile e un flusso di lavoro facile da utilizzare, che permetta di raccogliere i dati in breve tempo.

Il sistema di rilievo suddetto offre, in conclusione, una serie di vantaggi che possono essere così sintetizzati:

- **grande rapidità e flessibilità nella fase di acquisizione, poiché questo strumento può essere ottimizzato in funzione delle dimensioni dei manufatti;**
- **rapidità nella fase di elaborazione dei dati acquisiti per la presenza di un apposito software, associato al sistema, che consente di costruire i modelli tridimensionali in tempo reale, sia sotto forma di nuvole di punti che di mesh triangolate;**
- **possibilità di misurare esplorare e analizzare in appositi ambienti di navigazione open source il modello 3D dell'affresco.**

2 Per informazioni sui programmi utilizzati per la documentazione si rimanda al capitolo *1 La documentazione nel restauro.*

5.1 Luce strutturata

I sistemi a luce strutturata producono un ***pattern luminoso*** anziché una sorgente puntiforme; la posizione dei punti è determinata per triangolazione. L'immagine viene direttamente acquisita e memorizzata da due telecamere che riprendono, in stereoscopia, la deformazione dei bordi del pattern proiettato sulla superficie da semplici videoproiettori digitali. Conoscendo la posizione reciproca delle due telecamere, compreso l'orientamento, è possibile triangolare nello spazio la posizione degli oggetti.
L'individuazione dei punti corrispondenti risulta difficile se l'oggetto non possiede disegni particolari o dei punti di riferimento, per tale ragione vengono proiettati sull'oggetto uno o più disegni detti ***pattern di geometria nota.***
Le proiezioni appaiono come una sequenza di strisce verticali, alternativamente più scure e più chiare (nero – bianco – nero - bianco).
Il bianco e il nero possono essere sostituiti dal blu e dal rosso, intervallati da una striscia di verde larga un ***pixel***.
Calibrando opportunamente il sistema di misura, è chiaramente visibile ogni transizione all'interno delle strisce del ***pattern luminoso***, che descrive l'andamento spaziale di una superficie. **Maggiore è il numero delle strisce e delle transizioni, più fine sarà il campionamento spaziale della superficie, con conseguente aumento della risoluzione.** Una volta acquisiti dalle telecamere, tali ***pattern*** sono analizzati tramite complessi algoritmi dai quali si ricava la geometria del modello.
Se dovessero mancare nell'acquisizione finale dei dettagli caratterizzanti l'oggetto, per ottenere una scansione totale, l'operatore girerà attorno al manufatto riprendendo le parti mancanti.
In un sistema a luce strutturata il primo passo dell'acquisizione è ovviamente la **calibrazione**, eseguita in modo diverso per i diversi dispositivi.
I parametri di orientamento quindi devono essere ottenuti tramite una **procedura di calibrazione** eseguita prima della scansione, mediante l'utilizzo di appositi **pannelli di calibrazione**, tramite i quali, viene eseguita la calibrazione sia della camera che del proiettore. Dall'analisi delle informazioni ottenute è possibile ricavare i parametri intrinseci ed estrinseci del sensore.

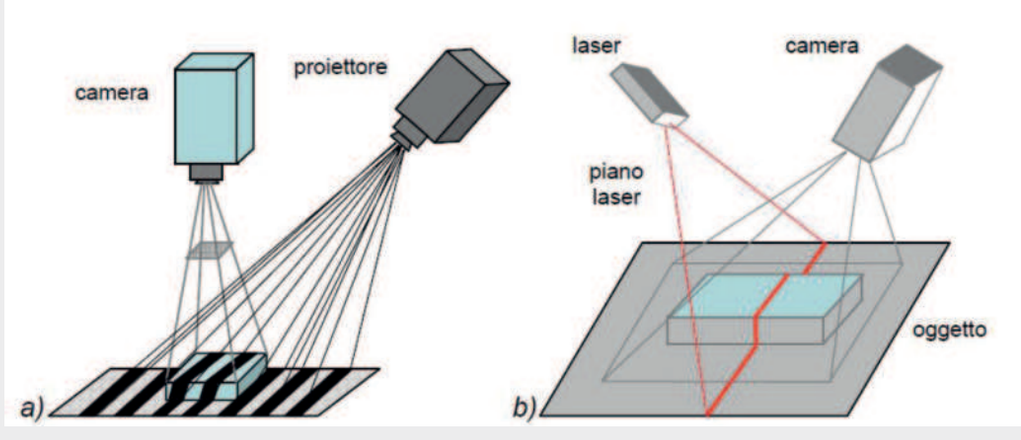


FIG.112 **a) Sistema a luce bianca strutturata; b) Sistema a lama laser.**

Foto: Simone Carluccio, Sviluppo di un Sistema Ottico per il Controllo di Posizione di uno Scanner 3D, 2010

La vera e propria fase di acquisizione comprende:

- **l'emissione dei pattern;**
- **la corrispondente acquisizione di un'immagine per ogni singolo pattern;**
- **l'elaborazione delle immagini riflesse per derivare la geometria dell'oggetto, range map.**

Il ***pattern*** emesso può essere puntiforme, detto ***point-wise***, oppure formato da uno o più strisce luminose, detto ***stripe-wise.*** Differenti tecnologie sono state proposte per la produzione del **pattern**: emettitori laser, proiettori custom di luce multispettro, che posseggono un filtro di precisione ottenuto ad esempio per **photolitografia**, comuni proiettori di diapositive, e finalmente videoproiettori digitali.
Un marcato vantaggio di questi ultimi e la loro grande adattabilità in quanto un videoproiettore digitale ci dà la possibilità di generare un numero virtualmente infinito di diversi ***pattern***.
La scelta del ***pattern*** è ovviamente uno dei punti critici del **sistema ottico attivo**, in quanto dovrebbe soddisfare una serie di caratteristiche:

- **non dovrebbe essere alterato dalle caratteristiche riflessive della superficie dell'oggetto: ad esempio un pattern formato da strisce colorate può essere riflesso in modo molto differente secondo la colorazione dell'oggetto stesso;**
- **dovrebbe rendere il più semplice possibile il suo riconoscimento nell'immagine acquisita dal sensore, e nello stesso tempo garantire precisione;**
- **dovrebbe permettere un'accurata ricerca e riconoscimento delle sue parti costitutive: ad esempio punti o linee, ed anche permettere una semplice ricostruzione del loro ordine spaziale nel caso che si usino pattern costituiti da più elementi distribuiti nello spazio ad esempio insiemi di linee.**

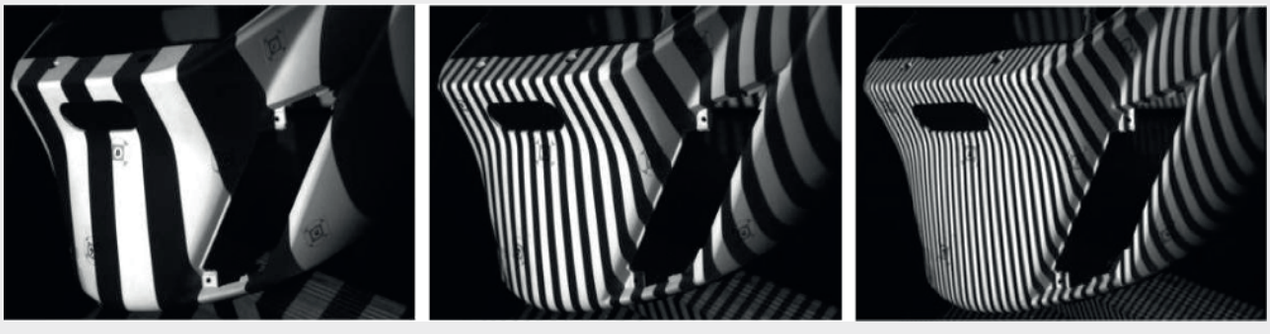


FIG.113 **Pattern proiettati sull'oggeto.**

Foto: Simone Carluccio, Sviluppo di un Sistema Ottico per il Controllo di Posizione di uno Scanner 3D, 2010

5.2 Modalità di ripresa

La campagna di rilievo è stata resa possibile grazie alla collaborazione con la ditta UNOCAD, srl di Altavilla Vicentina, attiva da oltre venti anni nella divulgazione della Tecnology Information, che fornisce tecnologia CAD, CAM, CAID, 3D, soluzioni di Reverse Engineering e Rapid Prototypinge, soluzioni hardware e software in grado di realizzare velocemente e a costi contenuti modelli e prototipi ad alta definizione. Rappresenta inoltre per l'Italia società leader come Breuckmann, Polhemus, Rapidform e Surfware, sviluppando progetti di ricerca applicata al settore dell'arte, della medicina e dei materiali biodegradabili.
L'affiancamento ai sistemi Cad/Cam/Caid 3D di soluzioni tecnologiche complementari è una scelta strategica per Unocad che, già rivenditore di suite applicative di Dassault Systèmes, ha avviato una partnership tecnologica e commerciale con l'azienda Breuckmann per la rivendita sul territorio nazionale di sistemi di misura e digitalizzazione basati sulla scansione ottica tridimensionale.

L'opera in esame è situata nell'Oratorio di San Gaetano, addossato alla chiesa di San Domenico. Essendo chiuso al pubblico, l'operazione di scansione non ha avuto grosse problematiche organizzative.
Prima di procedere all'acquisizione è stata eseguita la calibrazione sia delle camere sia del proiettore e la taratura ottica e geometrica dell'intero sensore mediante una tabella di taratura certificata, compresa l'individuazione di tutte le possibili distorsioni ottiche, inclusa la vignettatura delle lenti delle macchine fotografiche. Questo procedimento di taratura, che richiede solo qualche minuto, permette un allineamento dei punti ancor più preciso.
L'affresco inizia a un'altezza di due 1,65 m dal pavimento e misura 3,26 m di larghezza per 3,06 m di altezza, è stato dunque necessario utilizzare un trabattello per collocare lo scanner e permettere all'operatore di manovrarlo all'altezza desiderata mentre il computer per l'elaborazione dei dati, collegato allo scanner, è stato posizionato ad una certa distanza per permettere al secondo operatore di visualizzare ed allineare le scansioni in tempo reale.

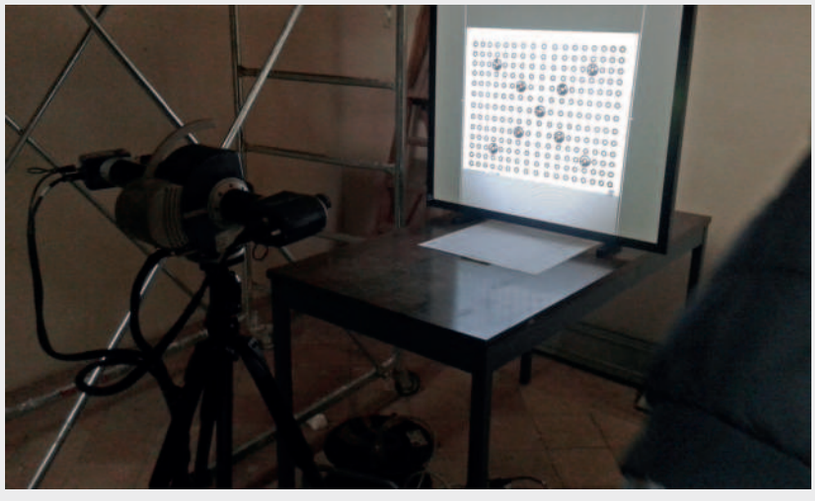


FIG.114 **Calibrazione dello scanner.**

Foto: Annamaria Amura

Nella campagna di rilievo condotta è stato utilizzato uno scanner Breuckmann a luce strutturata, il modello **smart SCAN 3D-HE R4 – 4.0 MegaPixel.**

Le principali caratteristiche di questo scanner sono:

- **due macchine fotografiche digitali in bianco e nero, ciascuna da 4.0 megapixel[3];**
- **acquisizione sincronica di struttura 3D e mappa della texture;**
- **un campo di vista FOV M-400 (diagonale dell'immagine inquadrata 400mm).**

Questo particolare campo visivo massimizza l'area acquisita e di conseguenza la performance, consentendo di ottenere i dettagli richiesti dell'affresco. Per ricoprire la superficie interessata, sono state eseguite le scansioni di 130 aree sovrapposte al 15%, ripetendo più volte l'acquisizione da varie posizioni coprendo un'area di 285 x 285 mm per scansione, con una risoluzione spaziale di 0.140 mm e una risoluzione in altezza/spessore di circa 7 micron. L'acquisizione e la post-processazione sono state effettuate utilizzando il pacchetto software **OPTOCAT 2014 R2** di Breuckmann. La singola scansione genera una nuvola di punti e una mesh corrispondente alla porzione inquadrata. Le singole scansioni devono essere unite, allineate[4] e registrate in base alla geometria delle superfici per ottenere il modello definitivo.



FIG.115 Scanner Breuckmann

smart SCAN 3D-HE R4 – 4.0 MegaPixel.

Foto: Brochure_breuckmann_smart-SCAN_EN

3 Caratterizzato dalla sua acquisizione di dati estremamente veloce, ad alta livello di risoluzione, offre alta precisione di coordinate 3D in pochi secondi per ogni tipo di oggetto a prescindere dalla sua dimensione, geometria e complessità. Questo scanner è accoppiato, per l'elaborazione dei dati, a software diversi. In particolare tutte le operazioni di pulizia, filtraggio, sfoltimento ed editing della superficie acquisita sono state svolte all'interno del software Breuckmann Optocat 2014R2, utilizzando per l'importazione/ottimizzazione Geomagic Design X versione 5.0

4 Nel caso specifico dello scanner Breuckmann, si possono usare più metodi di allineamento. L'allineamento manuale consente di sfruttare la forma dell'oggetto stesso selezionando tre o più punti comuni tra l'ultima scansione e le precedenti. Automaticamente il software posizionerà in maniera coerente la scansione adattandola alle precedenti. Tale metodo si presta bene per esempio nella scansione di forme artistiche, di oggetti di forma ridotta e complessa. L'allineamento tramite markers di riferimento permette invece il riposizionamento automatico delle scansioni. Tali markers sono automaticamente identificati dal software di acquisizione e messi in corrispondenza con quelli catturati in precedenza. Altro metodo consiste nell'uso di una tavola rotante automatica collegata in sincronia con il sistema di scansione. La ripresa dell'oggetto avviene a 360° gradi in maniera autonoma con un minimo intervento da parte dell'operatore. Tale metodo si presta bene con oggetti la cui forma deve essere ripresa a 360°, di volume e peso non particolarmente elevato.

Nel nostro caso si è scelto di eseguire l'operazione di **allineamento manuale** selezionando tre punti dell'affresco della scansione precedente che fossero presenti anche nella scansione successiva. Infatti, per permettere al software di unire le singole scansioni, queste devono avere tra loro delle zone di sovrapposizione. Il software converte automaticamente la nuvola di punti in una mesh di triangoli che può, se necessario, essere editata applicando algoritmi di lisciatura, chiusura buchi, ottimizzazione della distribuzione dei triangoli, estrazione di sezioni ecc.
Alla fine l'insieme delle scansioni 3D viene montato, componendo un'unica maglia poligonale la cui precisione è commisurata alla taratura dello scanner e al suo campo di vista. La nostra scansione con un campo di **FOV M-400 mm**, ha un precisione di **25 micron** sulla singola scansione.
Il modello può essere esportato in formato **STL/PLY** o altro, utilizzabile con macchine a controllo numerico, **sistemi di prototipazione rapida**, come riferimento per la ricostruzione matematica o modifica dell'oggetto in sistemi CAD o programmi di Reverse Engineering. Nel nostro caso è stato esportato in formato **PLY** in scala di grigi per la successiva visualizzazione tramite il software Mehslab[5].

Un'area di circa 4408813,3350 mm2 (area totale che è stata ripresa nell'affresco) è stata quindi digitalizzata attraverso l'acquisizione 3D di 130 aree sovrapposte per un tempo di scansione di tre ore e un tempo di post-processione dei dati di sei ore. Per l'intero rilievo sono stati acquisiti circa 40.000.000 di punti successivamente sfoltiti e ottimizzati per avere un file comunque gestibile nei programmi di elaborazione.



FIG.116 **Area dell'affresco acquisita, restituita in bianco e nero dalle fotocamere dello scanner a luce strutturata.**

5 Mehslab è un software nato nel 2005 presso l'Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione (Pisa), che permette di fare Processing di modellazione 3D. E' un sistema open-source dinamico che permette di collaborare alla sua programmazione, anche attraverso la creazione di plug-in. Il software rappresenta oggetti complessi tramite una discretizzazione formata da poligoni, in genere triangoli. Il termine "mesh" significa appunto "insieme di poligoni". Più piccoli sono questi poligoni, più è accurata la descrizione della geometria. Ci si scontra però con i limiti dell'hardware di supportare file molto pesanti, infatti, maggiore è il numero dei poligoni, maggiore è la grandezza del file. Il software è in continua fase di sviluppo e di aggiornamento, per questo potrebbe succedere che l'interfaccia grafica e l'ordine dei menù subiscano delle variazioni.
Si ringrazia Matteo Delle Piane, ricercatore presso ISTITUTO CNR, Visual Computing Lab di Pisa, che ha fornito il software per la proiezione della texture sul modello.

Il modello consiste in una superficie digitale composta da un enorme numero di triangoli, ognuno di questi estremamente piccolo. Il prodotto di questa fase è il cosiddetto ***modello master,*** caratterizzato da un alto livello di complessità ma anche estremamente accurato. Operazioni automatiche di semplificazione della geometria permettono di ridurre il numero di triangoli mantenendo sotto controllo l'accuratezza geometrica della rappresentazione geometrica.
Si è poi proceduto al **mapping del colore** con la foto in HD. Per prima cosa la fotografia è stata registrata rispetto al modello tridimensionale, ossia è stata individuata la posizione da cui la foto è stata ripresa e le caratteristiche prospettiche, focale, distorsione, della macchina fotografica.
Questo processo richiede l'intervento dell'operatore e consente di stabilire una relazione fra alcuni punti della superficie del modello e i corrispondenti pixel della foto.
Una volta che l'immagine è stata allineata, il colore della foto è stato proiettato sulla superficie. In questo modo il modello tridimensionale ha acquisito un aspetto estremamente fedele all'originale anche per quello che riguarda la resa cromatica.
Tramite il filtro tranfert. Il file prodotto pesa 28 GB ridotti. Il modello 3D è stato importato e visualizzato su **Mehslab** e mappato su **Rapidform 2006**.

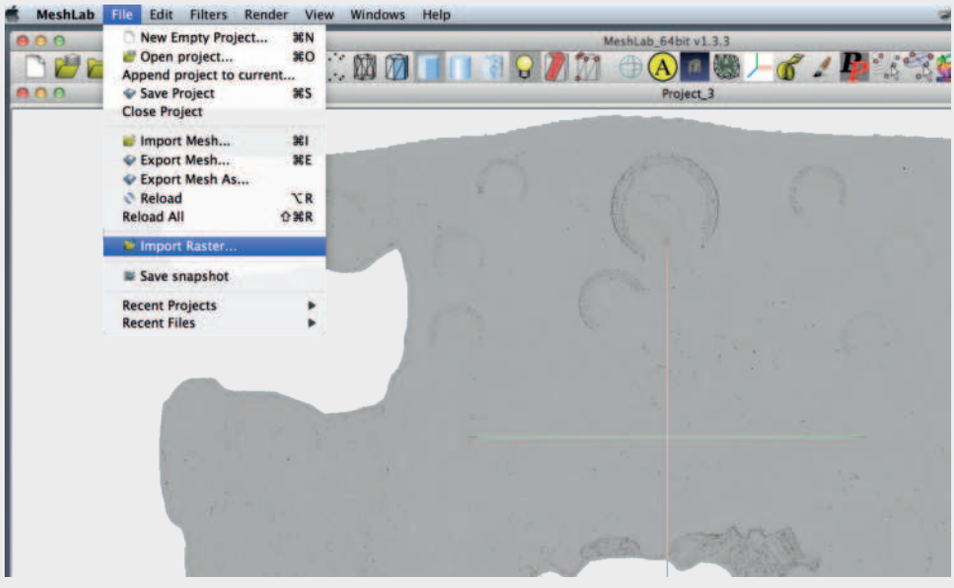


FIG.117 Modello 3D dell' affresco aperto in Meshlab per il mapping del colore.

In questo caso il modello è aperto senza la texture in bianco e nero acquisita dalle fotocamere dello scanner a luce strutturata.

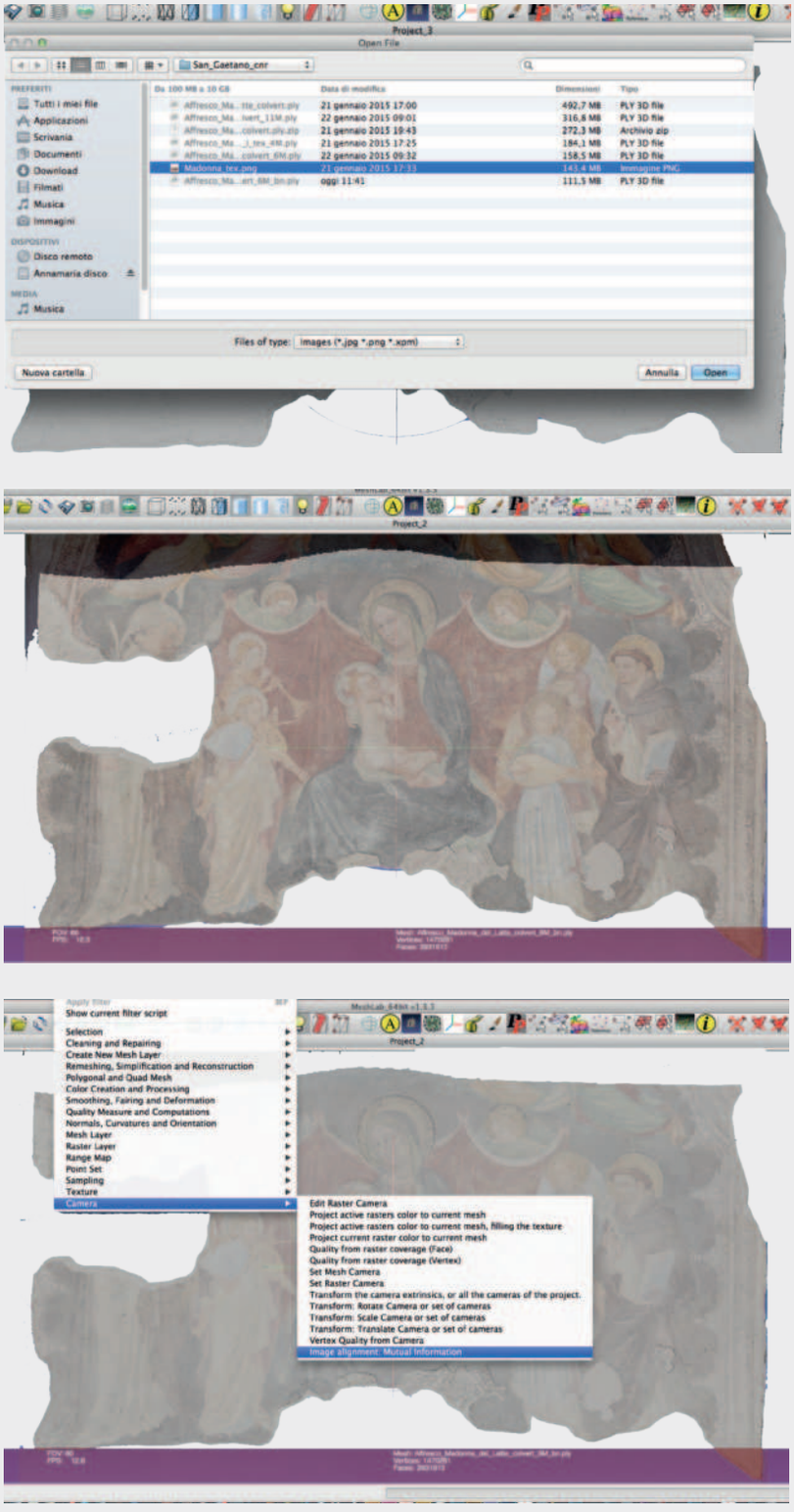


FIG.118-119-120 Modello 3D dell' affresco aperto in Meshlab per il mapping del colore.

Viene quindi importato il file raster che contiene la fotografia dell'affresco e, con una serie di passaggi, questo è posizionato e poi mappato sul modello 3D.

5.3 Risultato e finalità del lavoro.

Il modello è stato importato e visualizzato attraverso **Mehslab**, un software ***open source*** che permette di visualizzare in maniera fluida il 3D dell'affresco ad alta risoluzione, sia con la texture che senza, ruotandolo ed eseguendo operazioni di misurazione metrica sullo stesso. Uno dei maggiori vantaggi offerti dalla tecnica di scansione 3D consiste nella possibilità di rimuovere virtualmente la texture dai dati acquisiti, presentandoli senza l'informazione del colore.
Questo permette di analizzare i dettagli del rilievo in maniera più chiara e dettagliata senza disturbi colorimetrici.
Una delle caratteristiche funzionali per evidenziare tali dettagli, è quella di poter direzionare la luce sul modello creando diverse tipologie di radenza. In questo modo è possibile ottenere infinite e uniche fotografie in luce radente dell'affresco, ognuna delle quali fornisce informazioni differenti dall'altra.

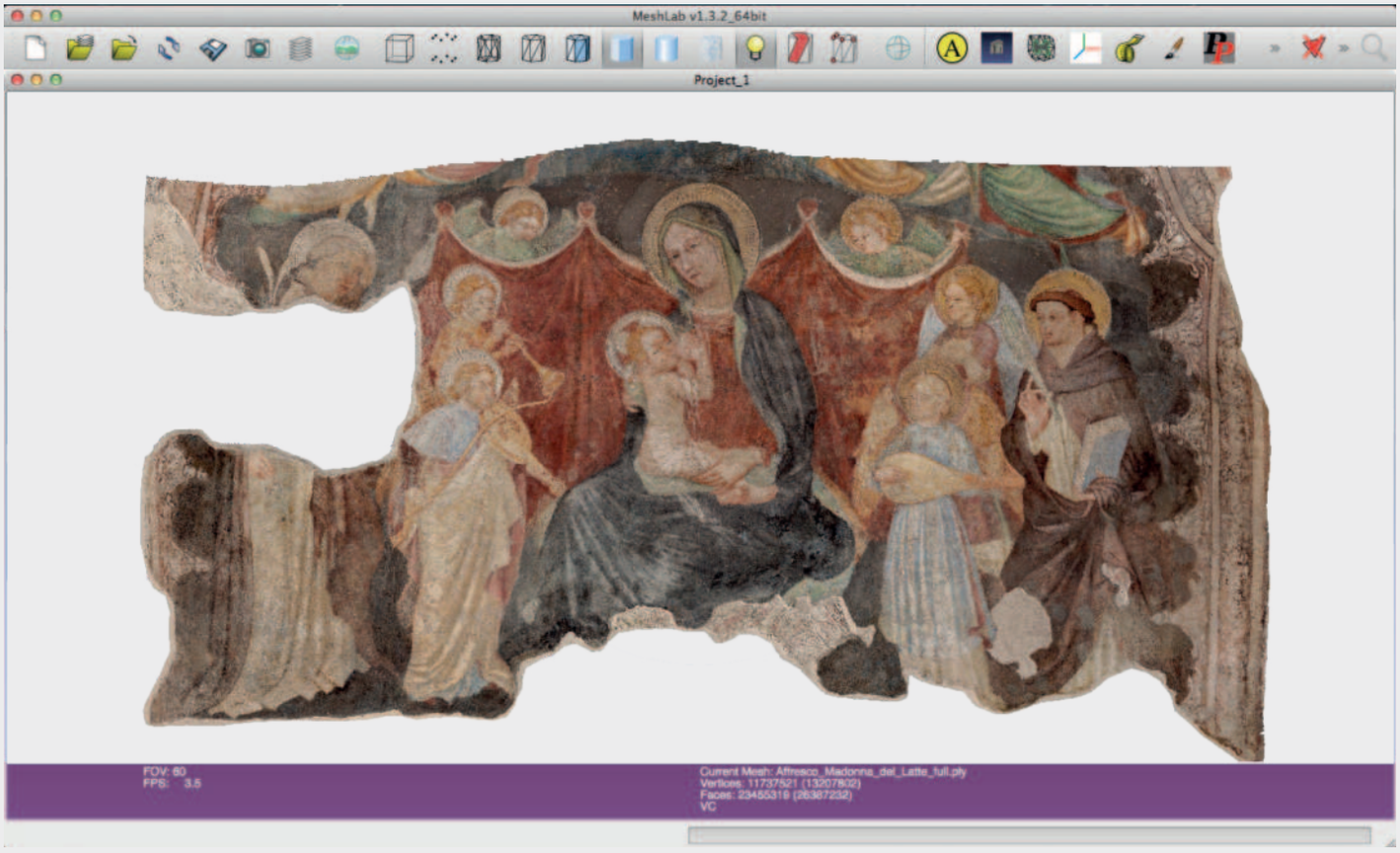


FIG.121 **Risultato finale decimato. Modello con texture aperto in Meshlab.**



FIG.122-123 **Modello 3D dell' affresco aperto in Meshlab.**

Il modello, visualizzato senza la texture del colore, permette di comprendere meglio l'andamento della muratura e i segni di giunzione delle varie giornate e pontante dell'intonaco.
Grazie alla possibilità di illuminare il modello 3D a 360°, con una luce virtuale radente, queste caratteristiche strutturali ed esecutive possono essere evidenziate, in quanto, angoli d'illuminazione differenti, forniscono informazioni differenti.







FIG.124-225-126-127 **Modello 3D dell' affresco aperto in Meshlab, particolare del volto della madonna e di San Domenico.**

Dopo l'esecuzione del disegno della testa, era realizzata l'aureola a rilievo, veniva quindi praticata un incisione che delimitasse la testa del personaggio. Le aureole venivano poi dorate dopo l'asciugatura dell'affresco, era necessario ripassare la traccia lasciata in precedenza con un coltello per tagliare e raschiare l'oro secondo il profilo voluto.





Riconoscimento della tecnica esecutiva e stato di fatto dell'opera

Tra gli affreschi presi in esame, quello presente nell'Oratorio di San Gaetano di Urbino raffigurante la ***Madonna del Latte***, presenta condizioni conservative ed estetiche adatte a valorizzare le finalità della scansione stessa.
Infatti, il riconoscimento della tecnica esecutiva, è più semplice nei casi in cui gli affreschi sono maggiormente deteriorati, perché la materia pittorica risulta assottigliata e spoglia di gran parte delle rifiniture a secco che, invece, nelle pitture meglio conservate, vanno a coprire le sovrapposizioni di giornata e le stesure preparatorie a fresco eseguite come base per successive stesure a secco. Il deterioramento superficiale dell'affresco, permette quindi, attraverso la visione del suo modello tridimensionale, di verificare meglio le tecniche esecutive. Le condizioni conservative ed estetiche dell'opera, prima dell'ultimo restauro eseguito nel 2000 dal Prof. Isidoro Bacchiocca[6], erano molto precarie, i fattori di deterioramento della Cappella erano imputabili essenzialmente all'azione dell'uomo e dell'ambiente circostante.
Al suo interno, eccetto l'affresco raffigurante Madonna del latte con Angel e Santi, le pareti, le vele e i costoloni erano totalmente ricoperti da uno spesso strato di materiale, non idoneo, cioè gesso e cemento, utilizzato durante precedenti interventi di restauro per il consolidamento degli affreschi.
Le infiltrazioni di umidità avevano provocato danni all'intonaco e alla pellicola pittorica e un grave danno era avvenuto nel secolo scorso con il taglio netto della parete esposta verso la via, che aveva ridotto parzialmente le vele e i due costoloni danneggiando quindi anche gli affreschi.
L'affresco presenta delle lacune di diversa profondità, alcune delle quali mostrano l'arriccio e la sinopia. L'apparato decorativo si presentava alterato nella leggibilità cromatica e materica in conseguenza di un degrado imputabile essenzialmente all'azione dell'uomo, le abrasioni della materia pittorica che interessavano per la maggior parte la fascia inferiore dell'affresco erano state prodotte dal lancio di sassi attraverso le cancellate, e degli agenti esogeni poiché la Cappella è situata alla confluenza di due vie e quindi soggetta a correnti fredde. Inoltre la decorazione era caratterizzata da depositi di sporco, gas di scarico, polvere, schizzi, secrezioni di animali, ossidazioni.
Tutta la parte inferiore della struttura era compromessa da vistose infiltrazioni di umidità che, risalendo per capillarità, avevano provocato sollevamento del tessuto pavimentale e decoesione dell'intonaco. L'intera operazione di restauro del 2000 è stata molto scrupolosa e caratterizzata fondamentalmente da un principio di prudenza e rispetto dell'affresco per consentire la visione di un'immagine unitaria in cui sia il contesto generale che ogni singolo particolare, potessero recuperare la propria evidenza e specifica identità, nel rispetto di una continuità cromatica e figurativa tra le parti dell'affresco.
In questi quindici anni l'affresco ha subito un ulteriore deterioramento, lo stato in cui verte è in ogni caso ancora discreto, salvo eccessivi depositi di materiale incoerente presenti soprattutto nella parte alta della lunetta centrale.
Nell'Ottocento l'affresco è stato soggetto ad alcuni rifacimenti che hanno interessato mezzo **volto del S. Domenico** e per intero quello della **Madonna.** Queste parti si erano rovinate a causa di un errore nella preparazione dell'impasto per la stesura delle giornate corrispondenti e, forse, la loro condizione era stata ulteriormente aggravata da precedenti interventi di manutenzione e poiché illeggibili, i volti erano stati rifatti. Tuttavia, nonostante questi rifacimenti siano un falso, evidente e d'immediata lettura se si confrontano i volti della **Madonna** e si **S. Domenico** con quelli delle altre figure, il recente restauro li ha conservati per evitare di perdere una testimonianza importante per la piena comprensione della composizione. La diversità stratigrafica tra l'intonaco originale e il rifacimento è resa molto evidente nelle acquisizioni 3D. Inoltre, grazie alla perdita della pellicola pittorica, sul volto della madonna sono visibili i segni d'incisione praticati durante l'esecuzione delle aureole.
Grazie al modello 3D si sono definite con quasi assoluta certezza le giornate di realizzazione dell'affresco.
Questo è stato probabilmente completato in meno di dieci giornate e interamente realizzato a buon fresco, secondo le

6 TARCHI L., *Per un catalogo dei dipinti murali di Ottaviano Nelli : tecniche esecutive, materiali, restauri* : tesi di laurea / Relatore Maria Grazia Albertini Ottolenghi; Università degli studi di Macerata, Facoltà di Lettere e Filosofia, corso di laurea in Storia e Conservazione dei Beni Culturali. Anno accademico 2001 - 2002 pp. 287

comuni tecniche di pittura murale trecentesca. La prima giornata è stata dedicata alla realizzazione della cornice, al centro della quale probabilmente, in origine, compariva un'iscrizione, purtroppo ora illeggibile, riferita ai Santi che sono raffigurati nell'affresco. Durante la seconda giornata sono stati realizzati a monocromo i due Angeli in alto, nella terza giornata le due coppie di Angeli posti sotto e nella quarta giornata come ben visibile dal diverso colore dell'impasto di preparazione più chiaro rispetto ai precedenti, il gruppo di Cristo con i Cherubini. Anche la quinta giornata è facilmente individuabile: equivale ai due piccoli Angeli che sorreggono il drappo rosso.
Durante la stessa giornata sono state realizzate le figure dei due Santi e durante la settimana i quattro Angeli musicanti ai lati della Vergine e del Bambino e la realizzazione del volto della Vergine occupa un'intera giornata.
Le uniche rifiniture a secco interessano il cielo e il manto della Vergine, un tempo dipinti in azzurrite, purtroppo, oggi irrimediabilmente caduta. Probabilmente tracce di azzurrite permangono sotto le stelline del cielo che sono state in grado di proteggere il pigmento, per quanto riguarda le altre parti, invece, rimane solamente la preparazione, base per la successiva stesura di azzurrite. Tutta l'opera doveva inoltre essere caratterizzata da una ricca decorazione: lo dimostrano i colori intensi e vivaci, le tracce di dorature che un tempo dovevano rendere ancora più luminoso il dipinto, le vesti bianco/celesti degli angeli, i rossi, i verdi, i gialli e soprattutto la sapiente distribuzione degli azzurri.
È importante ricordare anche la definizione accurata dei più piccoli particolari quali ad esempio le piume dorate nelle ali degli angeli, definite a una a una e la particolare decorazione a bianco Sangiovanni e oro delle maniche di alcuni angeli, forse deriva dalle opere di Salimbeni, comunque già utilizzata dal Nelli per le decorazioni delle vesti degli angeli in S. Maria Nuova a Gubbio.
Per quanto riguarda le dorature, frammenti d'oro sono stati ritrovati sulle aureole, sulle ali e sulle vesti degli angeli, nonché nel cielo, un tempo interamente decorato da stelline e sul telo rosso dietro la Vergine. Per quanto riguarda le parti più estese, ali e aureole, la doratura è a foglia d'oro su preparazione rossa ocra, per le rifiniture più piccole- decorazioni delle vesti e stelline- si tratta di oro a conchiglia.





FIG.128-129 **Modello 3D dell' affresco aperto in Meshlab, particolare del volto della madonna.**

La possibilità di ruotare il modello permette di analizzare l'affresco a 360 gradi, visualizzando lo spessore delle aureole, l'andamento della muratura, la profondità delle lacune, le incisioni, le sovrapposizioni delle giornate ecc.



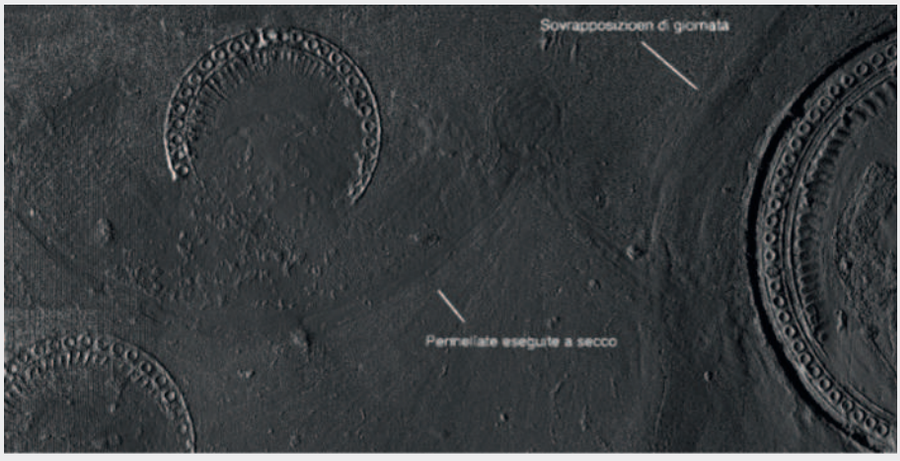


FIG.130-131-132-133 **Modello 3D dell' affresco aperto in Meshlab, particolare degli angeli. Visualizzando il modello senza la texture è possibile evidenziare la tecnica esecutiva, come i sengni delle pennellate a secco o le giunzioni tra le giornate.**





Per il processo d'immissione di dati scientifici sul modello 3D, è stato adoperato per tale scopo **Rapidform 2006**, un software di ***reverse engineering***, che ha la possibilità di aprire dati acquisiti da qualsiasi scanner 3D, elaborando i file sulla base della triangolazione e permettendo di eseguire mappature tematiche direttamente sul modello 3D.
Si è quindi applicata una procedura in via di sperimentazione[7], che consiste nell'usare uno strumento di selezione chiamato ***polyline*** presente all'interno del sofware, che permette di selezionare la parte interessata per copiarla e incollarla in un nuovo ***layer***. In questo modo è stato possibile mappare direttamente sul modello tridimensionale i diversi tematismi sia riguardanti il degrado, sia la tecnica esecutiva, registrandone il perimetro e l'area e ottenendo informazioni indispensabili per un successivo intervento conservativo.

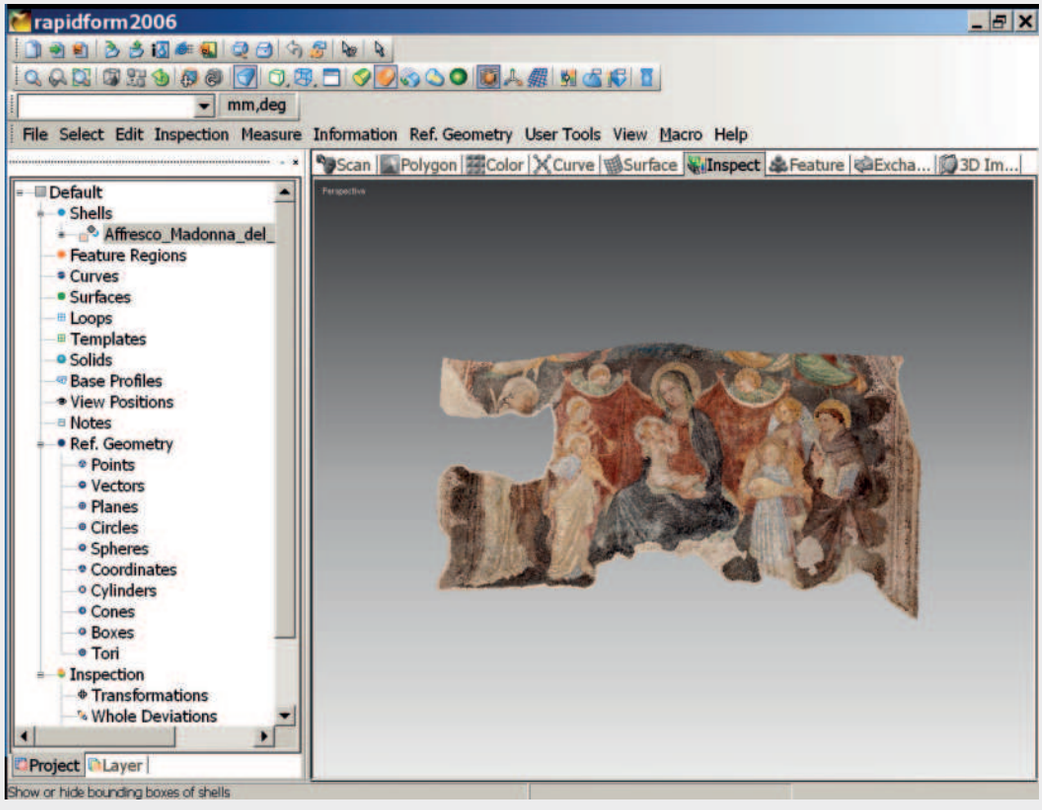
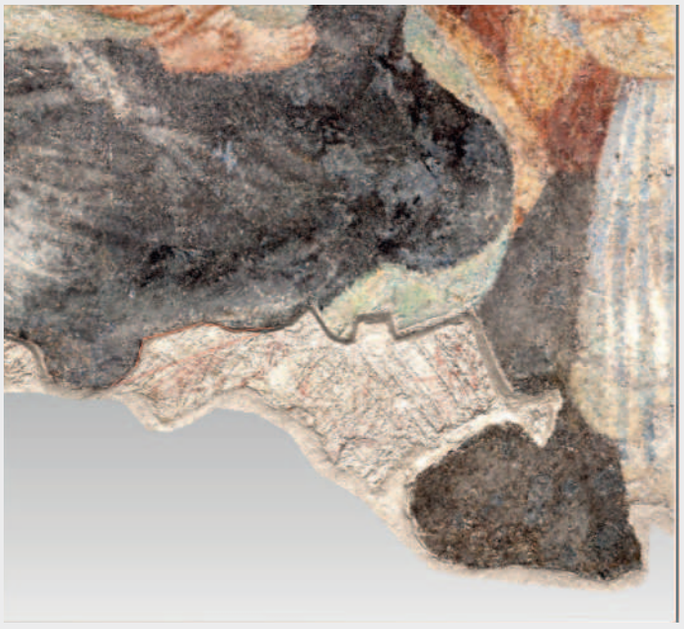


FIG.134 Modello 3D con texture all'interno del software Rapid Form 2006

7 Tale procedura è stata applicata da Angelo Rubino, per la documentazione grafica e fotografica delle opere del cairo, vedere:
"La conservazione dell'arte egiziana. Percorsi di formazione per il restauro delle collezioni del Museo Egizio del museo del Cairo," a cura di Donatella Cavezzali, Gangemi editore, 2014 p. 145-153.





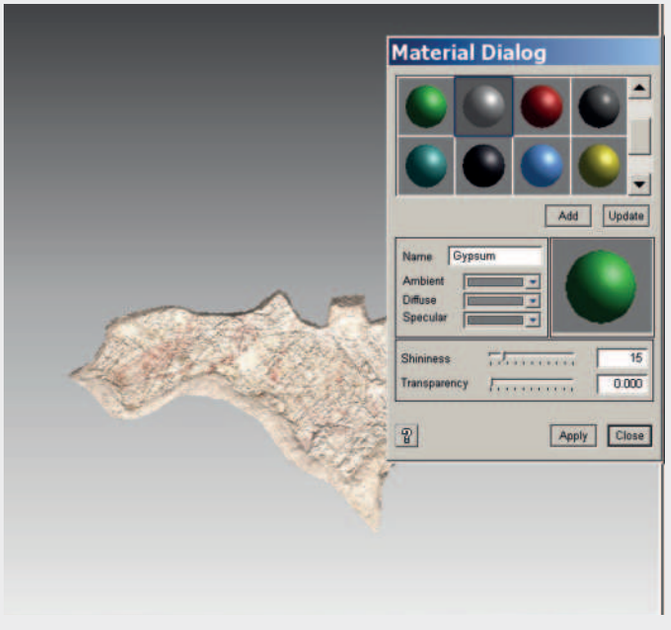
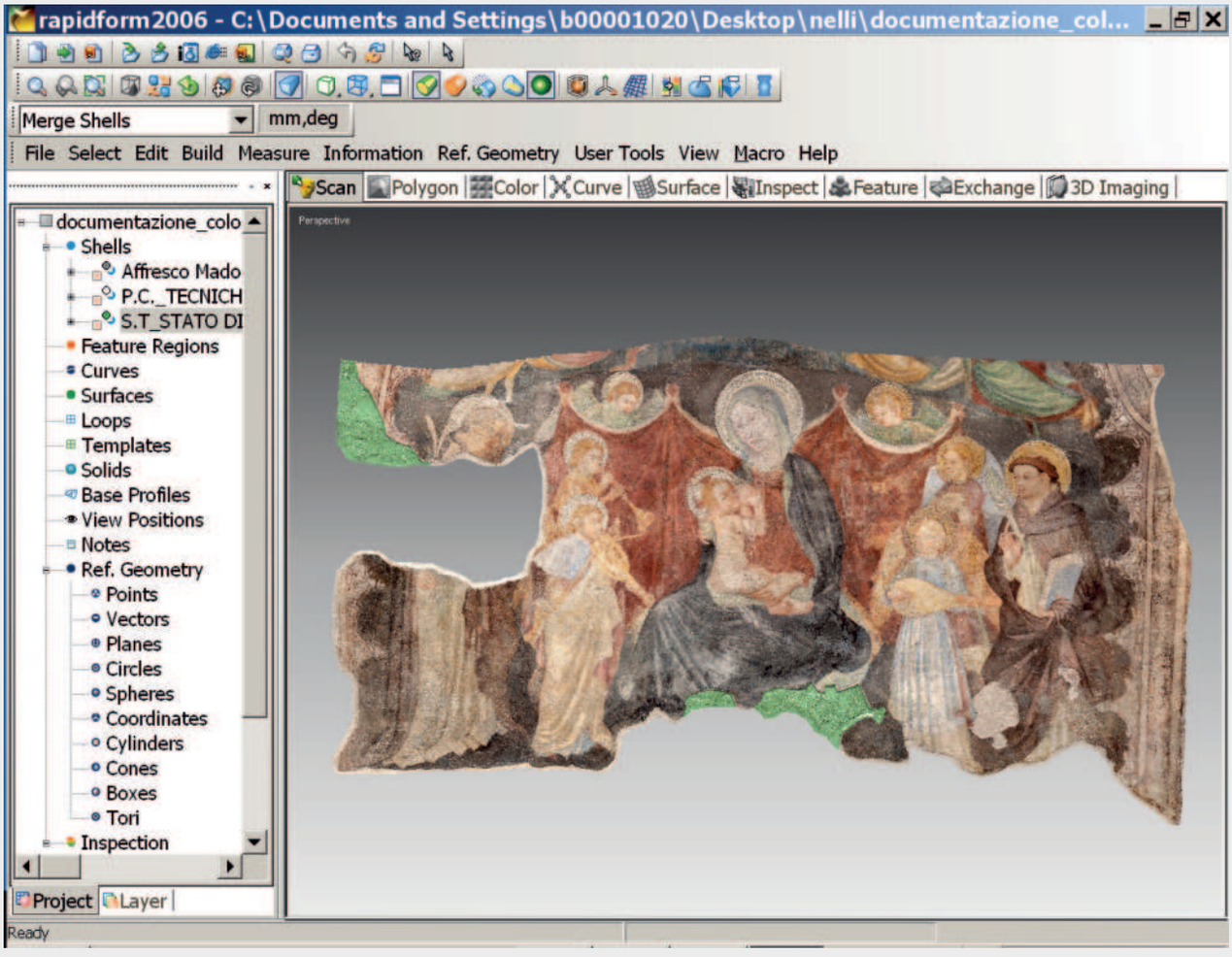


FIG.135-136- 137 Modello 3D con texture all'interno del software Rapid Form 2006, particolare dell'arriccio con sinopia.

Individuate tutte le parti dell'affresco che presentavano l'arriccio con sinopia, queste sono state copiate e incollate i un nuovo livello, nominato: **STATO DI CONSERVAZIONE_ Lacune dell'intonachino con arriccio e sinopia.**

Il software permette infatti di utilizzare livelli separati per diversificare i tematismi riconosciuti, con la possibilità di differirli per colore e nominativo.

Per evidenziare il tematismo, si è proceduto alla modifica del loro colore, tramite il comando **Edit, Material.**



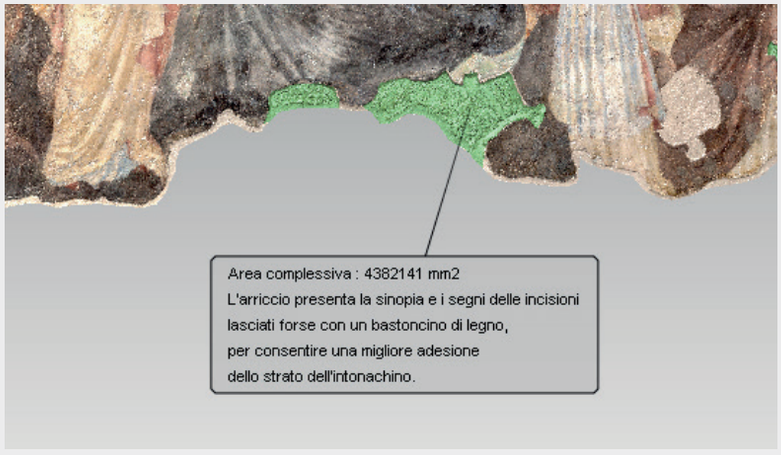
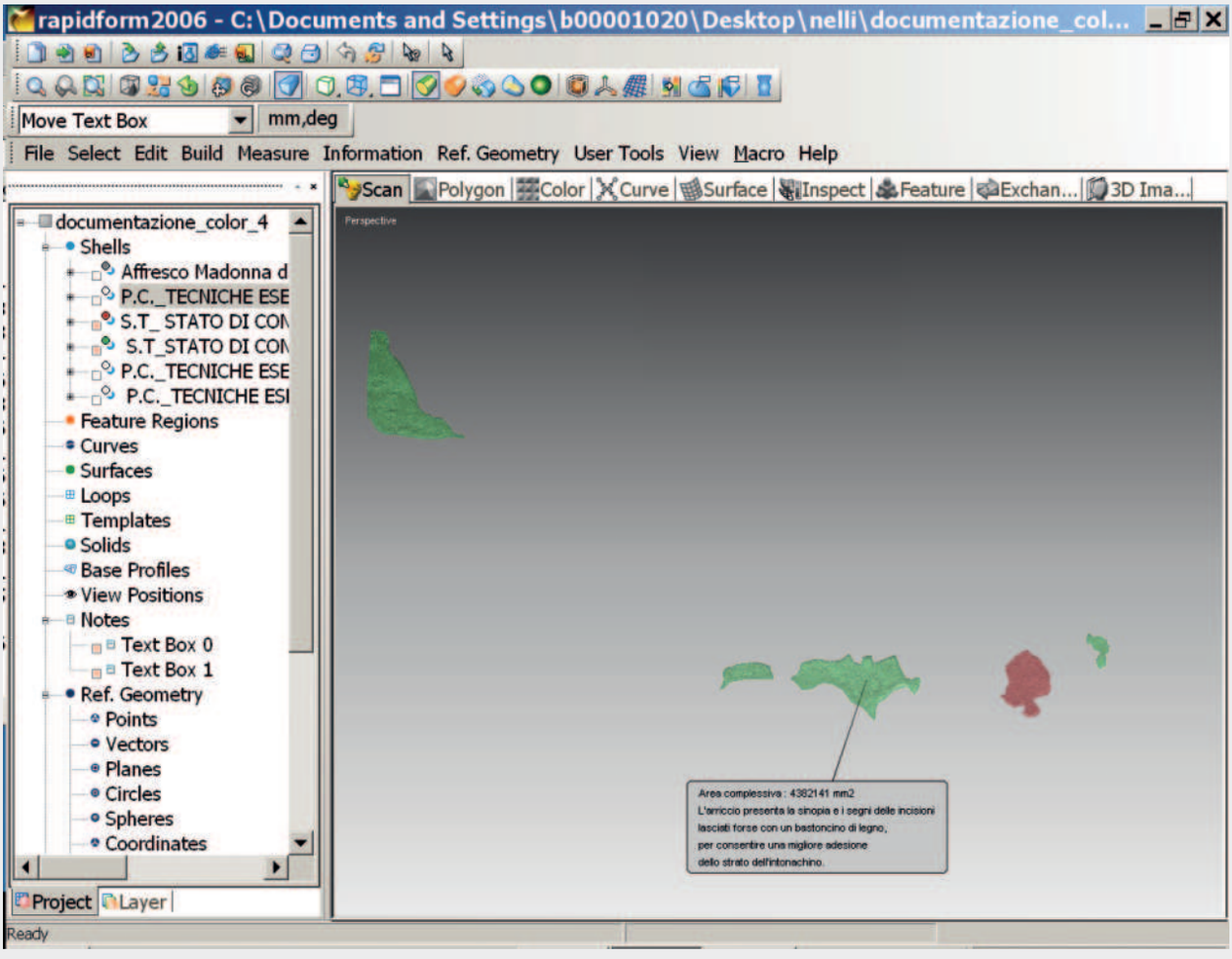


FIG.138-139 **Modello 3D con texture all'interno del software Rapid Form 2006.**

Sui tematismi così evidenziati il software offre la possibilità di inserire delle note direttamente sul modello con la possibilità di modificarne la dicitura e il posizionamento.



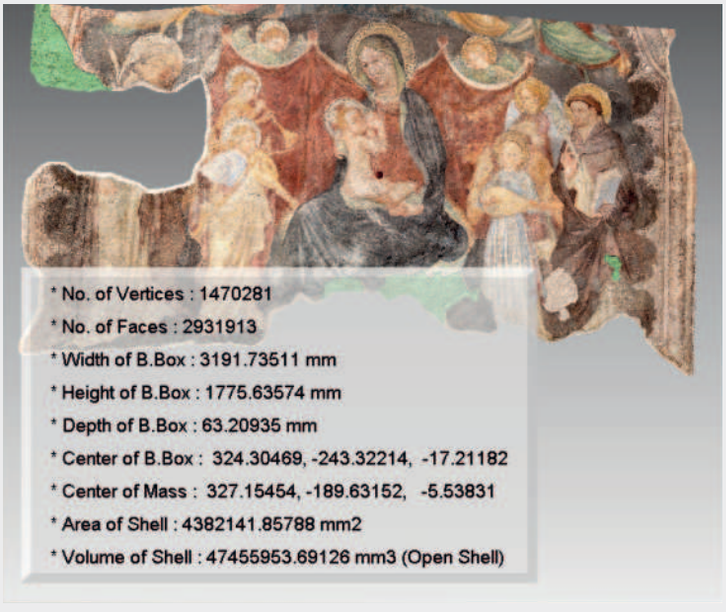


FIG.140-141 Modello 3D con texture all'interno del software Rapid Form 2006.

I singoli livelli possono essere spenti o accesi per visualizzarli separatamente calcolando l'aria complessiva in mm di ogni singolo livello selezionato.

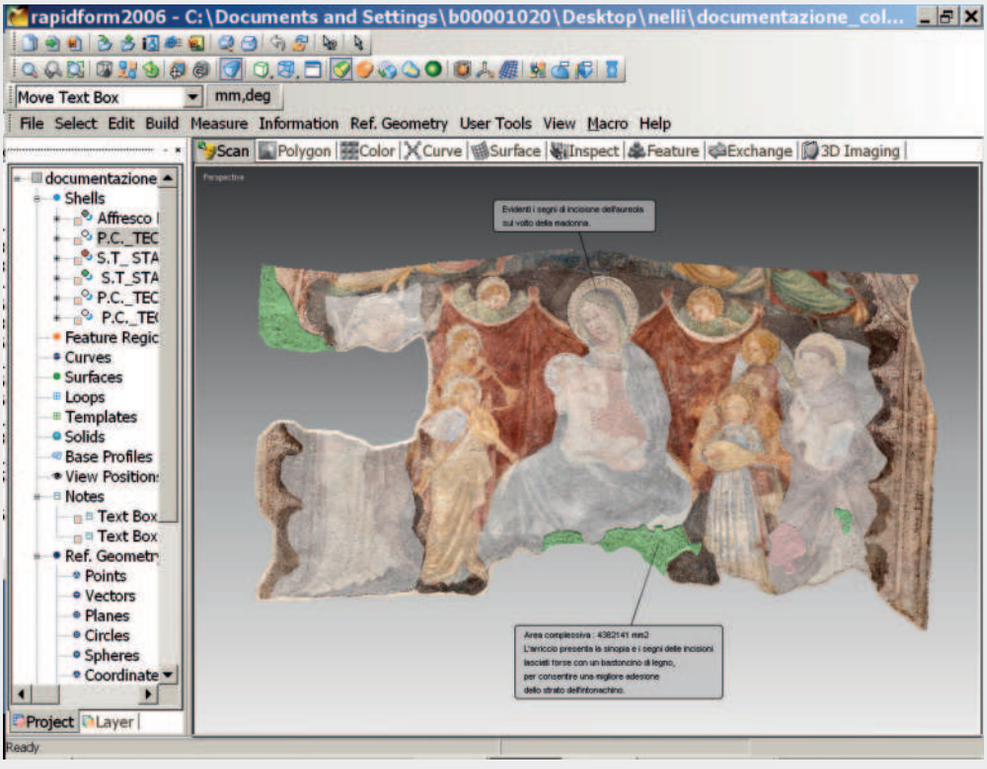
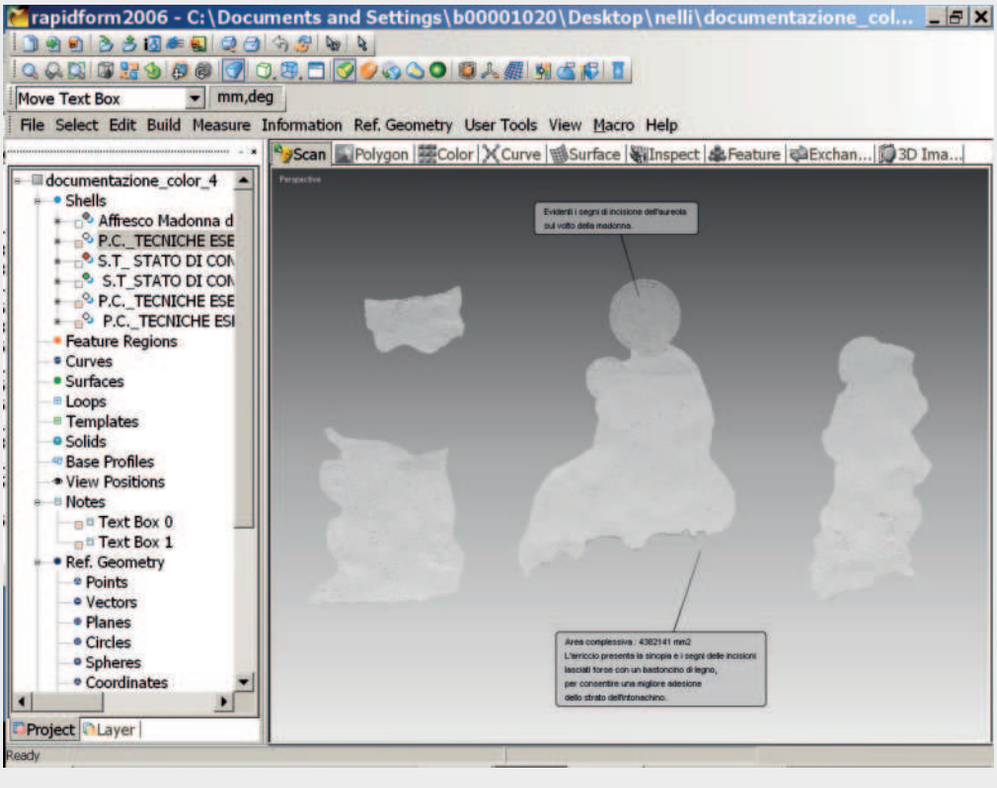


FIG.142-143 **Modello 3D con texture all'interno del software Rapid Form 2006.**

Tematismi applicati sul modello 3D.



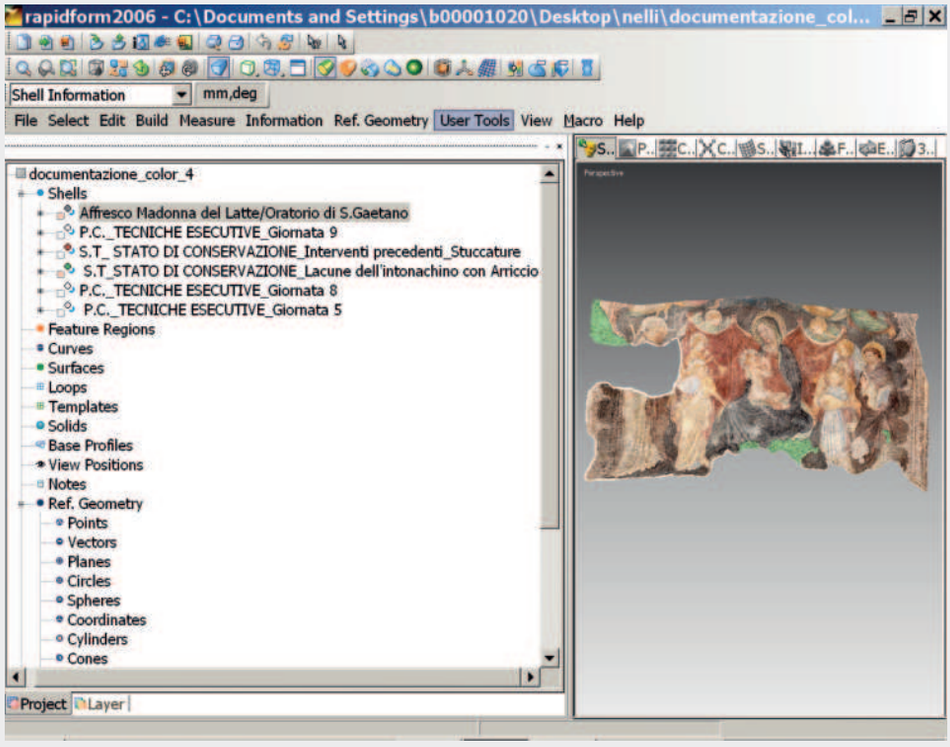
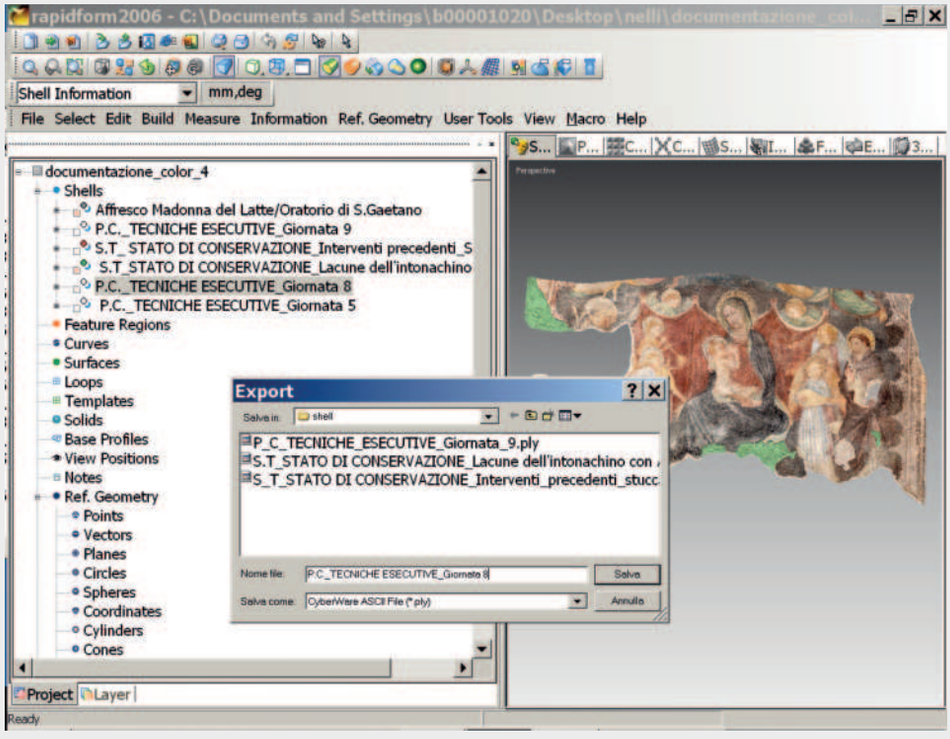


FIG 144-145 **Modello 3D con texture all'interno del software Rapid Form 2006.**

I layer possono essere denominati secondo le classi e le categorie di appartenenza.

RapidForm 2006 non è un software open source, per ovviare a questo problema, e rendere accessibile a tutti gli operatori la fruizione dei tematismi rilevati direttamente sul 3D, questi ultimi sono stati esportati singolarmente, e poi importati nel software **Meshlab.**



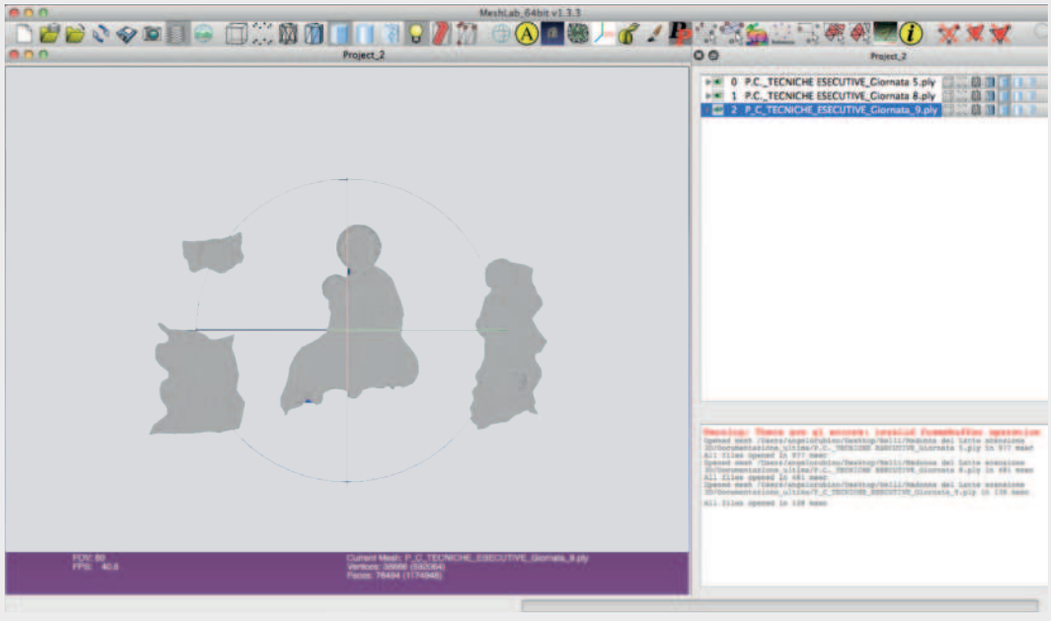
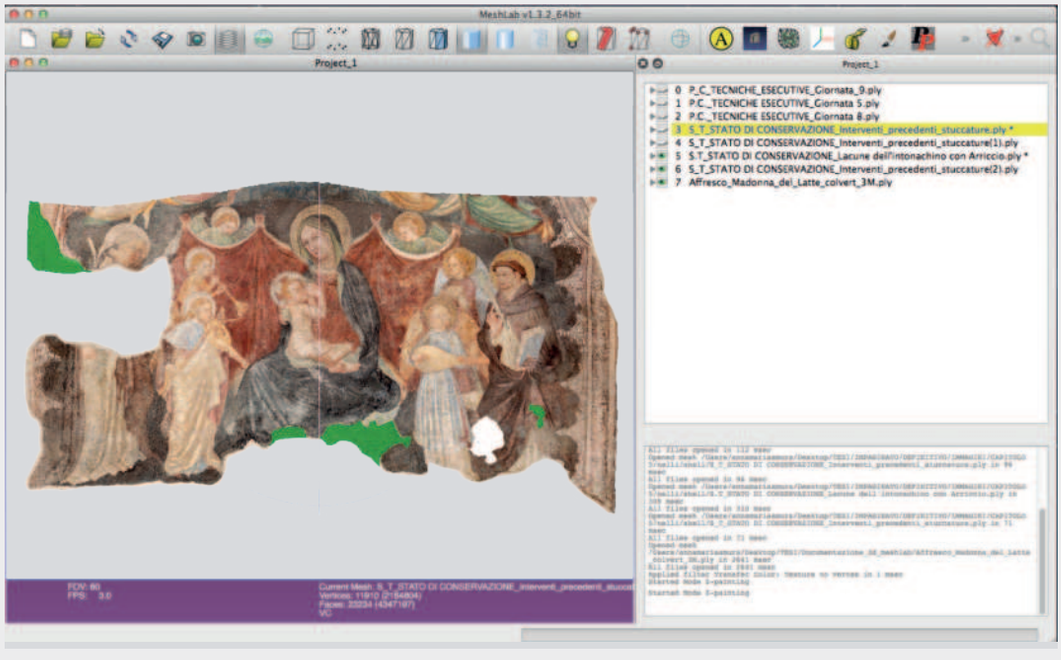


FIG 146- 147 **Modello 3D con texture all'interno del software Meshlab.**

Esportati i livelli in formato **ply** da **Rapid Form 2006**, sono stati importati in **Meshlab.**
rendendo così fruibile la mappatura tematica eseguita in maniera estremamante precisa direttamente sul modello 3D
I livelli vengono importati in maniera gerarchica, per sovrapposizione: in questo caso sono state importate quindi prima i **Layer** delle giornate, poi quelli delle lacune e successivamente l'affresco.



Con questo tipo di documentazione, il restauratore può ottenere, anche a distanza, informazioni necessarie per progettare l'intervento di restauro, avendo la possibilità analizzare nei minimi dettagli sia la superficie pittorica che l'andamento della muratura, di calcolare il perimetro e l'aria delle zone interessate, per organizzare e preventivare le operazioni da svolgere.

Questa metodologia ha consentito di:

- **avere un'impressione visiva globale del dipinto e dell'andamento della muratura;**
- **determinare, dall'osservazione del succedersi della materia, fasi anteriori, ante quem, o posteriori, post quem, rispetto ad una fase esecutiva di data certa, risalendo alla cronologia del lavoro svolto;**
- **conoscere anche le più piccole deformazioni della pellicola pittorica e della muratura di supporto;**
- **ottenere informazioni riguardo lo stile, la pennellata, il tipo di pennello utilizzato, gli strumenti d'incisione e tecnica esecutiva;**
- **ottenere informazioni metriche sulle aree d'interesse, come spessore complessivo dell'intonaco;**
- **eseguire il riconoscimento oggettivo delle giornate e le pontate mappandole direttamente sul modello 3D con estrema precisione;**
- **riconoscere passati interventi di restauro;**
- **estrapolare istantanee dal modello, con diverse possibilità di angolazione della luce.**

Inoltre, potendo effettuare un'analisi comparativa tra due 3D di due dipinti murali eseguiti dallo stesso autore, è possibile mettere a punto una sceda tecnica delle caratteristiche di riconoscimento della bottega.

La sperimentazione ha dimostrato che l'utilizzo di scanner ai fini di indagine e monitoraggio della conservazione di pareti affrescate può essere eseguito con:

- **accuratezza del risultato;**
- **semplicità di utilizzo;**
- **non invasività dell'intervento;**
- **standardizzazione delle elaborazioni;**
- **gestione numerica di un archivio storico dello stato di conservazione.**


Navigatore
Info
100%

CAPITOLO 6
PROPOSTA PER UNA METODOLOGIA DI DOCUMENTAZIONE GRAFICA

Il flusso dei dati, in un progetto di digitalizzazione dell'opera d'arte, si divide in due momenti che vanno dalla sua riproduzione digitale alla fruizione da parte degli specialisti e degli utenti. Il momento relativo all'acquisizione, comprende sia il processo di formazione dell'immagine, sia la sua conversione in forma numerica e la successiva codifica in un formato di file. L'immagine generata, deve essere il più possibile fedele all'opera originale, soprattutto per quanto riguarda la resa cromatica e deve permettere di analizzare l'opera nei minimi dettagli, portando con sé informazioni utili al riconoscimento della tecnica esecutiva e facilitando il restauratore nell'esecuzione dei tematismi da applicare alla documentazione grafica.

L'utilizzo di apparecchiature e programmi informatici come ausilio al lavoro di documentazione, si è sviluppato gradualmente e in diverse fasi, riuscendo oggi sempre più a dare un supporto consistente alle specificità di studio nel campo della conservazione e del restauro per i beni culturali.
Poter analizzare a fondo un'opera attraverso l'utilizzo d'immagini ad altissima definizione o tramite la restituzione di modelli tridimensionali accurati, permette di avere un quadro completo e una miriade di dati e informazioni che spesso superano di gran lunga le capacità cognitive dell'occhio.
La versatilità, propria dei documenti su supporto digitale, oltre a prestarsi per utilizzazioni su differenti interfacce, permette di aprire nuovi scenari per metodologie informatiche di documentazione, catalogazione mapping e archiviazione, costituendo un data-base sempre e ovunque disponibile per studi e interventi futuri sul patrimonio storico artistico.
La sorgente di luce, l'ottica, il sensore e infine il software di acquisizione e di calibrazione, lasciano un'impronta sull'informazione dell'opera che si vuole catturare e contribuiscono a modificarne il processo di trasferimento dall'oggetto da riprodurre alla sua rappresentazione numerica finale.
In anni passati, tutta la documentazione fotografica era effettuata tramite lastre, diapositive e scatti a pellicola e la documentazione grafica era eseguita principalmente a mano.
Attualmente, i dispositivi di acquisizione digitali, forniscono riproduzioni dell'oggetto in alta definizione, producendo file di elevata qualità[1]. I requisiti raggiunti dalle tecnologie digitali, soddisfano l'attività di rilievo e documentazione, grazie alla possibilità di raggiungere una maggiore conoscenza del manufatto, e migliorano quindi le proccedure del rilevamento stesso, attraverso software che ottimizzano le operazioni di rilievo manuali. Proprio in virtù di questa evoluzione qualitativa, si propone un metodo per gestire al meglio l'alta risoluzione delle immagini[2]durante il processo della mappatura tematica, da integrare alle documentazioni per ottenere una maggiore precisione nel dettaglio di rilievo.

1 Si rimanda a tal proposito al paragrafo *3.3 La fotografia HD*

2 Il termine risoluzione equivale alla densità di campionamento spaziale, espressa in pixel per pollice ppi., accompagnato dalla profondità di colore espressa in bit per pixel, bpp.

6.1 Gestire l'ata definizione

Il primo componente che può determinare la qualità ottenibile da un dispositivo di acquisizione è il **sensore** utilizzato. Per certi aspetti, le differenze sono paragonabili a quanto avveniva con la pellicola, dove in commercio si potevano scegliere film la cui resa dei colori e nitidezza avesse spiccate caratteristiche a seconda del tipo e marca.
Differenti dimensioni del sensore[3], determinano a loro volta delle possibili differenze qualitative sull'immagine.
Oltre la tipologia e tecnologia utilizzata dal sensore, nelle stesse dimensioni possiamo trovare diversi tipi di risoluzione, sulla stessa superficie possono essere disposti un numero superiore di **pixel,** quindi molto più piccoli per raggiungere elevate risoluzioni. Disporre di un **sensore a elevata risoluzione** aiuta a mantenere immagini di ottima qualità anche dopo aver effettuato dei tagli sull'inquadratura.
La risoluzione di un'immagine digitale è quindi formata da **pixel**, quadrati piccolissimi che contengono parte delle informazioni relative all'immagine acquisita. Possiamo scegliere il numero di pixel con i quali costruire la dimensione dell'immagine in relazione alle possibilità del sensore, maggiore sarà il numero di pixel maggiore sarà la quantità d'informazioni che potremo sfruttare per la sua stampa e la sua

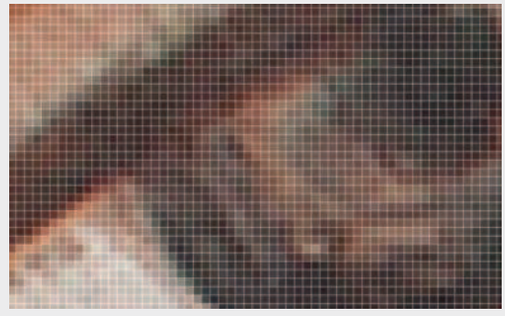


FIG. 148 **Pixel che compongono l'immagine.**

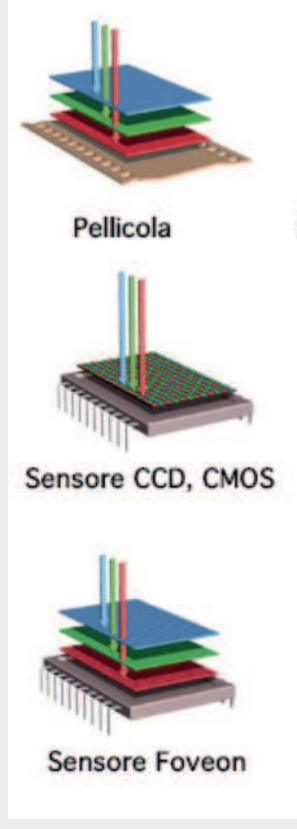


FIG. 149 **Tipologie di sensore a confronto con la pellicola**

3 Un sensore d'immagine digitale è essenzialmente un chip di silicio in grado di catturare e misurare la luce, ovvero la quantità di fotoni che lo raggiungono. I sensori delle fotocamere digitali si basano attualmente sulla tecnologia CCD oppure sulla tecnologia CMOS. Entrambi i tipi sono basati sul silicio, hanno proprietà simili e funzionano convertendo la luce che li colpisce (fotoni) in carica elettrica (elettroni) in maniera simile a quanto avviene nelle celle solari.
Il sensore ha generalmente forma rettangolare e dimensioni variabili da costruttore a costruttore e da modello a modello. La superficie del sensore è formata da milioni di minuscoli "fotositi" disposti secondo una griglia regolare. Questi "fotositi" sono, in effetti, i micro-sensori che compiono la conversione da fotoni in elettroni. Ogni singolo fotosito sarà in grado di fornire in uscita una carica elettrica proporzionale alla quantità di fotoni che l'hanno colpito in una determinata unità di tempo; la carica generata dai fotositi viene poi convertita da un apposito circuito di conversione analogico-digitale in un valore numerico. L'insieme dei valori forniti dai fotositi è elaborato dal microprocessore della fotocamera e costituisce l'informazione necessaria alla ricostruzione dell'immagine catturata. Il sensore da solo è cieco ai colori e registra tutto in bianco e nero, quindi c'è bisogno di tre sensori diversi per registrare l'informazione minima che ci possa consentire di ricostruire i colori: uno sensibile al rosso, uno al verde e uno al blu, poiché nella grafica un colore preciso è definito da tre valori, uno per ciascuno di questi colori fondamentali. Normalmente in un sensore il 25% dei fotositi registra il rosso, il 25% il blu e il 50% registra il verde. Per rendere sensibili a una particolare lunghezza d'onda i fotositi, davanti ad essi viene posto un filtro che lasci passare solo le lunghezze d'onda volute. In pratica davanti al fotosito è posto uno strato trasparente e colorato in rosso o verde o blu. Questi filtri sono disposti secondo uno speciale schema in inglese pattern- a scacchiera. Il più utilizzato è il cosiddetto schema di Bayer.

fruizione.
Per quanto riguarda la stampa, entra in gioco il concetto di **dpi** ***(dots per inch)*** che ci dice quanti **punti** (***dots)*** vengono stampati per ogni **pollice** ***(inch)***.
Il **dpi** rappresenta quindi l'unità di misura utilizzata per indicare la risoluzione grafica che può essere riprodotta da un dispositivo, come un monitor o una stampante; valori più alti significheranno che i punti saranno più fitti, più vicini tra loro, al contrario valori bassi indicheranno che i punti avranno una densità, una distanza tra di loro più elevata.
Il numero di pixel costituisce anche il dettaglio dell'immagine, quindi avendo la possibilità di scegliere la risoluzione con cui fotografare o acquisire le immagini, è meglio preferire quella più elevata, per evitare di dover inserire punti non reali con il metodo dell'interpolazione[4] al fine di incrementare le dimensioni dell'immagine acquisita troppo piccola.
Altro aspetto che riguarda la qualità dell'immagine è relativo al formato file di registrazione. Possiamo distinguere tre differenti tipologie di formato:

- **JPG (Joint Photographic Experts Group)**
- **TIFF (Tagged Image File Format)**
- **RAW(file grezzo, non elaborato)**

Il **JPG** è il formato di registrazione più conosciuto e utilizzato. È un file leggero, in termini di ***byte***, veloce da scrivere sulle schede di memoria, ma questa leggerezza deriva dalla perdita d'informazioni dovute alla compressione dei dati dell'immagine. Durante l'elaborazione dello scatto, il software della macchina fotografica, elimina i dati relativi ai colori e al dettaglio, considerati molto simili tra loro. La perdita di qualità, rispetto ad un **TIFF** o un **RAW,** è avvertibile soprattutto nelle stampe in grande formato dal punto di vista del dettaglio, ma anche da una minore resa delle varie sfumature di colore.
Per questo motivo, gli operatori, specialmente quelli che lavorano nel settore della fotografia per i beni culturali, tendono ad acquisire l'immagine sempre attraverso il file **RAW**, per non avere perdite di qualità nella registrazione del file, per il recupero di dettagli, gamma, e cromia. Questo formato di file, proprio per la caratteristica di mantenere tutte le informazioni al suo interno, è un file che, unito alla tecnica di fotografia **HD**[5], porta all'elaborazione di immagini finali molto grandi.

Esistono due modi per eseguire questa procedura:

1. Risoluzione fissa: modifica le dimensioni in pixel dell'immagine lasciando invariato la risoluzione in dpi.
Questo approccio non comporta modifiche al file nel caso l'immagine venga rimpicciolita mente può creare una perdita di qualità nel caso in cui le dimensioni finali siano maggiori di quelle iniziali.
Riducendo le dimensioni di un'immagine, infatti, non si fa altro che scartare dati non più necessari. Ingrandendo invece, il software dovrà interpolare i dati esistenti per crearne di nuovi.
Per comprimere il file con questa operazione nella finestra dimensioni immagine di **Photoshop**, assicurarsi che la voce **"*Resample image* - Ricampiona Immagine"** sia selezionata, e modificare successivamente le dimensioni.

4 Il processo d'interpolazione per aumentare le dimensioni dell'immagine, è eseguibile tramite software dedicati. Questo processo copia i pixel adiacenti per adattarli alla risoluzione finale richiesta, cosi facendo l'immagine perde di dettaglio. Al contrario un ridimensionamento dell'immagine non diminuisce la qualità dei pixel, ma determina solo delle dimensioni più piccole della stessa.

5 Per informazioni sulla tecnica dello stitching si rimanda al capitolo *2.3 La Fotografia HD*

2. Dimensioni in pixel fisse: modifica la risoluzione dell'immagine cambiando il valore di dpi.
Anche in questo caso diminuendo la dimensione dell'immagine non si hanno particolari controindicazioni, ingrandendola invece il problema risiede nel fatto che si tenta di disporre su una superficie più ampia lo stesso numero di pixel che costituivano l'immagine iniziale.
Per forti ingrandimenti il livello qualitativo di stampa e fruizione potrebbe non essere accettabile.
Per compiete questa operazione nella finestra delle dimensioni immagine di **Photoshop,** assicurarsi che la voce **"*Resample image* - Ricampiona Immagine"** non sia selezionata. Successivamente modificare dimensioni, il valore dpi diminuirà se l'immagine sarà ingrandita e aumenterà se sarà rimpicciolita. Quest'approccio è quello consigliato quando si vuole mantenere invariati i pixel che compongono l'immagine e le sue dimensioni in termini di byte, infatti, la dimensione in MB dell'immagine rimane costante come i valori in pixel.

Aumentando la densità dei punti si ottengono quindi immagini migliori, in cui non è presente alcun effetto di granulosità e in cui i passaggi tonali sono più graduali.
A causa della struttura stessa dei nostri occhi però è inutile superare una certa soglia di definizione.
Il nostro apparato visivo infatti è in grado di distinguere dettagli fino alla risoluzione di circa **300 dpi**.
Oltre questo valore, ogni informazione aggiuntiva sarebbe confusa con le altre e non sarebbe rilevabile.
Per questo motivo si è stabilito che la risoluzione ottimale per un'immagine fotografica sarà di circa **300dpi** (massima qualità) con un minimo di **200-240 dp**i in casi particolari. Utilizzi diversi dalla stampa prevedono tuttavia valori anche molto più bassi: per una destinazione di stampa il valore consigliato è quello **300 dpi**, per stampe di grandi dimensioni 200dpi, per quotidiani **100dpi** e per Web - Monitor **72dpi**.
Il fotografo, quindi, fornisce al restauratore un file JPG, a dimensioni reali o in scala, che, pur mantenendo tutte le caratteristiche dell'alta definizione, può a sua volta essere ridimensionato e letto da tutti i dispositivi, anche da quelli che non permettono di lavorare su file raster di grandi dimensioni.
È su questo file finale che il restauratore esegue la documentazione grafica.

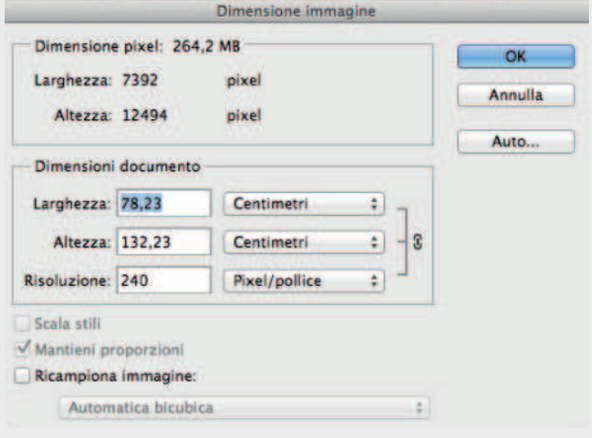


FIG.150 **Finestra di Photoshop per il rimensionamento dell'immagine.**

6.2 Da Adobe illustrator ad AutoCAD

Come abbiamo visto nel primo capitolo dedicato alla documentazione[6], molti sono i software utilizzati per inserire dati scientifici ed eseguire tematismi su base fotografica, ma il principale strumento utilizzato per tale scopo è **AutoCAD**, un software **CAD (computer aided design)** sviluppato originariamente per PC, e introdotto nel mercato nel 1982 da **Autodesk.**

Essendo un software nato principalmente per produrre disegni bi e tridimensionali, era principalmente usato in ambito architettonico, e ingegneristico.

Il documento grafico prodotto da questo software è di tipo vettoriale, ovvero le entità grafiche sono definite come oggetti matematico/geometrici: questo permette, diversamente da quanto succede nei documenti grafici di tipo raster, di scalarle ed ingrandirle indefinitamente senza perdita di risoluzione, la base grafica eseguita.

I documenti prodotti con **AutoCAD** vengono salvati in modo nativo nel formato **DWG *(drawing)***; possono però essere esportati in formati diversi, di cui il più comune è il **DXF *(drawing exchange format)***, considerato uno standard per l'interscambio di dati **CAD** tra diverse applicazioni.

La problematica di **AutoCAD** è che, essendo un software nato per la creazione di modelli 3D, non permette di gestire **immagini raster** (.png, .tiff, .jpeg, ecc.) a piena risoluzione. I file JPG che il fotografo fornisce al restauratore in alta definizione, inseriti in questo software, possono solo essere visualizzati come dei riferimenti esterni, ma non possono essere incorporati all'interno del file stesso.

Inoltre è un Software che si basa su algoritmi matematici complessi per effettuare ogni singola operazione, il che può rendere meno fluida l'esecuzione dei tematismi grafici.

Inoltre, non permette di riportare, alcune caratteristiche tipiche della documentazione grafica, come, ad esempio, la trasparenza dei layer eseguiti in passato a mano per differenziare le varie aree d'interesse.

Ma l'aspetto più critico riguarda proprio la scarsa gestione che ha delle immagini ad alta definizione, soprattutto per quanto riguarda l'esportazione, e la stampa: **AutoCAD** esporterà la base grafica vettoriale ad altissima risoluzione, mentre ridimensionerà il file JPG portandolo a una risoluzione variabile in base alle misure del file di esportazione.

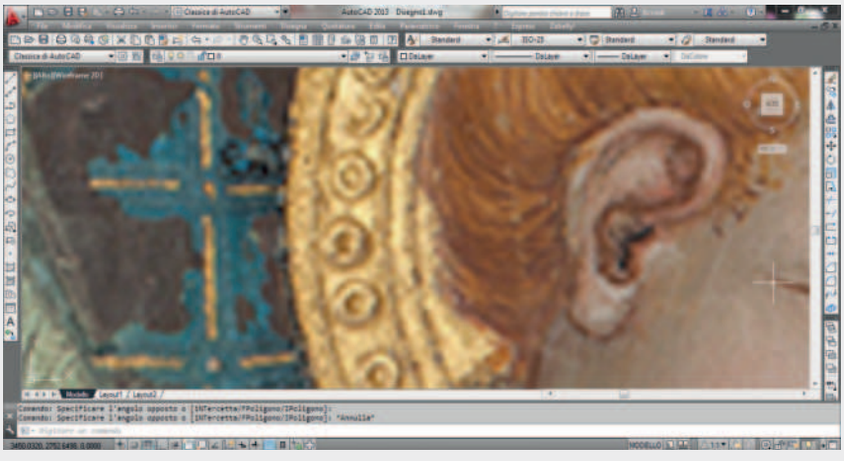


FIG. 151 **Finestra Autocad con un ingrandimento dell'immagine raster.**

6 Si rimanda al capitolo 1 *La documentazione nel restauro.*

A tal proposito ho quindi proposto, nel mio lavoro di tesi, di eseguire le mappature tematiche degli affreschi presi in esame con **Adobe Illustrator**, un software di grafica vettoriale prodotto da **Adobe Systems Incorporated**.
La prima uscita del programma 1.0 si ebbe nel dicembre 1986 per Apple Macintosh[7].
Questo programma, è nato proprio per unire la grafica vettoriale alle immagini raster: facendo parte della suite Adobe, offre la possibilità di gestire al meglio tutto il processo di gestione e controllo dell'immagine, quali alta risoluzione, gestione del profilo colore, ecc, permettendo allo stesso tempo di costruire immagini vettoriali attraverso forme geometriche o strumenti di tracciatura.
Essendo creato e inserito nella stessa ***suite*** in cui è contenuto **Photoshop**, permette la completa fruizione delle immagini raster ad alta risoluzione e le incorpora completamente nel file che si viene a creare al suo interno, permettendo di effettuare ogni tipo di modifica su queste.

All'interno di **Illustrator** possono essere eseguite tutte le operazioni per la documentazione grafica, tra queste possiamo evidenziare:

- **le misurazioni con lo strumento righello;**
- **possibilità di mettere in scala le immagini;**
- **allineamento, modifica e trasformazione di oggetti o tavole da disegno rispetto ad altri oggetti, visualizzando la posizione X e Y e i valori delta;**
- **la possibilità di eseguire tracciati vettoriali con lo strumento penna, modificabili in qualsiasi momento e in ogni punto con molta facilità;**
- **possibilità di effettuare il tracciato ingrandendo l'immagine quanto basta per avere il dettaglio della parte interessata e sfruttare completamente l'alta definizione;**
- **creare Categorie, livelli e sottolivelli contenenti infiniti layer;**
- **creare delle trasparenze o dei retini per differenziare le varie aree di interesse;**
- **creare parti di testo, unendo documentazione scientifica ed elaborazione grafica.**

L'unica opzione utile alla documentazione che non è presente in Illustrator, è lo strumento calcola area del tracciato, ma la grande versatilità di questo programma, consiste proprio nella sua capacità di lettura ed esportazione di svariati formati file: è infatti possibile sia importare che esportare file **AutoCAD** in formati **DXF** e **DWG**, ed eseguire quest'operazione su **AutoCAD** o su altri software specifici.
Durante l'importazione e l'esportazione in Illustrator, si può specificare la scala, l'unità di mappatura (unità personalizzata per interpretare i dati di lunghezza nel file AutoCAD), se ridimensionare lo spessore della linea dei tracciati, quale layout importare e se centrare la grafica.
Illustrator supporta la maggior parte dei dati AutoCAD, compresi oggetti 3D, forme e tracciati, riferimenti esterni, oggetti di regione, oggetti curvilinei (applicati a oggetti di Bézier che mantengono la forma originale), oggetti raster e oggetti di testo; quando s'importa un file che contiene riferimenti esterni, legge i contenuti dei riferimenti e li inserisce in posizioni

7 Ufficialmente Adobe Illustrator uscì nel gennaio 1987. La prima versione per Windows risale al 1989 ed è la 2.0. Attualmente, oltre ad essere venduto da solo, Adobe Illustrator è inserito nella Adobe Creative Suite.

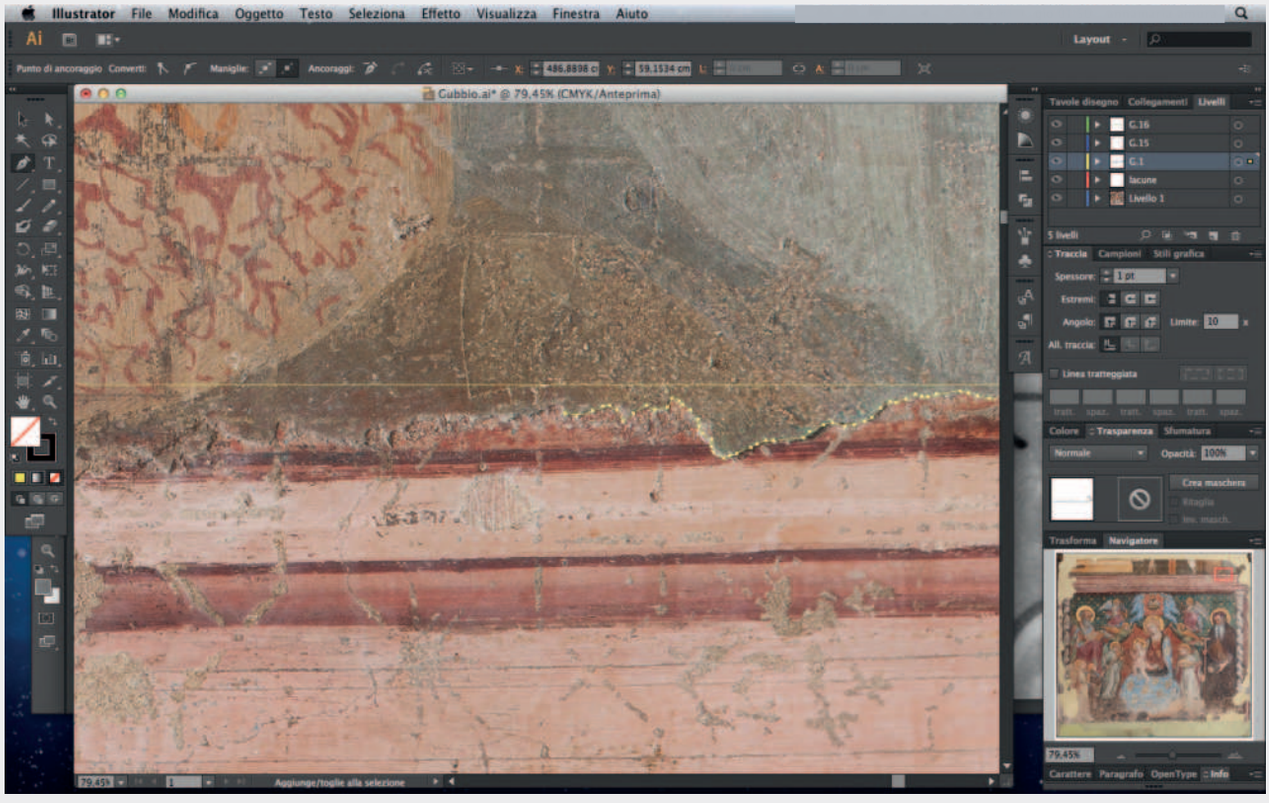
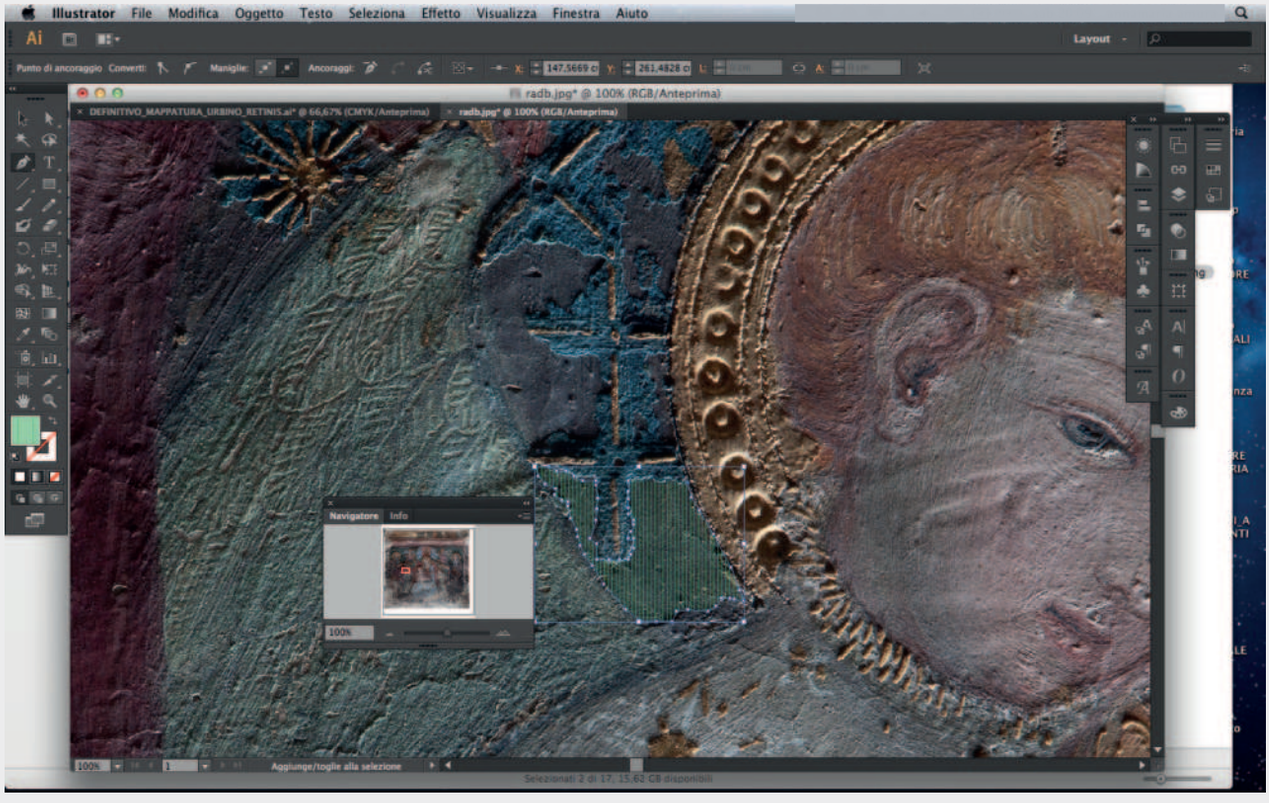


FIG.152-153 ***Madonna del Belvedere*, durante la mappatura eseguita su Illustrator tramite lo strumento Penna.**

La capacità di illustraor di gestire file raster ad alta risoluzione permette un maggiore ingrandimento dell'immagine aiutando nel riconoscimento dei bordi. In questo modo anche le fotografie in luce radente, effettuate appositamente per accentuare lo stato di fatto dell'opera, possono essere utiizzate a piena risoluzione.



appropriate nel file proprio, e se non viene trovato un riferimento esterno, si apre la finestra di dialogo ***Collegamento mancante*** per ricercare e recuperare il file[8].
Un aspetto molto utile per l'interscambio dei file, è la capacità di Illustrator di convertire i disegni importati direttamente in tracciati, per poi modificarli con gli strumenti e i comandi. Importantissima è anche la capacità di mantenere la gerarchia degli oggetti (ad esempio, gruppi e livelli) nella grafica incorporata per alcuni formati di file.

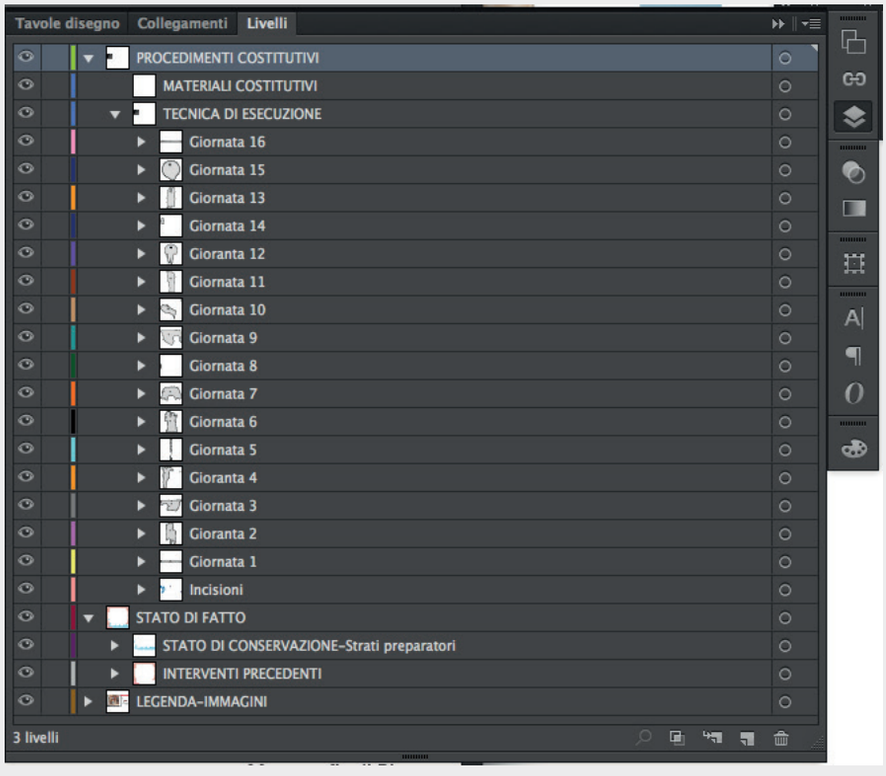


FIG.154 **Layer di Illustrator, con cartelle contenenti le Classi, Categorie**

8 https://helpx.adobe.com/it/illustrator/using/importing-eps-dcs-autocad-files.html

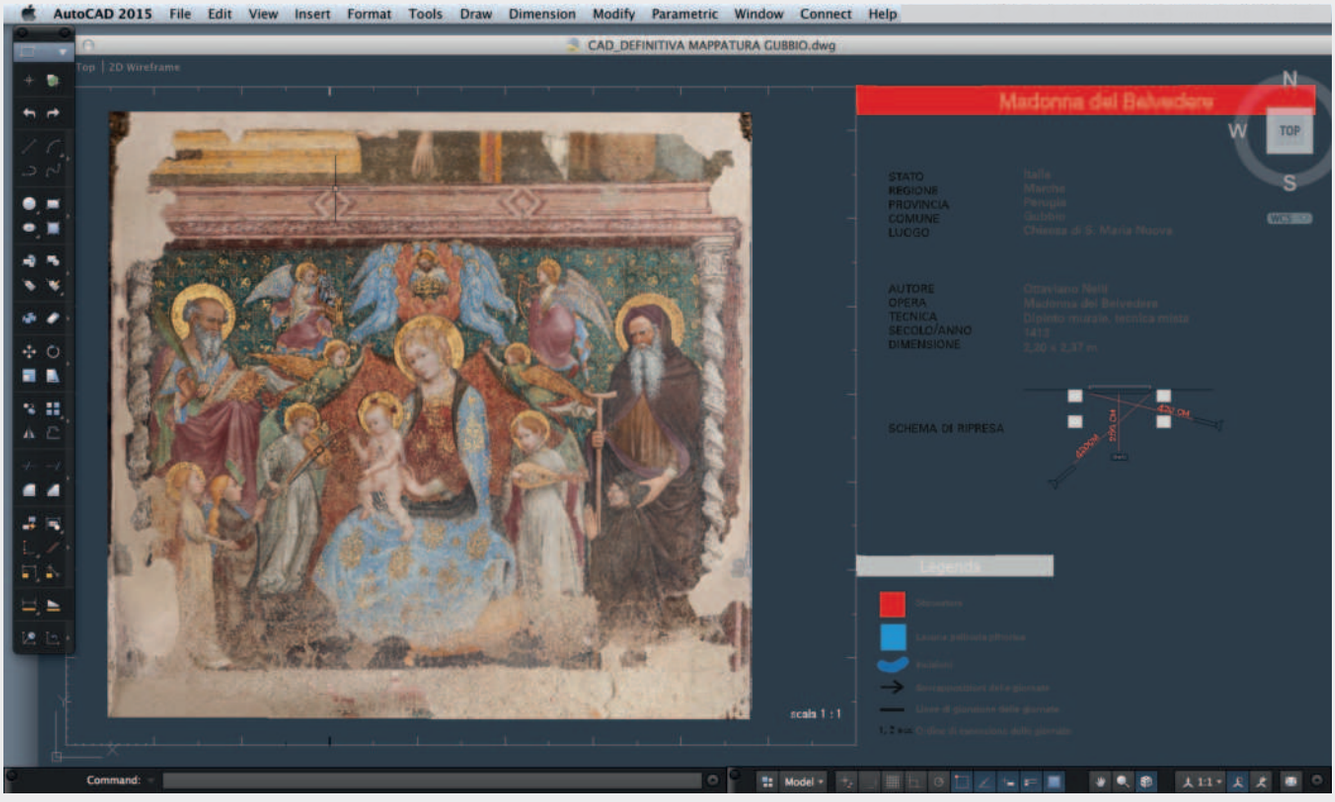
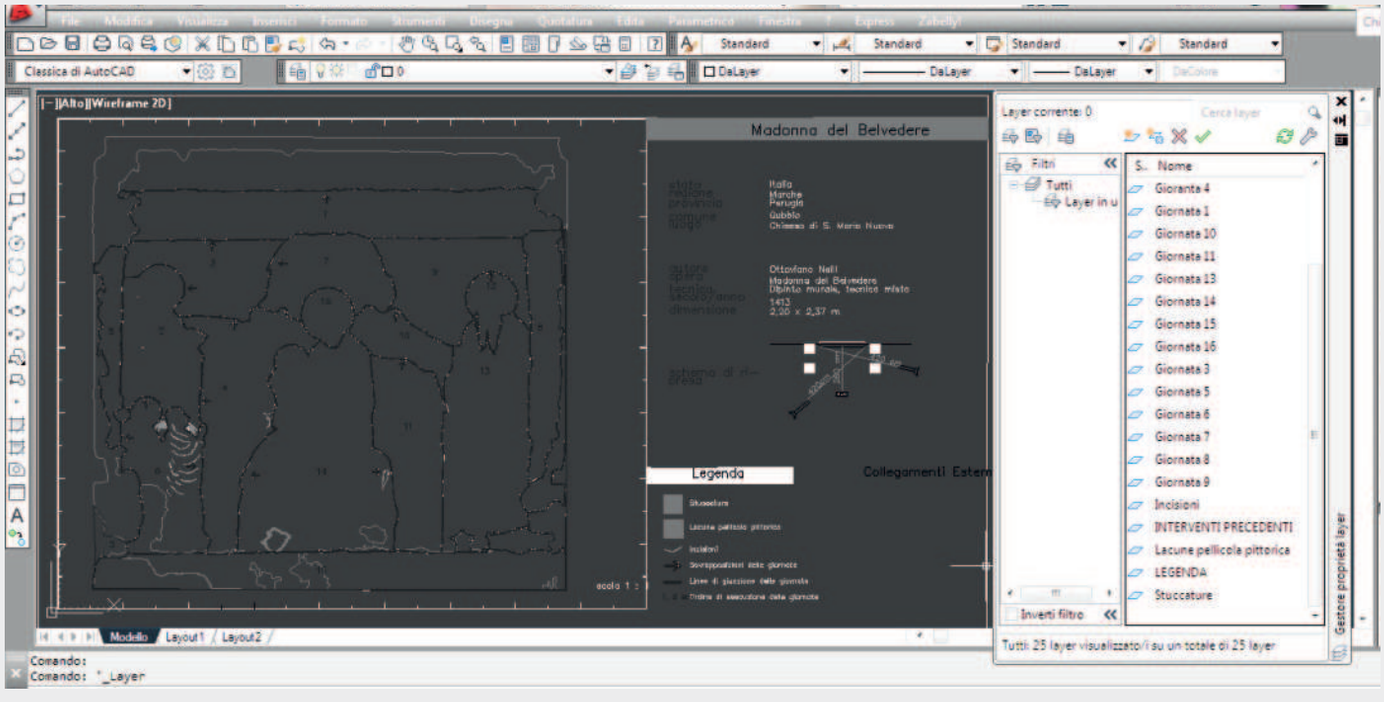


FIG.155 Il File esportato in DWG da Illustrator aperto su Autocad.

Il file matiene tutti i layer e le carateristiche grafiche eseguite su Illustrator. Sarà così possibile eseguire il calcolo dell'area con estrema precisione e facilità.



6.3 Sistema di presentazione

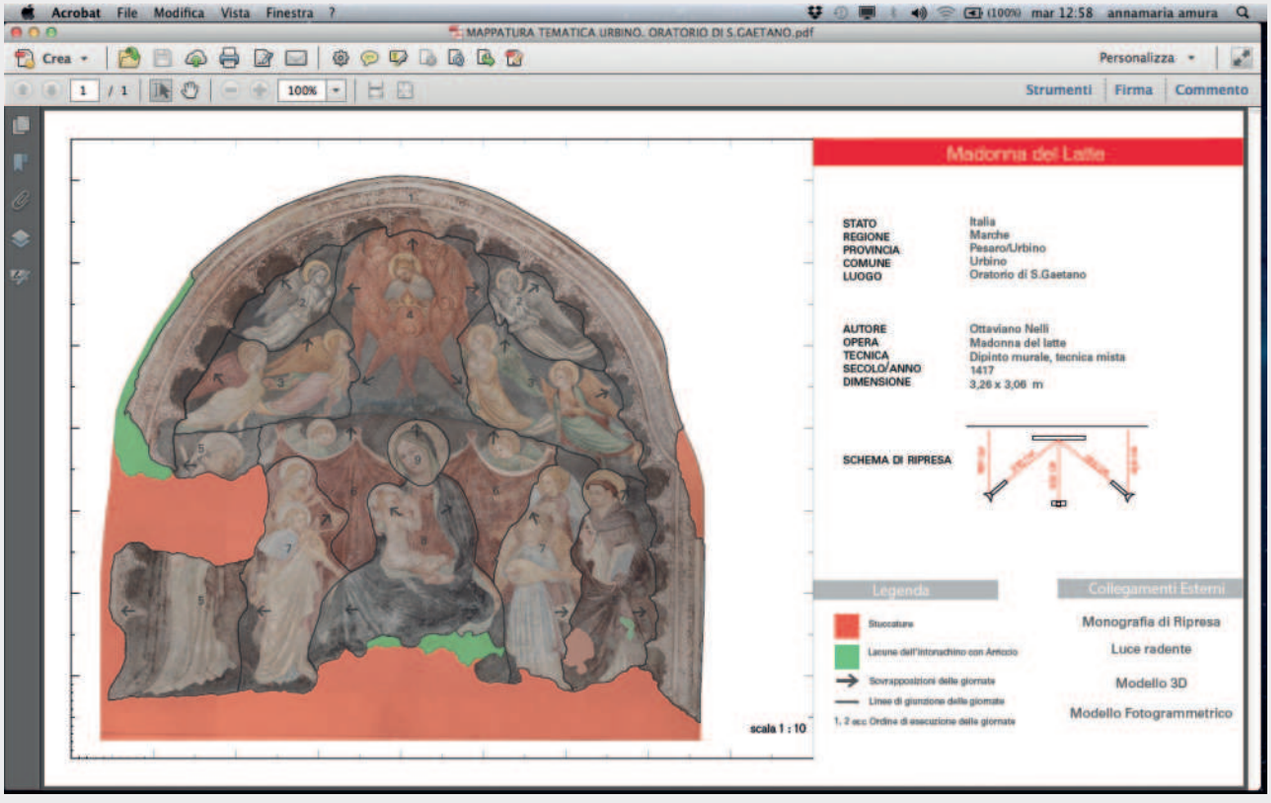
La documentazione grafica e fotografica, dovrebbe entrare a far parte regolarmente di un sistema integrato completo, che possa presentare una attenzione alla valutazione delle condizioni materiali delle opere.
A tale scopo, sono stati creati dagli **Enti Pubblici** dei **Sistemi Informativi**[9]. Tali sistemi, sono indirizzati ad operatori esperti in **GIS**, in quanto basano il loro funzionamento proprio su questo sistema cartografico.
Non tutti gli addetti nel campo del restauro sono formati per adoperare questo sistema, nato e usato in ambito territoriale, urbanistico e architettonico.
Un singolo restauratore, potrebbe quindi riscontrare difficoltà nella compilazione dei dati attraverso questi sistemi.
Facendo comunicare i due programmi con estrema facilità, può così essere utilizzando **Illustrator** per la sua fluidità nell'esecuzione dei tracciati e per la gestione dell'alta definizione, e **AutoCAD**, per eventuali operazioni specifiche come il calcolo dell'area di un tracciato.
Inoltre, la capacità di lettura di file **DWG** che possiede illustrator, permette di eseguire anche modifiche su documentazioni effettuate in precedenza in **AutoCAD**, con la possibilità di accelerarne l'esecuzione, nel caso di modifiche, e migliorarne la precisione dei tracciati. Attraverso l'utilizzo di software più semplici per la creazione della documentazione, l'archiviazione e la condivisione dei dati, può essere gestita dal singolo operatore più agevolmente, con la possibilità di essere poi archiviata in futuro nei sistemi ufficiali.
È stato a tal proposito da me realizzato un esempio di documentazione tramite un **PDF** compatto, contenente dati finalizzati in modo prevalente alla comprensione della consistenza materiale dell'opera, combinando tutti i dati in un unico file, che può essere letto, inviato tramite e-mail e archiviato con facilità[10].
In questo modo ogni utente può farsi un'idea significativa delle condizioni di un'opera fissate all'atto della sua ultima registrazione e si rende oggettivo il suo stato di fatto tramite la lettura della sua "scheda", non più bastata solo sulla lingua scritta, ma su mappature tematiche, foto ad alta definizione, e scansioni 3D precise dell'ordine di millimetro, che dimostrino definitivamente la validità scientifica della scheda proposta[11].
Questo può essere possibile con il software **Adobe Acrobat XI**, di semplice utilizzo e letto da tutti i dispositivi, che permette di unire diversi formati file con il comando ***combina file in un unico PDF***, oppure con l'opzione ***Combinazione di più file in un portfolio PDF***.
Il formato file **PDF** ***(Portable Document Format)***, esportabile sia dal software **CAD** che da **Adobe Illustrator**, è un formato di file flessibile, multipiattaforma e multi-applicazione. Inserito anch'esso nella suite Adobe, si basa sul modello d'imaging PostScript, e consente una visualizzazione accurata rispettando i font, l'impaginazione e gli elementi di grafica vettoriale.
I file **PDF**, creati con **Adobe Acrobat XI,** possono contenere funzioni di ricerca e di navigazione elettronica all'interno dei documenti, come collegamenti esterni a pagine web, a mappe per la localizzazione e a file di qualsiasi tipo.
Per eseguire quest'esempio di documentazione, in primis ho esportato la mappatura tematica eseguita in Illustrator, in un file singolo **PDF**[12], che ha mantenuto tutte le caratteristiche del file originale, compresa la possibilità di visualizzazione singola dei livelli attraverso l'accensione o lo spegnimento di questi.

9 Si rimanda al capitolo *1. La documentazione nel restauro*

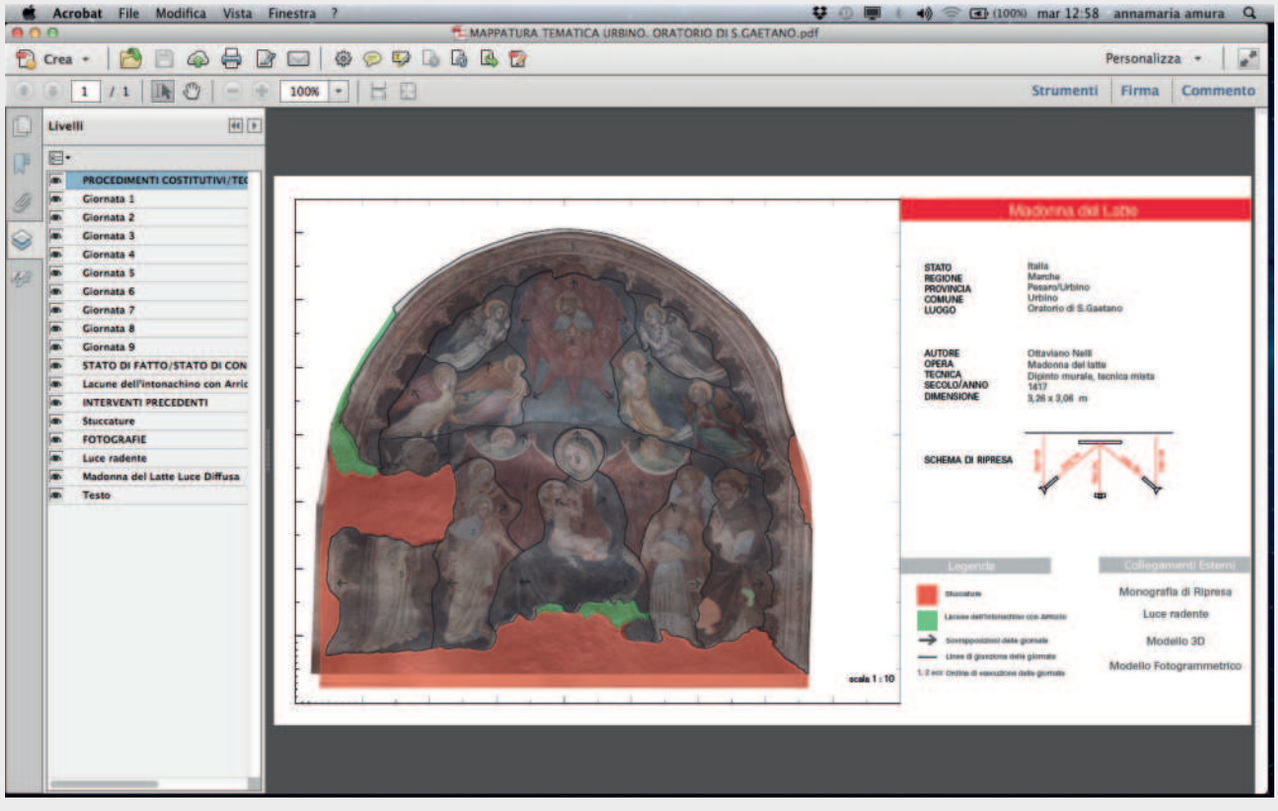
10 http://www.adobe.com/it/products/acrobat/merge-pdf-files.html

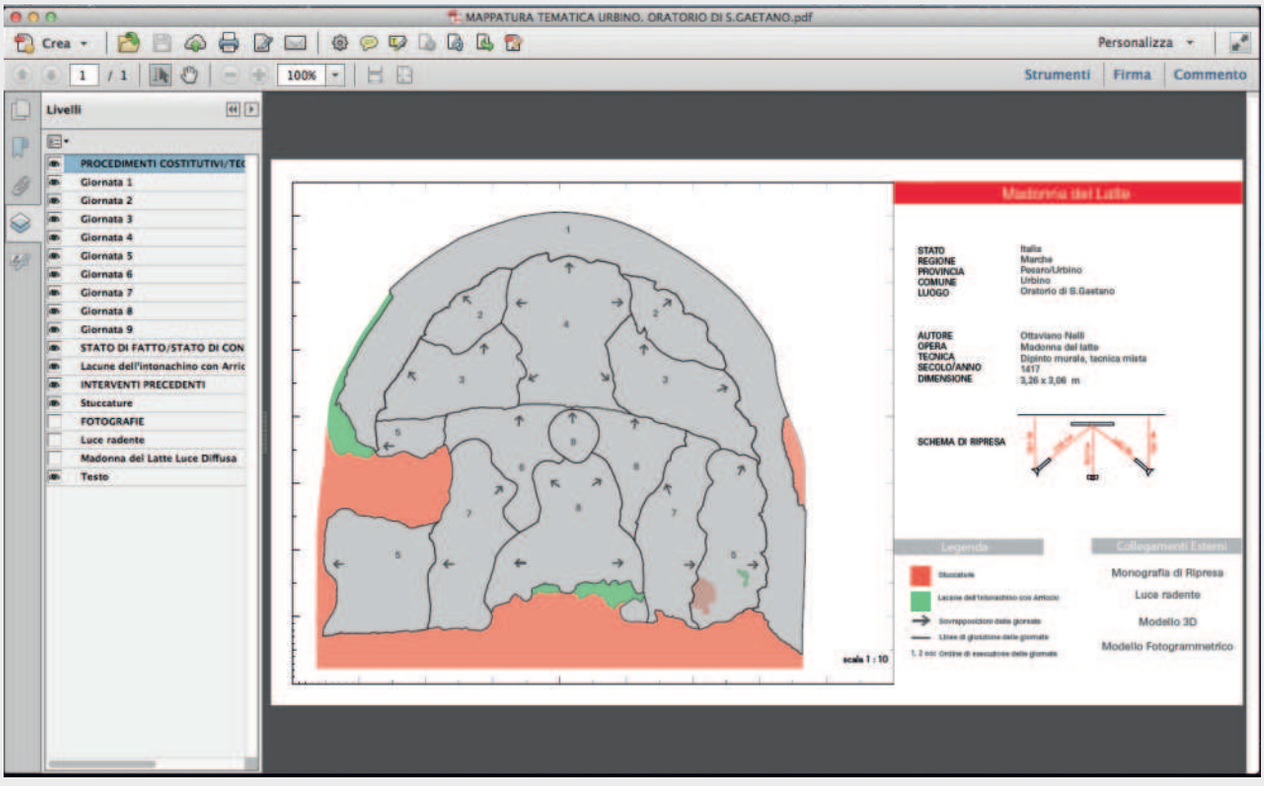
11 Sacco F., *A cosa serve la documentazione dei restauri*. Geomedia,1, 2006; pp.6-12.

12 Tale operazione di esportazione PDF può essere eseguita anche attraverso Autocad.



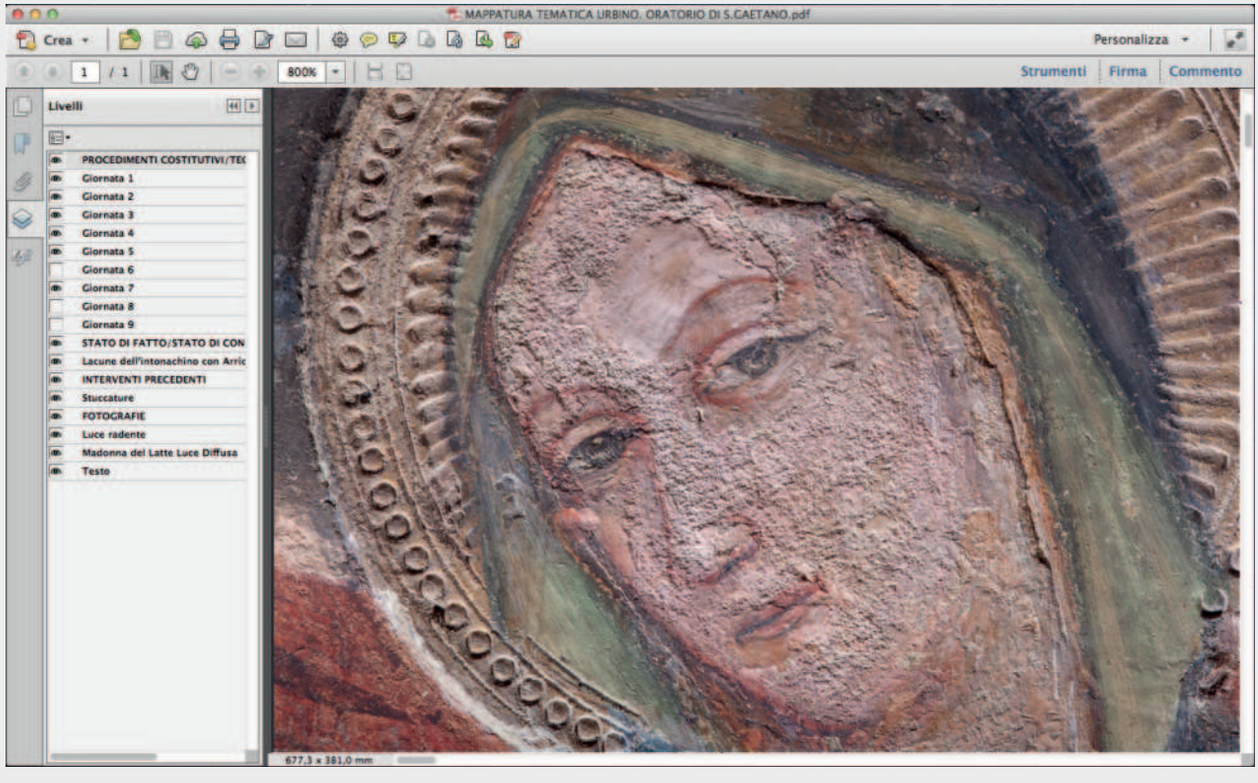
E' possibile scegliere quale tipo d'immagine visualizzare sotto la documentazione grafica, ad esempio la foto in luce diffusa, o radente, accendendo o spegnendo i livelli presenti nella Categoria *Fotografie*.

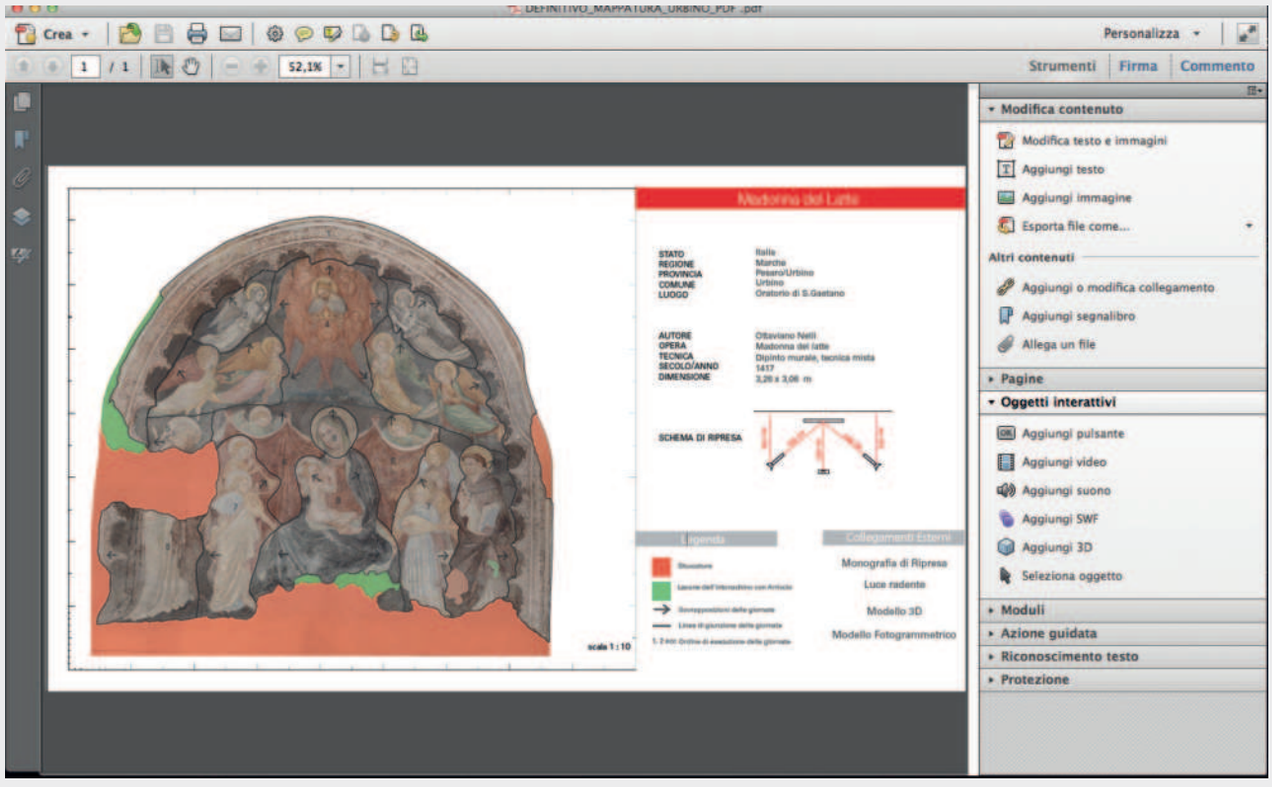




Oppure scegliendo di non visualizzare nessun immagine, per leggere meglio la base grafica.

Sul file così creato, tramite illustrator ed esportato in PDF, è possibile ingrandire l'immagine fotografica per visualizzare tutti i dettagli forniti dall'alta definizione anche all'interno della mappatura tematica.



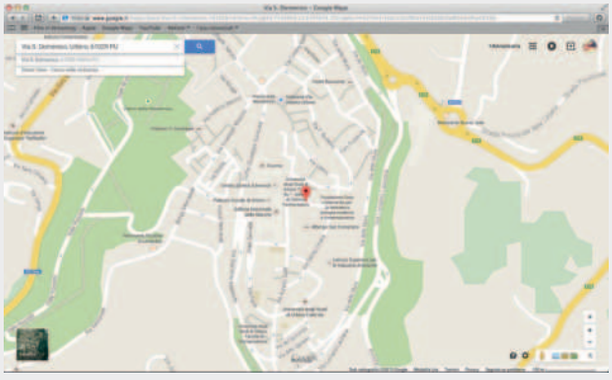


A questo punto Adobe Acrobat XI, permette di eseguire diverse operazioni interattive all'interno del file.

Con l'aggiunta dei pulsanti è possibile creare collegamenti esterni e interattività all'interno del file.

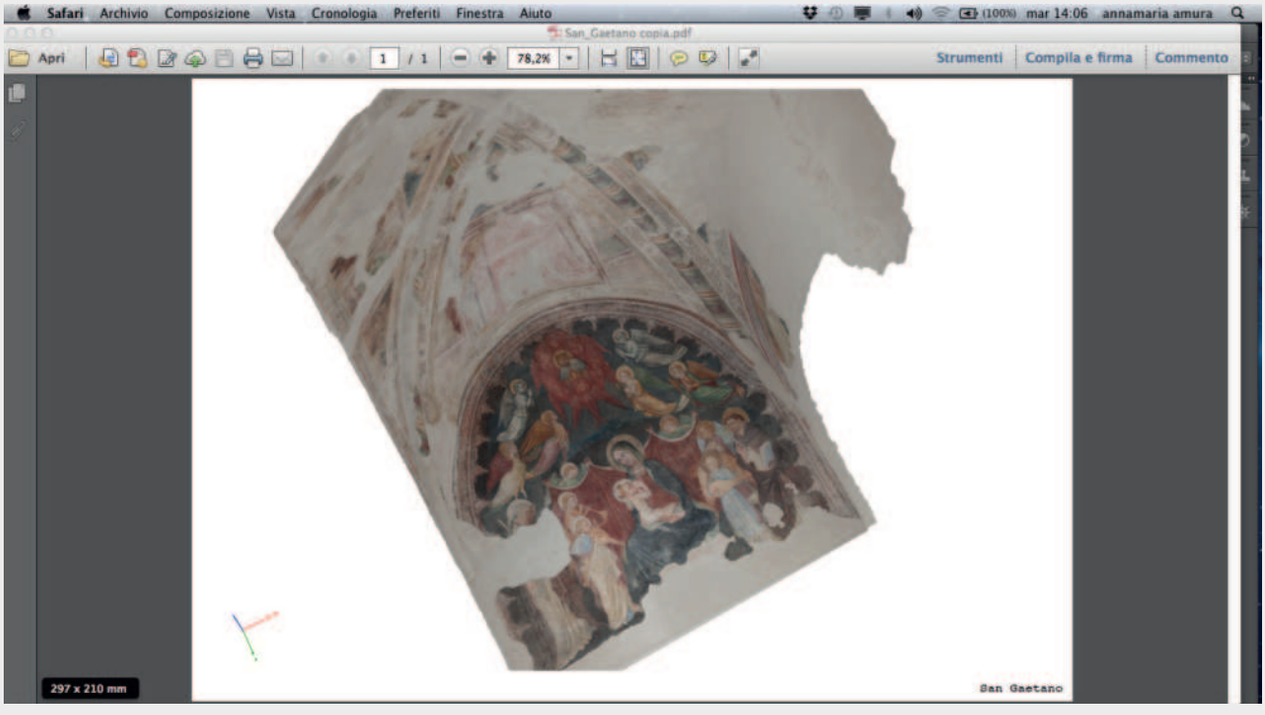


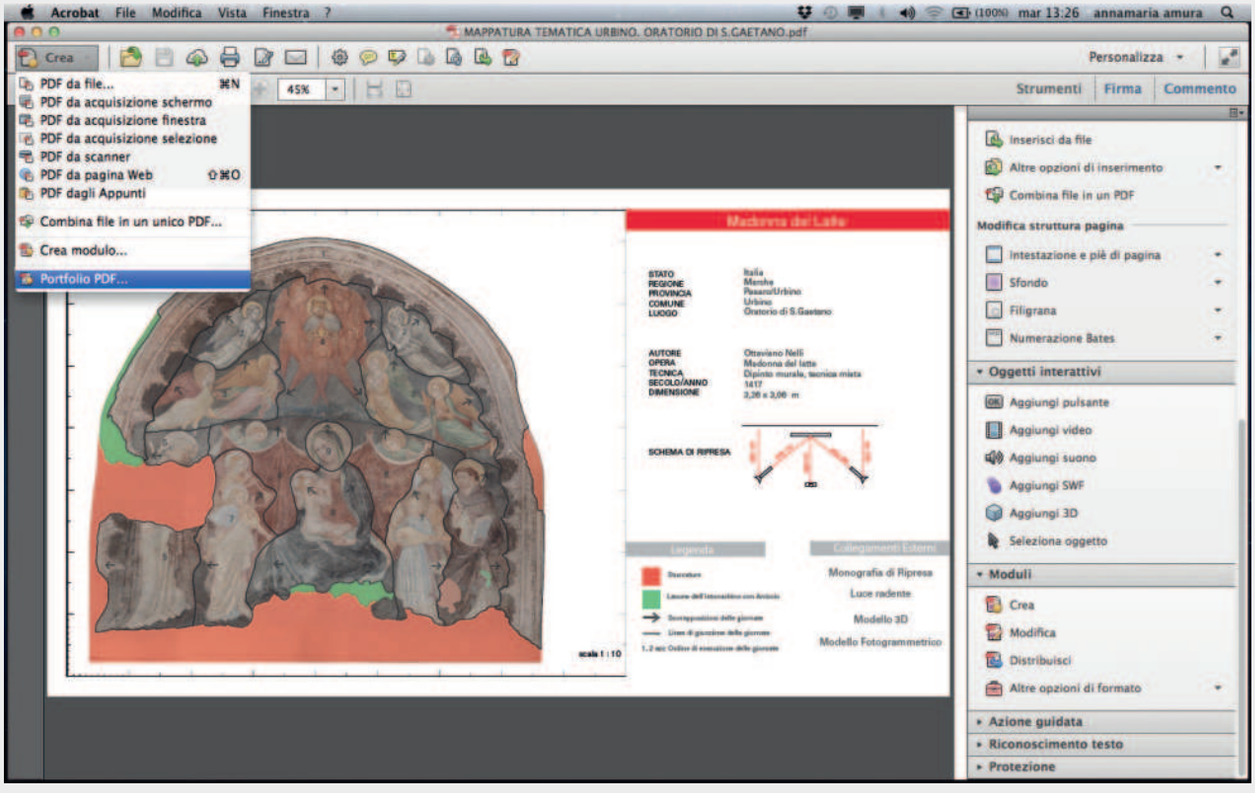




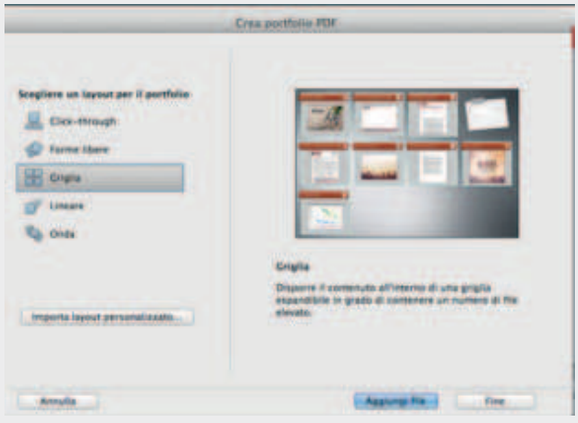


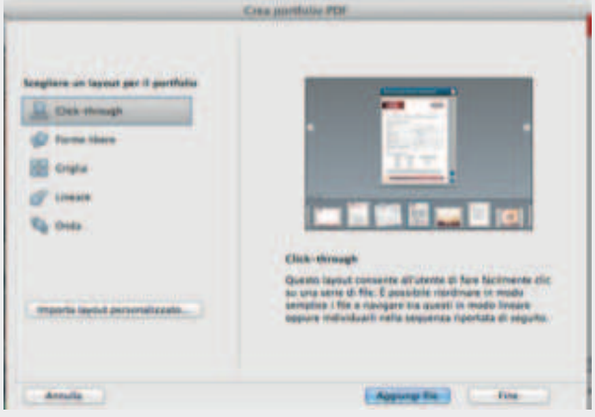
Tutti i collegamenti creati possono essere visualizzati o all'interno del file stesso, come avviene cliccando il pulsante Luce Radente, oppure sono aperti e visualizzati in un'altra finestra esterna.
Cliccando su Geo-localizzazione, si aprirà un collegamento web che mostra l'esatta posizione dell'opera tramite google maps. Cliccando su Modello Fotogrammetrico, verrà aperta una nuova pagina PDF dove sarà possibile visualizzare il modello 3D della cappella dell'Oratorio di S.Gaetano.

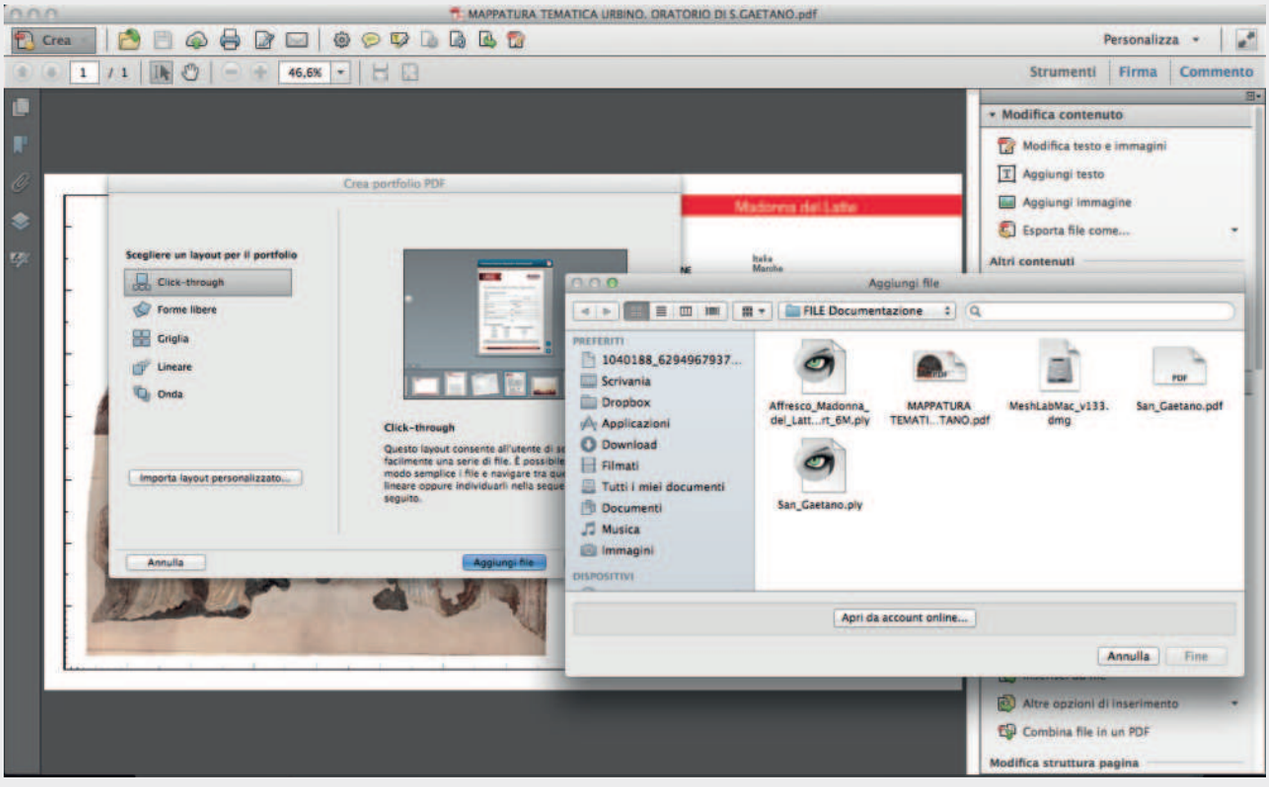


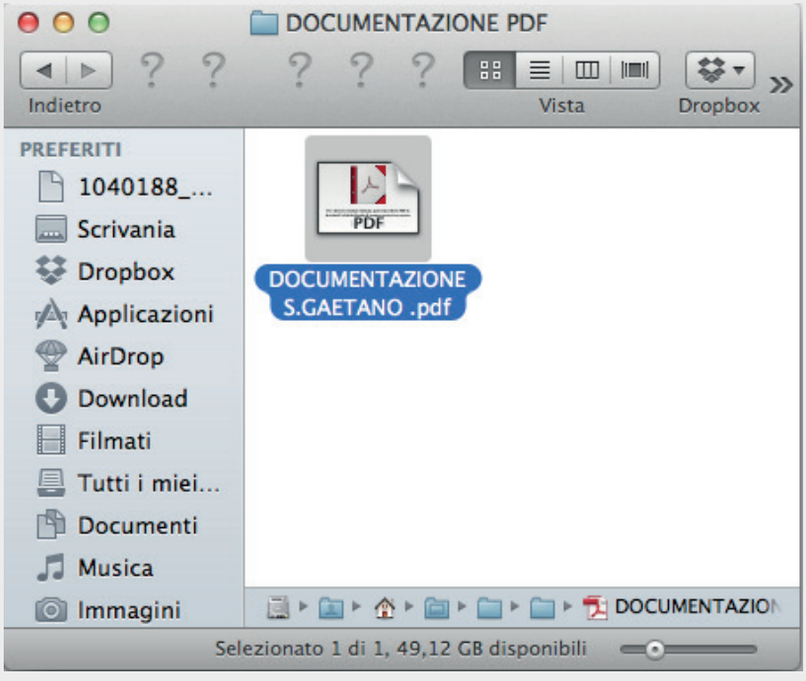


Una volta inseriti i vari collegamenti, si può procedere all'opzione "Portfolio PDF".
Questo comando offre la possibilità di scegliere il tipo di layout che si vuole visualizzare nel PDF Compatto finale.

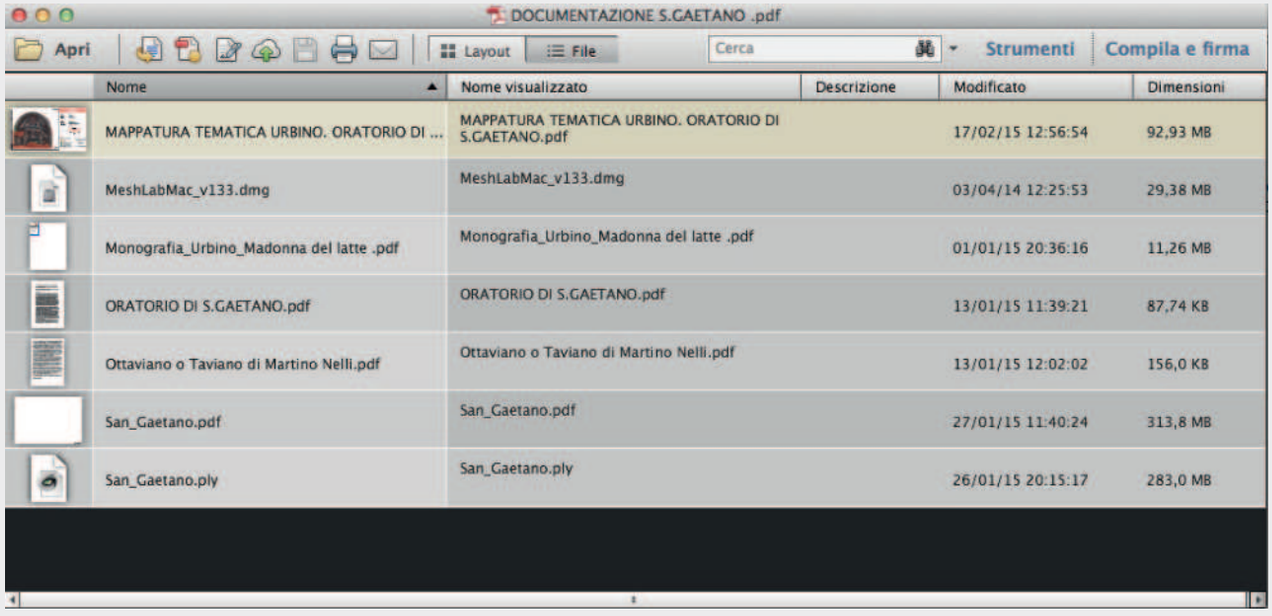


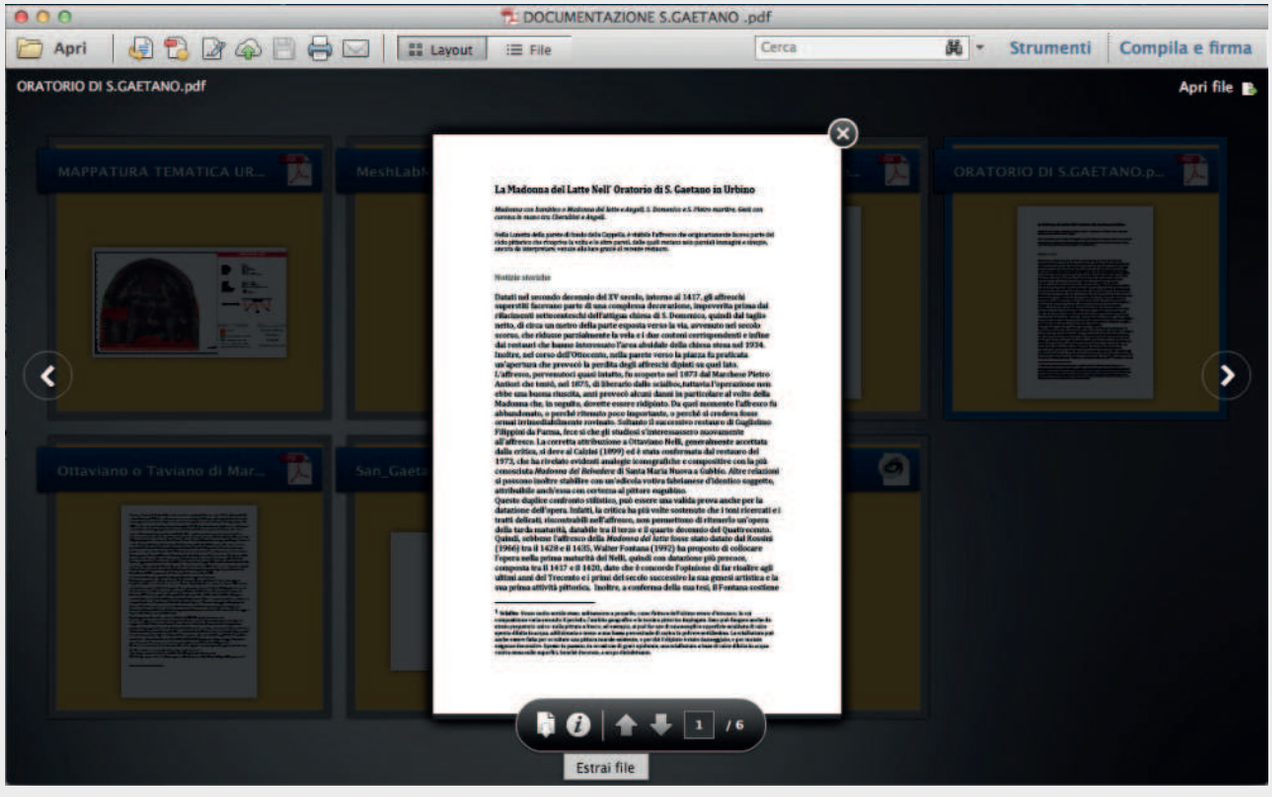






A questo punto si inseriscono tutti I file presenti nella propria documentazione come foto, testi, schede: nel nostro caso, avendo effettuato la scansione 3D dell'affresco della Madonna del Latte, nel Portfolio PDF sarà inserito anche il software *open source* da istallare per visualizzare il modello 3D, comprese le mappature tematiche effettuate su quest'ultimo. Il risultato sarà un PDF Compatto, contenente tutta la documentazione scaricabile in qualsisi momento con facilità da ogni operatore.


DOCUMENTAZIONE S.GAETANO .pdf
Apri
Layout
File
Cerca
Strumenti
Compila e firma
Nome
Nome visualizzato
Descrizione
Modificato
Dimensioni
MAPPATURA TEMATICA URBINO. ORATORIO DI ...
MAPPATURA TEMATICA URBINO. ORATORIO DI S.GAETANO.pdf
17/02/15 12:56:54
92,93 MB
MeshLabMac_v133.dmg
MeshLabMac_v133.dmg
03/04/14 12:25:53
29,38 MB
Monografia_Urbino_Madonna del latte .pdf
Monografia_Urbino_Madonna del latte .pdf
01/01/15 20:36:16
11,26 MB
ORATORIO DI S.GAETANO.pdf
ORATORIO DI S.GAETANO.pdf
13/01/15 11:39:21
87,74 KB
Ottaviano o Taviano di Martino Nelli.pdf
Ottaviano o Taviano di Martino Nelli.pdf
13/01/15 12:02:02
156,0 KB
San_Gaetano.pdf
San_Gaetano.pdf
27/01/15 11:40:24
313,8 MB
San_Gaetano.ply
San_Gaetano.ply
26/01/15 20:15:17
283,0 MB


DOCUMENTAZIONE S.GAETANO .pdf
Apri
Layout
File
Cerca
Strumenti
Compila e firma
ORATORIO DI S.GAETANO.pdf
Apri file
La Madonna del Latte Nell' Oratorio di S. Gaetano in Urbino
1 / 6
Estrai file



RESTAURO VIRTUALE O RIPRISTINO ICONOLOGICO DIGITALE

Lo sviluppo tecnologico, ha dato la capacità di riprodurre correttamente le opere a colori.
Il massiccio bombardamento delle stesse immagini di un determinato oggetto cui siamo sottoposti,
rende quasi naturale pensare che, quell'oggetto, non abbia mai potuto avere un aspetto diverso.
Lo stesso sviluppo delle tecnologie informatiche ha però aperto nuove possibilità di ricerca, grazie soprattutto al passaggio dell'informatica da supporto per la gestione e la documentazione dei dati a strumento per la produzione e l'analisi degli stessi.

Sono nate nuove discipline caratterizzate dall'unione di metodologie e tecniche proprie delle scienze a quelle peculiari delle scienze umanistiche, che consentono un aggiornamento dei tradizionali studi sui manufatti, e portando numerose innovazioni nei tradizionali metodi d'indagine.
Queste nuove discipline sono entrate a far parte della ricerca archeologica dapprima con un ruolo didattico-divulgativo (ricostruzioni ideali di edifici, città e territori), e solo più recentemente con un fine conoscitivo, costituendo un aggiornamento dei tradizionali studi rivolti alla ricostruzione di manufatti antichi.
Da questo nuovo ambito disciplinare sono scaturiti nuovi metodi di documentazione, archiviazione, fruizione e, infine, valorizzazione attraverso la predisposizione di materiali utilizzabili come base per opere di divulgazione sui vari media.
In ambito archeologico e storico-artistico la realtà virtuale ha delle potenzialità infinite, soprattutto quando si favorisce il suo aspetto metodologico e scientifico piuttosto che quello meramente tecnologico. Il Restauro Virtuale rappresenta oggi una valida opportunità di analisi per archeologi, restauratori e storici dell'arte.
Molte opere, infatti, non possono essere sottoposte a restauro, a volte per mancanza di soluzioni tecniche adeguate, a volte a causa di cattivi interventi precedenti, altre volte ancora per mancanza di precise documentazioni che consentano di comprendere come l'opera possa essere ricostruita, in altri casi ancora per impossibilità fisica dell'intervento. In digitale è attualmente possibile disporre della massima libertà d'intervento per creare ipotesi di restauro per dipinti, affreschi, mosaici ma anche per architetture e oggetti tridimensionali.
Attraverso elaborazioni digitali effettuate con programmi di computer graphic è possibile ottenere delle ricostruzioni virtuali a video o in stampa[1].
L'intervento virtuale non si pone mai in termini competitivi col restauro classicamente inteso in quanto quest'ultimo non potrà mai essere sostituito da un corrispettivo digitale. Rappresenta piuttosto un supporto di analisi e studio per il restauratore e il conservatore, può offrire una o più ipotesi d'intervento progettuale ma può anche fornire un'unica soluzione d'integrazione e ripristino per i restauri impossibili, opere d'arte o documenti che, per motivi di eccessivo degrado o per condizioni particolari, non possono subire alcun intervento di restauro materico e che invece, con un intervento digitale, possono tendere verso quell'unità potenziale dell'opera d'arte di cui parla Brandi.
La tendenza verso l'utilizzo di tecnologie informatiche sta mutando anche il panorama professionale, chi conduce un Restauro Virtuale non può essere soltanto un informatico, un grafico, o un fotografo specializzato nel fotoritocco, come non può essere un restauratore che non possiede tali basi per operare virtualmente. Emerge dunque la necessità di figure professionali che sintetizzino entrambe le competenze, ossia in grado di conoscere i principi fondamentali della la teoria e la tecnica del restauro, ma anche le più comuni operazioni di elaborazione delle immagini e delle applicazioni informatiche.

1 LIMONCELLI M., *Applicazioni Digitali per l'Archeologia: il Restauro Virtuale, in DigItalia, Anno VI, Numero 1*, 2011. ICCU-ROMA. pp-42- 59

7.1 Storia ed evoluzione terminologica

Nel 1963 viene pubblicata la ***Teoria del Restauro*** di **Cesare Brandi**, riferimento storico della moderna metodologia per la conservazione dei beni culturali; in esso, si pongono alcuni interrogativi legati alla conservazione e alla fruizione dei beni culturali senza necessità di venire a contatto con le opere.
Nel 1979 Vito Cappellini affronta per la prima volta e direttamente l'argomento in *"**Il calcolatore e l'arte, Civiltà delle macchine**"*, scrivendo che:

" Il restauro elettronico non si limita all'analisi strutturale […] ma si estende anche alla ricostruzione, mediante opportuni programmi, di alcune parti mancanti di un opera e alla presentazione dell'opera ricostruita o restaurata su video bianco-nero o a colori. Si possono infatti applicare le tecniche di interpolazione e di estrapolazione per la ricostruzione di parti mancanti di estensione limitata, le tecniche di filtraggio numerico, esaltazione dei contrasti ed estrazione dal rumore per zone dell'opera degradata parzialmente…"

Soltanto agli inizi degli anni Ottanta, in particolare nelle ***"Giornate di studio fiorentine"*** organizzate nel 1982, dal tema ***Metodo e Scienza***: operatività e ricerca nel restauro" che furono portati all'attenzione della comunità scientifica i risultati delle ricerche dell'Itstituto Guido Donegani di Novara, che aveva usato apparecchiature digitali per sofisticate analisi spettrografiche e gammagrafiche sulle formelle della Porta del Paradiso del Ghilberti, e gli esiti altrettanto eccezionali del'elaborazione elettronica di forme geometriche e moduli strutturali, compiuta all'Opificio delle Pietre Dure di Firenze sulle archietetture di Brunelleschi e le pitture di Piero della Francesca. Nel 1985, viene affrontato nuovamente il tema da Vito Cappellini, nel suo volume ***"Elaborazione numerica delle immagini"*** nel cui capitolo 17 si riprende l'argomento offrendo anche delle interessanti e pioneristiche elaborazioni sulla Flagellazione di Piero della Francesca. Nello stesso anno nel volume Il restauro dei Dipinti e delle sculture lignee, la Perusini trattando ***"dell'impiego del calcolatore"***, richiama non solo l'utilità del computer per la catalogazione dei beni culturali, come pure ***"per la determinazione dello stato di conservazione delle opere d'arte, ma anche il suo intervento per operazioni ritenute generalmente legate alla sensibilità artistica del restauratore, quali la reintegrazione pittorica."***

La scelta di accostare i due termini **"Restauro e Virtuale"** viene abitualmente fatta risalire al 1994, quando Gian Franco Fiaccadori, professore ordinario di filologia italiana alla Statale di Milano, proponeva una sintesi dei due concetti con lo scopo di riuscire ad intervenire sul testo letterario e figurativo di alcuni codici miniati danneggiati per via digitale, senza quindi procedere ad alcuni tipo di integrazione materiale. Nel Convegno del 1995 ***"Verso il restauro Virtuale ?"***
Fu criticata questa dicitura in quanto considerata **"ossimoro"** non ritenendo opportuno denominare "restauro" : ***«una tecnica che, operando sull'immagine del documento e non sull'originale, non ha le caratteristiche né gli scopi del restauro materiale».***
Sarebbe più corretto parlare nei termini di **Restauro Elettronico** o **Ripristino iconografico digitale**, trattandosi dell'analisi sull'immagine artistica più che sull'opera. Si tratta di ricondurre tutte le applicazioni e le potenzialità della realtà virtuale applicandole ai beni culturali all'interno di metodi, regole e principi della conservazione e del restauro materiale, o scientifico moderno, del quale esso è figlio.
Dopo la nascita del concetto di restauro virtuale, Domenico Bennardi in un convegno del 1997, propose un nuovo termine ***"Restauro Iconologico Digitale".*** Questa terminologia puntualizza come si tratti principalmente dell'operazione di analisi dell'immagine artistica o del documento, più che dell'opera stessa, e il termine iconologico indica subito questa

caratteristica: ***"icono"* immagine, e *"logia"* studio: quindi studio dell'immagine [2].**

Il primo intervento di ***Restauro Virtuale***, viene fatto risalire al 1999, eseguito dalla restauratrice Nadia Scardeoni, la prima ad aver adoperato tali tecniche per orientarsi sul piano pratico[3].

L'operazione è stata da lei applicata sul ritratto dell'***Annunziata*** di Antonello da Messina, a fronte di studi e analisi che avevano riportato l'autrice alla formulazione della tesi di una incongruità d'interventi restaurativi, e quindi alla prima prefigurazione di un intervento di restauro reale, tramite il restauro telematico prodotto sull'immagine digitalizzata dell'opera, che è stato denominato contestualmente dell'autrice con il termine ***Restauro Virtuale.***

A lei va il primato di aver concepito una nuova metodologia applicata alla conservazione e al restauro di opere d'arte, in un'ottica di ricostruzione ipotetica, virtuale e alternativa. Il suo è inoltre il primo documento in rete sul ***Restauro Virtuale.***

Quella dell'autenticità dell'opera costituisce, una questione fondamentale nella storia del restauro moderno, tanto che ad essa furono dedicati ad Assisi diversi convegni e seminari specialistici, a cominciare dal grande Convegno di Primavera del marzo del 2001: ***La realtà dell'Utopia***, in particolare la sessione ***Autenticità-identità: culture a confronto***.

Tra le prime sperimentazioni in materia, nel 2001 in ambito fiorentino cercarono di mettere a punto un software in grado di simulare l'integrazione pittorica delle lacune nei dipinti: si acquisirono le immagini digitali del dipinto dopo la stuccatura e di una tavoletta campione reintegrata con la tecnica dell'astrazione in modo da poter riproporre virtualmente l'ipotesi su tutte le lacune. Questa tecnica è utile per decidere la tonalità, l'orientamento e la grandezza dei tratti impiegati per il trattamento.

Tra i più importanti esempi di ***Restauro virtuale*** ricordiamo le proposte di reintegrazione delle lacune avanzate sull'***Annunciazione*** di Antonello da Messina. Proprio su quest'opera Brandi nel 1942 aveva messo appunto la fase primaria del suo lavoro tecnico sul trattamento delle lacune, nel 2006 viene avanzata una proposta di reintegrazione di molte lacune , giudicate non interpretabili da **Cesare Brand**i nel 1942, soprattutto nella parte superiore dell'opera. La proposta, formulata virtualmente, è stata poi applicata durante il restauro del 2008.

Un'importantissima ipotesi di restauro virtuale fu eseguita da Fabio Ferretti sulle ***Storie di S.Francesco*** di Giotto, nel corso del restauro fatto nella Basilica di S.Francesco in Assisi in seguito al sisma del 26 Settembre 1997.

Molti studiosi si offrirono di ricostruire le immagini dei dipinti murali coinvolti nel crollo "com'erano in origine", si decise di non accettare alcuna soluzione alternativa a quella della ricollocazione dei frammenti originali, anche se ciò richiedeva tempo e impegno.

Il rilevamento dei materiali costitutivi degli strati pittorici del ciclo giottesco, era iniziato, a proposito di problemi di degrado, prima del sisma, e dovette essere continuato anche dopo la riapertura della Basilica.

Dopo una campagna d'indagini non distruttive compiute sulla decorazione dell'intera Basilica, fu così possibile risalire all'aspetto originario attraverso un'interpretazione scientificamente fondata.

Nell'intervento di proposta virtuale alcune scene, come la ***Canonizzazione di Francesco,*** non furono prese in considerazione per il gravissimo stato di lacunosità in cui vertevano, che non ne consentiva una ricostruzione oggettiva basata su dati certi. Dopo aver risolto invece tutti i dubbi nelle zone più rovinate, e dopo un'attenta analisi sui ponteggi, Fabio Fernetti, procedette all'intervento sul materiale fotografico ad alta risoluzione.

Le foto digitali furono da lui ritoccate con l'ausilio del computer con il programma **Photoshop**, intervenendo sulle sole parti mancanti e più rovinate, utilizzando le stesse cromie della tavolozza giottesca.

2 BENNARDI D.,FURFERI R, *Il restauro Virtuale, tra ideologia e metodologia*, Edifir editore, Firenze 2007

3 http://ita.calameo.com/read/000118029636ea7f634b3, http://www.bta.it/txt/a0/05/bta00546.html .

Ultimata la fase di lavoro al computer, si decise stampare il file su un supporto cartaceo che garantisse un'ottima qualità di stampa, consentendo di poter intervenire con il ricotto manuale. Bagnando abbondantemente la carta, proseguì alla finitura con il pennello, con successiva verniciatura delle tavole eseguite, perfezionando il precedente lavoro svolto a computer e ottenendo così un risultato pittorico più raffinato. L'impressione che si provò nel confrontare le ricostruzioni con i dipinti originali, mostrò il loro precario stato di conservazione, trasmettendo la sensazione di come doveva essere in origine al momento del suo compimento per mano di Giotto[4].

Un'operazione simile fu eseguita già nel 1900 da Joseph Wilpert, un archeologo e iconografo tedesco, trasferitosi a Roma nel 1884. Egli fu uno dei personaggi principali del ritrovamento della chiesa di Chiesa di S. Maria Antiqua nell'anno 1900. Joseph Wilpert, aveva infatti concepito un sistema di documentazione basato sull'invenzione delle fotografie acquerellate, l'unico modo, secondo lui, di fissare e assicurare al futuro le pitture appena scoperte e di registrarne la nitidezza dei dettagli e la freschezza di colori, prima che il tempo o interventi di restauro potessero comprometterli.

Ebbe la possibilità di agire arrivando ad avere un ruolo determinante nella presentazione di due contesti pittorici nevralgici della chiesa: la parete palinsesto e l'abside. Partendo dall'analisi degli strati di queste due pitture, sarà il primo a sfogliare virtualmente la decorazione pittorica stesa su tutte le superfici del complesso monumentale di Santa Maria Antiqua, portando l'attenzione sul valore documentario di queste tavole. Punto di partenza per la realizzazione di queste tavole era la ripresa fotografica, questa veniva stampata a bassa densità su carta salata, anche chiamata ad annerimento diretto, procedimento superato ormai da anni, ma scelto da Wilpert perché permetteva la stama da negativo su una carta da disegno opaca di alta qualità, adatta ad essere acquerellata. Le fotografie acquerellate sono state spesso considerate un'invenzione rivoluzionaria di Wilpert-Tabanelli, quando invece questa tecnica era stimata, tra la fine dell'Ottocento e la prima metà de Novecento. A Joseph Wilpert va riconosciuto, invece, il merito di aver piegato la fotografia e la coloritura ad acquerello alle proprie esigenze di documentazione[5].

7.2 Che cos'è il Restauro Virtuale

Con questa espressione s'identificano quindi le metodologie integrate di ***Computer Graphic***, sia bidimensionale che tridimensionale, finalizzate alla restituzione di un bene artistico, archeologico o architettonico nella sua completa, o quasi, integrità. **Questo permette di ottimizzare la leggibilità dell'opera senza ricorrere a interventi non reversibili sull'originale, indipendentemente dalla tecnica esecutiva impiegata, dal supporto su cui è stata creata e dallo stato di conservazione. Lavorando infatti su un immagine digitalizzata o su un modello tridimensionale, l'intervento non ha vincoli di sorta (incompatibilità, effetti collaterali, irreversibilità) legati al particolare materiale di cui è composta l'opera**.

Da questo punto di vista consente di visualizzare tutte quelle operazioni impraticabili direttamente sull'opera.

Questa procedura può offrire un aiuto allo studio e all'analisi progettuale dell'intervento di restauro, consentendo di avanzare in anticipo diverse proposte, e permette di visualizzare l'opera cosi come doveva essere, restituendole il valore di testimonianza storica della civiltà alla quale appartiene.

Le procedure di restauro virtuale possono avere un ruolo diretto negli interventi fisici, come forme di restauro guidato, fornendo elementi conoscitivi utili prima che il restauratore intervenga in concreto sull'opera; un'adeguata programma-

4 *Giotto com'era. Il colore perduto delle Storie di San Francesco nella Basilica di Assisi,* De Luca Editore, 2007

5 BORDI G., *Giuseppe Wilpert e la scoperta della pittura altomedievale a Roma*, estratto da *Giuseppe Wilpert Archeologo cristiano*, Atti del Convegno, Roma- 16-19 maggio 2007, a cura di Stefan Heid.









FIG. 156 - 157 Giotto com'era Assisi. Dall'alto : *Dono del Mantello*, 13x14cm, *Approvazione della Regola*, 13x14cm.

Foto: http://www.beniculturali.it/mibac/export/MiBAC/sito-MiBAC/Contenuti/MibacUnif/Eventi/visualizza_asset.html_805485984.html

zione al computer permette di prefigurare, separatamente dall'originale, il risultato di un'operazione da attuarsi o meno sull'opera vera e propria, consentendo in alcuni casi di evitare un errato intervento concreto.
ll supporto informatico consente ad esempio al restauratore di avanzare in anticipo diverse proposte, se non circa diversi livelli di pulitura, certamente circa la reintegrazione pittorica delle lacune dell'immagine.
L'ipotesi sul trattamento delle lacune avverrà quindi nella fase progettuale dell'intervento, avanzando proposte da sottoporre al giudizio della direzione lavori che deciderà quale delle ipotesi avanzate sia più pertinente rispetto alla restituzione critica dell'immagine, rendendo in tal modo in partenza quello che si andrà a fare sull'opera.
Le proposte scartate potranno in ogni caso essere archiviate, per un eventuale consulto nel corso degli anni, quando il cambiamento di gusto e l'alterazione dei materiali impiegati indurranno a nuovi restauri.
Se da un lato le tecnologie informatiche consentono di interagire con i manufatti apparentemente senza vincoli, occorre specificare che per caratteristiche proprie il computer è uno strumento che per la sua natura e il suo procedimento fondamentale, non inventa e non può interferire con sue iniziative, modificare o interpretare, può solo costatare e restituire.
Esistono alcuni settori in cui l'approccio digitale nel restauro finisce per andare oltre quello di supporto allo studio e alla progettazione, come per le ricostruzioni di ambienti e reperti in 3D, il restauro digitale delle fotografie antiche, o i "restauri impossibili", cioè quelli che non possono essere eseguiti generalmente per uno stato di conservazione eccessivamente delicato oppure per delle sovramissioni.
Per quanto riguarda le pitture e i mosaici, il ripristino iconografico è intimamente, legato a tutte quelle operazioni preliminari, ma soprattutto addizionali, alla fase di stesura di un progetto di conservazione secondo la filologia del restauro guidato.
Consente una prefigurazione di tutte le operazioni d'intervento fondata su tutte le potenzialità delle tecniche dell'Image based processing (fotoritocco) che permettono sia di interagire con l'opera mediante una totale libertà d'intervento, sia di ripristinare la leggibilità e l'unità formale dell'opera senza tuttavia perdere di vista i principi ormai acquisiti del restauro tradizionale.
L'ausilio del digitale può essere impiegato anche per avanzare ipotesi sul rimontaggio di dipinti su tela lasciati in stato di incompiutezza dall'artista, in questo caso la simulazione virtuale può essere utile per determinare la scelta estetica dei vari tipi di fibra, trama e colore di tela, nonché le dimensioni del materiale da lasciare a vista.





FIG. 158-159 **Felice Brusasirzi (attrib.)**

San Sebastiano, San Gerolamo e San Felice, dipinto su tela, sseconda metà del XVI sec.

Foto: ISCR, Istituto Superiore per la conservazione e il Restauro, Roma.

Elaborazione grafica e proposta virtuale: Annamaria Amura









FIG. 160-161 Felice Brusasirzi (attrib.)
San Sebastiano, San Gerolamo e San Felice, dipinto su tela, sseconda metà del XVI sec. Particolare con due proposte di reintegrazione delle lacune.

Foto: ISCR, Istituto Superiore per la conservazione e il Restauro, Roma.

Elaborazione grafica e proposta virtuale: Annamaria Amura

7.3 Procedimento

Il ripristino iconografico non avviene, come spesso si può credere, nella massima libertà di azione nonostante si operi su un'informazione a carattere digitale che, per la sua stessa natura, può essere modificata, duplicata, ripristinata o cancellata, senza conseguenze o danni per il manufatto originario.
Avviene all'interno di regole e principi derivati dal restauro materiale scientifico:

- **riconoscibilità;**
- **reversibilità;**
- **compatibilità;**
- **minimo intervento.**

(*Cesare Brandi 1963)*

Il trattamento virtuale delle Lacune si basa su un'elaborazione grafica computerizzata dell'immagine digitale del dipinto per il quale si cerca di avanzare una o più proposte di reintegrazione delle lacune.
La prima fase progettuale è l'acquisizione dell'immagine digitale dell'opera a una risoluzione di almeno 300 dpi (Punti per pollice.)
La ripresa fotografica eseguita da fotocamera o da scanner e l'ottimizzazione dell'immagine sono operazioni propedeutiche e allo stesso tempo fondamentali.
Per ottimizzazione s'intende la valutazione dell'equilibrio tonale, il rapporto di luminosità e contrasto, la regolazione e il bilanciamento della gamma cromatica e, infine, il campionamento del colore.
E' necessario compiere un lavoro di ricerca e documentazione sulla tecnica esecutiva e gli interventi di restauro precedenti, accompagnate dalle indagini multispettrali non invasive quali riflettografia IR, fluorescenza UV.
La raccolta delle notizie storiche e le indagini diagnostiche consentono di formulare e sostenere le ipotesi d'intervento.
In seguito alle operazioni di ottimizzazione e conoscenza dell'immagine si può operare il ripristino iconografico vero e proprio delle superfici, realizzato secondo le diverse tecniche, dal "mimetico" al "sottotono", finalizzato al risarcimento, alla riparazione e alla ricostruzione delle lacune dovute a distacchi e caduta della pellicola pittorica, graffi, macchie di umidità e altre cause di degrado. Photoshop permette di personalizzare ogni strumento, agevolando il processo del ritocco digitale, come se fosse possibile utilizzare un'infinità di matite colorate, acquerelli, con operazioni assolutamente reversibili.
Infine, si può procedere al successivo livello d'intervento, la ricostruzione iconografica delle mancanze il cui obiettivo è il ripristino dell'unità formale e cromatica dell'intera opera pittorica.

7.4 Proposta per un ripristino iconografico

Le opere prese in esame nel mio lavoro di tesi, vertono in stati di conservazione molto differenti tra loro: la Madonna del Belvedere di Gubbio è l'affresco che presenta il miglior stato di conservazione, mentre la Madonna della Misericordia, sita in Urbino, presenta perdite evidenti della pellicola pittorica, delle dorature e le rifiniture a secco. Non potendo eseguire le indagini diagnostiche multispettrali accompagnate da indagini chimiche, la proposta di ripristino iconografico è stata basata sulla documentazione bibliografica esaminata, riguardante la tecnica esecutiva e i restauri effettuati sulle opere di Ottaviano Nelli, e sull'analisi delle foto eseguite ad alta definizione, sia a luce diretta che luce radente.

È stato in questo modo possibile eseguire un esame comparativo tra le opere, e proporre, virtualmente, un'ipotesi di come poteva apparire in origine, la Madonna della Misericordia.
Per eseguire tale operazione, ho utilizzato due software compresi pacchetto Adobe, quali Photoshop e Illustrator, unendo le conoscenze acquisite nella prima laurea in diagnostica e restauro dei beni culturali conseguita nel 2011, e la pratica di utilizzo dei software per l'ottimizzazione e la manipolazione delle immagini digitali, assimilata negli anni e concretizzata durante il corso specialistico di fotografia per i beni culturali.

La reintegrazione delle lacune è stata effettuata in 4 fasi:

1. in primis si è proceduto all'identificazione delle lacune stuccate e non reintegrate a tratteggio presenti nel volto della madonna, simulando una stuccatura. Per facilitare il riconoscimento dei bordi. l'operazione di "stuccatura" è stata eseguita sulla fotografia a luce radente e poi trasportata sulla foto a luce diffusa.



FIG. 162 ***Madonna della Misericordia*, chiesa della Madonna dell'Homo, Urbino. Particolare volto prima dell'intervento di ripristino iconografico virtuale.**

Foto ed Elaborazione grafica : Annamaria Amura



FIG. 163 ***Madonna della Misericordia*, chiesa della Madonna dell'Homo, Urbino. Particolare volto con simulazione di stuccatura virtuale su luce radente.**

Foto ed Elaborazione grafica : Annamaria Amura



FIG. 164- Volto della Madonna con simulazione di stuccatura



FIG. 165 Volto della Madonna con lacuna reintegrata virtualmente.

2. Si è quindi proceduto alla reintegrazione mimetica delle diverse zone del volto, facendo attenzione a non oltrepassare il limite della lacuna, senza mai sovrapporre l'intervento all'opera originale.

3. Successivamente si sono eseguite delle operazioni addizionali, come la ricostruzione della doratura dell'aureola.



FIG. 166 Volto della Madonna con lacuna reintegrata virtualmente.



FIG. 167 Volto della Madonna aureola reintegrata virtualmente.



FIG. 168 **Tracce della doratura a pennello eseguite sul velo della *Madonna della Misericordia*.**

Foto: Annamaria Amura

4. Grazie alle tracce lasciate dalle decorazioni a doratura perdute, è stato possibile ricostruire la decorazione che ricopriva il velo della Madonna.

Per avere una base d'intervento di ricostruzione più sicuro, sono state prese in esame le stesse decorazioni che Nelli effettuava su tutte le vesti.
In particolare, quella del velo della *Madonna del Belvedere* è stata rilevata in Illustrator e poi passata in Photoshop per essere applicata sul velo della Madonna della Misericordia.





FIG. 169-170 **Volto della *Madonna del Belvedere*, chiesa di Santa Maria Nuova, Gubbio. articolare delle decorazioni eseguite sul velo.**

Foto: Annamaria Amura

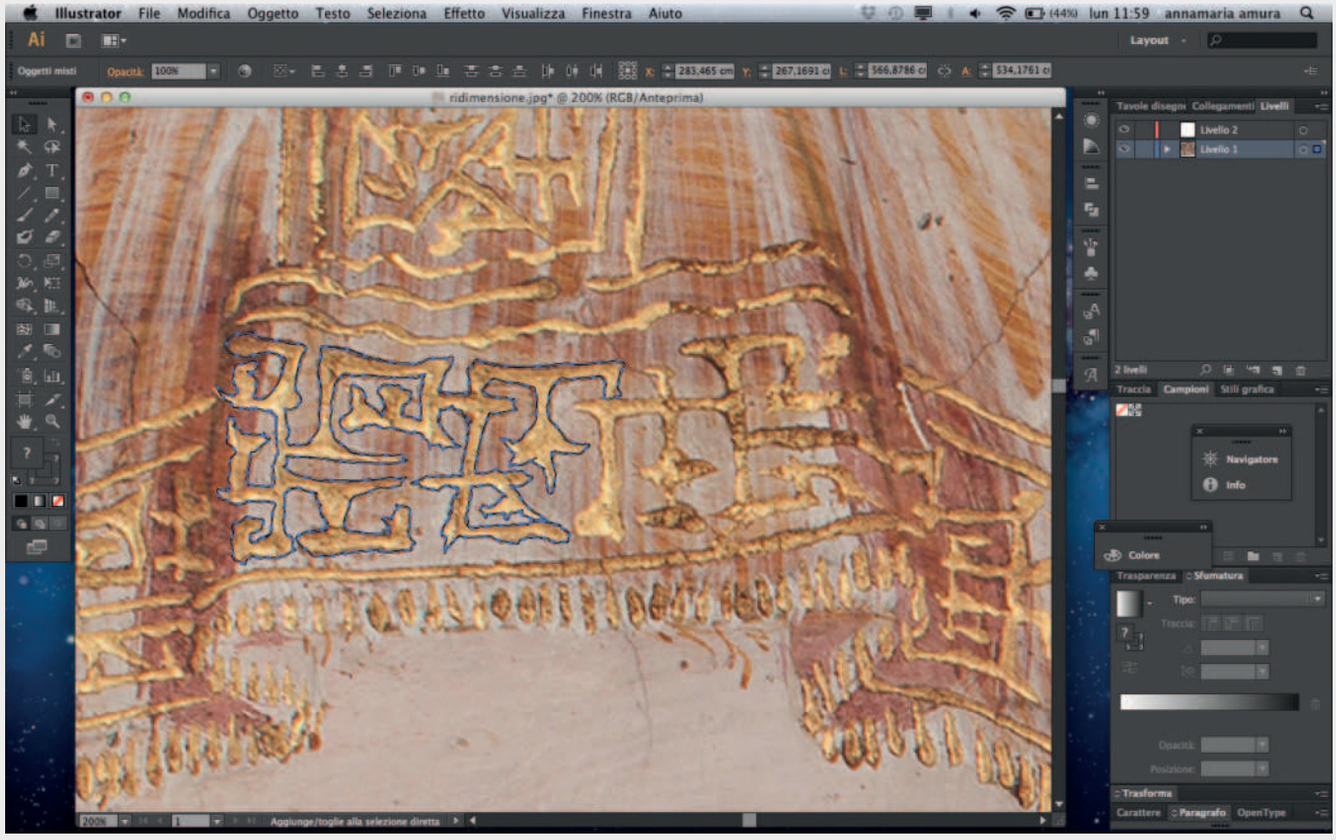
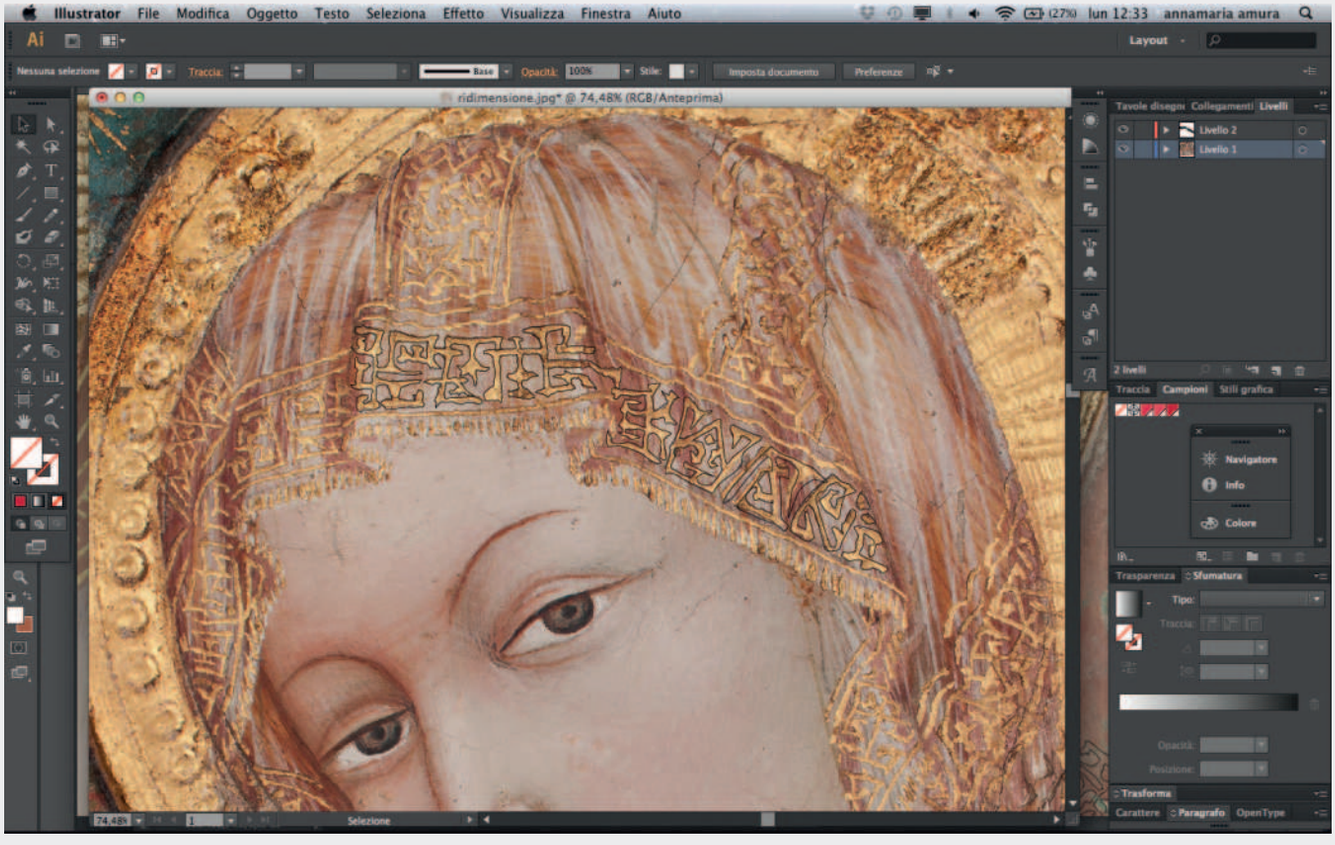


FIG. 171-172 **Volto della *Madonna del Belvedere*, chiesa di Santa Maria Nuova, Gubbio. articolare delle decorazioni eseguite sul velo, ricalco tramite illustrator.**

Foto ed elaborazione grafica: Annamaria Amura



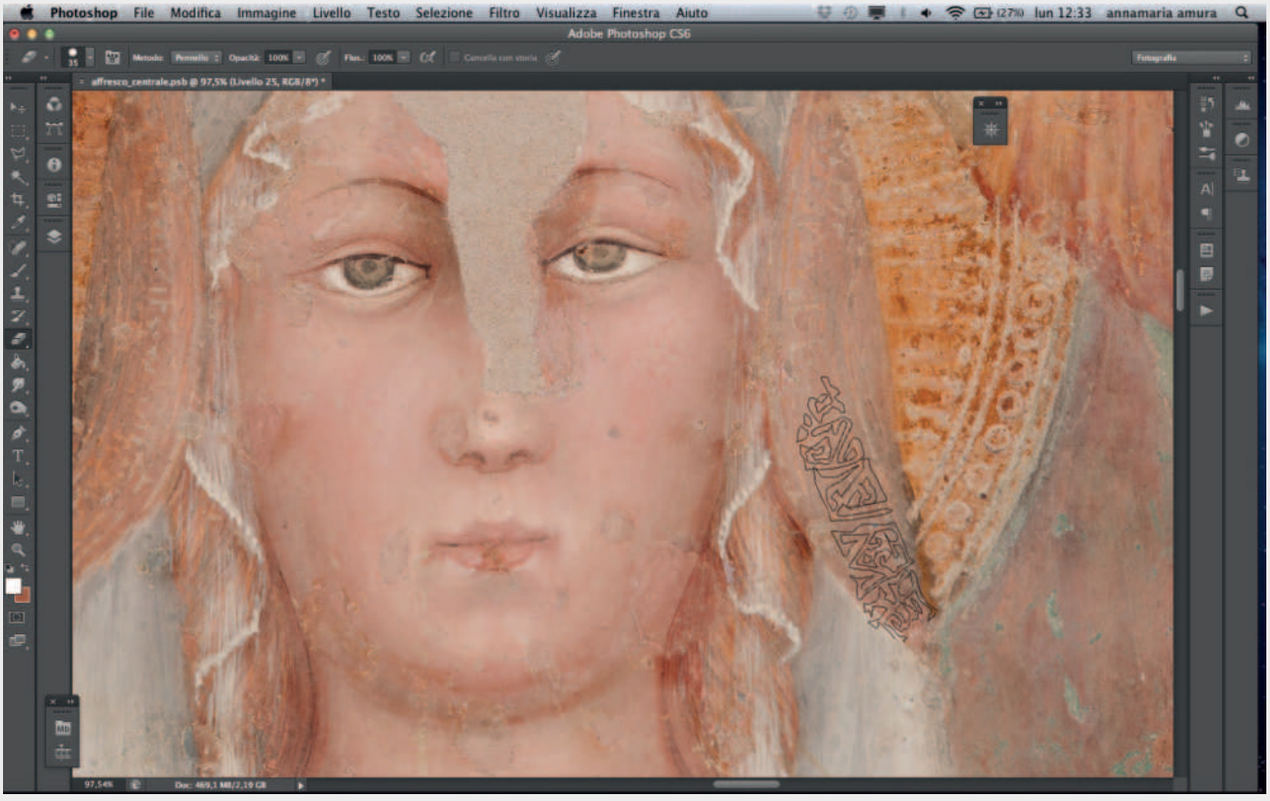


FIG. 173-174 **Volto della *Madonna della Misericordia*, applicazione su Photshop del ricalco eseguito in illustrator. Rirpistino delle dorature eseguite a pennello sul velo dell Madonna.**

Foto: Annamaria Amura

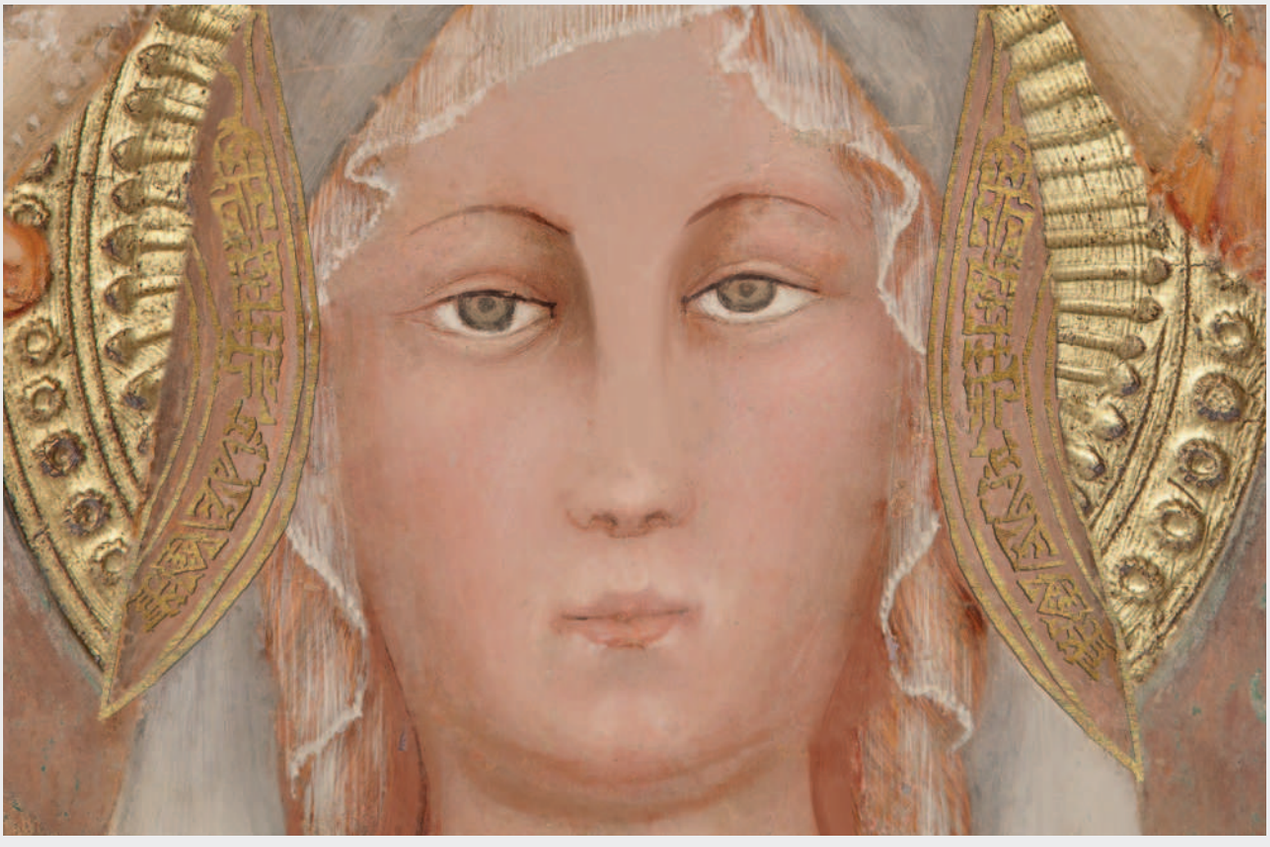




FIG. 175 **Madonna della Misericordia, chiesa della Madonna dell'Homo, Urbino. Particolare volto prima dell'intervento di ripristino iconografico virtuale.**

Foto ed Elaborazione grafica : Annamaria Amura



FIG.176 **Madonna della Misericordia, Chiesa della Madonna dell'Homo, Urbino. Particolare volto dopo l'intervento di ripristino iconografico virtuale.**

Foto e Restauro Virtuale : Annamaria Amura

Basandomi sulle tracce lasciate dalla decorazioni in oro eseguite sul manto della madonna e dalle tracce di colore lasciate dalle decorazioni eseguite a secco, ho ripristinato sia le aquile che parte della decorazione.



FIG. 177 Madonna della Misericordia, Chiesa della Madonna dell'Homo, Urbino. Particolare della veste prima l'intervento di ripristino iconografico virtuale.

Foto : Annamaria Amura

Con questo piccolo intervento di ripristino iconografico, si è voluto dimostrare come le potenzialità del virtuale possano essere sfruttate a favore della ricerca storico artistica, e venire incontro alle esigenze del restauratore, soprattutto per quanto riguarda il problema della reintegrazione delle lacune. Inoltre, la possibilità di intervenire anche in maniera addizionale sull'opera virtuale, consente di poterne studiare accuratamente l'iconografia, permettendone una fruizione più completa e ripristinandone l'unità formale e cromatica dell'opera in esame.



FIG.178 Madonna della Misericordia, Chiesa della Madonna dell'Homo, Urbino. Particolare della veste dopo l'intervento di ripristino iconografico virtuale.

Foto e Restauro Virtuale : Annamaria Amura

CAPITOLO 8
APPENDICE

8.1 La tecnica dell'affresco

L'impiego di materiali colorati, fin dall'apparire delle prime forme d'espressione figurativa,
ha rappresentato un'esigenza per una più definita raffigurazione della realtà.
La necessità di riprodurre un'immagine che si avvicinasse il più possibile a quella percepita dall'occhio
ha spinto ogni civiltà alla ricerca di sostanze colorate e mezzi atti a questo scopo.

Le culture primitive hanno dovuto attingere ai pigmenti che la natura stessa forniva, dai vegetali alle terre colorate in rosso o giallo (le ocre) ai neri organici. In seguito si è passati alla ricerca di quelle materie che si potevano ricavare dalla terra, minerali di rame o ferro e alla preparazione artificiale, e nelle civiltà più evolute e moderne, mediante procedimenti chimici, di pigmenti di sintesi atti a produrre le sostanze e i mezzi idonei per l'espressione cromatica. Ci sono giunte testimonianze di pittura murale di svariate epoche e parti del mondo, ed essa è senza dubbio una delle prime manifestazioni artistiche umane. A prescindere dai tempi e dai luoghi, il dipinto murale richiedeva particolari requisiti e difficoltà di esecuzione che hanno portato artisti di epoche diverse, a operare con procedimenti simili. Il desiderio di ottenere la massima solidità unita alla miglior visione e resa del procedimento pittorico, ha imposto la scelta di un supporto dotato di uno strato preparatorio possibilmente chiaro, uniforme e levigato che permettesse di stendere i pigmenti agevolmente. I primi a servirsi di un intonaco come strato preparatorio sono stati gli egiziani, che non conoscevano però la tecnica dell'affresco poiché non usavano la calce. Il vero e proprio affresco, con un livello tecnico avanzato, si trova per la prima volta a Creta, in epoca minoica, con la stesura dei colori direttamente sull'intonaco, ricco di calce, ancora umido e, generalmente, di provenienza locale. Nel periodo etrusco, prima di cominciare a dipingere, si realizzava un abbozzo preparatorio con ocra rossa o per mezzo dell'incisione diretta a mano libera e, una volta stesi i colori, il disegno era definito con un contorno nero. La gamma cromatica era caratterizzata da colori rossi e gialli a base di ocre, neri, bianchi a base di calce e fritta egizia per i verdi e i blu. I colori erano stesi sulla superficie in modo uniforme, con pennellate grosse per rendere il chiaroscuro. Le antiche civiltà mediterranee, Fenici, Egiziani, Cretesi, avevano sviluppato in modo autonomo le loro tecniche pittoriche, con scambi limitati verso l'esterno[1]. Al contrario nel periodo romano, s'intensificano scambi e contatti e si attua una fusione politico-culturale tra il mondo latino e quello dei paesi circostanti che si riflette anche nel mondo dell'arte e dell'artigianato. L'antico nucleo culturale romano, assorbì tutte le esperienze pittoriche precedenti e contemporanee, riorganizzandole con un processo di contaminazione e producendo una nuova tecnica pittorica più efficace. A Roma, soprattutto in epoca imperiale, confluirono materiali dal Caucaso, India, Egitto, dalle isole dell'Egeo e dalla provincia d'Africa e ciò è noto grazie ai trattati di Plinio, Naturalis Historia libro XXXV e Vitruvio De Architectura libro VII, che trattano delle principali tecniche pittoriche applicabili sulle pareti delle domus. Le tecniche confluite a Roma più usate erano la tempera, l'encausto e l'affresco.

Per pittura a tempera s'intende un pigmento "stemperato" in un collante. Il collante, ovvero l'adesivo può essere di natura diversa: vale a dire una colla animale o una colla di pesce, l'uovo (intero oppure solo il rosso o solo il bianco), il latte, la caseina, le gomme vegetali, ecc. Si distingue la tempera normale (di solito rosso d'uovo), la tempera grassa (uovo+olio), la tempera magra (colla, gomma vegetale).

La tempera consentiva maggiori possibilità espressive, era stesa su supporti asciutti e permetteva al pictor e al colorator di

1 BOTTICELLI G. *Metodologia e Restauro delle Pitture Murali*, Firenze,1992.

eseguire in tempi più lunghi il proprio lavoro artistico e di inserire dettagli e rifiniture. Il pigmento veniva "stemperato" in un collante, che poteva essere di natura diversa: colla animale o colla di pesce, uovo (intero oppure solo il rosso o solo il bianco), latte, caseina, gomme vegetali, ecc. Si distingue la tempera normale (di solito rosso d'uovo), la tempera grassa (uovo+olio), la tempera magra (colla, gomma vegetale)[2]. La colla si poteva ricavare facendo bollire i resti organici dopo averli finemente ritagliati e triturati; in seguito il brodo ottenuto era concentrato, poi filtrato, e la massa lasciata rapprendere per raffreddamento. Il prodotto solido era poi disciolto in acqua al momento dell'uso e mescolato ai pigmenti[3]nelle proporzioni volute.

Un altro tipo di pittura murale eseguita a Roma è l'encausto, tecnica che prevedeva l'utilizzo dei pigmenti mescolati alla cera dopo essere stati sciolti dal calore. Si preparava disperdendo i pigmenti[3] nella cera fusa secondo l'antica tradizione della scuola greca di Sicione, dove era approdata da antiche esperienze risalenti all'epoca omerica. Era usata non solo per la produzione artistica da cavalletto, ma anche per la decorazione di pareti, pannelli, mobili ed era assai apprezzata per la protezione e l'abbellimento delle navi, sia da battaglia che mercantili. Non vanno confuse le due tecniche, ossia il dipingere a cera e l'encausticare una parete; tecnica che implica la presenza della cera solo in superficie, per dare maggiore lucentezza alle pareti, o come nel caso dell'uso del cinabro, per preservarlo dagli agenti atmosferici. Applicabili all'encausto erano i leganti come la cera punica, ottenuta bollendo una o più volte la cera in acqua di mare o acqua e nitrum, cioè carbonato sodico naturale. Questi trattamenti convertivano almeno parzialmente la cera in saponi, i quali consentendo la dispersione in acqua della parte cerosa non saponificata, facevano perdere alcune caratteristiche di resistenza chimica tipiche della cera stessa. Le proprietà erano ripristinate miscelando la cera punica con gomme dure o colle, ottenendo così in definitiva degli "encausti temperati"[4]. Le fonti antiche e storiche ci aiutano molto a comprendere la tecnica esecutiva dei dipinti murali; il libro VII del De Architectura di Vitruvio è completamente dedicato agli intonaci murali dipinti e levigati. Con il termine expolitiones designa l'intonaco nudo e la decorazione levigata, ricollegando la loro origine all'imitazione dei rivestimenti di marmo. Il metodo a fresco con espressione simile alla nostra, era chiamato undo tectorio, a intonaco umido. Questa tecnica si è conservata in pratica immutata fino ai nostri giorni, perché rappresenta la migliore dal punto di vista conservativo. I pigmenti dispersi in acqua sono applicati sull'intonaco umido appena appassito, da cui vengono assorbiti e permanentemente fissati per effetto del processo di carbonatazione della calce.

2 DE LUCA D., *I manufatti dipinti su supporto tessile. Vademecum per allievi restauratori*, Collana *Lineamenti di Conservazione e Restauro dei Beni Culturali*, Il Prato, Padova 2012.

4 COLOMBO L., *I colori degli antichi*, Firenze, 1995.

I Pigmenti[3]

S'intendono per pigmenti le sostanze colorate per la tecnica pittorica, differenti dalle *tinte* o *coloranti*. Questi ultimi sono delle sostanze solubili in acqua o in altri liquidi chiamati *mordenti*, in grado di tingere attraverso reazioni chimiche le sostanze da colorare. I coloranti sono molecole organiche conosciute e usate fin dall'antichità, basti ricordare l'indaco (azzurro), ricavato dalla pianta indigofera tinctoria e la porpora (rosso-violacea) ottenuta da alcuni molluschi gasteropodi del genere *Murex.* Questi materiali sono usati, principalmente, per procedimenti di tintoria e attribuiscono il proprio colore a un corpo che viene immerso in soluzione; per essere utilizzati in pittura devono essere convertiti in pigmenti, facendoli assorbire da polveri o da gel di sostanze inerti incolore, al fine di ottenere, per mescolanza col medium, delle paste stendibili simili a quelle pigmentate. I medium o glutini o veicoli, sono sostanze atte a trasportare il colore e fermarlo a contatto con la superficie da dipingere. La scelta del colore, del medium e del metodo definiscono la tecnica pittorica, come pittura a calce, ad olio, a tempera, ecc. Il termine per indicare materialmente il color inteso come sostanza è pigmento. I **Pigmenti** sono materiali per lo più inorganici ossidi, idrossidi, naturali o artificiali; possono costituire i pigmenti tutte le sostanze formate da elementi con struttura amorfa o cristallina particolarmente fini che presentano una colorazione propria e sono solubili nel legante. Generalmente si presentano sotto forma di finissime polveri. Una prima classificazione si basa sulla loro natura vi sono pigmenti organici e inorganici. I pigmenti organici si suddividono in vegetali e animali. Sono prodotti con ossa e secrezioni di animali, piante, fiori, resine, conchiglie ecc. e la loro produzione avviene tramite tecniche molto complesse. Questo tipo di pigmenti è generalmente poco stabile agli agenti atmosferici, ma possiede tonalità e trasparenze uniche. La lieve corposità li rende particolarmente adatti a essere abbinati alla tecnica dell'acquerello e della miniatura. I pigmenti inorganici detti anche **minerali** si suddividono in naturali e artificiali. I **pigmenti minerali naturali** sono disponibili in natura in giacimenti, sotto forma di ossidi, solfuri, carbonati, solfati ecc. Questi dopo l'estrazione sono selezionati secondo la qualità, purezza e tonalità, frantumati, lavati e ridotti in polvere. Una triturazione supplementare permette all'occorrenza una granulazione più fine. I pigmenti di alta qualità sono inoltre sottoposti a particolari operazioni di sedimentazione e di ventilazione per ottenere delle particelle ancora più piccole. Pigmenti minerali artificiali sono invece ottenuti tramite un processo di fabbricazione per via secca o umida. Per via secca subiscono trasformazioni chimiche ad alta temperatura, poiché il calore ne altera la composizione e la struttura molecolare, mentre per via umida si ottengono tramite precipitazioni di composti insolubili formati dalla reazione chimica di varie soluzioni.



FIG.179 Cinabro, dal minerale alla sua macinazione, ritrovamento della ciotola presso le botteghe di Pompei.

La calce

Grazie alle fonti antiche e all'analisi delle murature, sappiamo dell'esistenza di tipi diversi di calce e del loro modo di fabbricazione.
Ne esistono principalmente due tipi: la calce aerea e la calce idraulica.
La calce aerea si ricava da calcare abbastanza puro CaCO3:

il minerale è calcinato in forni ad alta temperatura e il carbonato di calcio si decompone in ossido di calcio e anidride carbonica:

CaCO3 a 700°C → CaO + CO2
(Carbonato di calcio a 700°C → ossido di calcio + anidride carbonica)

L'ossido di calcio è un prodotto bianco in zolle porose, chiamato calce viva.
Aggiungendo acqua si forma Idrossido di Calcio detto calce spenta o calce idrata:

CaO+ H2O → Ca (OH)2
(ossido di calcio + acqua → idrossido di calcio)

Se la quantità di acqua adoperata è quella necessaria allo spegnimento, il prodotto è calce idrata in polvere. Se l'acqua è in eccesso, il prodotto è detto grassello. In base alla resa la calce si distingue in grassa e magra. Mescolando la calce aerea con sabbia e acqua si confezionano malte che fanno presa in poche ore e induriscono lentamente.

La presa è dovuta all'evaporazione dell'acqua e alla precipitazione dell'idrossido di calcio Ca(OH)2.
L'indurimento è causato da una reazione tra l'idrossido di calcio e l'anidride carbonica presente nell'aria:

Ca(OH)2 + CO2 → CaCO3+ H2O
(idrossido di calcio + anidride carbonica → Carbonato di calcio+ acqua)

La reazione è lenta o veloce secondo la quantità di CO2 attestata nell'aria, più anidride carbonica è presente, più sarà veloce la reazione. La calce idraulica si ricava da calcare contenente il 22% di argilla, o aggiungendo quest'ultima al calcare, artificialmente. I materiali si fanno cuocere a una temperatura di circa 1000 °C. l'Idrossido di calcio reagisce con gli elementi dell'argilla, biossido di silicio, ossido di alluminio e ossido ferrico creando silicati e alluminati: silicato bicalcico (2CaO- SiO2) e alluminato mono calcico (CaO-Al2 O3) che presentano la capacità di fare presa con l'acqua. La calce idraulica ottenuta in zolle va frantumata e spenta con acqua. Un indice importante è quello d'idraulicità (i) dato dal rapporto tra ossidi acidi provenienti dall'argilla e ossidi basici provenienti dal calcare. Più è alto quest'indice più il legante darà migliori prestazioni e si avvicinerà ai cementi. Questo tipo di calce serve per preparare malte murature e intonaci[5].
Marco Vitruvio Pollione nel suo libro De Architectura scrive:

5 JEAN PIERRE A., *L'arte di costruire presso i romani. Materiali e tecniche* . Longanesi & c. Milano 2008.

"...esiste una specie di polvere chiamata pozzolana, da Pozzuoli, che per natura possiede qualità straordinarie. Si trova nella Baia di Napoli e nelle terre circostanti il Vesuvio. Questa polvere, mescolata con calce e sabbia rende la muratura talmente stabile che questa indurisce non solo negli edifici normali, ma anche sotto l'acqua.."[6].

Si potrebbe definire pozzolanica una sabbia speciale capace di trasformare una malta da aerea in una idraulica nonostante il legante impiegato, la calce, sia di per sé stesso aereo. Oggi noi sappiamo che questo effetto è fondamentalmente dovuto alla presenza, nella pozzolana, di silice (SiO2) e allumina (Al2O3) reattive nei confronti della calce per il loro stato amorfo e vetroso, cioè non cristallino.
I Romani erano in grado empiricamente di individuare una cava di pozzolana guidati dalla presenza di lava in prossimità dei vulcani spenti, e di intuire che, laddove non esistevano giacimenti naturali di lava vulcanica in prossimità delle costruzioni, lo stesso effetto si sarebbe potuto ottenere sostituendo la pozzolana di origine vulcanica con argilla cotta macinata in forma di mattoni o tegole finemente macinate (coccio pesto).
I Romani utilizzavano in maniera razionale e costante la pozzolana, del tipo di quella esistente presso Pozzuoli, pulvis puteolana, in parziale sostituzione della sabbia normale. Essi si resero conto che, grazie alla combinazione della calce con la pozzolana, la malta diventava idraulica: era in grado, cioè, di indurire anche sotto acqua e di raggiungere una maggiore resistenza meccanica[7]. L'intonaco steso sulla muratura prima dell'esecuzione pittorica era quindi formato da questa tipologia di calce mischiata a sabbia asciutta, con proporzioni uno a due, ovvero una parte di calce e due di sabbia. L'uso di quest'ultima è importante nell'impasto della malta poiché limita le variazioni di volume della massa stesa sulla muratura e fa si che rimanga porosa in modo da permettere la carbonatazione all'interno ed evitare crepe sulla superficie [8].

Riguardo alla preparazione, Vitruvio dice:

"...quando si sarà proceduto all'applicazione di non meno di tre strati di malta di sabbia, oltre all'intonaco, bisogna a questo punto stendere strati di polvere di marmo di grana grossa… In questo modo…le pareti non potranno ricoprirsi di crepe o di qualche altra imperfezione. Ma una volta che la loro compattezza sia stata consolidata con la pressione dei frettazzi e levigata con il marmo lucente e duraturo, le pareti irradieranno la più smagliante lucentezza dopo che, assieme alla rifinitura finale, vi siano stati spalmati i colori. Quanto ai colori, quando si è avuta l'accortezza di spalmarli sul rivestimento ancora umido, non si staccano ma restano fissati per sempre. Perciò i rivestimenti realizzati correttamente non si scrostano con il passare del tempo né quando li si pulisce lasciano che i colori si stacchino, a meno che questi ultimi non siano stati spalmati con scarsa cura e sulla superficie già asciutta. Quando dunque i rivestimenti delle pareti siano stati fatti secondo il procedimento descritto prima, potranno avere non solo solidità, ma anche un aspetto splendido e un'eccellente qualità destinata a durare nel tempo. Ma quando si sarà steso un solo strato di malta di sabbia e uno solo di marmo fine, la sottigliezza di tale rivestimento, avendo minore resistenza, s'incrina facilmente e a causa del debole spessore non acquisterà in seguito alla lucidatura la dovuta lucentezza…"[9].

6 VITRUVIO POLLIONE, *De Architettura,* Einaudi,1997.

7 http://www.enco-journal.com/journal/ej43/collepardi.html

8 AUGUSTI S, *La tecnica dell'antica pittura parietale pompeiana*, Napoli 1950,, pp.314-354

9 VITRUVIO POLLIONE, *De Architettura*, Einaudi, 1997.

Vitruvio prevede sette strati di malta nella stesura del tectorium:

1 Strato grossolano, trulissatio, ossia rinzaffo;

2-4. Tre strati di directiones, corrispondenti all'arriccio, fatti di sabbia di calce;
opus harenatum, una malta di sabbia, calce e acqua;

5-7. Ultimi tre strati a base di polvere di marmo chiamati intonachino
opus marmoratum, una malta di polvere di marmo, calce e acqua

I sette strati vitruviani costituiscono un paradigma che ha trovato riscontro solo nelle domus patrizie di Roma. Infatti, la norma vitruviana è documentata nella decorazione pittorica della casa di Livia sul Palatino, stesa su un supporto che risulta effettivamente di sei strati, divisi in tre di arriccio costituito da calce, pozzolana e sabbia e tre di intonaco vero e proprio, calce e graniglia di alabastro, di spessore gradualmente decrescente; lo stesso vale per le pitture della casa rinvenuta sotto la Farnesina a Roma dove però alla polvere di alabastro è sostituito il marmo, come da norma. Più frequentemente i tectoria, i rivestimenti interni ed esterni, hanno due o tre strati, di tipo più fino quelli superiori, più grossolano quelli inferiori. Invece a Pompei, espressione del ceto medio, di solito i livelli sono due, uno sottostante di calce e sabbia e uno superiore, sottile, di calce mescolata a calcite. Lo spessore complessivo dell'intonaco dipendeva dalla quantità di strati applicati e dalla loro consistenza. Gli intonaci, anche se stratificati, costituiscono un sistema di tipo coesivo anziché adesivo, perché è tenuto insieme in tutto il suo spessore da un unico legante, il carbonato di calcio. L'unica forma di adesione perfetta è quella inerente alla struttura stessa della materia, che tiene insieme le particelle degli atomi che compongono le molecole formanti il materiale. L'adesione è quindi perfetta quando si traduce in un fenomeno di coesione, quando consiste in una forza che interviene su tutta la massa di un solido, come nella pittura murale a fresco[10].

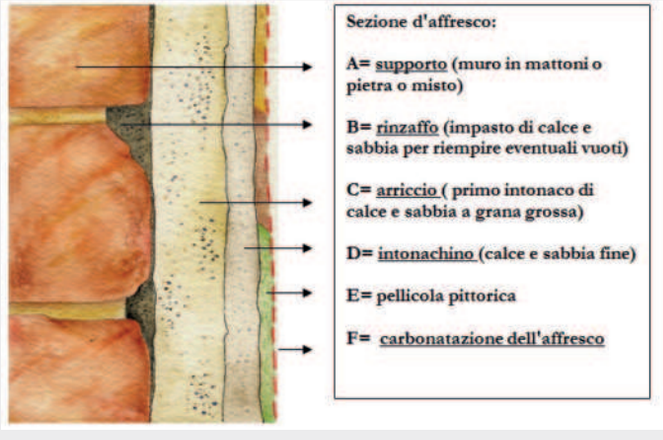


FIG. 180 **Grafico della stratigrafia di un dipinto murale.**

10 DIMOS *Corso sulla manutenzione di Dipinti Murali*, Istituto centrale per il Restauro, Roma

Realizzazione di un affresco e tecniche di riconoscimento

Come ci indica Cennino Cennini nel Libro dell'arte al capitolo LXVII[11], i passaggi per la realizzazione di un affresco sono i seguenti: il muro da intonacare viene spazzolato bene per togliere la polvere che impedirebbe la presa dell'impasto e bagnato abbondantemente prima di applicare il primo strato di malta grossolana chiamato rinzaffo o sbuffatura[12] ,che ha la funzione di uniformare la superficie muraria riempiendo gli avvallamenti e pareggiando le protuberanze.
La superficie di questo primo strato non viene levigata, ma lasciata rugosa, per evitare la fuoriuscita dell'acqua e favorire l'ancoraggio dello strato successivo di intonaco, si lascia asciugare per qualche minuto e si ricopre con un secondo strato di malta chiamato arriccio[13]. Questo strato era destinato a essere ricoperto, ma grazie al ritrovamento di molti affreschi in cui è reso visibile a causa della perdita dell'ultimo strato d'intonaco, sono state riscontrate diverse tecniche che il pittore eseguiva per abbozzare le linee essenziali del disegno riportando il progetto sul muro a dimensioni reali.
Conosciamo quattro metodi per eseguire questo passaggio: la sinopia, lo spolvero o l'incisione tramite cartoni e la battitura dei fili. In seguito è steso un ultimo strato di malta molto sottile che viene ben lisciato, l'Intonaco.
È destinato ad assorbire i pigmenti, è lo strato dove il pittore esegue la pittura definitiva. Secondo le epoche e la velocità del lavoro, quest'ultimo poteva essere steso solo per pontate o per giornate.

La sinopia, è una bozza realizzata con la **Terra Rossa di Sinope**, che viene triturata per ottenere una polvere sottile; si tratta di una terra rossa magra adatta per dipingere in tavola e su muro.
Usata fino al 1500, può presentare gli sfumati e i chiaroscuri che caratterizzeranno il dipinto finito. Ha la funzione di studiare la composizione, di soddisfare le esigenze iconografiche del committente e principalmente di organizzare il lavoro dell'artista; gli permette, infatti, di valutare la superficie che potrà eseguire ad affresco in un giorno, e che dovrà dunque ricoprire ogni mattina d'intonaco fresco. Fra le sinopie alcune appaiono molto dettagliate, mentre altre molto semplificate, altre ancora semplificate ma con parti dettagliate. La scelta di dipingere a fresco ogni giorno rendeva indispensabile l'uso della sinopia, la cui pratica era stata tramandata dall'antichità dai mosaicisti e che non si è mai completamente persa nella pittura[14]. Nel Quattrocento la sinopia si rivelò però insufficiente per la realizzazione di un'immagine complessa, la cui composizione, retta da prospettiva e da proporzioni, esigeva un'attenzione maggiore per le sue parti ricche di dettagli. Nacque così l'esigenza di abbozzare uno schizzo su carta in piccola scala, con studi sotto forma di cartoni a grandezza originale, che si potessero riportare sull'intonaco fresco per assicurare la realizzazione corretta delle forme. Insieme alla sinopia, o sostitutivo a essa, iniziò quindi a essere trasportato il disegno preparatorio sul muro tramite l'uso dei cartoni.
La pratica del cartone consiste nel trasportare a grandezza reale su carta il disegno di progetto iniziale o di parti di esso attraverso la tecnica della quadrettatura[15]. Può essere eseguito su carta pesante o leggera e su pergamena e serve da guida funzionale all'esecuzione del disegno preparatorio e, come la sinopia, è eseguito sull'arriccio, ma possiamo trovarlo anche

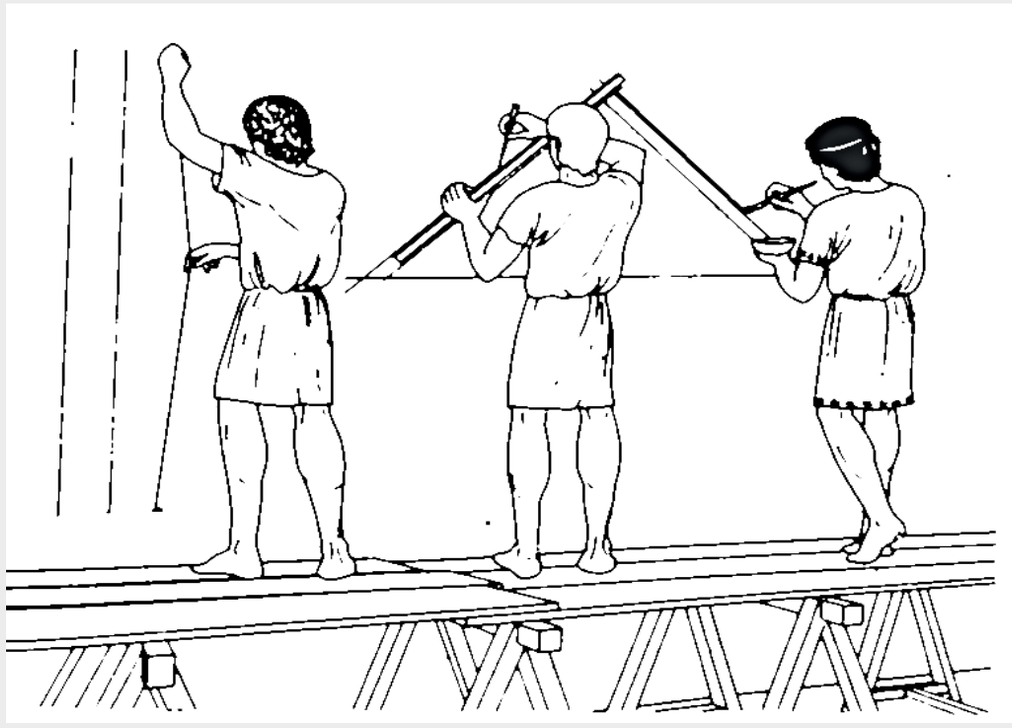
11FREZZATO F. (a cura di) Cennino Cennini, I*l libro dell'arte.* Edizione Neri Pozza, I Colibrì, 2003

12 A seconda dei luoghi geografici e dei periodi, l'inerte poteva essere costituito da sabbia di fiume, polvere di marmo, pozzolana, cocciopesto o altro. Anche il supporto murario poteva variare a seconda fosse composto da materiali rocciosi o lapidei, oppure da mattoni costituiti da laterizi, tufo ecc.

13 Nel caso il muro sia già coperto da una rivestimento, questo può essere conservato come arriccio, ma è allora crivellato di colpi di piccone per assicurare l'aderenza con il nuovo strato di intonaco.

14 Alcune sinopie mostrano l'impiego contemporaneamente di ocra rossa, ocra gialla, carboncino o terra verde e testimoniano la separazione tra l'arriccio sul quale sono tracciate e l'intonaco soprastante, o per la caduta di quest'ultimo o per il suo forzato distacco in sede di restauro, mediante la tecnica dello strappo.

15 La ***tecnica della quadrettatura*** consiste nel tracciare linee ortogonali a distanze stabilite sul piccolo disegno di progetto, per poi riportarle in scala sul supporto scelto ottenendo così un disegno chiaroscurato e a grandezza originale. L'ingrandimento riportato tramite la quadrettatura, è evidentemente legato agli studi di prospettiva e vide verosimilmente la luce nella cerchia di Brunelleschi ed è legato agli studi sulle proporzioni. Il procedimento dell'ingrandimento a quadri è descritto da Leon Battista Alberti come fosse un perfezionamento scientifico opposto alle tradizioni di bottega. Robert Oertel ne ha segnalato il primo uso, una quadrettatura incisa nell'intonaco fresco, nel viso della Vergine della Trinità del Masaccio in Santa Maria Novella. Ma è nel XVI sec. che si sviluppa maggiormente il sistema dell'ingrandimento con la quadrettatura, soprattutto nella bottega di Raffaello, dove doveva essere adatto all'utilizzazione dei disegni in gruppo del maestro.



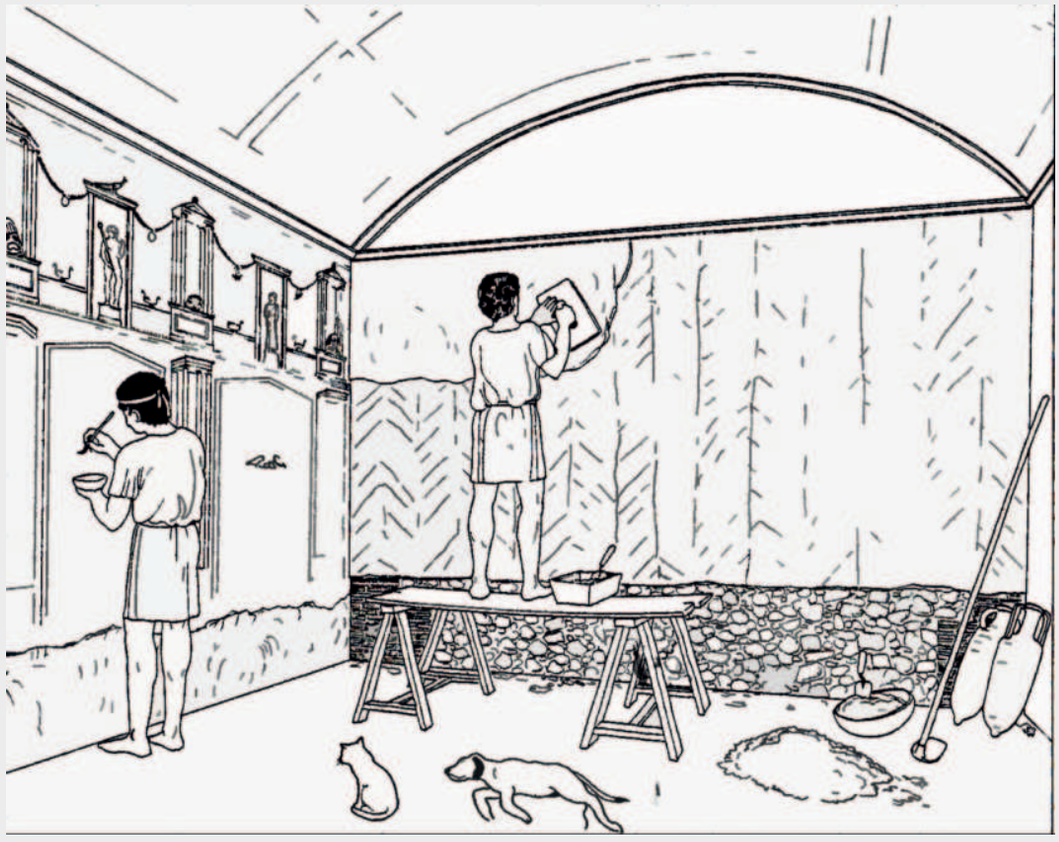


FIG.181-182 Esecuzione di un dipinto murale.

Battitura dei fili, varie fasi del lavoro

Foto: Adam J.P. L'arte di costruire presso i romani. Materiali e tecniche , Milano, 2008

sull'intonaco. Un'altra evoluzione tecnica si rivela con il ricorso del calco del cartone, probabilmente molto più antica, ma dato che era destinata a rimanere invisibile, è difficile trovare prove concrete del suo impiego, se non nelle citazioni delle fonti scritte. Verso la metà del XV sec., Andrea del Castagno, Domenico Veneziano e Pietro della Francesca introducono nelle composizioni figurate l'uso dello spolvero, limitato sino a quel momento alla ripetizione di motivi decorativi. Il calco a punteruolo, tracciato su cartone, sembra apparire solo più tardi, con il Ghirlandaio e il Signorelli.

Nello spolvero, il disegno riportato su fogli di carta abbastanza sottili, viene forato con un grosso ago, lungo tutte le linee, con una serie di fori successivi. Poggiato il foglio sull'intonaco fresco viene battuto sulla carta un sacchetto di tela contenente polvere di carbone. Il carbone, passando attraverso i fori della carta, lascia sull'intonaco una serie di punti neri che possono essere uniti tra loro per ricostruire l'intero disegno o il più delle volte sono utilizzati direttamente come riferimento alla stesura della pittura. Se lo spolvero permette di riportare un disegno più dettagliato, il calco a punteruolo che imprime il disegno nell'intonaco fresco attraverso la carta, ha il vantaggio di rimanere visibile, come il disegno inciso, anche quando è ricoperto dalla pittura. La tecnica dello spolvero è stata riscontrata soprattutto sull'intonaco, quindi sullo strato più a contatto con la stesura pittorica.
Nessun grande disegno del '200 -'300 è pervenuto fino a noi poiché, la tecnica dell'incisione a punteruolo eseguita direttamente sui cartoni, ne causava la distruzione. Inoltre, molto probabilmente nei cantieri medievali il disegno era realizzato su pergamena, materiale molto fragile, e, spesso, per permettere al cartone, o alla pergamena, di aderire perfettamente alla superficie muraria, specialmente sulle volte, questo era tagliato a pezzi. Questi due metodi, che permettono di riportare direttamente sull'intonaco fresco un disegno stabilito in scala definitiva, renderanno inutile la sinopia dal momento in cui il cartone comprenderà l'insieme della composizione. Sulla stesura finale dell'intonachino, per tracciare invece lo schema di massima della composizione architettonica e la distribuzione tra le parti decorative e quelle figurative, si utilizzava la tecnica della battitura dei fili: mediante un filo a piombo(descrizione del filo a piombo) si definivano i singoli spazi della composizione. Una cordicella intrisa di sinopia in polvere o liquida, portata in tensione fissata su chiodi alle due estremità, era fatta sbattere sulla superficie dopo averla tirata come la corda di un arco. Con altri strumenti quali squadre e compassi, erano tracciate a incisione diretta le linee guida delle geometrie del disegno.
Il dipinto definitivo è quindi eseguito sull'ultimo strato di malta sottile, composto da polvere di marmo calce e acqua, accuratamente lisciato: l'intonaco.
Questo veniva steso a pontate e giornate.
E' possibile operare due tipi di divisione secondo la rapidità del lavoro a fresco: quando è rapido, il pittore può eseguire sulla superficie umida tutta l'estensione corrispondente a un piano dell'impalcatura, cioè una pontata, con un'altezza tra i vari piani equivalente alla statura di un uomo medio, 1,60 m circa. In questo caso le sole giunture visibili dopo l'esecuzione sono i limiti orizzontali tra i differenti piani, normalmente eseguiti dall'alto verso il basso, al fine di non sporcare la pittura eseguita, come potrebbe succedere se si cominciasse a dipingere dal basso verso l'alto. Su ogni pontata, l'intonaco può essere applicato tutto in una volta o di volta in volta, secondo i bisogni dell'esecuzione. Quando il ritmo del lavoro richiede la divisione della pontata in tempi di lavoro separati, appare un nuovo tipo di giuntura, e le superfici che la delimitano ricevono il nome di giornate[16].
Queste ultime, se nella seconda metà del XII sec. suddividono ancora la pontata in superfici rettangolari senza seguire i

16 Il termine ***giornata*** deriva dalla caratteristica della tecnica a fresco che obbliga il pittore a dipingere sull'intonaco umido appassito al punto giusto, quindi nell'arco di una giornata di lavoro. Sono le porzioni d'intonaco che andranno affrescate in un giorno di lavoro prima che l'intonaco si asciughi.

contorni delle figure, in seguito, quando la nuova tecnica si diffonderà, inizieranno a seguire sempre di più da vicino le forme della composizione e, la loro estensione, dipenderà dal tempo necessario alla realizzazione delle differenti parti del dipinto[17]. Una volta terminata la pittura di una giornata o di una pontata, il pittore profila l'intonaco lungo la superficie eseguita, inclinando leggermente l'incisione verso la parte dipinta e applica un intonaco fresco sulla superficie adiacente. Il nuovo strato può oltrepassare leggermente la pittura terminata con una sottile sovrapposizione del bordo dell'intonaco fresco su quello precedente, come avveniva in epoca romana e nel medioevo, oppure, come nel corso del trecento in poi, fermarsi nettamente lungo l'attaccatura eliminando ogni sporgenza per costituirsi in una giustapposizione delle due zone d'intonaco lungo una linea netta, leggermente inclinata verso la giornata più vecchia. L'inclinazione, e leggere inevitabili sovrapposizioni, permettono di solito di stabilire la cronologia delle stesure dell'intonachino e quindi di risalire alla successione del lavoro[18].Questa è una delle caratteristiche che permettono di riconoscere il metodo a fresco, procedere a fasce richiedeva un'estrema abilità nel rendere invisibili i punti di raccordo; nonostante la cura e l'attenzione, a volte si creavano sottili fessure, ma i pittori che ne erano consapevoli, cercavano di far coincidere la conclusione del loro lavoro giornaliero con una fascia orizzontale o verticale che separasse due zone decorative, oppure seguivano i contorni delle figure rappresentate nella giornata precedente, come i contorni di un'architettura, o di rocce, o personaggi. Nei cantieri della pittura murale si applicava quindi la stessa prassi organizzativa dei cantieri di scultura e di architettura, dove fondamentale importanza rivestiva la fase progettuale. All'atto dell'esecuzione di una decorazione, diversi pittori potevano essere simultaneamente impegnati sulla stessa parete, o sulle varie pareti della stessa stanza, l'affresco va quindi visto come il prodotto di una collaborazione sinergica e strettamente affiatata di più figure professionali: il semplice garzone che preparava diversi strati di arriccio e triturava finemente i pigmenti, il dealbator imbiancava le pareti, sia per ripulirle sia per stendervi il colore di fondo della decorazione; si trattava di un lavoro molto semplice e di preparazione all'esecuzione della pittura vera e propria. Il pictor, il pittore decoratore, poteva essere un parietarius e in tal caso dipingeva i colori di fondo, i pannelli o le decorazioni al metro con motivi ripetitivi. Questo lavoro poteva andare dalla schematica esecuzione impersonale al più raffinato grafismo, a seconda del talento dell'esecutore. L'artista vero e proprio era infine il pictor imaginarius che si occupava delle scene figurate, e doveva coordinare la sua opera e quella degli altri colleghi. I tectores o pictor albarius realizzavano le cornici ed i fregi di stucco[19].

17 La durata necessaria alla formazione del primo strato superficiale di carbonato di calcio che fissa i pigmenti è stimata in un giorno, anche se può essere sensibilmente più lunga quando il clima è umido e l'intonaco abbastanza spesso da costituire una riserva di umidità sufficiente. Anche se in inverno l'intonaco rimane umido più a lungo, Cennini consiglia lo stesso di essere molto veloci nel dipingere l'intonaco appena steso.

18 MORA P, MORA M., PHILIPPOT P., ***La conservazione delle pitture murali***,Bologna 1999

19 La durata necessaria alla formazione del primo strato superficiale di carbonato di calcio che fissa i pigmenti è stimata in un giorno, anche se può essere sensibilmente più lunga quando il clima è umido e l'intonaco abbastanza spesso da costituire una riserva di umidità sufficiente. Anche se in inverno l'intonaco rimane umido più a lungo,

Cennini consiglia lo stesso di essere molto veloci nel dipingere l'intonaco appena steso

Riassumendo, è dal trecento che la pittura murale subisce una rivoluzione estetica inaugurata da Cavallini e Giotto. Le modifiche che apportano si possono schematizzare in tre punti:

- **L'uso della sinopia si generalizza, l'importanza delle ricerche spaziali e plastiche, rendono difficile la composizione diretta sull'intonaco senza schizzo preliminare e la realizzazione a fresco di grandi superfici. La forma esige un'elaborazione più lunga, per tappe progressive. Da qui lo sviluppo della sinopia come primo schizzo monumentale eseguito in situ, sull'arriccio o anche a volte, direttamente sulla muratura.**
- **Ricoprendo ogni giorno d'intonaco fresco la parte della composizione che si voleva eseguire, la pittura è eseguita ad affresco con parti a secco. Questo determina la suddivisione di ogni pontata in giornate, le cui giunture restano spesso riconoscibili.**
- **Una parte più o meno estesa è completata sempre a secco, principalmente a tempera o con la pittura a calce, (i pigmenti sono stemperati con sola acqua di calce o con latte di calce)**

L'esecuzione pittorica

Nel corso dei secoli, con l'esperienza, gli artisti hanno compreso che non tutti i pigmenti sono compatibili con la calce fresca dell'intonaco.

Vitruvio ci parla ad esempio dell'alterazione del cinabro:

"….se si adopera per dipingere intonachi di stanze, al chiuso, mantiene senza difetto il suo colore, ma nei luoghi aperti, nei peristili o nelle esedre, ove il sole e la luna possono immettere splendori e raggi, colpito da questi il minium si altera, perde il suo potere colorante ed annerisce..." A conferma di quello che ha detto, cita il noto episodio di Faberio: "…Infatti come molti altri, lo scriba Faberio, quando volle possedere sull'Aventino una casa elegantemente decorata, coprì di cinabro tutte le pareti del peristilio, le quali però, dopo trenta giorni, divennero di colore sgradevole e disuguale, quindi cercò subito altri colori da mettere in opera…." Successivamente suggerisce un modo per evitare che ciò avvenga: "..ma a voler essere più furbi, e volere che la decorazione del cinabro mantenga il suo colore, dopo che la parete sia dipinta e ben asciutta, si distenda, con un pennello di setola, la cera punica liquefatta al fuoco temperata con un po' d'olio : indi con dei carboni in un vaso di ferro, riscaldando insieme cera e parete, la si costringe a sudare, in modo che eguagli tutto. Poi con una candela e un panno bianco si strofini così come si patinano le statue marmoree nude. Quest'operazione dai greci è chiamata ganosis. Questa patina di cera punica, non fa che né lo splendore della luna né i raggi del sole, possano rodere né cancellare i colori in si fatte pittura"

Nei secoli, vediamo gli artisti ricorrere a diverse combinazioni dei metodi tradizionali e dei procedimenti nuovi, secondo le modalità proprie del processo creativo individuale. I pigmenti stabili[20], compatibili con la calce e quindi adatti al pro-

20 I pigmenti impiegati per la pittura murale devono presentare caratteristiche di resistenza alla luce, agli agenti atmosferici e all'inquinamento, superiori a quelli impiegati su altri supporti, poiché sono di norma più esposti all'azione di questi fattori d'alterazione. Nel caso della pittura a fresco,

cesso di carbonatazione, sono costituiti prevalentemente da terre a base di ossidi ferrosi, ocra gialla e rossa, terre brune, terra verde, bianco di calce e nero di carbone vegetale. Questi però risultano meno brillanti e luminosi di quelli che non possono essere impiegati a fresco; tutti i pigmenti a base di piombo, rame, mercurio, arsenico e le lacche a base di coloranti naturali, come anche bianco di piombo, minio, cinabro, azzurrite, malachite, indaco, orpimento, realgar, lacche di kermes, robbia, zafferano, spincervino ecc.

Per l'utilizzo di tali pigmenti, generalmente impiegati nei panneggi, era necessario ricorrere a stesure a secco, mentre ad affresco era condotta l'esecuzione degli incarnati riguardanti volti e mani dei principali personaggi raffigurati al fine di assicurarne la conservazione[21]. L'impiego simultaneo di tecniche a fresco e a secco, era utile anche per rendere omogenea l'intera composizione pittorica al termine del lavoro nelle singole scene.

Si cominciava a dipingere stemperando i pigmenti nell'acqua pura, e stendendo i colori di fondo compatibili con la calce, Cennino Cennini nel Libro dell'arte ci indica la tecnica di stesura di ogni pigmento. Descrivendo in dettaglio il modo di dipingere ad affresco un viso o un drappeggio, Cennini precisa che i pigmenti sono mescolati con acqua chiara, cosa che contraddistingue l'affresco puro del trecento, come il completamento a tempera e non più a calce[22]. Il nuovo procedimento consiste nel modellare il tono a partire da tre sfumature dallo scuro al chiaro, prima di procedere alle ultime lumeggiature di luce e di ombra. Gli incarnati hanno un trattamento più complesso, le ombre sono determinate con la terra verde sul disegno verdaccio sottostante alla stesura del tono per l'incarnato. Come pigmento bianco, veniva usato il Bianco S. Giovanni, lo indica dicendo che senza di esso non si possono creare carnagioni o ogni altra mescolanza di colori che impieghi su muro ad affresco. Se gli incarnati nel trecento erano normalmente eseguiti a fresco, i drappeggi erano frequentemente eseguiti a tempera ad uovo su preparazioni ad affresco, ma con variazioni tecniche tra diversi artisti e opere. Il blu era generalmente costituito da azzurrite applicata a tempera su un fondo d'ocra rossa o più raramente nero eseguito ad affresco. Il completamento a tempera, così come il ricorso all'oro e all'argento, ai rilievi, e ai vari effetti propri delle pitture su tavola, è più sviluppato nella scuola senese e si accentua nella seconda metà del trecento con lo sviluppo del gusto decorativo.

Cennini dà istruzioni particolari per l'esecuzione di un manto blu della vergine, con l'azzurrite o l'oltremare. Si comincia qui con l'incidere nell'intonaco il disegno delle pieghe, con un punteruolo. In seguito la veste è dipinta ad affresco con un miscuglio di 2/3 di sinopia e 1/3 di nero, dopo di che il blu è applicato a tempera, in tre o quattro strati sull'insieme, mentre le ombre in fondo alle pieghe vengono rinforzate a più riprese con la lacca e il nero. Questo testo conferma l'uso del blu a

devono inoltre resistere all'azione caustica della calce .

21 In italia si distingue specialmente dal punto di vista tecnico, per l'uso di origine bizantina della terra verde come tono di fondo per gli incarnati, procedimento che si ritrova in Austria nel XI sec. a Lambach e che il trecento conserverà pur sviluppando il modellato richiesto dalla concezione plastica dei volumi .

22 Il trattato De diversis artibus del Monaco Teofilo, della prima metà del XII sec., costituisce la principale fonte scritta per le teniche artistiche romaniche, e il primo documento scritto sulla tenica della pittura a calce sull'intonaco asciutto, introduce la pittura su muro asciutto come una variante rispetto alla formula a fresco. *Libro I, cap. XV- Come si dipinge su muro :"Per dipingere su muro, copri il drappeggio con dell'ocra alla °°ùuale avrai aggiunto un poco di calce in ragione della sua vivacità. Fai le ombre sia con l'ocra rossa pura, sia con la terra verde che con il "posch", composto della stessa orca e di verde rame. Il color carne è composto su muro da un miscuglio di ocra, cinabro e calce, e il "posch" e le luci si fanno come sopra. Quando si tratta di dipingere figure o altro "su muro secco" si comincia con l'aspergerlo di acqua finchè non sia completamente bangato. Tutti i colori da utilizzare sono stemperati nello stesso liquido e mescolati con calce, poi applicati sul muro bagnato in modo che, asciugando insieme ad esso, vi aderiscano. Per gli sfondi sotto il blu o la viridiana, si applica un colore chiamato veneda, fatto con un miscuglio di nero e di calce. Su questo colore, una volta asciutto, si dà una sottile mano di blu preparato con giallo d'uovo diluito in molta acqua, poi uno strato più spesso per ottenere un effetto migliore. La viridiana è ugualmente fatta di succo e di nero"*. Sull'uso dell'olio e tempere è documentato nel XII sec. da un autore francese, Pierre de Saint Audemar, che in un manoscritto conservato nella niblioteca nazionale di Parigi, raccomanda l'utilizzo dell'olio per il bianco e il verde, colori siccativi, mentre per il minio consiglia la gomma ed esclude l'uovo.

tempera su sfondo scuro preparto a fresco, e dà significato alle incisioni, destinate a conservare la leggibilità del disegno preparatorio laddove ci fossero sovrapposizioni di più strati di colore.
Le incisioni erano utilizzate anche per le linee geometriche, dritte o curve, specialmente nelle architetture, dove conferiscono ai tratti maggiore acutezza, e potevano servire come guida per l'esecuzione pittorica.
Sull'intonaco asciutto e dopo l'applicazione del colore, venivano infine eseguite le dorature. Le aureole, e alcuni ornamenti richiedevano il ricorso a diverse tecniche di doratura e di rilievo, quello delle aureole si faceva nell'intonacatura fresca con la stessa malta dell'intonaco, immediatamente dopo aver disegnato la testa del personaggio. La doratura si faceva a missione, dopo il completamento della pittura e l'asciugatura dell'affresco. S'incideva con un punteruolo nell'intonaco seco il contorno della testa in modo che l'incisione apparisse attraverso la foglia d'oro ben battuta con il palmo della mano, e che fosse sufficiente allora ripassarne la traccia con un coltello per tagliare e raschiare l'oro secondo il profilo voluto.
Altre tecniche di rilievo potevano essere utilizzate per le stelle, gli orgamenti e il fogliame; Cennini le descrive con le varianti richiese a seconda che si lavori su muro o su tavola. L'una consiste nell'applicare con il pennello uno stucco di calce e di sabbia o un miscuglio di vernice e farina o di cera e di pece. L'altra consiste nel fabbricare, mediante uno stampo di pietra tagliata, rilievi di gesso coperti di stagno, che vengono successivamente dorati e applicati sul muro con la pece. Le stelle si fanno con una pala di cera modellata sul posto e dorata. I broccati stampati con la cera, così frequenti nel Nord, soprattutto per la policromia delle sculture, furono utilizzati su muro da Pisanello a Verona. Ad Assisi, in pieno trecento, nella cappella della Maddalena, si trovano visi modellati in leggero rilievo nello stucco.
Sull'intonaco asciutto e dopo l'applicazione del colore, veniva infine eseguita la doratura facendo aderire le foglie d'oro o d'argento con un adesivo detto missione o mordente, a base oleo-resinosa, steso direttamente sull'intonaco o più spesso applicato su decorazioni a rilievo, preliminarmente eseguite a stucco. Talvolta la stesura della missione oleo-resinosa era guidata da una colorazione in ocra più o meno giallo-aranciata, eseguita in affresco delle parti che dovevano ospitare le lamine metalliche, per individuarne immediatamente la collocazione, in cui contorni venivano generalmente incisi. Inoltre poiché le foglie d'oro erano battute con una sottigliezza tale da renderle quasi trasparenti, era necessario che venissero preliminarmente deposte su una lamina di stagno che le difendesse dalle asperità della muratura.

8.2 Codice dei beni culturali e del paesaggio

Articolo 1 - Principi

1. In attuazione dell'articolo 9 della Costituzione, la Repubblica tutela e valorizza ilpatrimonio culturale in coerenza con le attribuzioni di cui all'articolo 117 della Costituzione e secondo le disposizioni del presente codice.
2. La tutela e la valorizzazione del patrimonio culturale concorrono a preservare la memoria della comunità nazionale e del suo territorio e a promuovere lo sviluppo della cultura.
3. Lo Stato, le regioni, le città metropolitane, le province e i comuni assicurano e sostengono la conservazione del patrimonio culturale e ne favoriscono la pubblica fruizione e la valorizzazione.
4. Gli altri soggetti pubblici, nello svolgimento della loro attività, assicurano la conservazione e la pubblica fruizione del loro patrimonio culturale.
5. I privati proprietari, possessori o detentori di beni appartenenti al patrimonio culturale sono tenuti a garantirne la conservazione.
6. Le attività concernenti la conservazione, la fruizione e la valorizzazione del patrimonio culturale indicate ai commi 3, 4 e 5 sono svolte in conformità alla normativa di tutela.

Articolo 2 - Patrimonio culturale

1. Il patrimonio culturale e' costituito dai beni culturali e dai beni paesaggistici.
2. Sono beni culturali le cose immobili e mobili che, ai sensi degli articoli 10 e 11, presentano interesse artistico, storico, archeologico, etnoantropologico, archivistico e bibliografico e le altre cose individuate dalla legge o in base alla legge quali testimonianze aventi valore di civiltà.
3. Sono beni paesaggistici gli immobili e le aree indicati all'articolo 134, costituenti espressione dei valori storici, culturali, naturali, morfologici ed estetici del territorio, e gli altri beni individuati dalla legge o in base alla legge.
4. I beni del patrimonio culturale di appartenenza pubblica sono destinati alla fruizione della collettività, compatibilmente con le esigenze di uso istituzionale e sempre che non vi ostino ragioni di tutela.

Articolo 10 - Beni culturali

1. Sono beni culturali le cose immobili e mobili appartenenti allo Stato, alle regioni, agli altri enti pubblici territoriali, nonché ad ogni altro ente ed istituto pubblico e a persone giuridiche private senza fine di lucro, che presentano interesse artistico, storico, archeologico o etnoantropologico.
2. Sono inoltre beni culturali:
a) le raccolte di musei, pinacoteche, gallerie e altri luoghi espositivi dello Stato, delle regioni, degli altri enti pubblici territoriali, nonché di ogni altro ente ed istituto pubblico;
b) gli archivi e i singoli documenti dello Stato, delle regioni, degli altri enti pubblici territoriali, nonché di ogni altro ente ed istituto pubblico;
c) le raccolte librarie delle biblioteche dello Stato, delle regioni, degli altri enti pubblici territoriali, nonché di ogni altro ente e istituto pubblico.

3. Sono altresì beni culturali, quando sia intervenuta la dichiarazione prevista dall'articolo 13:
a) le cose immobili e mobili che presentano interesse artistico, storico, archeologico o etnoantropologico particolarmente importante, appartenenti a soggetti diversi da quelli indicati al comma 1;
b) gli archivi e i singoli documenti, appartenenti a privati, che rivestono interesse storico particolarmente importante;
c) le raccolte librarie, appartenenti a privati, di eccezionale interesse culturale;
d) le cose immobili e mobili, a chiunque appartenenti, che rivestono un interesse particolarmente importante a causa del loro riferimento con la storia politica, militare, della letteratura, dell'arte e della cultura in genere, ovvero quali testimonianze dell'identità' e della storia delle istituzioni pubbliche, collettive o religiose;
e) le collezioni o serie di oggetti, a chiunque appartenenti, che, per tradizione, fama e particolari caratteristiche ambientali, rivestono come complesso un eccezionale interesse artistico o storico.
4. Sono comprese tra le cose indicate al comma 1 e al comma 3, lettera a):
a) le cose che interessano la paleontologia, la preistoria e le primitive civiltà;
b) le cose di interesse numismatico;
c) i manoscritti, gli autografi, i carteggi, gli incunaboli, nonché i libri, le stampe e le incisioni, con relative matrici, aventi carattere di rarità e di pregio;
d) le carte geografiche e gli spartiti musicali aventi carattere di rarità e di pregio;
e) le fotografie, con relativi negativi e matrici, le pellicole cinematografiche ed i supporti audiovisivi in genere, aventi carattere di rarità e di pregio;
f) le ville, i parchi e i giardini che abbiano interesse artistico o storico;
g) le pubbliche piazze, vie, strade e altri spazi aperti urbani di interesse artistico o storico;
h) i siti minerari di interesse storico od etnoantropologico;
i) le navi e i galleggianti aventi interesse artistico, storico od etnoantropologico;
l) le tipologie di architettura rurale aventi interesse storico od etnoantropologico quali testimonianze dell'economia rurale tradizionale.

5. Salvo quanto disposto dagli articoli 64 e 178, non sono soggette alla disciplina del presente Titolo le cose indicate al comma 1 e al comma 3, lettere a) ed e), che siano opera di autore vivente o la cui esecuzione non risalga ad oltre cinquanta anni.

Articolo 11 - Beni oggetto di specifiche disposizioni di tutela

1. Fatta salva l'applicazione dell'articolo 10, qualora ne ricorrano presupposti e condizioni, sono beni culturali, in quanto oggetto di specifiche disposizioni del presente Titolo:
a) gli affreschi, gli stemmi, i graffiti, le lapidi, le iscrizioni, i tabernacoli e gli altri ornamenti di edifici, esposti o non alla pubblica vista, di cui all'articolo 50, comma 1;
b) gli studi d'artista, di cui all'articolo 51;
c) le aree pubbliche di cui all'articolo 52;

d) le opere di pittura, di scultura, di grafica e qualsiasi oggetto d'arte di autore vivente o la cui esecuzione non risalga ad oltre cinquanta anni, di cui agli articoli 64 e 65;
e) le opere dell'architettura contemporanea di particolare valore artistico, di cui all'articolo 37;
f) le fotografie, con relativi negativi e matrici, gli esemplari di opere cinematografiche, audiovisive o di sequenze di immagini in movimento, le documentazioni di manifestazioni, sonore o verbali, comunque realizzate, la cui produzione risalga ad oltre venticinque anni, di cui all'articolo 65;
g) i mezzi di trasporto aventi più di settantacinque anni, di cui agli articoli 65 e 67, comma 2;
h) i beni e gli strumenti di interesse per la storia della scienza e della tecnica aventi piu' di cinquanta anni, di cui all'articolo 65;
i) le vestigia individuate dalla vigente normativa in materia di tutela del patrimonio storico della Prima guerra mondiale, di cui all'articolo 50, comma 2.

CONCLUSIONI

La finalità ultima di questo lavoro è stata quella di dimostrare come, con un diverso impiego dei fondi disponibili, sia possibile realizzare un rilievo oggettivo preciso e dettagliato per una documentazione completa, effettuata esclusivamente con metodologie e tecnologie non invasive, che garantiscono un valore aggiunto di ricerca e sperimentazione all'intervento di restauro.
La documentazione degli affreschi è stata eseguita con tecniche fotografiche HD accompagnate da un modello 3D realizzato con uno scanner a luce strutturata, e un modello fotogrammetrico effettuato con una macchina fotografica Reflex.
Considerata la particolarità del caso oggetto di studio, trattandosi di affreschi con alto contenuto cromatico, è stata aggiunta alla precisione del rilievo 3D, la ricchezza di dati relativi al colore e ai dettagli, propri dell'immagine fotografica, con la successiva possibilità di misurare, calcolare superfici e creare tematismi.
Si dispone, in tal modo, di un archivio completo d'informazioni realizzato senza la mediazione del disegno, che rappresenta sempre un'astrazione soggettiva rispetto alla realtà: i sistemi di acquisizione basati su una sorgente luminosa, si sono rivelati fondamentali per definire un tipico problema la cui soluzione su un foglio di carta avrebbe avuto bisogno di una quantità e di una complessità tale di disegni da renderlo difficilmente gestibile.
I dati presentati possono essere utilizzati secondo modalità diversificate in relazione a specifiche e momentanee esigenze di carattere tecnico: l'intera opera in forma digitale può essere visualizzata con accessibilità continua, allo scopo di realizzare sistemi dinamici e restituzioni di dati analizzabili facilmente anche da operatori non esperti.
A tal proposito è stata proposta una nuova metodologia per eseguire tematismi precisi e dettagliati nella fase di rilievo, sia attraverso l'utilizzo di software vettoriali, consolidati da tempo nel campo della fotografia e della grafica, che tramite programmi in fase sperimentale che permettono di trasportare dati informativi direttamente sul modello 3D.
Tutta la documentazione realizzata, è stata trasferita ai restauratori e ai diversi operatori delle Soprintendenze, attraverso file jpeg ad alta risoluzione, PDF interattivi di semplice lettura, e un modello 3D visualizzabile con un programma open source.
Con riferimento agli obiettivi globali del progetto, finalizzati ad una ottimizzazione e facile gestione delle informazioni derivanti da ambiti disciplinari diversi, e di tutta la documentazione necessaria alla conservazione degli affreschi, si ritiene di dover continuare tale metodologia cercando di trovare uno standard di approccio, ripetibile e specifico, sia per tipo di dipinto che per l'obiettivo dell'indagine.
L'utilizzo di queste tecniche comporta l'interazione con diversi professionisti del settore della fotografia, del rilievo 3D, e della grafica, ma può agevolare e supportare l'operato del restauratore.
Nel caso presentato, l'obiettivo è stato raggiunto, con la produzione di un materiale complessivo finale che soddisfa le esigenze di documentazione rigorosa e si proietta su diversi scenari all'interno dei quali poter concepire modalità innovative di valorizzazione e di fruizione del bene culturale.

FOTOGRAFIE FUORI TESTO



TAVOLA 1

Ottaviano Nelli, ***Volta dell'oratorio di S.Gaetano,***

Oratorio di S.Gaetano Urbino, 1417. Fotografia HD in luce diffusa.

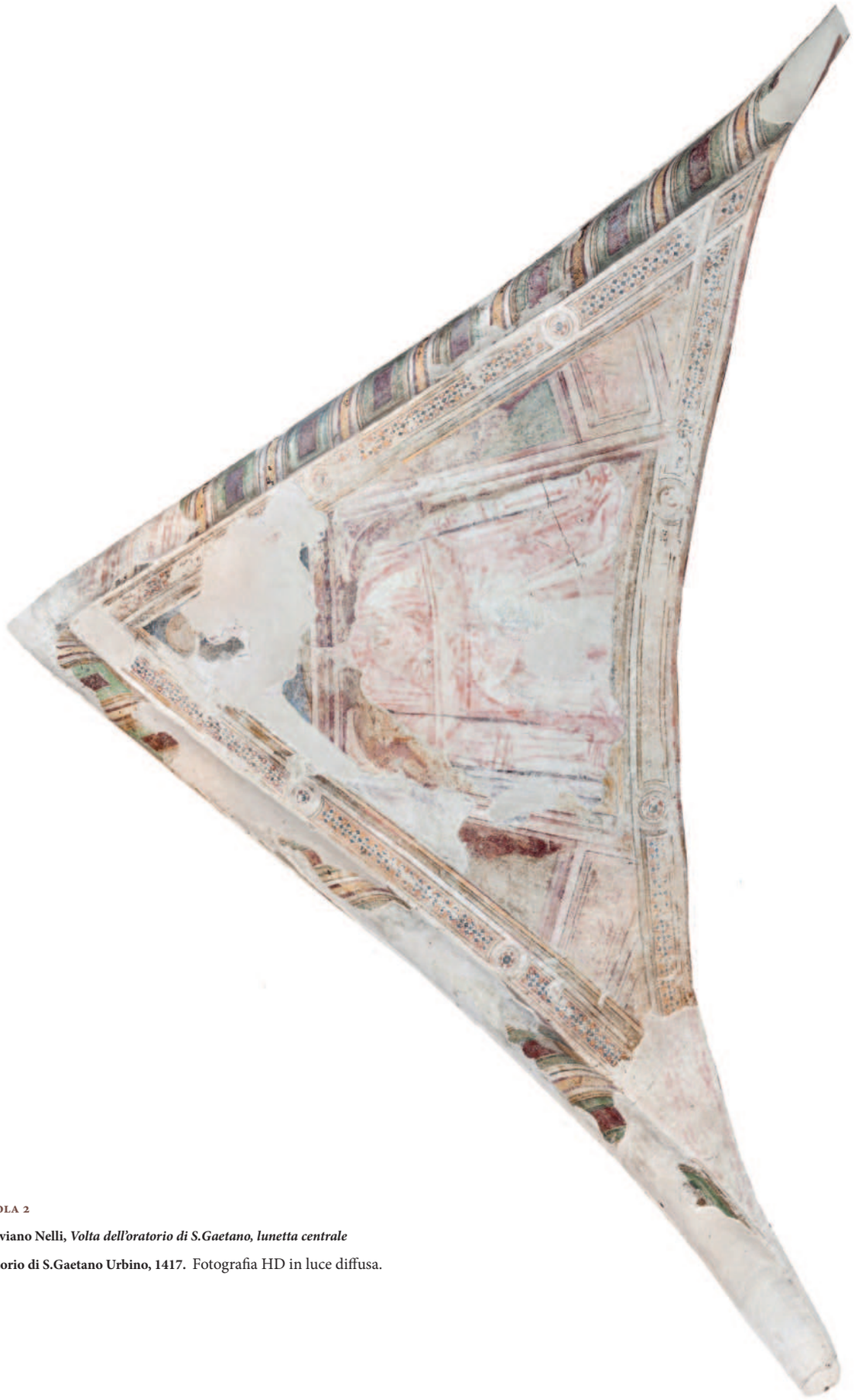


TAVOLA 2

Ottaviano Nelli, ***Volta dell'oratorio di S.Gaetano, lunetta centrale***

Oratorio di S.Gaetano Urbino, 1417. Fotografia HD in luce diffusa.



TAVOLA 3

Ottaviano Nelli, ***Volta dell'oratorio di S.Gaetano, lunetta sinistra***

Oratorio di S.Gaetano Urbino, 1417. Fotografia HD in luce diffusa.



TAVOLA 4

Ottaviano Nelli, ***Volta dell'oratorio di S.Gaetano, lunetta posteriore***

Oratorio di S.Gaetano Urbino, 1417. Fotografia HD in luce diffusa.

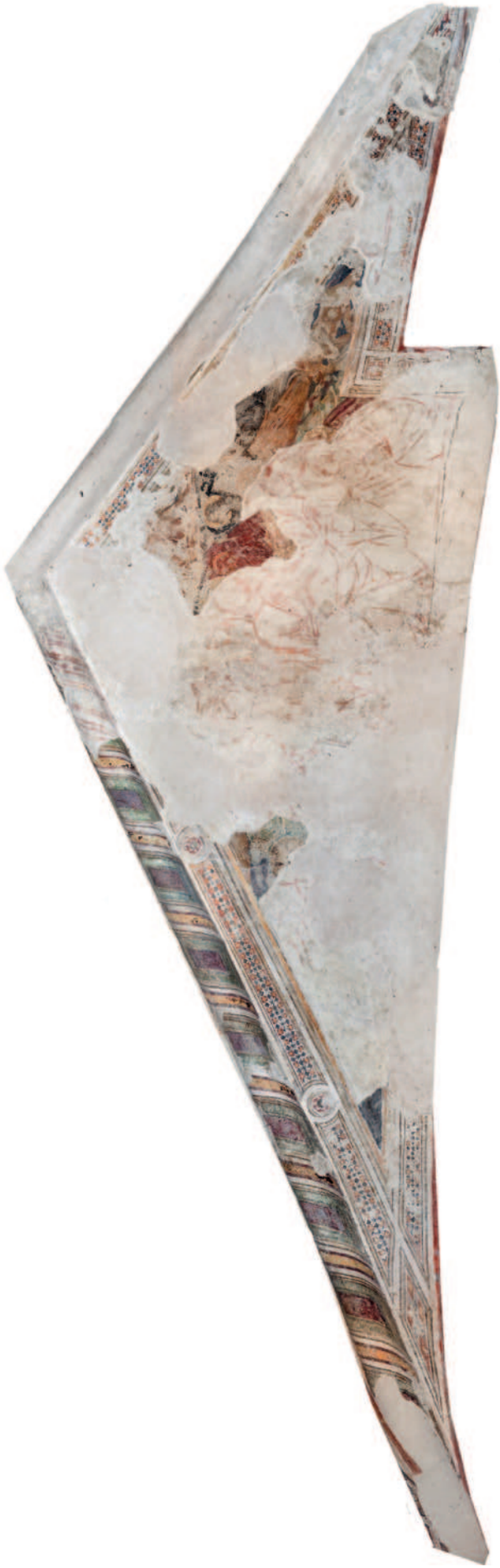


TAVOLA 5

Ottaviano Nelli, ***Volta dell'oratorio di S.Gaetano, lunetta destra***

Oratorio di S.Gaetano Urbino, 1417. Fotografia HD in luce diffusa.

BIBLIOGRAFIA

A.A. V.V, DIMOS, *Tecniche di esecuzione e materiale costitutivi. Corso sulla manutenzione di dipinti murali, mosaici, stucchi*, parte I, modulo 1.

ADAM J.P, *L'arte di costruire presso i romani, materiali e tecniche,* IX edizione, Milano, 2008

ALTHOFER H., *La questione del ritocco nel restauro pittorico*, Padova, 2002

ARNHEIM R., *Arte e percezione visiva*, Feltrinelli, Milano, 2000

AUGUSTI S., *La tecnica dell'antica pittura parietale pompeiana*, in Pompeiana, *Raccolta di Studi per il secondo centenario degli scavi di Pompei*, Napoli, 1950

BALDASSARRE I., PONTRANDOLFO A., ROUVERET A., SALVADORI M., *Pittura romana*, Milano, 2006

BALL P., *Colore, una biografia*, Rizzoli, 2004

BASILE G., *Che cos'è il restauro. Come quando perché conservare le opere d'arte*, Roma, 1989

BELLOSI L., ROSSI A. (a cura di), Giorgio Vasari. *Le vite de' più eccellenti architetti, pittori, et scultori italiani, da Cimabue insino a' tempi nostri*, Firenze 1550, Editore Einaudi, 1991 vol. I, cap. XVI, p. 60-62, cap. XX, XXI pp. 66-69, e cap. XXIII p. 70

BENNARDI D.,FURFERI R, *Il restauro Virtuale, tra ideologia e metodologia*, Edifir editore, Firenze 2007

BEVILACQUA N., BORGIOLI L., ADROVER G.I., I *pigmenti nell'arte dalla preistoria alla rivoluzione industriale*, Il Prato, 2010

BONFATTI F., *Elogi e documenti riguardanti Ottaviano di Martino Nelli,* Foligno 1879

id., *Ottaviano Nelli pittore eugubino illustrate con documenti di Luigi Bonfatti*. in L'Imparziale, 1841, n. 58. Magni, 1843

BORDI G., *Giuseppe Wilpert e la scoperta della pittura altomedievale a Roma*, estratto da Giuseppe Wilpert Archeologo cristiano, Atti del Convegno, a cura di Stefan Heid Roma- 16-19 maggio 2007

BORRIELLO M.R., CIARALLO A., DE CARO S., DE CAROLIS E., DI PASQUALE G., GALLUZZI P., GUZZO P. G., *Homo faber, natura, scienza e tecnica nell'antica Pompei*, Electa, Milano

BOTTICELLI G. *Metodologia e Restauro delle Pitture Murali*, Firenze,1992

BRANDI C., *Teoria del Restauro,* Torino, 1977

CALDARI C. INZERILLO. C., *Ottaviano Nelli: un capolavoro riscoperto*, rotary club Urbino, 2002

CALDARI C., IL RESTAURO DELL'ORATORIO DI S. GAETANO, GIÀ CAPPELLA DELL'ORATORIO DELL'UMILTÀ, IN OTTAVIANO NELLI: UN CAPOLAVORO RISCOPERTO, URBINO S.D. 2002

CANNAROZZO, Fotogrammetria Zanichelli, .Vol3.UnitaT1,10, Bologna 2012

CAPANNA F., Conservazione preventiva dei beni culturali, documentazione grafica per la conservazione dei beni culturali. storia e struttura di un metodo. Tesi della Scuola di specializzazione in Beni storici artistici, Università degli studi di Macerata a.a.. 2011- 2012, relatore prof. S. Della Torre,

CARDINALI M., DE RUGGERI B., FALCUCCI C., Diagnostica Artistica, tracce Materiali per la storia dell'arte e per la conservazione. Palombi Editore, 2007

CARDINALI M., DE RUGGERI B., FALCUCCI C., Diagnostica Artistica, tracce Materiali per la storia dell'arte e per la conservazione. Palombi Editore, 2007

CAVEZZALI D, La conservazione dell'arte egiziana. Percorsi di formazione per il restauro delle collezioni del Museo Egizio del Cairo, Gangemi editore, 2014

CECE F., SANNIPOLI E.A., Il restauro degli affreschi della Loggetta di Palazzo Beni: primi spunti per una riflessione, IBID., LII, 2001

id., La chiesa e il convento di S. Agostino in Gubbio, Perugia 2001 B

CERONI M., ELIA G., Diagnostica per I Beni Culturali, Alinea Editrice, Perugia 2008

CNR, CENTRI SI STUDIO DI MILANO E ROMA SULLA CAUSE DI DEPERIMENTO E SUI METODI DI CONSERVAZIONE DELLE OPERE D'ARTE, ICR, ISTITUTO CENTRALE PER IL RESTAURO, NorMal 17/84

COLOMBO L., *I colori degli antichi*, Firenze, 1995

D'AMICO CLAUDIO , *Atti del IV congresso nazionale AIAR* , Pisa, 1-3 febbraio 2006

DAL POGGETTO P., *Fioritura tardo gotica nelle marche* , Milano, Electa, 1998. pp 11

DAVID KATZ, *La psicologia della forma*, Boringhieri, Torino, 1979

DE LUCA D., *I manufatti dipinti su supporto tessile*. Vademecum per allievi restauratori, Collana Lineamenti di Conservazione e Restauro dei Beni Culturali, Il Prato, Padova 2012

DIMOS, *Corso sulla manutenzione di Dipinti Murali*, Istituto centrale per il restauro, Roma

DONNINI. G., Un ciclo a fresco giovanile di ottaviano Nelli, in Antichità Viva, XI (1972), 3, EDAM, 1972

FELICETTI P., in *Il Palazzo Trinci di Foligno* a cura di G.Benazzi e F.Mancini, Foglino 2001

FREZZATO F. (a cura di) *Cennino Cennini, Il libro dell'arte,* edizione Neri Pozza, I Colibrì, 2003, capitoli CXV-CXVIII, pp. 144-148, CLIV - CLVI pp. 177, 178 e capitoli CLXII - CLXV pp. 182-186

FUOCHI A., MANCINI T., *Urbino, chiese fuori le mura.*

SECCARONI C., *Giotto com'era. Il colore perduto delle Storie di San Francesco nella Basilica di Assisi*, De Luca Editore, 2007

GIUSEPPE T., *Il rilievo e la rappresentazione per il progetto di restauro architettonico*, Facoltà di Architettura, Frederico II Napoli, 2009.

ICCD, Strutturazione dati delle schede di catalogo e precatalogo, scheda OA-Normativa.

JEAN – PIERRE A., *L'arte di costruire presso i romani*. Materiali e tecniche . Longanesi & c. Milano, 2008

KANIZSA G., *Grammatica del vedere,* saggi su percezione e Gestalt, il Mulino, Bologna, 1985

LASKARIS C., *Il ricettario Diotaiuti : ricette di argomento tecnico-artistico in un Zibaldone marchigiano del quattrocento*, Il Prato, Il Laboratorio dell'Arte, n° 1, 2008

LAYARD A.H., *La Madonna e i Santi: pittura a fresco di Ottaviano Nelli nella chiesa di S. Maria Nuova a Gubbio*; tradotta e pubblicata con note a cura di Luigi Bonfatti.

LIMONCELLI M., *Applicazioni Digitali per l'Archeologia: il Restauro Virtuale*, in DigItalia, Anno VI, Numero 1, 2011. ICCU-ROMA

LUZZATTO L., POMPAS R., *Il significato dei colori nelle civiltà antiche*, Milano, 2001

M. MATTEINI A. MOLES, *Scienza e restauro*, Firenze, 1984

MATTEINI M., MOLES A., *La chimica nel restauro. I materiali dell'arte pittorica*, Firenze, 2007

MAZZANTINI G., *Documenti per la storia delle arti a Gubbio*, Foligno 1886

ROSSI F., *Ottaviano Nelli: note per la biografia di un pittore di corte*, in L'Arte, 1967, p. 18, n.65

MAZZINI F., *Urbino. I mattoni e le pietre*, Argalia editore, Urbino 2000

MENICHETTI P.L, *Storia di Gubbio dalle origini all'Unità d'Italia*, II, Città di Castello 1987

MINARDI M., *Fioritura tardogotica nelle marche*, Milano 1998

MONTAGNA G., *I pigmenti .Prontuario per l'arte e il restauro*, Nardini Editore, Firenze, 1993

MORA P, MORA M., PHILIPPOT P., *La conservazione delle pitture murali*,Bologna 1999

MOTTANA A. ,CRESPI R. , LIBORIO G., *Minerali e Rocce*, Milano, 1997

PLINIO IL VECCHIO, *Naturalis Historia*, libri XXXIV- XXXVI

POLDI G., VILLA GIOVANNI C., *Dalla conservazione alla storia dell'arte. Riflettografia e analisi non invasive per lo studio dei dipinti*. Edizioni della Normale, 2006

RINALDI S., *Storia tecnica dell'arte, materiali e metodi della pittura e della scultura* (sec. V-XIX), Carocci editore, 2011

RINALDI S., QUARTULLO G., MILANESCHI A., PIETROPAOLI R., OCCORSIO S., COSTANTINI SCALA F., MINUNNO G., VIRNO C., *La fabbrica dei colori: pigmenti e coloranti nella pittura e nella tintoria*, Roma, 1986

ROMANO C.G., *I colori e le arti dei romani e la compilazione pseudo-eracliana*, Bologna, 1996

ROSSI A., *Qualche considerazione sulla pittura umbro-marchigiana del trecento e del quattrocento*, in Notizie da Palazzo Albani, III (1974), 2-3,

id., *Lo "stile feltresco": arte tra Gubbio e Urbino nella prima metà del '400*, in Rapporti artistici fra le Marche e l'Umbria. Atti del Convegno interregionale di studio, Fabriano-Gubbio 1974, Perugia 1977,

ROSSI F., *Un ciclo di Affreschi allegorici di Ottaviano Nelli*, IBID., 1966, NN. 34-36

Id., *Ottaviano Nelli: note per la biografia di un pittore di corte,* in L'Arte, 1967, n. speciale, pp. 4, 7-27;

Id., *Lo "stile feltresco": arte tra Gubbio e Urbino nella prima metà del '400*, in Rapporti artistici fra le Marche e l'Umbria. Atti del Convegno interregionale di studio, Fabriano-Gubbio 1974, Perugia 1977

SACCO F., *Il problema della documentazione grafica nei restauri*. Materiali e strutture, 3(1);25-34, 1993

id., *A cosa serve la documentazione dei restauri*. Geomedia 1, 2006

id., *Sistematica della documentazione e progetto di restauro*, in:Bollettino dell'Istituto Centrale per il Restauro. Nuova serie. n. 4, 2002

SANNIPOLI F.A., *L'Incoronazione della Vergine: opera inedita di Ottaviano Neli a Gubbio*, Città di Castello 1981;

id., *Breve nota sul Giudizio universale di S. Agostino a Gubbio,* in "A Gubbio Informatutto", III (1989), 5, pp. 20-22;

id, *Ottaviano Nelli al tempo della Piaggiola* (documenti ed opere), ibid., pp. 35-38;

id., *La prima biografia del Nelli* [pubbl. con il titolo redazionale è del 1841 la prima biografia del Nelli.], in L'Eugubino, LI (2000), pp. 29, 31;

id., *Sui rapporti artistici tra il Nelli e i Salimbeni: il "Giudizio Universale"* di S. Agostino a Gubbio e una traccia per Jacopo Salimbeni, in I Da Varano e

le arti. Atti del Convegno internazionale.

SCOPIGNO R., *Il rilievo digitale tridimensionale, un nuovo strumento di analisi*. CNR - Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione "Alessandro Faedo" (ISTI) 2014

SEN. PALMIRO U., GIARDINI C., PIERINI J. *La chiesa della madonna dell'Homo in Urbino, Opuscolo, Urbino, 11 ottobre 2003*

SERRA L., *La Madonna col Bambino in S. Sergio*, Guida di Urbino, Milano, 1920

SGARBI V., Da Giotto a Gentile, pittura e scultura fra due e trecento, firenze, 2014

SILVESTRELLI M.R., *Ottaviano Nelli,* Treccani, Dizionario Biografico degli Italiani, 2013

id., *Ottaviano Nelli, in La Pittura in Italia*. Il Quattrocento. II, Milano 1988

SMARGIASSI M., *Giotto, no grazie me lo vedo in foto*, in Fotocrazia, Blog Repubblica, 5-Gennaio- 2015

SOPRINTENDENZA ALLE GALLERIE E OPERE D'ARTE DELLE MARCHE, *Restauri nelle marche, testimonianze, acquisti e recuperi*, in Conferenza Nazionale per la prima relazione sulla situazione ambientale, Urbino, Palazzo Ducale, 28 Giugno-30 Settembre 1973

SPOGLI N., *Ottaviano Nelli,* Tesi di Laurea, Relatore Pietro Zampetti, Università degli Studi di Urbino, Facolt di Magistero, Corso di Laurea in Materie letterarie. Anno Accademico 1972-1973

TARCHI L., *Per un catalogo dei dipinti murali di Ottaviano Nelli : tecniche esecutive, materiali, restauri*, Tesi di laurea, Relatore Maria Grazia Albertini Ottolenghi; Università degli studi di Macerata, Facoltà di Lettere e Filosofia, corso di laurea in Storia e Conservazione dei Beni Culturali. Anno accademico 2001-2002

TEOFILO, *Schedula diversarium artium,* Parigi, XI-XII sec. d.C.

TEOFRASTO, *Liber ad lapidibus graece et latine cum brevis annotationibu*s, 315 a.C.

TODINI F., La Pittura umbra dal Duecento al primo Quattrocento, Milano, I PP. 234-237; II, PP. 283-295

TOSATTI S.B., *Trattati medievali di tecniche artistiche.* Jaca Book, 2007, pp. 27-45, 61-94, 113-126

URBANI G.,*Problemi di conservazione,* Compositori, Bologna, 1973

id.,*Intorno al restauro*, Skira, Milano, 2000.

VARONE A., *L'organizzazione in una bottega di decoratori: le evidenze del recente scavo pompeiano lungo via dell'Abbondanza*, in Mededelingen van het Nederlands institute Rome Antiquity, vol.54, Roma, 1995

VITRUVIO POLLIONE, *De Architettura*, libro VII, enaudi, 1997

SITOGRAFIA

http://iccd.beniculturali.it/imgecomm/eFoto/index.php

http://ita.calameo.com/read/000118029636ea7f634b3, http://www.bta.it/txt/a0/05/bta00546.html .

http://smargiassi-michele.blogautore.repubblica.it/2015/01/05/giotto-no-grazie-me-lo-vedo-in-foto/

http://volta.valdelsa.net/thiasos/baccanti/framevilla.htm

http://www.3dmag.it/storia-stampa-3d/2242

http://www.adobe.com/it/products/acrobat/merge-pdf-files.html

http://www.agisoft.com

http://www.alinari.it/it/archivi-online.asp

http://www.alphaconsult.it/Scrovegni/

http://www.archeologia.unipd.it/docpdf/pesavento/mod2/pittura_tecnica_stili.pdf

http://www.artpast.org

http://www.atelier-standre.net/it/pagine/tecnica/tecnica affresco/sommario tecnica affresco.html

http://www.enco-journal.com/journal/ej43/collepardi.html

http://www.enco-journal.com/journal/ej43/collepardi.html

http://www.filemaker.com/it/solutions/starter_solutions.html

http://www.fondazionezeri.unibo.it

http://www.imagoromae.com/domus3_IT.ashx

http://www.lapietradiparagone.org/blog/2011/08/29/IL-CINABRO-ROSSO-La-pietra-del-successo-finanziario.aspx

http://www.turismo.marche.it/Guida/Itinerari/tabid/189/ID/35/Il-Gotico-Internazionale-nelle-Marche/Default.aspx

http://www.unitus.it/beni/amministra/privato/460b6e8b8b1e1/1197241697.pdf

http://www.vesuvioweb.com/it/wp-content/uploads/2-Aniello-Langella-Passeggiando-a-Villa- dei-Misteri-a-Pompei-vesuvioweb-20121.pdf