

LA FASE DIAGNOSTICA PROPEDEUTICA AL PROGETTO DI RESTAURO: I DIPINTI DI GIACOMINO DI IVREA NELLA CAPPELLA DI SAINT-MAXIME A CHALLAND-SAINT-VICTOR

Lorenzo Appolonia, Dario Vaudan, Valentina Chatel*

Premessa

La progettazione di un intervento di restauro risulta cosa assai poco banale e dovrebbe sempre essere valutata in un modo più significativo, anche se spesso la mole di lavoro che un intervento di qualità richiede resta nascosto e poco leggibile o valutabile.

L'argomento non si può considerare innovativo, se si tiene conto che dalle carte del restauro del 1931 (Carta di Atene) a quelle più recenti del 1987 (Carta della Conservazione e del Restauro),¹ pare evidente la necessità e l'invito a servirsi di una diagnostica preventiva e di supporto sia alla fase di progettazione, sia alla fase successiva dell'intervento. Nonostante questo, la prassi per una buona diagnostica è ancora poco presente nel ciclo conservativo e il suo impiego pare a volte rivoluzionario. Il valore del programma di analisi per la conoscenza necessaria alla predisposizione di un corretto progetto di conservazione, ha una buona validazione nelle azioni svolte dalla Soprintendenza per i beni e le attività culturali della Valle d'Aosta, soprattutto grazie alle numerose e diversificate competenze presenti e attualmente raccolte in un'unica Direzione.

La fase del restauro, pur restando fra le più delicate e importanti per la conservazione del nostro patrimonio, risulta fra le meno evidenti e valutate in tutto l'iter di valorizzazione del manufatto e, per questo motivo, viene spesso poco compresa da chi non è addentro al settore

specifico. Lo studio dei materiali e del comportamento ambientale con cui essi sono in relazione rappresenta, invece, l'unico passaggio qualificante per una corretta e duratura conservazione del bene. Questo passaggio ha spesso varie fasi e richiede tempi adeguati per la sua corretta esecuzione, tutte le azioni che tendono ad accelerare questo iter possono spesso risultare dannose, nel lungo termine, e divenire pericolose per il monumento. La riflessione precedente è del resto stata riportata in un altro passaggio delle varie carte del restauro,² segno evidente che la riflessione su questo tema non è cosa nuova anche se sovente poco applicata.

L'approccio all'intervento di progettazione dei dipinti della cappella di Saint-Maxime a Challand-Saint-Victor vuole mostrare come questo iter operativo sia sempre possibile e, soprattutto, sempre dovuto, grazie ad un'adeguata fase di programmazione degli interventi e alla corrispondente fase di studio e conoscenza. Alla fase di conoscenza hanno partecipato in modo congiunto e paritario tutte le competenze necessarie, da quella storico-artistica a quella conservativa, consistente preliminarmente nelle mappature dello stato di conservazione da parte dei restauratori. La presentazione attuale riguarda la parte fornita dall'apporto di conoscenza dei materiali effettuata dal LAS (Laboratorio analisi scientifiche) a seguito del primo approccio di studio sviluppato dall'Ufficio laboratorio restauro dipinti³ della Soprintendenza regionale.



1. I dipinti della facciata della chiesa, si noti la dissimmetria del ciclo pittorico rispetto all'attuale ingresso. (D. Vaudan)

La parte storica

L'edificio attuale ha una pianta rettangolare con abside romanica ed è sicuramente anteriore al XV secolo, epoca alla quale, invece, fanno riferimento i dipinti murali presenti in facciata e all'interno dell'abside, dove è anche indicata la loro data di esecuzione: 1441.

Della cappella di Saint-Maxime, infatti, si fa menzione già in una bolla del 1206 e, successivamente, in un documento del conte Tommaso di Savoia del 1227.

La facciata (fig. 1), della chiesa è decorata con un dipinto murale raffigurante Sant'Antonio Abate, la Madonna con Bambino, San Michele Arcangelo e un Santo sacerdote.

I dipinti murali che decorano l'abside e l'arco trionfale (fig. 2), invece, rappresentano un Cristo Pantocratore incluso in una mandorla. Il Cristo, seduto in trono, benedice con la mano destra e con la sinistra tiene un libro aperto con la scritta «*Ego sum lux mundi*», attorno al Cristo sono presenti i simboli dei quattro Evangelisti.

Nella parte circolare dell'abside si trovano rappresentati i dodici Apostoli e il monogramma di Cristo, mentre sotto l'arco trionfale si distinguono le figure di San Massimo vescovo, cui è intestata la cappella, e di San Sigismondo re. Sulla parete che sormonta l'arco trionfale è visibile l'Annunciazione, con l'angelo proteso in avanti e la Vergine con le braccia conserte al petto, posta in fronte del leggio sul quale è posto il libro sacro.

Gli affreschi sono attribuiti a Giacomino d'Ivrea, pittore che lavorò per il duca Amedeo VIII di Savoia in Piemonte e per gli Challant e i Sarriod de la Tour in Valle d'Aosta.

Giacomino nacque a Bollengo intorno al 1400-1410 e frequentò la scuola di grammatica del comune per poi dedicarsi alla pittura. I suoi maestri furono Domenico della Marca d'Ancona e Aimone Duce da Pavia, dai quali apprese la tecnica dell'affresco o, meglio, della pittura murale. Le ultime notizie sull'artista compaiono in un catasto del 1449, in cui troviamo un «*Jacobinus pictor*» e nel 1469, quando il suo nome risulta essere presente fra gli assegnatari di pascoli comunali.

La sua attività artistica viene fatta coincidere col periodo tra il 1424 e il 1465, e diverse sono le sue opere conservate in Valle d'Aosta, fra le quali si possono annoverare i dipinti della chiesa della Madeleine a Gressan, il San Cristoforo nel cortile del castello di Fénis e quelli nella chiesa di San Rocco a Pont-Saint-Martin.

I dipinti murali di Saint-Maxime sono stati interessati, in epoca moderna ma non documentata, da un restauro, o manutenzione, che ha rimaneggiato in modo evidente la parte bassa dell'abside, nella zona in corrispondenza degli Apostoli.

La chiesa ha avuto per molto tempo problemi strutturali dovuti ad uno slittamento della fondazione nella zona dell'abside, posta sul limite del piano a ridosso del declivio



2. I dipinti dell'abside.
(P. Salonia)

che porta verso la parte centrale della valle. Recentemente detti problemi sono stati risolti con la verifica e l'adeguamento della struttura di contenimento già predisposta anticamente e con la risoluzione dei problemi strutturali della copertura, i quali avevano portato ad infiltrazioni d'acqua piovana all'interno dell'edificio.

Il protocollo analitico

Il LAS risulta adeguatamente attrezzato per dare le risposte necessarie alla progettazione di un intervento di restauro, anche se la possibilità di utilizzare tecniche analitiche più sofisticate permette spesso di ottenere informazioni rilevanti dal punto di vista della conoscenza dei materiali e delle acquisizioni metriche con rilievi di tipo 3D. Queste attività sono in genere condotte in collaborazione con università a livello nazionale o con centri di studio del CNR.

A parte queste tecniche particolari, l'iter conoscitivo utile per la realizzazione di un progetto di conservazione può essere adeguatamente svolto all'interno del LAS grazie alle sue strumentazioni analitiche.

Il primo approccio è effettuato con l'impiego di tecniche analitiche di tipo non invasivo, le quali sono propedeutiche alla diagnostica di laboratorio e permettono la riduzione del numero di prelievi.

Le tecniche non invasive impiegate sono riconducibili, per questo tipo di analisi, alla determinazione mediante spettroscopia in fluorescenza di raggi X (XRF), la spettrofotometria nel visibile in luce riflessa mediante fibre ottiche (FORS) e l'analisi termica di riflessione.

A questo tipo di analisi si aggiungono le tecniche di laboratorio quali le sezioni lucide o stratigrafiche, sulle quali si effettuano valutazioni mediante luce riflessa, luce ultravioletta e saggi chimici di tipo istochimico, e lo studio della composizione dei supporti murari, come intonaci o malte di arriccio, per i quali si eseguono delle serie di

analisi a diverso livello di difficoltà secondo la tipologia delle domande analitiche, anche se, in genere, quella più frequente riguarda la coerenza delle fasi costruttive del monumento.

I risultati

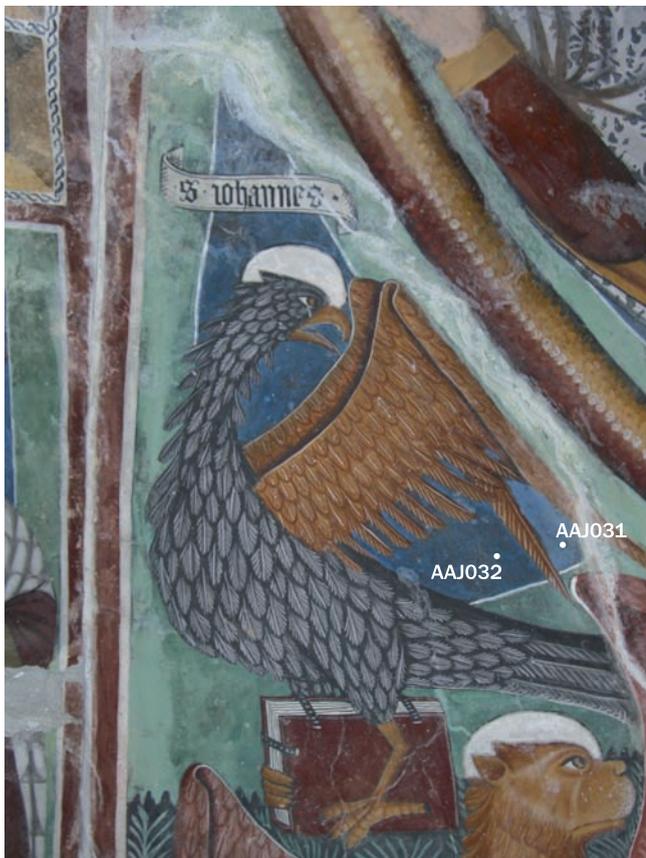
Le analisi XRF sono state applicate sulle policromie all'interno della cappella, in particolare nell'abside e sui tasselli stratigrafici eseguiti dai restauratori nelle pareti laterali. In facciata, invece, non è stato possibile eseguire questo tipo d'analisi a causa della mancanza di un ponteggio adeguato per la posa dello strumento di misura. In totale sono state effettuate circa 47 misure che hanno riguardato i vari pigmenti in modo da avere una mappatura generale di tutte le cromie presenti e di valutarne l'omogeneità e la coerenza con il colore che appare. L'analisi XRF, infatti, da informazioni sulla presenza di elementi chimici, per le strumentazioni portatili questo vale per quelli più pesanti, ovvero con numero atomico superiore a 20. La conoscenza dell'elemento può fornire informazioni sul tipo di pigmento, se questo è di origine minerale. La penetrazione della radiazione, tuttavia, mette in evidenza anche presenze di elementi degli strati sottostanti sia di quelli di preparazione e sia di quelli dell'intonaco. Questo fatto a volte può creare problemi di interpretazione e per questo il metodo analitico è utilizzato per una valutazione generale alla quale far seguire una serie di prelievi utili a verificare i differenti gruppi di pigmenti ipotizzati e di verificare la coerenza di detti dati fra loro, riducendo pertanto il numero dei prelievi e mantenendo la possibilità di una valutazione totale di tutti i pigmenti presenti.

Nella tabella 1 sono riportati, in sintesi, i risultati ottenuti per alcuni dei dati significativi dei vari gruppi desunti dalla prima fase di studio. La valutazione della quantità di elemento è, in questo caso, di tipo semiquantitativo e

Campioni	Descrizione	Ca	Fe	Sr	Cu	Zn	Hg	Pb	As	Co	Possibili attribuzioni
AAJ001 fondo grigio	Sotto data a destra croce	+++	+++	+	tr	tr					-
AAJ003 rosso cornice	Altezza testa di Sant'Andrea	+	+++	+							Ocra rossa
AAJ006 incarnato	Fronte Sant'Andrea	+++	++	+	tr	tr					-
AAJ010 nero artiglio	Zampa sinistra leone	++	+++	+	tr			tr	tr		-
AAJ012 fondo verde scuro	Fondo vicino a San Marco	++	++	+	+++						Malachite
AAJ013 foglia verde chiaro	Arbusto vicino libro San Marco	++	++	+	+++						Malachite
AAJ030 marrone veste	Marrone chiaro veste San Simone	+++	++	+	tr						-
AAJ034 bianco aureola	Aureola San Marco	+++	++	++	tr	tr					Bianco San Giovanni
AAJ040 giallo cornice	Tassello aperto dai restauratori	++	+++	tr	tr	tr		+++			Ocra gialla o Giallorino
AAJ047 rosso libro	Figura donna cornice a destra	+++	++	+	tr		++	tr	tr		Cinabro o Vermiglione

Legenda: +++ elemento preponderante; ++ elemento in quantità; + elemento presente; tr elemento in tracce

Tabella 1. I risultati dell'analisi mediante XRF con la valutazione della possibile attribuzione del pigmento utilizzato.



3. Il fondo azzurro attorno alle ali dell'aquila rappresentante l'evangelista Giovanni, la zona, vicina ad una crepa dell'abside, mostra alcune azioni di ridipintura che hanno indotto ad eseguire due misure su aree fra loro prossime riguardanti il fondo azzurro. (D. Vaudan)

conseguente alla interpretazione da parte del tecnico operatore, ma può non essere corrispondente e proporzionale al quantitativo di elemento proporzionalmente presente dato che il peso atomico dell'elemento condiziona l'assorbimento della radiazione e di conseguenza il conteggio degli elettroni di fluorescenza acquisiti dal rivelatore.

In ogni caso la presenza di un elemento resta un dato acquisito e può permettere di avanzare delle ipotesi, a volte significative, sulla tipologia del pigmento minerale

presente, come per esempio nel caso del cinabro dove la presenza di mercurio identifica in modo inequivocabile detto pigmento, anche se non riesce a distinguere il pigmento macinato (cinabro) da quello preparato artificialmente (vermiglione).⁴

Al fine di superare il problema dell'identificazione dei pigmenti, l'analisi XRF è accoppiata con la misura tramite FORS. Questa tecnica è prevalentemente di superficie e si basa sulla specificità di riflessione specifica di ogni materiale. Lo spettro che si ottiene, teoricamente, è tipico di ogni composto e permette di riconoscere in modo inequivocabile i pigmenti. I problemi, in certi casi, si hanno per una forma di addizione cromatica dovuta alla "trasparenza" di alcuni minerali e, quindi, alla somma di colori dovuta alla superficie e al contributo del colore sottostante.

La somma delle due tecniche, XRF e FORS, utilizzate in modo congiunto sugli stessi punti di misura, permette di ottenere valutazioni più precise e corrette sul tipo di pigmento, in pratica una tecnica serve di verifica all'altra, come si può vedere dalla tabella 2.

Durante la fase analitica sono state effettuate 117 misure con il sistema portatile FORS e queste hanno riguardato sia le superfici analizzate con XRF, sia alcune dove la strumentazione a raggi X non aveva potuto arrivare a causa della sua struttura più complessa, come per esempio sulla facciata esterna della chiesa. L'elenco di tutti i dati sarebbe eccessivo per questa presentazione, tuttavia, a seguire, si riporta un esempio della procedura analitica specifica applicata, la quale ha permesso di determinare la caratterizzazione dei vari pigmenti.

Un caso particolare di come le due tecniche non invasive siano spesso complementari, e possano fornire dati adeguati solo se messe in comunione, è quello che prende in considerazione una zona accanto all'evangelista Giovanni dove è visibile una ridipintura effettuata in epoca non nota (fig. 3).

Il dato XRF metteva in evidenza la presenza di arsenico e tracce di cobalto, come si può vedere dalle valutazioni semiquantitative riportate in tabella 3. Il problema analitico era rappresentato in questo caso dalla elevata presenza di arsenico e dalla presenza di cobalto, anche se solo in tracce.

La cosa è molto evidente nella figura 4, dove è riportato il tracciato ottenuto dalla misura degli impulsi degli elettroni di fluorescenza dei due punti di misura.

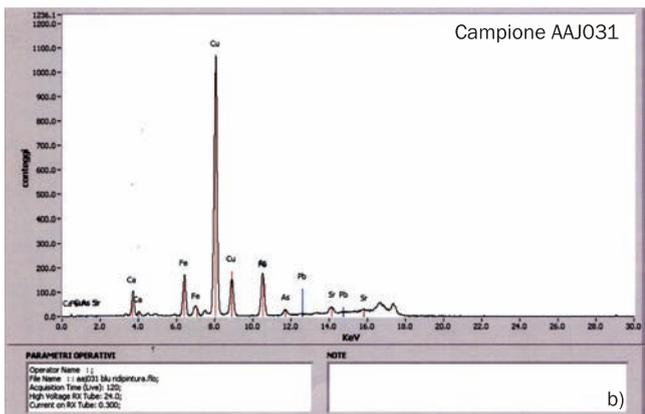
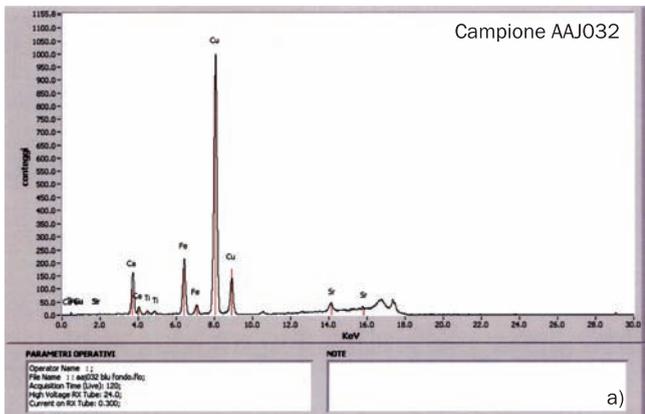
Campioni	Possibili attribuzioni	Campioni	Possibili attribuzioni
AAJ003 rosso cornice	Ocra rossa	AAJ031 blu	Azzurrite + Cobalto
AAJ002 giallo chiaro	Ocra gialla	AAJ032 blu fondo	Azzurrite + Nero
AAJ013 foglia verde chiaro	Malachite	AAJ047 rosso libro	Cinabro

Tabella 2. Analisi di alcuni dati ottenuti mediante impiego di FORS.

Campioni	Descrizione	Ca	Fe	Sr	Cu	As	Co	Possibili attribuzioni
AAJ031 azzurro probabile ritocco	Vicino all'ala di San Giovanni	+	+	tr	+++	+	tr	Azzurrite + Pigmento a base di Cobalto
AAJ032 azzurro originale	Vicino all'ala di San Giovanni	+	+	tr	+++			Azzurrite

Legenda: +++ elemento preponderante; ++ elemento in quantità; + elemento presente; tr elemento in tracce

Tabella 3. Valori dell'analisi con XRF.



4. Analisi XRF dell'azzurro

attorno all'ala della trasfigurazione di San Giovanni:

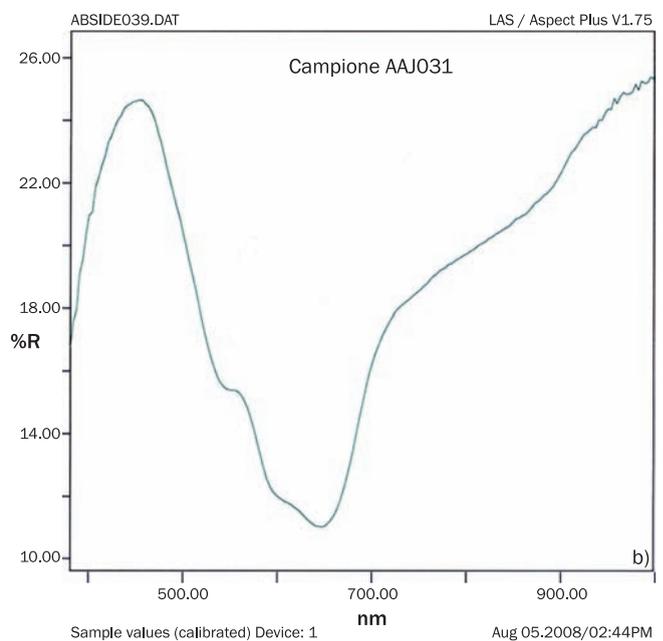
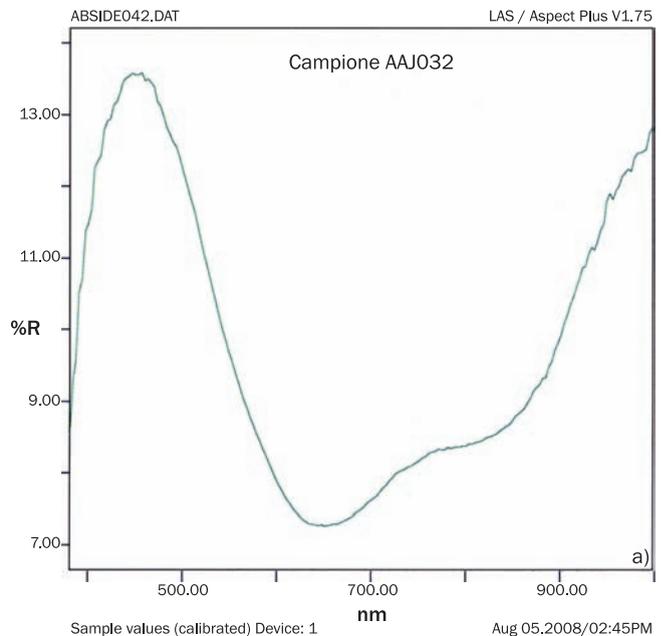
a) campione AAJ032, fondo azzurro;

b) campione AAJ031, fondo azzurro individuato dai restauratori come probabile ridipintura (i campioni sono indicati in figura 3).

Si può vedere come la presenza rilevante sia quella del rame, cosa ovvia se si pensa che l'azzurro sia formato da azzurrite $[2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2]$, mentre nella zona della ridipintura, oltre al rame dell'azzurrite, probabilmente presente in modo disomogeneo ma sufficiente sul fondo, si vede netta la presenza di arsenico; molto meno evidente invece la lettura delle tracce di cobalto. Dalla letteratura sappiamo che un pigmento azzurro con arsenico è conosciuto con il nome di smaltino, sintetizzato come vetro dal 1492, ma in uso in modo più diffuso dalla metà del XVI secolo.⁵ La composizione dello smalto, o smaltino appunto, differisce fra due minerali, la cobaltite $[(Co, Fe)AsS]$ e la smaltite $[(Co, Fe, N)As_2]$.

Dallo spettro del campione AAJ031 si può vedere che quest'ultimo ha una maggiore quantità di arsenico e quindi può essere giustamente ritenuto che questo sia il contributo apportato alla composizione dalla presenza di smaltino. È da tenere presente che l'uso dello smaltino ha la maggiore diffusione tra il XVII e il XVIII secolo, ma questo non può permettere di datare in modo sicuro l'intervento di restauro. Inoltre la sua applicazione avviene dopo riscaldamento, azione che, generalmente, favorisce la perdita di arsenico fino ad invertire la prevalenza degli elementi a favore del cobalto. La presenza di arsenico, quindi, potrebbe indicare anche una scarsa tecnica di preparazione del pigmento.

Le corrispettive analisi con sistema FORS delle due zone in esame si possono vedere negli spettri riportati in figura 5.



5. Comparazione fra i tracciati degli spettri di riflettanza (FORS):

a) campione AAJ032, fondo azzurro originale,

b) campione AAJ031, fondo azzurro con ridipintura.

La comparazione delle due curve di riflettanza mette in evidenza come nella seconda vi siano assorbimenti "spuri" intorno ai 560 e 690 nm, zona nella quale si possono individuare gli assorbimenti tipici dello smalto, come da verifica fatta con il database dei pigmenti in riflettanza in possesso del LAS e realizzato dal laboratorio dell'Opificio delle Pietre Dure su campioni noti preparati dagli studenti dei corsi di restauro, e dalla comparazione degli spettri presenti in letteratura.⁶ Da queste comparazioni si può vedere come quegli assorbimenti spuri siano corrispondenti con lo spettro di assorbimento dello smaltino.

La conferma del tipo di pigmento deve essere, quindi, ottenuta con un sistema che è in grado di individuare il composto e non solo l'elemento o gli elementi presenti, tenendo in conto anche il fatto che, come per esempio nel

caso del campione AAJ031, oltre all'arsenico e al cobalto, dall'analisi in fluorescenza si ottengono segnali relativi anche alla presenza di altri elementi, come il ferro. Questo dato, però, non aggiunge molto all'analisi. È difficile, infatti, pensare che il ferro sia legato al pigmento dato che questo elemento è presente in grande quantità anche nelle componenti dell'intonaco e, inoltre, la tecnica non permette di individuare altri elementi, come per esempio l'ossigeno dell'ossido, dato che è impossibile per il momento determinarlo con una strumentazione in XRF portatile che lavori non a contatto diretto con la superficie. D'altro canto la capacità di analisi dei sistemi FORS è solo teoricamente ineccepibile, mentre si scontra spesso con i problemi di irregolarità della superficie o di addizione cromatica dovuta alla "trasparenza" di alcuni pigmenti o alle alterazioni superficiali che possono essersi verificate con l'invecchiamento del dipinto.

La fase di analisi di tipo non invasivo è completata dalle letture con strumentazione per il rilevamento delle disomogeneità termiche delle pareti. L'uso di questa tecnica sta avendo grandi sviluppi e mediante essa alcuni autori cominciano a presentare lavori relativi al riconoscimento anche dei differenti pigmenti. La strumentazione in dotazione del LAS non ha però, in questo momento, tale capacità dato che è composta da un semplice misuratore da campo, il quale può fornire, tuttavia, dati informativi relativamente alle strutture murarie, alla presenza di umidità o ai distacchi di intonaco dal muro sottostante. Il sistema è tutt'altro che di facile utilizzo e anche per i dati citati occorre in genere procedere con delle procedure che permettano il riscaldamento delle superfici, in modo da poter valutare il tempo di raffreddamento che è condizionato dalla regolarità del muro mettendo in evidenza la presenza di zone di distacco e di discontinuità interne.

In questo caso l'indagine termografica è stata utilizzata per determinare indicativamente la distribuzione della temperatura superficiale dell'edificio permettendo di riconoscere la natura della struttura della cappella, individuando ad esempio la presenza di elementi architettonici non visibili come i travi e i pilastri.

Queste riprese hanno permesso, ad esempio, di individuare la tessitura muraria dell'edificio come mostra la figura 6, dove è possibile osservare la diversa temperatura degli elementi architettonici costituenti la struttura della volta, tra cui quella di un trave in legno.

La fase di analisi non distruttiva è stata seguita da una serie di campionamenti che hanno preso in considerazione tutte le tipologie di colore, al fine di definire meglio la tecnica pittorica, e le zone con particolari necessità di conoscenza. Questa prassi permette di ottenere una valutazione generale con l'analisi di campioni singoli, che quindi possono essere considerati rappresentativi delle

parti generali, o con il prelievo di casi particolari, che le tecniche non invasive hanno messo in evidenza. Tale fase analitica di laboratorio viene preceduta dall'esecuzione di una serie di prelievi. In totale sono stati prelevati 47 campioni, fra interno ed esterno. Questo numero rilevante di prelievi è stato dettato dalla necessità delle verifiche stilistiche per le molte ridipinture presenti sui dipinti murali. Lo studio in questo caso ha riguardato la lettura al microscopio mineralogico petrografico a luce riflessa e a luce UV.

La tecnica di analisi con sezioni stratigrafiche permette di meglio comprendere alcune delle particolarità tecniche impiegate dall'artista, come per esempio l'impiego costante del fondo nero sotto gli azzurri per aumentare il tono del pigmento o di distinguere le parti a fresco da quelle a secco. La tabella 4 mostra con un esempio il trattamento analitico seguito per i vari campioni.

In questo modo è possibile verificare anche la natura di alcuni pigmenti, per esempio ad un occhio esperto la sezione mostra la presenza di azzurrite, confermata dalla forma dei cristalli e anche dalle sue impurezze formate da piccoli cristalli rossastri caratteristici del pigmento.

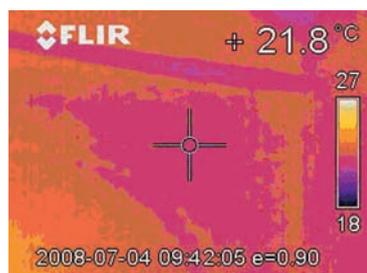
In aggiunta a questo dato, la foto alla radiazione UV (fig. 7) permette di avanzare alcune ipotesi sulla presenza o meno di sostanze organiche. Una fluorescenza gialla mette in evidenza generalmente sostanze grasse, mentre una azzurrognola è tipica della presenza di materiale proteico, l'assenza di fluorescenza, tuttavia, non sempre è sinonimo di assenza di materiale organico, per l'identificazione del quale la prassi di laboratorio preferisce l'impiego anche di altre tecniche, come la determinazione mediante colorazioni istochimiche o i saggi analitici di riferimento.

STRATI IDENTIFICATI		
N	Commento	Spessore
c	Strato blu, composto da particelle con colorazione chiara e scura	20 µm
b	Strato grigio-nero, composto da numerose particelle nere, rosse e gialle	50 µm
a	Strato preparatorio, in parte coperto dalla resina	-

CAMPIONE AAJ032



Tabella 4. Analisi del prelievo preso a campione (AAJ032) nell'area corrispondente le misure della cromia originale. (D. Vandan)



6. Immagine ripresa con analisi termica: le linee più scure rappresentano le zone più fredde e materiali differenti per capacità di assorbimento del calore. (D. Vandan)



7. Analisi del campione AAJ032 alla determinazione in luce ultravioletta. (D. Vandan)

Le analisi mediante colorazioni istochimiche, tuttavia, presentano alcune problematiche, quando sono applicate a sezioni provenienti da dipinti murali o di intonaco, data l'alta porosità del materiale e alla penetrazione del colorante, penetrazione che non si riesce a togliere con i consueti lavaggi, lasciando nell'operatore il dubbio sulla validità del riconoscimento. A questo inconveniente si risponde con l'impiego di test di riconoscimento, quando il prelievo permette di avere ulteriori piccoli frammenti di cromia.

Uno studio propedeutico alla progettazione di un intervento di restauro, come è quello avviato per la cappella di Saint-Maxime, non può trascurare anche la conoscenza dei supporti ai dipinti. Eventuali sostituzioni o integrazioni, infatti, dovranno tenere presente il fattore di compatibilità dei materiali, cosa che può essere acquisita solo tramite la conoscenza accurata dei materiali originali o di quelli già utilizzati in interventi precedenti.

L'analisi degli intonaci ha richiesto l'esecuzione di una serie di prelievi a campione delle parti interne ed esterne della cappella. Molti di questi prelievi sono stati effettuati a seguito delle indagini stratigrafiche realizzate dai restauratori, le quali hanno messo in evidenza le varie stratificazioni avvenute nel tempo, in particolare sulle superfici adiacenti i dipinti o sulla facciata esterna. A tale proposito sono stati prelevati 13 campioni di cui 9 per l'analisi mirata alla caratterizzazione delle malte e gli altri 4 relativi a strati di scialbatura o alla presenza di efflorescenze saline e, quindi, tesi a verificare le condizioni di degrado dei materiali.

Su questi prelievi sono state condotte delle misure di caratterizzazione, quali: la calcimetria, la valutazione della perdita gravimetrica all'aumento della temperatura, mediante analisi termica (TG/DTA), l'analisi con spettrofotometria nell'infrarosso in trasformata di Fourier (FTIR) e la determinazione della curva granulometrica. A queste misure è abitudine del LAS di aggiungere anche la determinazione dell'assorbimento di umidità, consentendo di comprendere con maggior precisione la compatibilità delle malte presenti con quelle che dovranno essere utilizzate per il restauro.

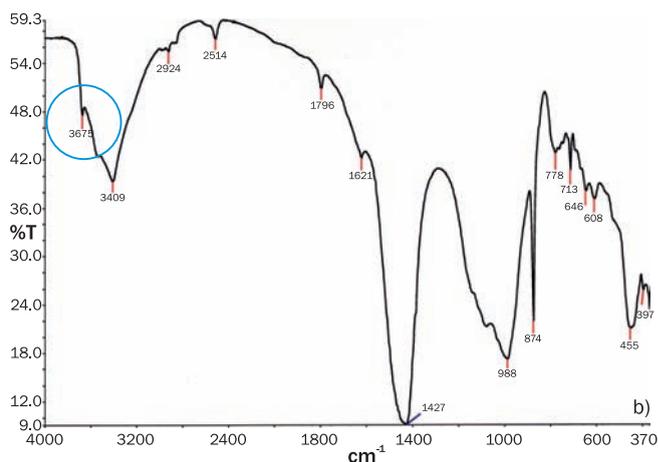
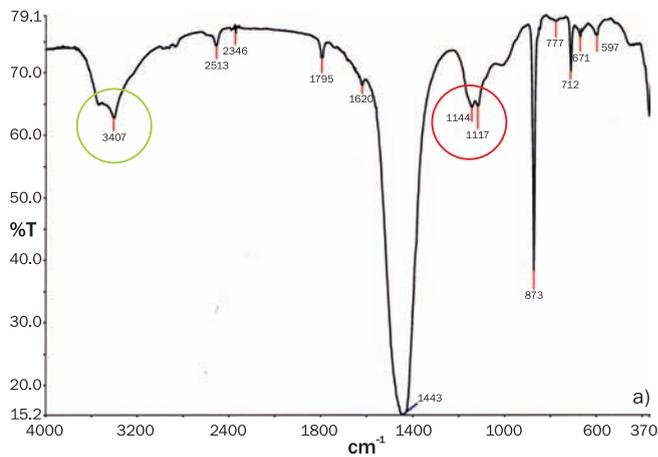
Lo studio ha messo in evidenza la presenza di sostanze non completamente carbonatate, in genere negli strati sottostanti la finitura.

Questo dato è particolarmente apprezzabile nelle analisi allo FTIR, come si vede in un estratto dei dati complessivi e relativo a due campioni significativi (AAJ02, AAJ06) e riportato nella tabella 5.

Campione	Carbonati	Idrossido	Solfati	Silicati
AAJ02 superficie	+++	-	-	+
AAJ02 intonaco	+++	+	-	++
AAJ06 superficie	+++	-	+	-
AAJ06 intonaco	+++	++	-	+

Legenda: +++ elemento preponderante; ++ elemento in quantità; + elemento presente

Tabella 5. Analisi semiquantitativa di due frammenti di intonaco separati dalla loro parte superficiale sotto microscopio stereoscopico.



8. Spettri FTIR del campione AAJ06:

- a) spettro ottenuto sul frammento di intonaco, dopo prelievo selettivo al microscopio stereoscopico della finitura superficiale, si noti la presenza degli assorbimenti dovuti all'acqua del gesso a 3400 e 3600 cm^{-1} , nel cerchio verde, e quelli dei solfati a 1140 e 1112 cm^{-1} , nel cerchio rosso;
- b) spettro ottenuto sul frammento di intonaco, dopo rimozione della parte superiore e macinazione a 230 Mesh delle varie parti dell'intonaco, si noti sulla sinistra il picco di assorbimento a 3675 cm^{-1} , nel cerchio azzurro, della vibrazione di legame O-H e generalmente attribuita alla presenza di portlandite.

Si può notare la coerenza dei dati ottenuti. Entrambi gli esempi mostrano una maggiore concentrazione di carbonati in superficie e una presenza, più o meno rilevante, di idrossidi, identificati dallo stretching del legame ossigeno-idrogeno a 3675 cm^{-1} (fig. 8).

La presenza di idrossidi in una malta è, generalmente, dovuta a composti idratati che non hanno avuto il tempo di carbonatare in modo adeguato. L'assorbimento a 3675 cm^{-1} , a sua volta, è attribuito, sulla base anche di raffronti analitici con standard di riferimento, alla presenza di idrossido di calcio $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$, composto noto anche con il termine geologico di portlandite. Questa presenza può essere dovuta a vari fattori possibili, come ad esempio la presenza di calci idrauliche o di cementi, che riducono la capacità di permeazione della CO_2 atmosferica e quindi inibiscono una carbonatazione completa della calce o, anche, alla presenza di alti valori di umidità, le quali possono a loro volta rallentare la reazione a causa della forte influenza che può avere una grande presenza di acqua nella reazione di presa.⁷

Allo scopo di effettuare maggiori verifiche sulla composizione si impiegano tecniche diverse, prima fra le quali l'analisi termo gravimetrica (TG) o la conseguente analisi termica differenziale (DTA). Questo metodo analitico è in grado di individuare le varie componenti che possono degradarsi o trasformarsi sotto sollecitazione del calore. In genere è molto usuale studiare con questo metodo l'apporto dei composti carbonatici, in quanto questi tendono a decomporsi in un intervallo compreso fra gli 800 °C e fino a circa 950 °C. La misura della perdita per decomposizione ci permette di capire quale sia il contributo in peso del legante carbonatico, ovviamente se i carbonati sono presenti solo nella parte legante e non anche in quella di aggregato. Alcune fonti letterarie individuano, con questa tecnica, anche la possibilità di discriminare fra una malta a calce aerea e una a calce idraulica. Questo non è però sempre possibile, dato che dipende dalle tipologie di sottoprodotti di reazione che si formano nella fase di presa.

I dati ottenuti con questa tecnica mostrano (tabella 6) che, in effetti, vi sono perdite in peso nella zona dei materiali idraulici, anche se queste sono molto piccole e contenute. Questo potrebbe stare ad indicare l'impiego di malte debolmente idrauliche o di aggiunte limitate di cemento.

Nella tabella 6 sono riportati, nell'ultima colonna, i valori di percentuale di carbonato di calcio ottenuti per analisi calcimetrica, ovvero con attacco acido e decomposizione della parte carbonatica. Nella tabella 7, sono invece riportati i valori relativi al rapporto legante/aggregato ottenuto sia dall'analisi termica e sia da quella con calcimetria. In quest'ultima tabella, inoltre, è possibile verificare la relazione fra i due metodi di analisi e si può vedere che il tipo di relazione resta simile anche se non uguale per tutti i campioni; i valori di rapporto tra legante e aggregato, soprattutto quelli espressi come frazione, risultano molto meno aderenti alle teorie quando si osservano i dati della frazione ricavata dal TG rispetto a quelli della calcimetria.

Un'altra informazione necessaria alla fase di conoscenza per la progettazione è quella relativa alle caratteristiche tecnologiche di una malta, come per esempio nella conoscenza delle curve di distribuzione granulometrica.

Camp	leg/agg TG	leg/agg TG fraz	dati TG/calc	leg/agg calc	leg/agg calc fraz
AAJ02	0,11	1/9	2,1	0,27	1/4
AAJ03	0,08	7/90	2,4	0,20	1/5
AAJ04b	0,14	1/7	1,9	0,30	2/7
AAJ04c	0,14	1/7	2,3	0,39	2/5
AAJ05	0,18	1/6	2,1	0,47	1/2
AAJ06	0,11	1/9	1,7	0,20	1/5
AAJ07	0,11	1/9	1,8	0,22	2/9
AAJ08	0,09	8/89	2,3	0,22	2/9
AAJ12	0,14	1/7	2,0	0,32	1/3
AAJ13	0,08	7/90	2,6	0,22	2/9

Tabella 7. *Elenco dei rapporti fra legante e aggregato ottenuti con le due tecniche di analisi e relativa corrispondenza dei dati fra di loro.*

Nelle figure 9 e 10 i grafici mostrano le due grandi categorie in cui è stato possibile ripartire le varie malte prelevate a seguito delle valutazioni granulometriche.

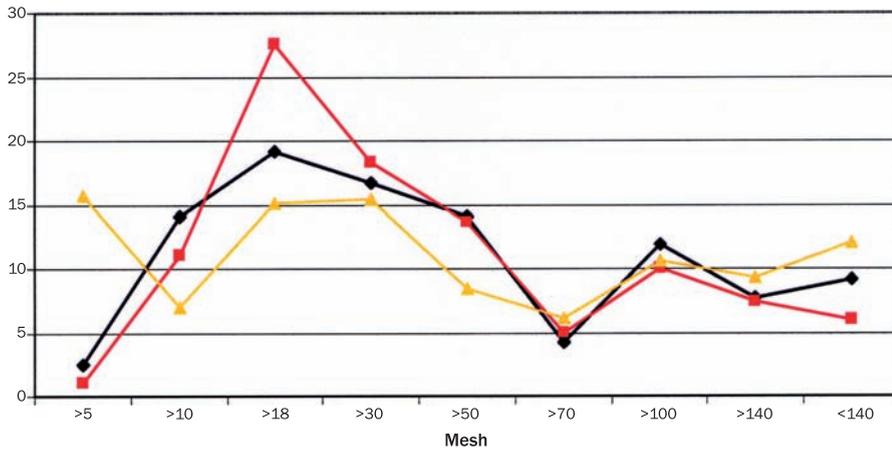
Un dato altrettanto interessante, soprattutto per le valutazioni delle compatibilità delle malte di restauro, è quello dell'assorbimento del vapore. Questo valore generalmente molto trascurato è da ritenersi importante dato che una malta da restauro deve avere un comportamento non dannoso per la malta originale e, quindi, avere capacità di assorbimento alle condizioni ambientali simili o inferiori quantitativamente rispetto a quelle della malta originale.

L'assorbimento al vapore permette, inoltre, di effettuare una valutazione indicativa della superficie apparente interna, ovvero della sua distribuzione porosimetrica, ma anche della presenza di eventuali sali igroscopici capaci di assorbire umidità. Questo ultimo dato va confrontato con le misure della composizione salina che generalmente sono effettuate con cromatografia ionica, attualmente non disponibile a causa di problemi di tipo strumentale.

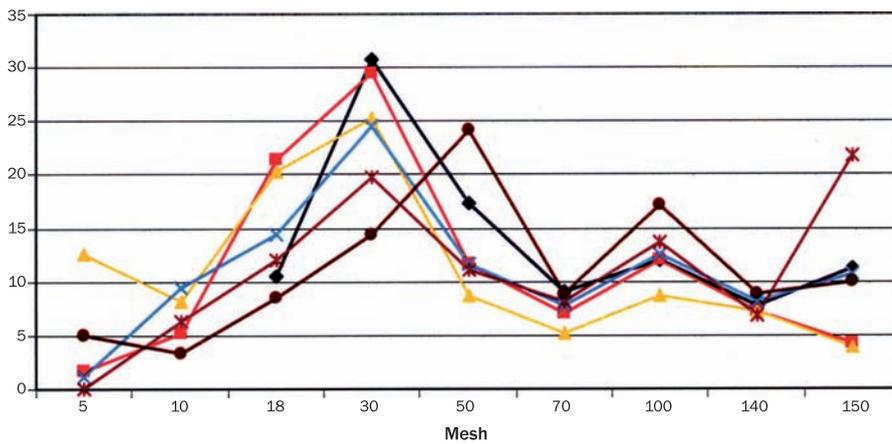
I dati ottenuti sono esemplificati nel grafico di figura 11, nel quale sono rappresentate le due situazioni estreme riscontrate.

Camp.	Frazione acqua evap. (%)	Perdita peso evap. acqua legata chim. (%)	Fasi idrauliche o portlandite	Nitrati	Frazione materiale carbonatico trasformato	Frazione residuo dopo combustione a 1000 °C	Calcimetria
Temp.	70-135 °C	200-300 °C	320-480 °C	550-620 °C	520-795 °C	1000 °C	% CaCO ₃
AAJ02	-	-	-	-	10,0	87,0	21,0
AAJ03	-	-	2,0	-	7,0	90,0	17,0
AAJ04b	-	-	-	-	12,0	86,0	23,0
AAJ04c	-	-	1,0	-	12,0	84,0	28,0
AAJ05	-	1,0	-	-	15,0	83,0	32,0
AAJ06	0,3	-	-	-	10,0	88,0	17,0
AAJ07	-	-	-	-	10,0	89,0	18,0
AAJ08	-	-	0,8	1,0	8,0	89,0	18,0
AAJ12	-	-	-	-	12,0	86,0	24,0
AAJ13	-	-	2,0	-	7,0	90,0	18,0

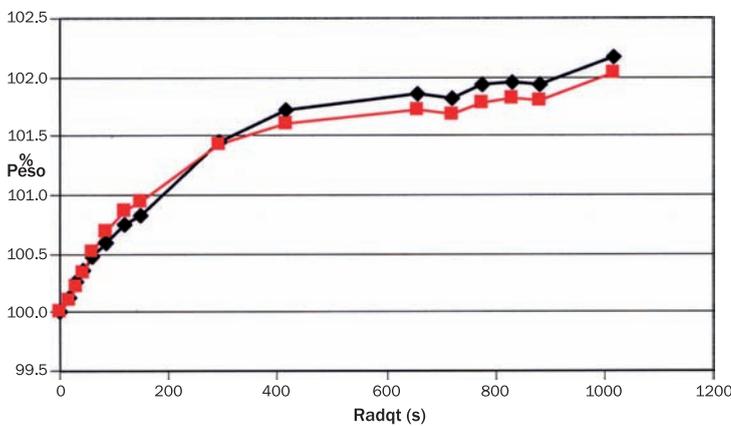
Tabella 6. *Valori delle percentuali di perdita in peso alle diverse temperature con proposte di attribuzione legate a sperimentazioni interne al LAS e su materiali di origine regionale.*



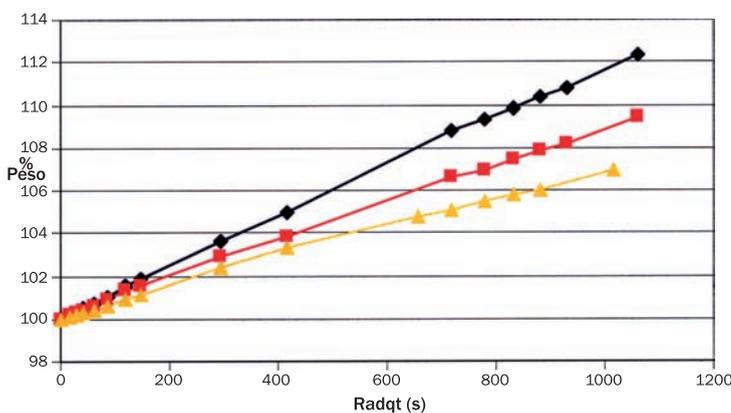
9. Distribuzione granulometrica delle malte apparse più grossolane con la frazione maggiore superiore ai 18 Mesh.



10. Grafico con le distribuzioni granulometriche risultate medie; la frazione più rilevante è quella compresa fra i 18 e i 30 Mesh, un solo campione appare ancora più fine, il AAJ05, dove la frazione fine è compresa fra i 30 e i 50 Mesh.



a)



b)

11. Prove di adsorbimento, confronto fra due tipologie:
a) curve di adsorbimento di due malte che hanno raggiunto la saturazione,
b) curve di adsorbimento di due malte che non sono riuscite a raggiungere la saturazione anche dopo un prolungamento dei tempi usuali di analisi.

Camp.	Punto di prelievo	reg lineare x 10 ⁵
AAJ03b	nord-est, all'angolo della parete con intonaco bianco superficiale	6,53
AAJ04b	parete ovest, intonaco della stuccatura bianca parete sottostante, strato intermedio	9,20
AAJ04c	parete ovest, intonaco della stuccatura bianca parete sottostante, strato	0,66
AAJ05b	parete nord, intonaco sopra affresco	9,82
AAJ06b	parete esterna (facciata), sotto la finestra sinistra	12,77
AAJ07b	scialbo + intonaco + affresco (sopra affresco vicino alla finestra)	4,39
AAJ08	parete est (a destra della finestra), intonaco rosa	20,41
AAJ12b	parete est, scialbatura + intonaco, al di sotto dell'intonaco più superficiale	5,48
AAJ13b	parete est all'angolo, intonaco bianco (quello al di sopra dell'affresco)	5,14

Tabella 8. Confronto fra i campioni sottoposti ad assorbimento del vapore.

L'insieme dei dati relativi all'assorbimento del vapore è riportato nella tabella 8, dove si può vedere il valore di regressione lineare delle curve di assorbimento.

Il dato mette in evidenza come i campioni AAJ06 e AAJ08, il primo dei quali ottenuto dopo la separazione dello strato superficiale al fine di ridurre l'apporto delle finiture alle caratteristiche tipiche della malta, si distinguono nella velocità di assorbimento e nella loro non saturazione al termine della prova. Il campione AAJ08, in particolare, si mostra molto diverso dagli altri, del resto la stessa descrizione individua in questo campione una malta di colore rosa e diversa da tutte le altre.

Il dato di assorbimento del vapore ha, sovente, alcuni problemi di interpretazione dovuti alla perdita di materiale che qualche volta si genera a causa della disgregazione delle malte più tenere e più decoese che non hanno una forza di aggregazione tale da sopportare l'apporto di acqua anche se solo in forma di vapore in ambiente saturo. Questo è quello che è accaduto nei campioni AAJ03 e AAJ13, per i quali, quindi, non è possibile avanzare corrette ipotesi di comportamento.

Il secondo dato "anomalo" è quello del campione AAJ06, il quale proviene dalla parte esterna dell'edificio e ha internamente una rilevante quantità di materiale salino, quantità che attualmente non si è potuta identificare correttamente a causa dell'indisponibilità della diffrazione e del cromatografo ionico (analisi che andranno ad integrare quelle già effettuate appena questo sarà possibile).

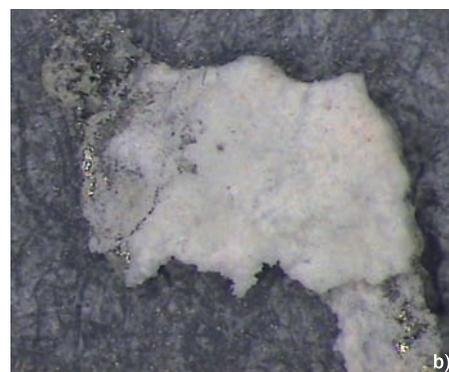
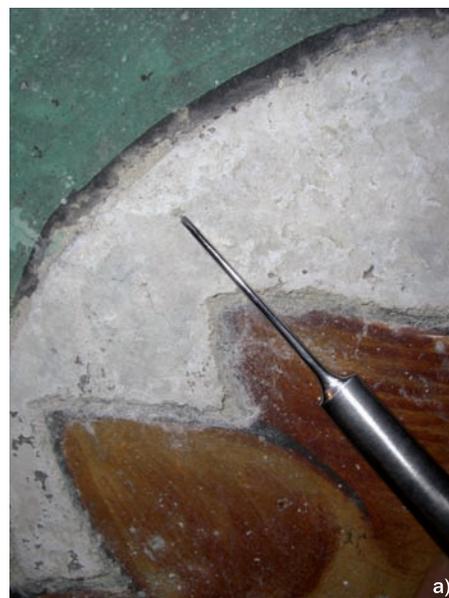
Interessante appare la valutazione relativa al campione AAJ04, per il quale sono state effettuate prove di assorbimento su due strati separati al microscopio. Lo strato b, per altro assimilabile a quello di quasi tutte le altre malte, mostra una coerenza con i valori trovati anche negli altri casi, mentre fa riflettere lo strato identificato come c, per il quale l'assorbimento di umidità porta il frammento subito in saturazione e, quindi, la regressione lineare che si ottiene è praticamente nulla e vicina allo zero.

Questo campione si comporta come una malta che non ha alcuna affinità all'acqua e che, anzi, può essere addirittura una malta da taglio alla permeabilità del vapore e alla trasmissione di umidità fra l'esterno e l'interno.

Conclusioni

L'insieme dei dati mostra quanto sia complicata la caratterizzazione di una malta, ma, altresì, come sia interessante questo dato.

Molto più semplice, per lo meno in questo caso, la valutazione sulla tecnica dell'artista, identificabile come una tecnica mista con una base di affresco e una serie di finiture a secco con un legante di tipo minerale. Se si vuole cercare alcune particolarità queste sono dovute ad alcuni pigmenti, come per esempio il cinabro o lo smaltino, che appaiono in due situazioni molto diverse fra loro, ma sempre evidenti come una presenza non regolare ma sporadica. Il cinabro, infatti, è utilizzato per alcune finiture particolari e di grande rilievo dal punto di vista simbolico, mentre lo smaltino appare in una zona di ridipintura evidente anche a occhio nudo.



12. a) esempio del prelievo AAJ34 dall'areola intorno al leone rappresentante l'evangelista Marco; b) il frammento nella sua parte retrostante la superficie, nel quale si vede la presenza di una lamina non individuata mediante XRF a causa della scarsità dei frammenti residui. (D. Vaudan)

L'applicazione di altre tecniche analitiche, come per esempio la microscopia da laboratorio RAMAN, potrebbe permettere di aumentare la capacità analitica e di identificare alcuni componenti interni, come per esempio i neri, che non sono facilmente riconoscibili con le tecniche utilizzate abitualmente. Si può ipotizzare che anche l'impiego del SEM (microscopio elettronico a scansione) può dare maggiori informazioni sull'identificazione di alcune componenti, come potrebbe essere necessario per il prelievo AAJ34 dove si è vista la presenza di una lamina, ma talmente fragmentata da non essere individuata con l'analisi XRF portatile. La sua presenza è stata rilevata prima nella visione al microscopio stereoscopico (fig. 12) e poi confermata osservando la sezione stratigrafica ottenuta dal frammento in questione.

Se si escludono i due pigmenti particolari citati in precedenza, si può ritenere che la tavolozza impiegata da Giacomino d'Ivrea sia di tipo tradizionale per l'epoca di esecuzione, ovvero le ocre per i rossi e i gialli, la malachite per i verdi, l'azzurrite per gli azzurri e il bianco San Giovanni per le finiture bianche.

Lo studio propedeutico al restauro sarà completato da un rilievo 3D della serie di dipinti sul quale verranno tematizzati i fattori di degrado e le problematiche di intervento, come stuccature o ritocchi. Questo sistema permetterà di monitorare il successivo intervento di restauro mantenendo quindi memoria di tutte le operazioni svolte e permettendo la verifica dello stato di conservazione per una corretta manutenzione e valorizzazione del ciclo pittorico.

La parte di studio fino a qui svolta mostra, se ne fosse ancora necessario, quanto sia importante la conoscenza dei materiali per una corretta valutazione delle necessità di intervento a salvaguardia del nostro patrimonio culturale. Questo lavoro spesso è nascosto e poco noto, in alcuni casi anche sottovalutato, ma ha mostrato più volte che rappresenta il vero valore aggiunto che una struttura dell'Amministrazione regionale fornisce nella progettazione degli interventi di conservazione e alla restituzione del patrimonio artistico valdostano.

1) Carta della conservazione e del restauro degli oggetti d'arte e di cultura, 1987: «In ogni caso ogni intervento deve essere preventivamente studiato e motivato per iscritto ... tutte le ricerche e analisi eventualmente compiute con il sussidio della fisica, la chimica, la microbiologia e altre scienze».

2) Carta italiana del restauro, 1932: «nessuna ragione di fretta, di utilità pratica, di personale suscettibilità possa imporre in tale tema manifestazioni che non siano perfette, che non abbiano un controllo continuo e sicuro».

3) Lo studio e la mappatura delle fasi storiche del monumento è stata eseguita da Cristiana Crea con la collaborazione di Paola Longo Cantisano e Rosaria Cristiano, restauratrici del Laboratorio di restauro dipinti.

4) C. GIANNINI, R. ROANI, *Dizionario del restauro e della diagnostica*, Firenze 2000, p. 208.

5) R.J. GETTENS, G.L. STOUT, *Painting materials. A short encyclopedia*, New York 1966, p. 157.

6) R. JOHNSTON-FELLER, *Color science in the examination of museum objects nondestructive procedures*, Los Angeles 2001, p. 227.

7) Reazione di carbonatazione della calce: $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.

*Collaboratrice esterna: Valentina Chatel, tesista del biennio di specializzazione del Corso in Scienze e Tecnologie per i Beni Culturali dell'Università degli Studi di Torino.

Abstract

The characterization of the pictorial technique of an artist always represents a moment of reflection even on the analytical techniques used to obtain the best result. The study of the pictorial course followed by Giacomino di Ivrea has been associated for a long time with a series of analyses that, however, only recently have been applied in an organic and systematic way. The methodological approach is thus introduced as a starting point for the recovery of information, always present in the materials and in the technologies applied by an artist. The study on the chapel of Saint-Maxime does not represent the point of arrival of a series of information about the artist from Ivrea, but the starting point for reading again his artistic course with new scientific instruments, supporting the historical-artistic evaluation as integration of the historical data found in the different documents of the period and relevant to it.