Rendiconti
Accademia nazionale delle Scienze detta dei XL
Memorie di Scienze Fisiche e Naturali ISBN
DOI 10.4399/978885484598517
pag. 149–154

Le nuove ottiche non–invasive incontrano la chimica: annuali frontiere

Anna Mazzinghi, Chiara Micheli, Anna Pelagotti

1. Non invasive optical tecniques meet chemistry: current challenges

The aim of this work is to present a non destructive scientific method to identify pigments and their mixtures. This technique implies the acquisition of multispectral and multimodal images in several bands exploiting visible, infrared e UV radiation. Spectral reflectance and fluorescence curves of samples of art–works can be approximated, and analysed. This can generally allow to obtain important information about what materials may be used, exclude the use of some and suggesting the use of others. Thanks to the possibility of discriminate materials we can minimizing further invasive investigations. We can limit microsampling and we can extend the result obtained from a sample to the larger area that we can non invasively test to have the same properties.

The study was especially focussed on green and blue pigments of the wooden Vasari artwork *Martirio di San Pietro Martire* in Bosco Marengo, Al, Italy.

Thanks to the shapes of the visible–ir reflectance curves obtained, it is possible to exclude the use of certain pigments and suggest the use of others. These results were confirmed by some destructive analyses whose results could be extended to the areas having the same spectral signature.

Thanks to the spectral signature results, it was possible to apply a few and more consciousness sampling and their outcomes could be extended to the areas having the same spectral behaviour.

Il vantaggio delle metodologie diagnostiche non invasive per i Beni Culturali sono molteplici: queste permettono infatti di ottenere un notevole numero di informazioni riguardo all'opera in esame senza che questa entri in diretto contatto con la strumentazione, sfruttando la sola lettura delle interazioni tra la radiazione elettromagnetica e la sua materia costituiva.

Le indagini ad immagini, a differenza delle analisi puntuali, forniscono delle immagini, appunto, dell'opera nella sua totalità (o di particolari) dando così informazioni di porzioni più estese. Tra queste le immagini multispettrali, ancora poco utilizzate nel settore dei beni culturali, consistono nell'acquisizione di immagini riprese in singole bande dello spettro elettromagnetico (in questo caso dal visibile all'infrarosso), ottenendo quindi più immagini dello stesso soggetto. Dato che l'interazione tra i materiali e la radiazione dipende dalla lunghezza d'onda, indagare la risposta in molte bande rende possibile ottenere molte più informazioni rispetto ad indagini tradizionali come le riprese fotografiche, che si limitano a registrare la risposta nelle bande R G e B.

Dalle immagini multispettrali si può ottenere una *Firma Spettrale* dei materiali utilizzati nell'opera d'arte. Selezionando infatti un determinato pixel è possibile ottenere lo spettro di riflettanza di quel punto, dato che ogni immagine contiene le informazioni relative alla riflettanza del materiale a diverse lunghezze d'onda. Sono possibili anche analisi dello spettro di fluorescenza. Il vantaggio dell'utilizzo di immagini sta nel fatto che è possibile inoltre evidenziare quali punti dell'immagine hanno stesso comportamento spettrale. In sostanza è quindi possibile una discriminazione del materiale e anche la determinazione di come è distribuito nell'opera.

Affinché sia possibile uno studio di questo tipo è necessario che le immagini siano calibrate, e che siano registrate, in modo tale che alle stesse coordinate corrisponda il medesimo punto sull'opera su tutte le immagini.

È importante notare anche che le immagini multispettrali, dato che sono riprese a diverse lunghezze d'onda, forniscono informazioni provenienti da strati diversi dell'opera. Ad una maggiore lunghezza d'onda infatti corrisponde una maggiore penetrazione della radiazione elettromagnetica. A seconda dello strato che si vuole indagare sarà quindi opportuno scegliere il range spettrale più adeguato.

Una volta ottenuti gli spettri di riflettanza e di fluorescenza, questi verranno confrontati con degli spettri di riferimento. È importante però tenere conto del fatto che è impossibile una identificazione certa, più che altro si può ottenere una discriminazione data la grande variabilità dei casi (mescolanze dei pigmenti, spessore degli strati ecc.).

2. Caso di studio

Il caso di studio che viene riportato è quello condotto sull'opera "Martirio di San Pietro Martire" di Giorgio Vasari (1569–1570) conservata nella Chiesa di Santa Croce a Bosco Marengo (AL).

Alla metà del 1500 il cardinale domenicano Michele Ghislieri decise di far costruire un convento nella sua terra d'origine. Il cardinale, diventato Papa Pio V nel 1556, decide di allargare il progetto e quello che doveva essere un convento si trasforma in un articolato complesso monastico. Pio V recluterà le più rappresentative personalità nel campo dell'architettura. Con la sua morte il progetto segue sotto la guida del nipote e viene ridimensionato. Poi, con la beatificazione di Pio V avvenuta nel 1672, il complesso subirà consistenti trasformazioni nell'apparato iconografico.

Il Papa, nel 1556, affida a Giorgio Vasari l'incarico di dipingere una tavola per la Chiesa che era ancora in fase di costruzione. Vasari realizza le tavole negli anni successivi al 1576.

L'altare contenente le tavole verrà smontato nel 1710 ma le tavole rimarranno nella Chiesa, in particolare il "Martirio di San Pietro Martire" viene sistemato nel transetto da cui di recente è stato rimosso per le indagini diagnostiche propedeutiche al restauro, necessario date le condizioni di conservazione in cui versa l'opera [2].

Di questo dipinto sono state analizzate due aree (fig. 1) tramite acquisizioni multispettrali.

Tramite la firma spettrale è stato analizzato il pigmento blu del manto della Madonna (riquadro superiore) e il pigmento verde del paesaggio (riquadro inferiore).

3. Pigmento blu

Selezionando il punto indicato in figura 2 si ottiene una immagine in cui sono evidenziati i punti aventi stesso spettro di riflettanza e fluorescenza del punto indicato. Si può notare come il programma abbia evitato le zone di pigmento alterato che visivamente si presentano di tonalità verde. In fig. 3 si mostrano i relativi spettri.

Questi spettri di riflettanza sono stati confrontati con degli spettri FORS di riferimento su campioni di pigmenti puri. Gli stessi campioni di riferimento sono stati analizzati anche con la firma spettrale. Gli spettri di riferimento ottenuti con tecnica FORS e con firma sono stati confrontati con quelli del campione. Confrontando questi spettri si è potuto ipotizzare la presenza di smaltino. Per avere però la certezza sono state necessarie delle indagini puntuali, in particolare analisi XRF ed un prelievo. Le analisi XRF hanno riportato la presenza di piombo, ferro, cobalto e arsenico (Pb, Fe, Co e As), compatibile con la composizione dello smaltino. Il prelievo (fig. 4) è stato fatto nel punto con il pigmento blu alterato. La sezione stratigrafica ha anch'essa confermato la presenza di smaltino.

Un'ulteriore conferma della presenza di questo pigmento è stata data dall'analisi FTIR, che ha inoltre diagnosticato l'alterazione dello smaltino.

4. Pigmento verde

L'analisi del pigmento verde del paesaggio della parte inferiore analizzata è stata realizzata con la stessa procedura di quella appena descritta.

Gli spettri di riflettanza e fluorescenza relativi al punto riportato in fig. 6 sono i seguenti: una colorazione verde può essere ottenuto sia da un pigmento effettivamente verde, che da una mescolanza di pigmenti gialli e azzurri. Nel caso del punto in esame dalle analisi tramite firma spettrale e con spettri ottenuti su campioni di riferimento utilizzando firma e la tecnica FORS si è potuto escludere la presenza di un pigmento verde e ipotizzare invece che fossero stati utilizzati una mescolanza di azzurrite e giallolino. Tale ipotesi è stata confermata dalle analisi XRF, che indicano la presenza di piombo, rame e stagno.

5. Considerazioni conclusive

Le analisi ad immagine sono fondamentali in quanto forniscono un grande numero di informazioni, relative a tutta l'area indagata. Uno dei loro principali vantaggi sta inoltre nel fatto che sono totalmente non invasive e si utilizzano immagini anch'esse ottenute con tecniche non invasive. Si è visto che con la firma spettrale è possibile fare delle considerazioni riguardo ai materiali presenti nell'opera d'arte. Questo tipo di analisi non consente però l'identificazione certa, ma soltanto una discriminazione. Per poter avere informazioni più precise è necessario perciò fare delle indagini più precise, come possono essere appunto un'analisi XRF o un prelievo. Queste comunque, essendo puntuali, necessitano a priori di analisi ad immagine per poter selezionare il punto di indagine. Una volta ottenuti dei risultati precisi, le analisi ad immagine permettono di estendere i risultati alle aree aventi simile comportamento spettrale.

Il miglior risultato si ottiene comunque tramite il confronto e le integrazioni con analisi diverse che si possono così completare l'una con l'altra.

Riferimenti bibliografici

http://fors.ifac.cnr.it Fiber Optic Reflectance Spectroscopy

AA. VV., 2010, *Vasari a Bosco Marengo, Studi per il restauro delle tavole vasariane in Santa Croce*, SAGEP Editori.

M. Barni, A. Pelagotti, A. Piva, *Image Processing for the Analysis and Conservation of Paintings: Opportunities and Challenges*, IEEE Signal Processing Magazine 141, 2005.

C. Fisher, I. Kakoulli, *Multispectral and hyperspectral imaging technologies in conservation: current research and potential applications*, Reviews in Conservation 7, 2006.

C. Oleari (a cura di), *Misurare il Colore. Spettrofotometria, fotometria e colorimetria. Fisiologia e percezione*, Hoepli, Milano 2002.

C. Seccaroni, P. Moioli, *Fluorescenza X. Prontuario per l'analisi XRF portatile applicata superfici policrome*, Nardini Editore, Firenze 2004.

Anna Mazzinghi, Chiara Micheli, Anna Pelagotti
Art–Test S.a.s., 2INO
via del Ronco 12,50125 Firenze
largo Fermi 6, 50125 Firenze
info@art–test.com

Figura 1. *Martirio di San Pietro*, G. Vasari (1569–1570) Bosco Marengo. Aree di Analisi

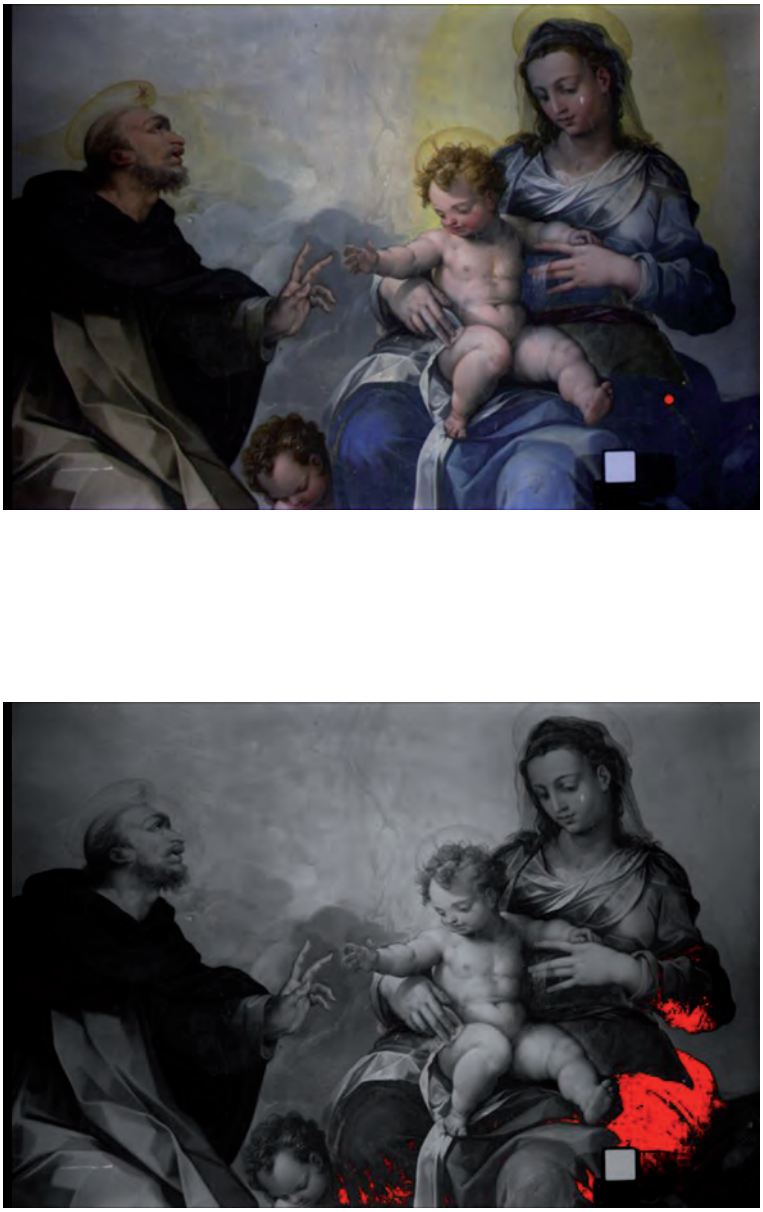
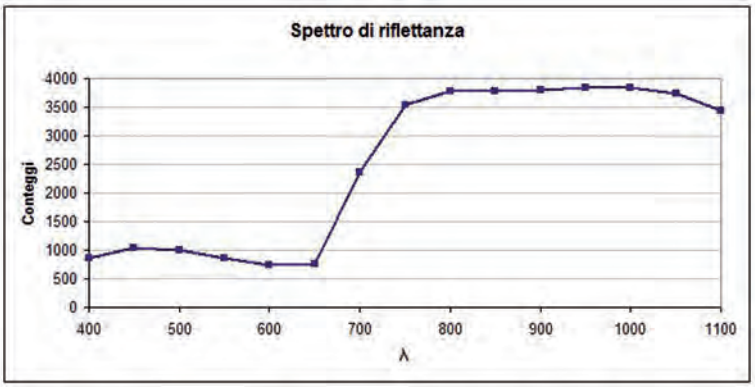


Figura 2. Fig. 2 a e b Analisi del pigmento blu tramite firma spettrale.



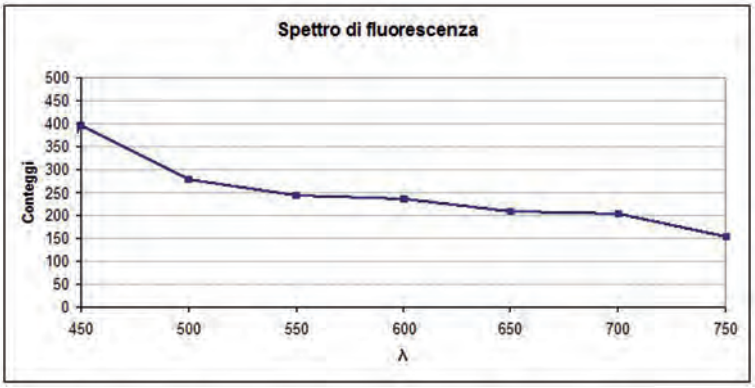


Figura 3. Fig. 3 a e b Spettri ottenuti con la firma spettrale sul punto indicato in fig. 1.

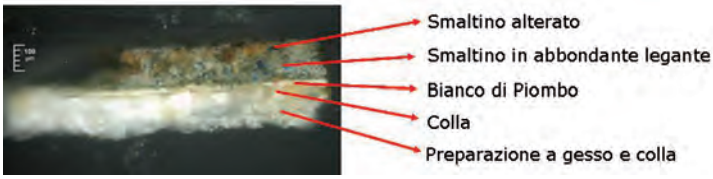


Figura 4. Sezione stratigrafica del prelievo

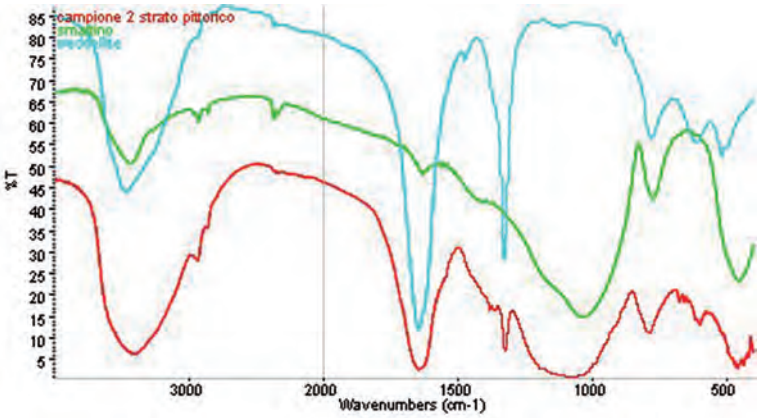


Figura 5. Spettro FTIR del prelievo

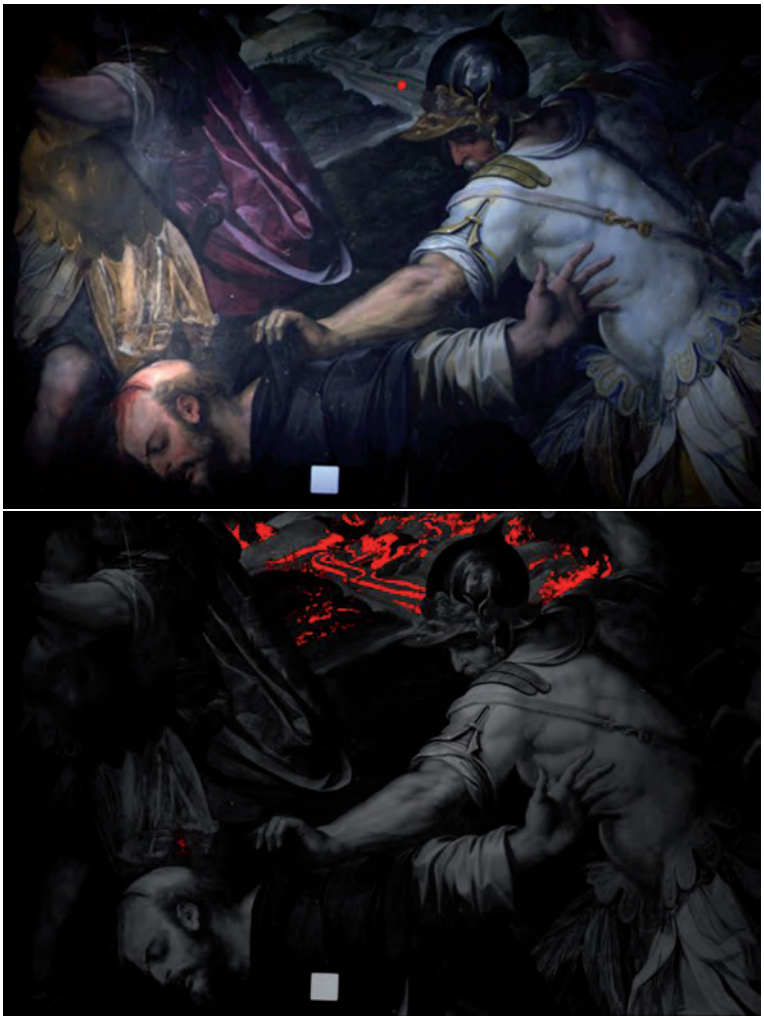
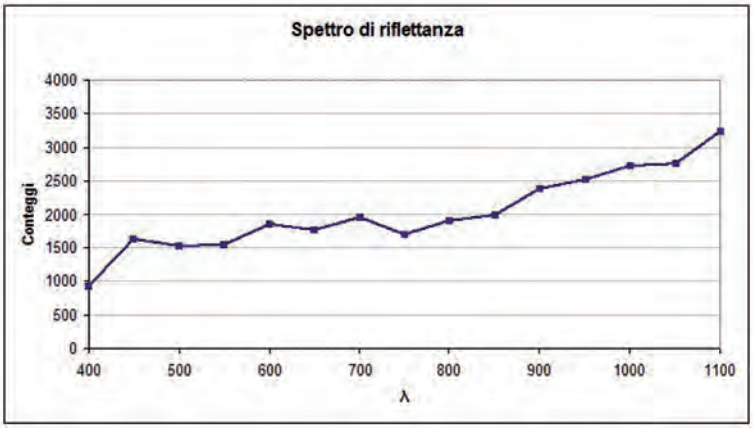


Figura 6. Fig. 6 a e b Analisi del pigmento verde tramite firma spettrale



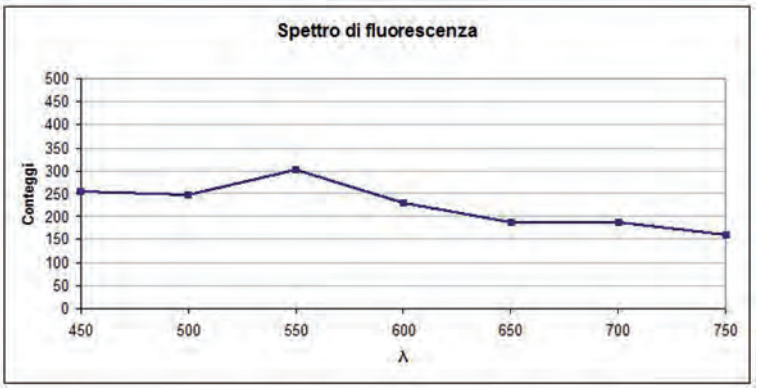


Figura 7. Fig. 7 a e b Spettri di riflettanza e fluorescenza