



ITALIAN NATIONAL RESEARCH COUNCIL
"NELLO CARRARA" INSTITUTE FOR APPLIED PHYSICS
CNR FLORENCE RESEARCH AREA
Italy

TECHNICAL, SCIENTIFIC AND RESEARCH REPORTS

Vol. 1 - n. 64-3 (2009)

Mauro Bacci, Lara Boselli,
Serena Carlesi, Marcello Picollo

**Studio mediante
spettroscopia in riflettanza
non invasiva
dei pigmenti utilizzati dal pittore
Federico Zandomeneghi
sul dipinto
*Bastimento allo scalo.***

CNR-IFAC-TR-06/009

ISSN 2035-5831



Consiglio Nazionale delle Ricerche
Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara"

VIA MADONNA DEL PIANO 10 - 50019 SESTO FIORENTINO - ITALIA

CNR-IFAC-TR-06/009

**Studio mediante spettroscopia in riflettanza non
invasiva dei pigmenti utilizzati dal pittore Federico
Zandomeneghi sul dipinto *Bastimento allo scalo*.**

(Galleria d'Arte Moderna di Firenze Palazzo Pitti)

Commessa PC-P03-003

Gruppo di Spettroscopia in riflettanza a fibre ottiche (FORS)

Mauro Bacci, Lara Boselli, Serena Carlesi, Marcello Picollo

Studio mediante spettroscopia in riflettanza non invasiva dei pigmenti utilizzati dal pittore Federico Zandomeneghi sul dipinto *Bastimento allo scalo*, Galleria d'Arte Moderna di Firenze Palazzo Pitti

Misure spettroscopiche in riflettanza non invasive mediante fibre ottiche (FORS)

Metodologia

La tecnica impiegata per la caratterizzazione del materiale pittorico si basa sull'analisi di spettri di riflettanza acquisiti in maniera non invasiva. Con questo termine (spettri di riflettanza), si definiscono grafici in cui l'intensità della radiazione retro-diffusa dalla superficie investigata è riportata sull'asse delle ordinate in funzione della lunghezza d'onda della radiazione inviata sull'area di misura. Il valore dell'intensità, riportato come percentuale di luce diffusa (riflessa) dalla superficie investigata, è rapportato ad un bianco di riferimento, che si assume diffondente la radiazione incidente al 100% su tutto l'intervallo spettrale considerato.

Le misure FORS, oggetto della presente relazione tecnico-scientifica, sono state effettuate il 15 dicembre 2008 presso il laboratorio di restauro della ditta Muriel Vervat Restauro. Il dipinto oggetto di indagine si intitola *Bastimento allo scalo* (olio su tela, 96 cm x 41 cm, *Figura 1*) del 1869 di Federico Zandomeneghi appartenente alla Collezione permanente della Galleria d'Arte Moderna di Firenze Palazzo Pitti. In tutto sono stati acquisiti 28 spettri di riflettanza, a seguito dell'intervento di pulitura.

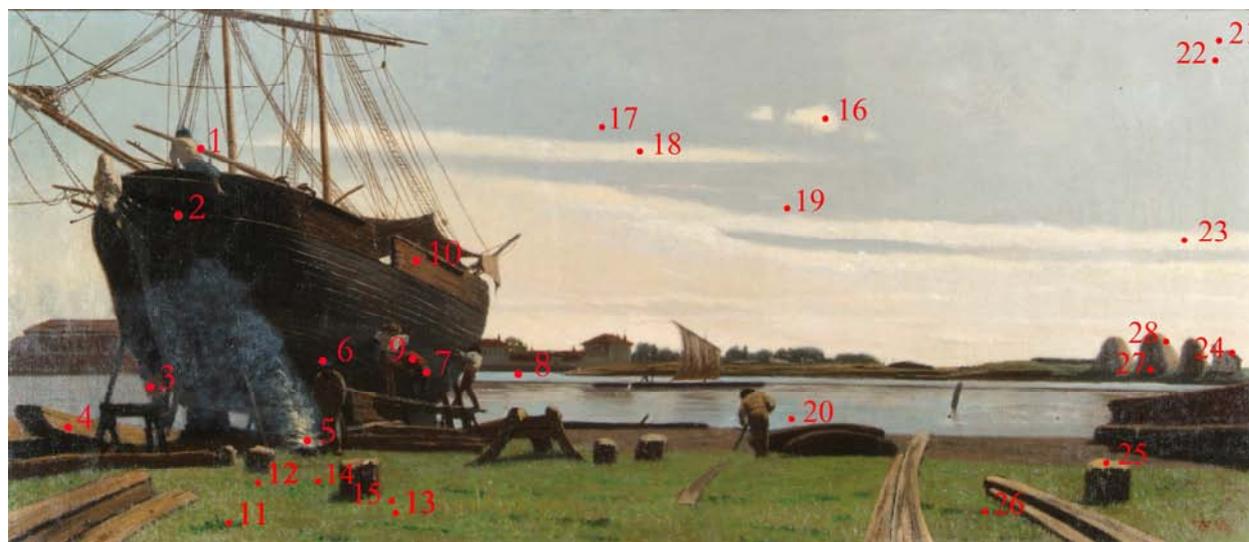


Figura 1. Foto del dipinto con i punti di analisi FORS.

Strumentazione

Per questo studio sono stati impiegati due spettroanalizzatori Zeiss (modelli MCS501 e MCS511 NIR 1.7, *Figura 2*) che consentono di ottenere spettri di riflettanza nell'intervallo di lunghezze d'onda dall'UV al NIR con un passo di campionamento di 0.8 nm/pixel nell'intervallo di lunghezza d'onda 200-1000 nm (modello MCS501 UV-Vis) e di circa 6 nm/pixel nell'intervallo 900-1700 nm (modello MCS511 NIR 1.7). Lo spettroanalizzatore modello MCS501 è composto da una sorgente luminosa interna (lampada alogena da 20W con temperatura di colore di circa 3000 K, intervallo di emissione 320-2500 nm), un

reticolo disperdente e un rivelatore lineare di 1024 fotodiodi al silicio. Il modello MCS511 NIR 1.7, invece, è costituito da un reticolo disperdente e un rivelatore lineare di 128 fotodiodi di Arseniuro di Indio e Gallio (InGaAs). La possibilità di lavorare con i due spettroanalizzatori 'a cascata' consente di ottenere un unico spettro di riflettanza nell'intervallo 350-1700 nm con punto di raccordo a circa 980 nm.

Per inviare e riprendere la radiazione retro-diffusa dalla superficie analizzata, è stata utilizzata una sonda semisferica (geometria di misura $0^\circ/2 \times 45^\circ$), realizzata su disegno dell'IFAC, con cui è possibile investigare un'area di circa 2 mm di diametro (Figura 3). La dimensione dell'area investigata, nel caso in cui si analizzino motivi decorativi ricchi di particolari, non sempre consente di analizzare il dettaglio cromatico di interesse con la certezza di escludere contributi dalle zone adiacenti. In questo caso, la radiazione elettromagnetica è stata inviata sull'area da investigare attraverso un fascio di fibre ottiche lineari perpendicolare alla superficie investigata (0°). La radiazione retrodiffusa dalla superficie viene raccolta e inviata ai sensori dei due spettroanalizzatori mediante due distinti fasci di fibre lineari posti rispettivamente a 45° rispetto alla normale alla superficie investigata. La luce retrodiffusa è stata poi analizzata nelle sue componenti tramite i due reticoli disperdenti e successivamente campionata per ottenere lo spettro.

Solitamente, per evitare alcun tipo di contatto tra la superficie pittorica e la sonda si utilizza un foglio di mylar munito di apposito foro con diametro di circa 1 centimetro in grado di permettere il passaggio del fascio di luce inviato avente uno spot di 2 mm di diametro.



Figura 2. Spettroni analizzatori Zeiss utilizzati per le misure FORS.

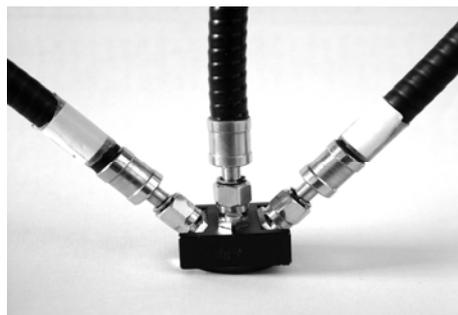


Figura 3. Particolare della sonda impiegata per l'analisi.

Le tecniche FORS sono impiegate per misure *in situ* non invasive finalizzate allo studio di pigmenti/coloranti costituenti stesure pittoriche.

Risultati

Le misure FORS sono state effettuate su piccole aree (2 mm in diametro) della superficie pittorica al fine di determinare la tavolozza dell'artista. L'identificazione dei materiali presenti avviene tramite comparazione degli spettri di riflettanza acquisiti sull'opera con quelli ottenuti su stesure pittoriche di riferimento. Nei casi in cui la corrispondenza di questi spettri non è totale, a causa della presenza di miscele o di intense alterazioni dei materiali pittorici, l'attribuzione degli spettri può effettuarsi con l'ausilio dei dati ottenuti con altre tecniche analitiche (XRF, medio IR FORS, Fluorescenza UV). Inoltre utili informazioni sulla composizione degli strati pittorici possono provenire dal personale incaricato del restauro oppure da una mirata ispezione visiva (a occhio nudo, con lenti di ingrandimento o con microscopi binoculari) della zona oggetto di studio. Tuttavia, in alcuni casi, l'identificazione dei prodotti presenti può rimanere a livello di ipotesi/proposta se la tecnica di indagine utilizzata non è in grado di fornire informazioni esaustive sulla composizione reale dell'area studiata. In questi casi è auspicabile un

approfondimento dell'indagine mediante tecniche analitiche micro-invasive che necessitano di un prelievo, seppur limitato, di campioni dall'opera.

I materiali pittorici identificati all'interno degli strati pittorici originali sono: biacca (bianco di piombo), bianco di zinco, ossidi e idrossidi di ferro (terre naturali e/o bruciate), blu di Prussia, blu di cobalto, vermiglione e giallo di cromo. In alcuni casi è stata rivelata anche la presenza di un pigmento nero. Tuttavia, non è facile stabilire se tale pigmento sia presente nello strato pittorico o in aree della preparazione, al fine di ottenere uno sfondo scuro su cui costruire la matrice pittorica. Inoltre va sottolineato che con la tecnica FORS, usata nel presente lavoro, non è possibile identificare il tipo di pigmento nero (nero d'ossa, nero vite, nero fumo etc.) a causa della mancanza di assorbimenti selettivi nell'intervallo spettrale considerato.

In *Tabella 1* sono riportati il numero e la descrizione dei punti di misura FORS, con la specifica relativa al colore e l'ipotesi tentativa dei pigmenti presenti.

Di seguito è riportato il grafico relativo alla distribuzione dei pigmenti identificati con la tecnica FORS nel dipinto oggetto di studio (*Figura 4*). Da questo grafico è possibile effettuare considerazioni generali sulla tavolozza dell'artista.

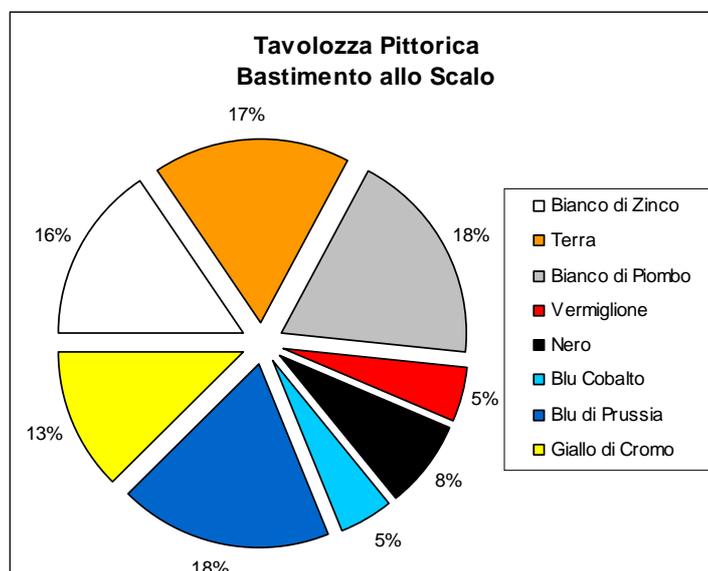


Figura 4. Grafico relativo alla distribuzione dei pigmenti identificati con la tecnica FORS sul dipinto Bastimento allo scalo.

Due sono i pigmenti bianchi rinvenuti sul dipinto, fortemente caratterizzanti la tavolozza pittorica: il bianco di piombo (carbonato basico di piombo), comunemente detto biacca, e il bianco di zinco (ossido di zinco). Usati in miscela per la rappresentazione delle nuvole (**punti 16, 18 e 23, Figura 5**), il bianco di piombo lo si trova soprattutto in unione con blu di Prussia, più raramente con blu cobalto per la rappresentazione del mare (**punti 8 e 20, Figura 6**) e del cielo (**punti 17, 19 e 22, Figura 6**). Il bianco di zinco viene utilizzato soprattutto per schiarire le campiture brune con cui l'artista ha realizzato le assi di legno (**punto 4**) e i dettagli bucolici del paesaggio sullo sfondo (**punti 25, 27 e 28, Figura 7**); interessante riscontrarne l'utilizzo in unione a biacca relativamente a un punto di luce presente sul bastimento, forse a simulare la presenza di un elemento metallico caratterizzato da una brillantezza più fredda, difficilmente ottenibile con il solo ausilio della biacca (**punto 2**).

Come si può desumere dal grafico (*Figura 4*), il blu di Prussia (ferrocianuro ferrico) risulta essere tra i pigmenti maggiormente rivelati a seguito delle misure effettuate. Quest'ultimo viene utilizzato per la rappresentazione del cielo e del mare (**punti 8, 17, 19 e 20, Figura 6**) e per gli abiti dei marinai, nel dettaglio per i pantaloni e cappelli di colorazione blu (**punti 6 e 7, Figura 6**). Inoltre, in unione con un giallo moderno, probabilmente giallo di cromo, lo si ritrova variamente miscelato per dare origine alle

campiture verdi del prato (**punti 11, 12, 13, 14, 15 e 26, Figura 8**). Infatti, occorre sottolineare che dall'inizio del XIX secolo era disponibile in commercio una miscela costituita da blu di Prussia e giallo di cromo, chiamata verde di cromo o cinabro verde.

Non è da escludere la presenza di pigmento giallo anche nei **punti 7 e 8**.

Seppur in minime quantità, è stata ipotizzata la presenza di blu cobalto (alluminato di cobalto) solamente in tre aree di acquisizione, due di queste relative al cielo (**punti 21 e 22, Figura 9**) e una relativa a una zona chiara presente nella parte bassa dell'imbarcazione (**punto 5**).

Le campiture brune sono realizzate con una miscela a base di ossidi e idrossidi di ferro (terre naturali e/o bruciate), difficilmente distinguibili con il solo ausilio della tecnica impiegata. Inoltre, non è da escludere che l'artista abbia utilizzato delle terre di marte (colori di tonalità variabile dal violetto, al rosso, al giallo), ovvero pigmenti industriali con formulazione chimica del tutto simile a quella delle terre naturali arricchiti con inerti quali alluminosilicati e gesso. Le terre sono state utilizzate per la rappresentazione dei covoni di paglia sullo sfondo in unione a bianco di zinco (**punto 28, Figura 7**), con l'aggiunta di un pigmento nero per le zone d'ombra (**punto 27**). Inoltre sono state riscontrate sugli elementi lignei del dipinto, quali il bastimento (**punti 1, 2 e 10, Figura 7**) e le assi che poggiano sulla riva (**punto 4**). Infine, la presenza di terra è stata riscontrata sulla camicia di uno dei marinai (**punto 3**) e sulle sfumature delle nuvole (**punti 16 e 18, Figura 5**).

L'uso di vermiglione (solfuro di mercurio) è stato rivelato sulle camicie dei marinai (**punti 3 e 9, Figura 10**), che risultano essere le uniche campiture rosse del dipinto, insieme al tetto della casa sullo sfondo (**punto 24, Figura 10**). Tracce di vermiglione sono state rivelate su un'area della nave, caratterizzata da una colorazione bruna decisamente calda (**punto 10**).

In Tabella 1 sono riassunti i dati ottenuti dalle analisi FORS, ovvero sono riportati il numero e la descrizione dei punti di misura, il colore osservato nella campitura analizzata e l'identificazione tentativa dei pigmenti presenti.

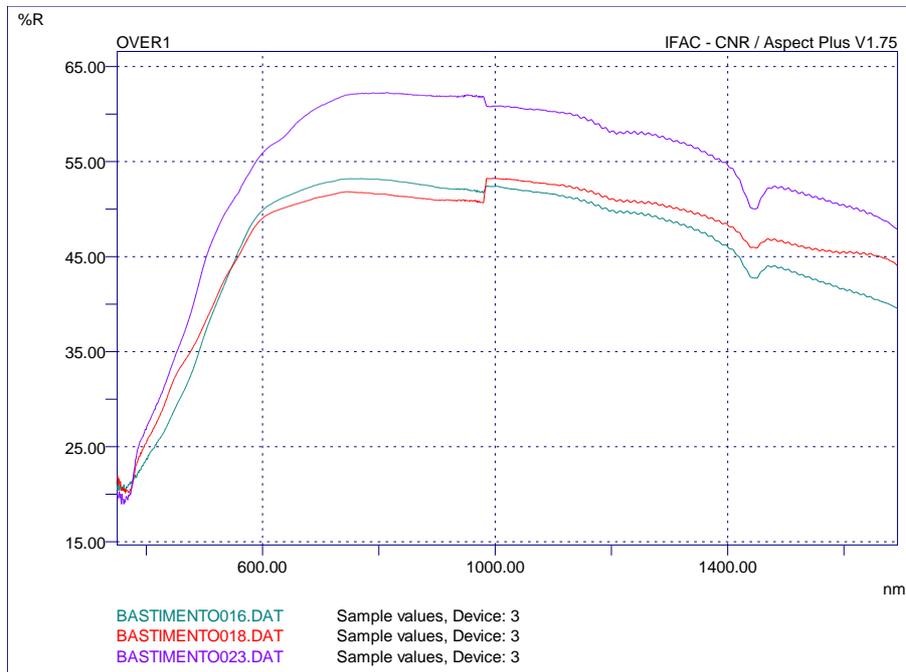


Figura 5. Spettri di riflettanza di campiture bianche, relative ai punti di misura 16, 18 e 23 (rispettivamente curva verde, rossa e viola).

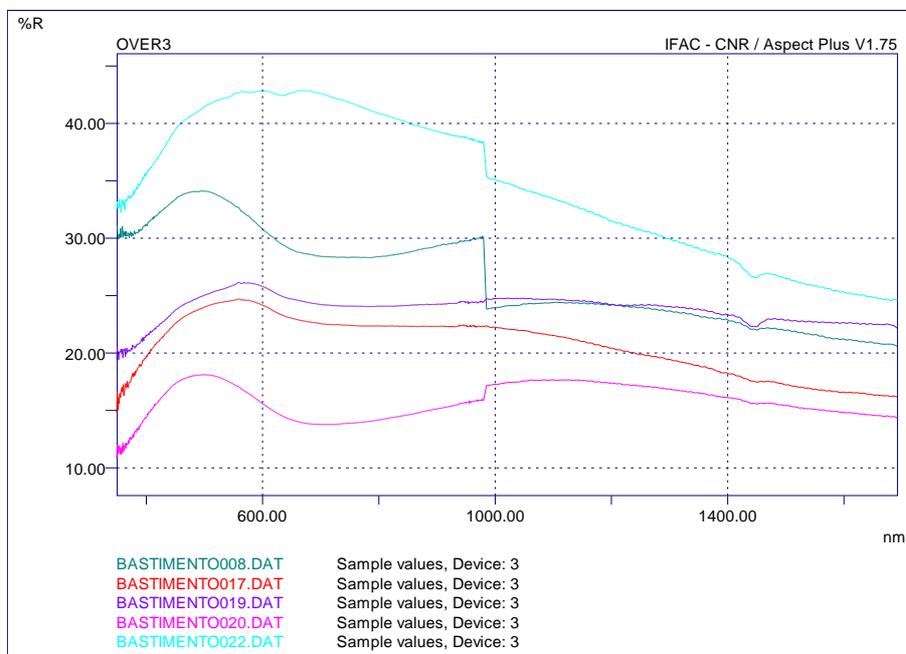


Figura 6. Spettri di riflettanza di campiture azzurre e blu, relative ai punti di misura 6, 17, 19, 20 e 22 (rispettivamente curva verde, rossa, viola, rosa e azzurra).

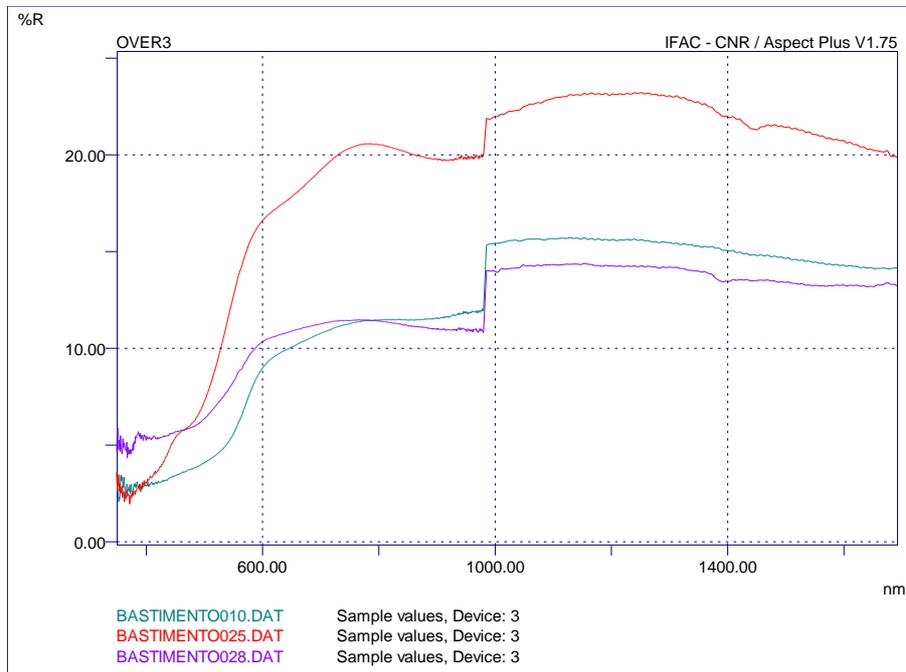


Figura 7. Spettri di riflettanza di campiture brune, relative ai punti di misura 10, 25 e 28 (rispettivamente curva verde, rossa e viola).

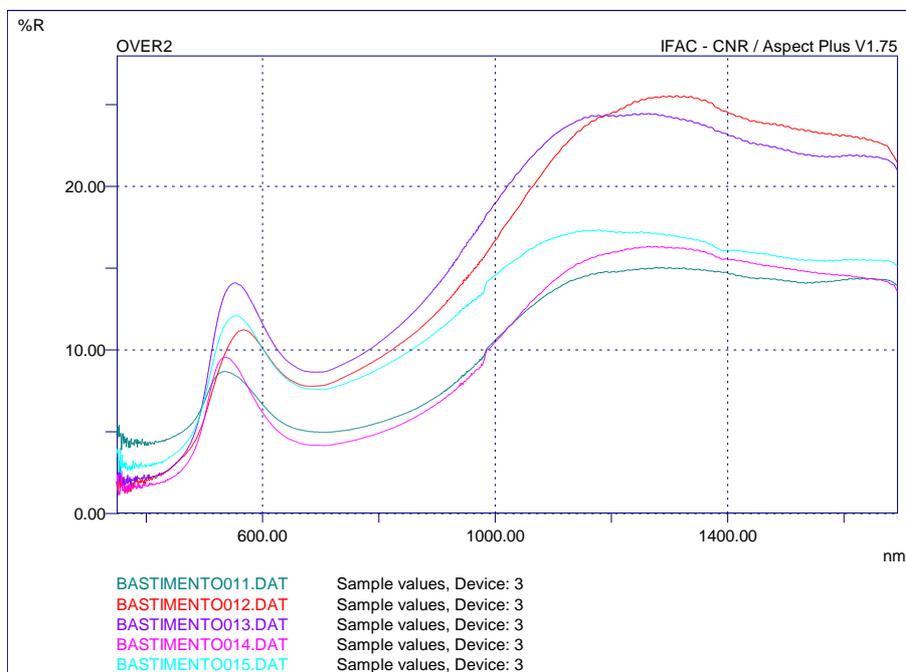


Figura 8. Spettri di riflettanza di campiture verdi, relative ai punti di misura 11, 12, 13, 14 e 15 (rispettivamente curva verde, curva rossa, curva viola, curva rosa e curva azzurra).

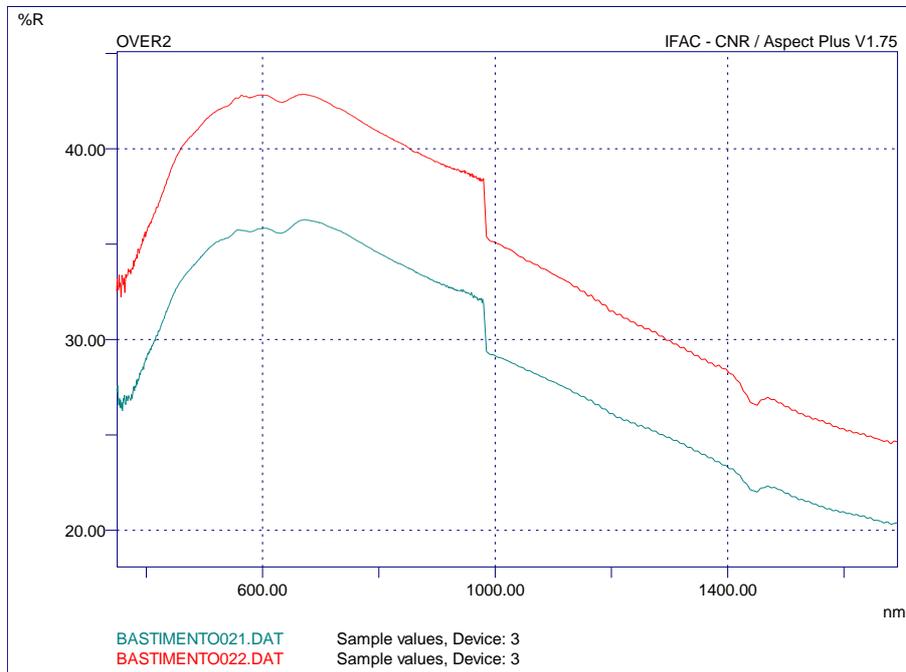


Figura 8. Spettri di riflettanza di campiture azzurre, relative ai punti di misura 21 e 22 (rispettivamente curva verde e rossa).

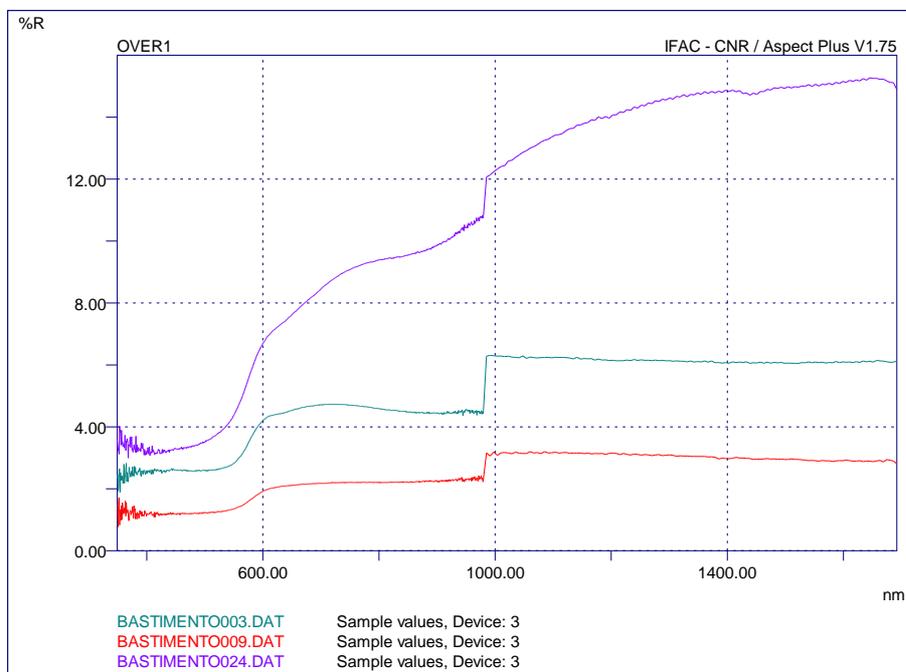


Figura 10. Spettri di riflettanza di campiture rosse, relative ai punti di misura 3, 9 e 24 (rispettivamente curva verde, rossa e viola).

Tabella 1. Tabella riassuntiva dei dati FORS con il numero e la descrizione dei punti di misura, il colore osservato e l'identificazione tentativa dei pigmenti presenti.

| Misure di riflettanza FORS | | | | | |
|--|--|---------|----------------------|--|-------------|
| Oggetto: Bastimento Zandomeneghi | | | | | |
| Luogo: Laboratorio di restauro – Muriel Vervat Restauro | | | | | |
| Data: 15 Dicembre 2008 | | | | | |
| Misure Visibile e Vicino Infrarosso | | | | | |
| Strumenti: Zeiss MCS501 e Zeiss MCS511 NIR 1.7 | | | | | |
| Sorgente: Zeiss CHL500 | | | | | |
| Fibre n.1 fibra ottica lineare visibile e n. 2 fibre ottiche lineari vicino infrarosso | | | | | |
| Testa: AC3 0°/2x45° | | | | | |
| Range: 350-1700 nm | | | | | |
| Punti di misura | Descrizione | Colore | Specifica del colore | Ipotesi di pigmento | Note |
| 1 | Parte dell'albero (nave) | marrone | | Bianco di zinco + terra di Siena naturale/ocra gialla | |
| 2 | Area sulla nave | bianco | | Biacca + bianco di zinco + terra | Poca biacca |
| 3 | Camicia marinaio da solo | marrone | | Vermiglione + terra + nero | |
| 4 | trave | marrone | chiaro | Terra di Siena naturale/terra d'ombra naturale + bianco di zinco | |
| 5 | Zona di luce nave | bianco | blu o viola | Blu cobalto + bianco di zinco + terra | |
| 6 | Cappello | blu | | Blu di Prussia | |
| 7 | Pantaloni uomo | blu | | Blu di Prussia + giallo cromo (?) | |
| 8 | Mare | blu | chiaro | Biacca + blu di Prussia + giallo cromo (?) | |
| 9 | Camicia | rosso | | Vermiglione su fondo nero | |
| 10 | Parte della nave | marrone | | Terra di Siena naturale/terra ombra naturale + vermiglione | |
| 11 | Porzione prato a sinistra | verde | scuro | Blu di Prussia + giallo di cromo | |
| 12 | Porzione prato a sinistra davanti alla scatola | verde | | Blu di Prussia + giallo di cromo | |
| 13 | Porzione prato davanti scatola in primo piano | verde | chiaro | Blu di Prussia + giallo di cromo | |
| 14 | Porzione prato dietro scatola in primo piano | verde | scuro | Blu di Prussia + giallo di cromo | |
| 15 | Porzione prato davanti scatola in primo piano | verde | chiaro | Blu di Prussia + giallo di cromo | |
| 16 | Nuvola in cielo in alto a destra piccola | bianco | | Biacca + terra | |
| 17 | Cielo | blu | chiaro | Biacca + blu di Prussia + nero + biacca | Poca biacca |
| 18 | Nuvola stretta e lunga in alto | bianco | | Biacca + bianco di zinco + terra naturale | |
| 19 | Cielo tra le due nuvole strette e lunghe | blu | chiaro | Biacca + blu di Prussia | |
| 20 | Mare | blu | chiaro | Blu di Prussia + biacca | Poca biacca |
| 21 | Cielo in alto a destra | blu | chiaro | Biacca + nero + blu cobalto + bianco di zinco | |
| 22 | Cielo in alto a destra | blu | chiaro | Biacca + nero + blu cobalto | |
| 23 | Nuvola stretta e lunga più in basso | bianco | | Biacca + bianco di zinco | |
| 24 | Tetto casa a sinistra | rosso | | Terra bruciata + biacca | |
| 25 | Scatola in primo piano a destra | marrone | chiaro | Terra di Siena naturale/ocra gialla + biacca + bianco di zinco | |
| 26 | Palo a destra sul prato | verde | chiaro | Blu di Prussia + giallo | |
| 27 | Covone di paglia | marrone | scuro | Terra + bianco di zinco + nero | |
| 28 | Covone di paglia | marrone | chiaro | Terra + bianco di zinco | |

Riferimenti bibliografici essenziali

M. Bacci, A. Casini, F. Lotti, M. Picollo, S. Porcinai, B. Radicati, L. Stefani, “Spettroscopia in riflettanza non-invasiva mediante l’uso di fibre ottiche” in: *Metodologie integrate per l’analisi di dipinti*, Edizioni Progetto (2003), Padova, pp. 106-116.

A. Aldrovandi, M. Picollo, B. Radicati: "I materiali pittorici: analisi di stesure campione mediante spettroscopia in riflettanza nelle regioni dell’ultravioletto, del visibile e del vicino infrarosso". *OPD Restauro*, **10** (1998), pp. 69-74.

<http://fors.ifac.cnr.it> - Archivio spettrale FORS realizzato in collaborazione tra IFAC-CNR e OPD “Fiber Optics Reflectance Spectra (FORS) of Pictorial Materials in the 270-800, 350-1000, 900-1700 nm ranges”.