

# METODI ANALITICI NON INVASIVI PER LO STUDIO DEI MATERIALI DEGLI STRUMENTI MUSICALI ANTICHI



Fig.1 - Lo "Scigno dei tesori" del Museo del Violino di Cremona.

di Tommaso Rovetta, Alessandra Chiapparini, Piercarlo Dondi, Giusj Valentina Fichera, Claudia Invernizzi, Maurizio Licchelli e Marco Malagodi

A partire dagli anni '70 del novecento, nel nostro paese si assiste allo sviluppo di un pensiero e un'attenzione nuova verso la conservazione e il restauro degli strumenti musicali. L'oggetto storico viene considerato non solo in base alle sue proprietà sonore ma anche per il suo valore come "bene tangibile". Ciò pone le basi per lo studio e l'identificazione di tutte le sue componenti materiche e strutturali come parti integranti di un bene culturale che nasce da una tradizione artigiana di grande importanza, e che nulla ha da invidiare alle principali tradizioni artistiche italiane. Lo strumento musicale è un oggetto del patrimonio culturale che, come tale, va recuperato, restaurato e preservato nel pieno rispetto filologico della sua storia e delle eventuali modificazioni che ha subito nel tempo. La scienza fornisce oggi avanzate tecniche diagnostiche per lo studio delle opere d'arte, già ampiamente collaudate nei principali interventi conservativi effettuati in Italia. Il Laboratorio Arvedi di Diagnostica non Invasiva di Cremona dell'Università di Pavia, ospitato all'interno del Museo del Violino, rappresenta il punto di congiunzione tra scienza e artigianato artistico, luogo in cui il sapere scientifico si fonde con la tradizione tecnica della liuteria (Fig.1).

Tutte le parti sono coinvolte nell'obiettivo comune di "svelare" quei segreti di bottega che hanno reso leggendari i grandi liutai del passato. La caratterizzazione dei materiali impiegati per la realizzazione delle vernici, la documentazione delle dimensioni e delle bombature dello strumento storico sono solo alcune delle attività di ricerca i cui risultati sono in grado di offrire al liutaio moderno nuovi spunti di riflessione, nuove sperimentazioni e nuovi metodi di costruzione. Inoltre, la documentazione dello stato di conservazione del manufatto, unito alla virtualizzazione delle sue forme e alla registrazione delle sue caratteristiche acustiche sta lentamente aprendo nuove frontiere per ciò che riguarda la fruizione del bene al di fuori della teca in cui è conservato. Lo strumento musicale, e in particolare lo strumento ad arco, rappresenta quindi un *unicum* nel panorama dei beni culturali, in quanto è opera statica e dinamica allo stesso tempo, mezzo espressivo della sensibilità estetica del liutaio e contestualmente dell'espressività musicale del musicista, strumento destinato alla produzione di cultura e di arte. Queste caratteristiche hanno reso difficoltosa la formulazione di una vera e propria "etica" del restauro e della conservazione degli strumenti musicali, ancora oggi indefinita, rendendo pertanto necessari inevitabili compromessi nel corso del tempo. Lo studio analitico di questi oggetti ha richiesto la progettazione di un dettagliato piano di sperimentazione scientifica e tecnologica avvalendosi di tecniche non distruttive e non invasive. Il protocollo per l'utilizzo dei dispositivi è stato definito nell'arco di tre anni e le attrezzature sono state funzionalizzate *ad hoc* per semplificare l'acquisizione del dato analitico.

#### LA DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA E LA SCANSIONE 3D

La documentazione fotografica dello stato di conservazione dello strumento musicale, con finalità divulgativa e conservativa sia in ambito commerciale che museale, è una pratica già utilizzata da decenni, e finalizzata all'acquisizione di immagini di alcune inquadrature standard (fronte, retro, lato sinistro, lato destro, macro di dettaglio sulla testa dello strumento in corrispondenza del riccio). Tuttavia, la fase di documentazione ha portato alla luce diverse problematiche, legate al mantenimento della verticale dell'oggetto e alla sua perfetta ortogonalità rispetto all'asse ottico dell'obiettivo fotografico. Per questo motivo nel Laboratorio Arvedi è stato pensato e realizzato un apposito sistema di rotazione automatizzata che prevede l'inserimento di un perno, avente inclinazione regolabile, attraverso il foro inferiore del bottone dello strumento musicale. Oltre a soddisfare le condizioni di verticalità e ortogonalità dello strumento musicale, il sistema di rotazione consente di acquisire non solo le viste standardizzate, ma anche le viste di profilo ad angoli variabili. Le lampade a LED (5400°K) sono posizionate frontalmente all'oggetto, orientate a 45° e leggermente inclinate verso il basso per ridurre i riflessi sulla superficie dello strumento musicale. Un protocollo analogo viene seguito per l'acquisizione delle immagini della fluorescenza ultravioletta (UVIFL) con lampade di Wood (Osram L36W/73, picco di emissione  $\lambda \sim 365\text{nm}$ ). Il sistema messo a punto consente quindi di applicare separatamente le due tecniche (fotografia in luce visibile e fotografia in luce ultravioletta), mantenendo una precisa sovrapposizione a posteriori fra i due tipi di immagini, essendo noti gli angoli di acquisizione. La macchina fotografica utilizzata è la Nikon D4, che monta l'obiettivo Nikon AF-S NIKKOR 50mm f/1.4G. Ai fini di una documentazione analitica dell'opera,



Fig. 2 - Violino Cremonese (1715) di Antonio Stradivari, foto della fluorescenza indotta da UV (angolo 0° corrispondente alla vista frontale).

è altresì utile caratterizzare i dettagli di superficie più fini (ad es. micro-crettature, macchie di colore ecc.) e ciò è reso possibile attraverso l'acquisizione di una serie di immagini macro, montate a posteriori in un'unica *gigapixel image* che permette di indagare anche quei particolari che l'occhio non riesce a riconoscere. Questo metodo è tuttora in fase di sperimentazione, ma il risultato potrebbe trovare posto all'interno del percorso museale per una fruizione completa del bene. Sempre a fini divulgativi è stata inoltre realizzata un'apposita interfaccia grafica che permette di visualizzare tutte le foto dello strumento in rotazione e di effettuare, per ogni vista, la transizione fra una foto nel visibile e la sua corrispondente foto UV (Fig.2).

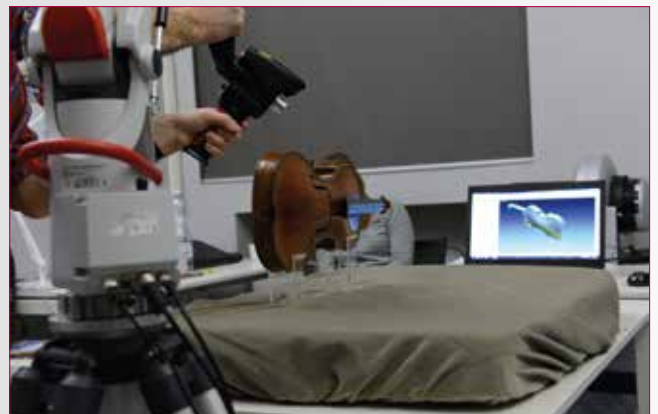


Fig. 3 - Scansione 3D del violino "Hellier" (1679) di Antonio Stradivari.

Alle tradizionali tecniche di acquisizione fotografica si aggiunge la scansione 3D del violino (Fig.3). Per questa operazione viene utilizzato un braccio mobile a 7 gradi di libertà prodotto dalla Hexagon Metrology (Romer Absolute Arm 7-Axis "SI") equipaggiato con un laser scanner lineare (RS3 Integrated Scanner) che consente di acquisire la superficie dello strumento con una risoluzione di 30µm [1]. La nuvola di punti ottenuta viene successivamente elaborata tramite appositi programmi di modellazione 3D (Polyworks, MeshLab e Blender) per l'ottenimento di una mesh poligonale estremamente dettagliata. A partire dal modello 3D è quindi possibile effettuare diverse operazioni:

- ▶ applicare una serie di texture alla superficie utilizzando le fotografie in luce visibile o UV raccolte durante la campagna fotografica;
- ▶ estrapolare le curve delle bombature dello strumento, cioè dime con le quali il liutaio moderno può ad esempio realizzare una copia;
- ▶ studiare le deformazioni di tavola armonica e fondo, prima e dopo una performance, o prima e dopo la montatura dello strumento;
- ▶ effettuare misurazioni con una precisione comparabile a quella ottenibile utilizzando un calibro digitale sullo strumento reale (Fig.4);
- ▶ realizzare copie con macchine a manifattura sottrattiva o additiva (Fig.5).

Alcuni test di replica di piccole porzioni dello strumento musicale sono stati condotti con l'utilizzo della stampante 3D "autoreplicante" REPRAP Prusa Mendel, prototipo low-cost basato su progetto open-access REPRAP [2], in grado di produrre oggetti in FDM (Fused Deposition Modelling), estrudendo un polimero biodegradabile atossico come il polilattato (PLA). La sperimentazione si prefigge lo scopo di valutare se e come è possibile inserire queste nuove tecnologie in un ambiente artigianale tanto tradizionalista quanto moderno [3].

#### LA CARATTERIZZAZIONE DEI TRATTAMENTI DEL LEGNO E DELLE VERNICI "SEGRETE"

Una delle fasi di costruzione dello strumento musicale durante la quale il liutaio moderno ricorre maggiormente alla sperimentazione nell'uso dei materiali è probabilmente il processo di finitura. Questo procedimento, successivo alla costruzione dello strumento, include il trattamento preliminare del legno e la successiva verniciatura ed eventuale

lucidatura. La rincorsa alla sperimentazione dei materiali, condotta nel corso dei decenni anche sulla base delle centinaia di ricette contenute nei trattati storici [4], è stata ed è tuttora motivata dalla convinzione, sia della comunità liutaria che di quella scientifica, che gran parte delle peculiarità acustiche e timbriche siano imputabili proprio alle caratteristiche di questo sottilissimo "guscio" (inferiore a 100µm), che protegge lo strumento dall'usura e dall'alterazione.

In collaborazione con il Laboratorio di Acustica del Politecnico di Milano tale correlazione è attualmente in corso di studio. Essendo il processo di finitura realizzabile in molti modi diversi (ad esempio preparazione del legno con materiali organici e/o inorganici, verniciatura ad alcol o a olio con miscele più o meno complesse di resine naturali, lucidatura con polish superficiali naturali o sintetici, ecc.), si è rivelato necessario affrontare la caratterizzazione di tutti i materiali organici e inorganici che entrano in gioco. In accordo con il curatore del Museo del Violino e a seguito di un'attenta valutazione della distribuzione dei colori di fluorescenza raccolti con la tecnica fotografica, sono state evidenziate sugli strumenti storici della collezione le superfici alterate e/o restaurate da quelle che potremmo definire "meglio conservate". Questa valutazione preliminare costituisce il punto di partenza per la selezione delle aree di interesse da investigare con le tecniche analitiche portatili a disposizione presso il laboratorio. Lo strumento musicale è adagiato su un sottile supporto in plexiglass protetto da una guaina siliconica per non rendere scivolosa la superficie di contatto, alla cui base è presente un materasso di gommapiuma rivestito in tessuto. La tecnica di Fluorescenza Portatile a Raggi X (PXRF) utilizza lo spettrometro portatile XGLab Elio con anodo in rodio (Fig.6). La testa mobile lavora a circa 1,5 cm di distanza dalla superficie di analisi, e grazie alla leggerezza del dispositivo, è possibile raggiungere rapidamente e facilmente qualsiasi area dello strumento musicale, lavorando in condizioni di totale sicurezza. L'applicazione di PXRF su uno strumento musicale porta alla luce una serie di problematiche derivanti dall'eterogeneità materica della matrice analizzata, composta in larga parte da sostanze organiche non rivelabili con questa tecnica. Preparazioni di legno e vernici sono infatti composti principalmente da oli, resine, proteine ecc. in cui possono essere dispersi pigmenti organici come le lacche; oltre a questi, possono essere presenti piccole quantità di materiali inorganici, discriminabili tramite fluorescenza a raggi X, come riempitivi (carbonati, solfati, silicati ecc.) per le preparazioni e pigmenti (ossidi di ferro, ossidi di manganese, ossidi e/o carbonati di piombo, solfuri di arsenico ecc.) per la colorazione delle vernici. La presenza di una grande quantità di materiale organico rende necessari tempi di misura lunghi, al fine di migliorare il rapporto segnale/rumore. La campagna analitica fino ad ora condotta con XRF su alcuni strumenti musicali della collezione storica del Museo del Violino sta svelando molte sorprese e aprirà certamente nuovi spazi di discussione tra ricercatori e liutai.

La caratterizzazione delle componenti organiche è condotta con la tecnica di spettroscopia infrarossa in totale riflessione, che utilizza lo spettrometro portatile FTIR Alpha-R (Bruker Optics Inc.) equipaggiato con sorgente Globar (intervallo spettrale: 7500-375 cm<sup>-1</sup>), interferometro RockSolid™ e detector DTGS. La testa è dotata di geometria ottica speculare e lavora a distanza di 1,5 cm, con alcune limitazioni nell'analisi delle aree dello strumento musicale per via dell'ingombro dimensionale (Fig.7). Anche in questo caso le problematiche sono molteplici: oltre alle caratteristiche intrinseche dei livelli di finitura, che possono essere compo-

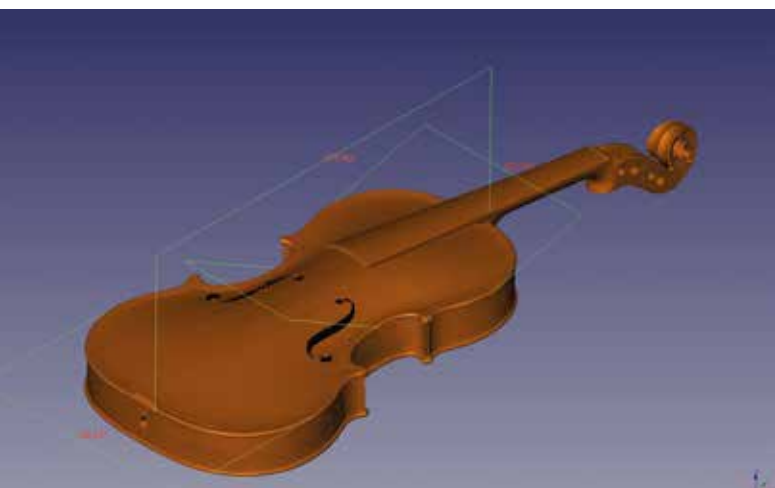


Fig. 4 - Violino "Hellier" (1679) di Antonio Stradivari, modello 3D e relative misurazioni.

sti da due o più sostanze organiche in miscela per le quali può essere molto complessa l'interpretazione spettrale, lo strumento soffre alcune condizioni legate alla morfologia della superficie in analisi. Essendo lo spettrometro progettato per lavorare in riflessione speculare, il dato acquisito può essere infatti interpretato in modo accurato solo se sono soddisfatte determinate condizioni di superficie che rendono tale riflessione predominante (planarità, riflettività, rugosità inferiore al range spettrale incidente). Quando tali condizioni non sono raggiunte, oltre alla componente riflessa specularmente viene acquisita la componente riflessa in modo diffuso; non essendo possibile separare i due tipi di informazioni in fase di trattamento del dato, lo spettro finale può essere molto complesso da interpretare. A questo proposito è stato avviato, ed è tuttora in corso, un progetto sperimentale finalizzato allo studio del comportamento dello spettrometro Alpha-R al variare di alcuni parametri sensibili e pensato specificatamente al caso degli strumenti musicali. Alcuni risultati sono già stati validati e pubblicati sulla rivista *Microchemical Journal* [5].

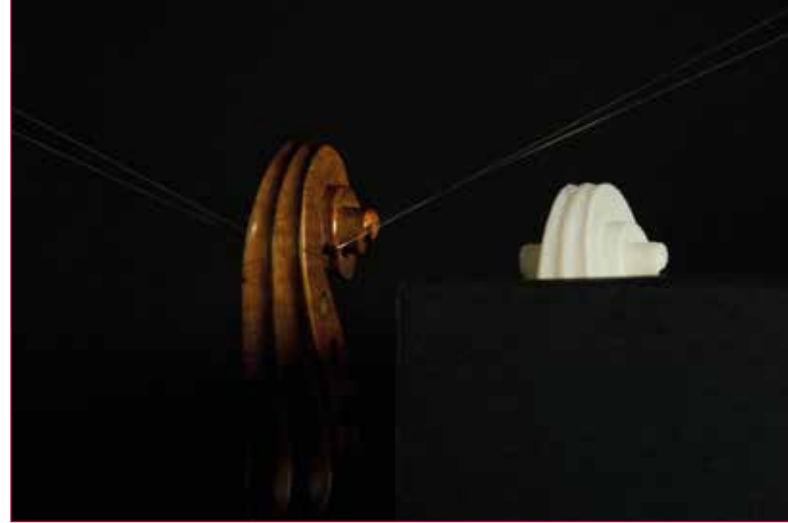


Fig. 5 - Porzione di riccio di violino, foto in luce visibile (a sinistra) e test di stampa 3D (a destra).

### PROSPETTIVE E RICADUTA SUL TERRITORIO DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA

La possibilità di svolgere attività di ricerca nel campo degli strumenti musicali, grazie al rapporto diretto con il Museo del Violino, consente uno sviluppo scientifico importante, volto a valorizzare l'artigianato artistico italiano. I risultati ad oggi raggiunti rappresentano una significativa base di conoscenza per studi più approfonditi, sia per la definizione di metodi analitici sempre più performanti, che per la creazione di un vasto database di informazioni che potrebbe essere condiviso con un pubblico più o meno esperto per una fruizione più completa del bene culturale. L'approccio di tipo conservativo richiesto nelle fasi diagnostiche riflette la volontà di preservare nel tempo il bene culturale, con la consapevolezza che queste tipologie di manufatti vengono spesso ancora oggi suonati, con un impatto non secondario sui materiali e supporti [6]. La documentazione scientifica di uno stato di fatto può considerarsi il primo passo verso la pianificazione di una conservazione e manutenzione programmata necessarie per valutare le modifiche subite nel tempo dagli strumenti musicali.



Fig. 6 - Lo spettrometro portatile PXRF Elio presso il Laboratorio Arvedi di Diagnostica non Invasiva.



Fig. 7 - Lo spettrometro portatile FTIR Alpha-R presso il Laboratorio Arvedi di Diagnostica non Invasiva.

OXFORD  
INSTRUMENTS

**T** Technologies  
for Quality S.r.l.

www.TQsrl.com

**Oxford X-MET8000**



**Il nuovo  
Spettrometro  
ED XRF portatile**



**Nuovo rivelatore RX  
SDD large Area  
Tubo RX 50 kV Tgt Rh, 4 W**

**Elaborazione Spettri su  
monitor integrato o su PC  
Collegamento via cavo  
USB o WiFi  
Fotocamera integrata**

**Operatività batterie  
fino a 10 ore  
Impermeabile antispruzzo  
antipolvere**

**Pre-calibrato con  
metodi Alloy e Minerals  
Software di calibrazione  
ed elaborazione spettri  
integrato**



**TQ Technologies for Quality S.r.l**

Via Marsilio da Padova, 2 R 16146 Genova (GE)

Tel: 010 4070991 - Fax: 010 42091199

e-mail: info@tqsrl.com web: www.tqsrl.com

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] Hexagon Metrology, [http://www.hexagonmetrology.it/ROMER-Absolute-Arm-con-scanner-integrato\\_1005.htm#.ViSwg37hDuo](http://www.hexagonmetrology.it/ROMER-Absolute-Arm-con-scanner-integrato_1005.htm#.ViSwg37hDuo)
- [2] REPRAP low cost open-access desktop 3d printer, <http://reprap.org/wiki/RepRap>
- [3] Rovetta T., Invernizzi C., Licchelli M., Zilioli M., Cacciatori F. and Malagodi M. (2014) 3D printer technology and violin making tradition: an outlook on potential applications and open questions, WAAC - Western Association for Art Conservation 36, 2.
- [4] Database di ricette di vernici conservate nei trattati storici, <http://194.250.19.152/VERNIX/infodoc/>
- [5] Invernizzi C., Daveri A., Rovetta T., Vagnini M., Licchelli M., Cacciatori F. and Malagodi M. (2016) A multi-analytical non-invasive approach to violin materials: The case of Antonio Stradivari "Hellier" (1679), *Microchemical Journal* 124, 743-750, <http://dx.doi.org/10.1016/j.microc.2015.10.016>
- [6] Fioravanti M., Goli G. and Carlson B. (2013) Viscoelastic and mechano-sorptive studies applied to the conservation of historical violins: A case study of the Guarneri "del Gesù" violin (1743) known as the "Cannone", *Journal of Cultural Heritage* 14, 4, 297-303, <http://dx.doi.org/10.1016/j.culher.2012.08.004>

#### RINGRAZIAMENTI

Ringraziamo per la collaborazione la "Fondazione Museo del Violino Antonio Stradivari", in associazione con "Friends of Stradivari" e il "Distretto Culturale di Cremona". Un ringraziamento particolare va al Maestro Fausto Cacciatori, curatore del Museo del Violino. Le attività sono state supportate economicamente da "Fondazione Cariplo" (progetto di ricerca "Opificio del Suono"), Regione Lombardia (progetto "VIVA MUSICA") e Fondazione Arvedi-Buschini di Cremona.

#### ABSTRACT

During the last decades many researchers have tried to understand what has most influenced the extraordinary sound and beauty of the masterpieces made by the ancient violin makers, and this still represents a challenge for the coming future. Due to the fact that historical written documents about the making process are scarce, the current knowledge is mainly based on the rediscovery of the ancient know-how through scientific analyses performed on the materials. This article focuses on the research activities and the methods developed in the Arvedi Laboratory of Non-Invasive Diagnostic of the University of Pavia. The lab, hosted in the prestigious Museo del Violino in Cremona, has the privilege to get in contact with some of the most important musical instruments of the violin making history. Many admirable works of famous violin makers such as Stradivari, Amati and Guarneri are analyzed through many different non-invasive and non-destructive techniques. The research team uses standardized methods according to an analytical protocol specially developed for this purpose. These activities aim to enrich a basic knowledge focused on Antonio Stradivari and his contemporaries violins' materials and bring us closer to the enigma surrounding the beauty and the sound of their masterpieces

#### PAROLE CHIAVE

VIOLINO; STRADIVARI; MUSEO DEL VIOLINO; XRF; FTIR

#### AUTORE

TOMMASO ROVETTA  
TOMMASO.ROVETTA@UNIPV.IT  
ALESSANDRA CHIAPPARINI  
PIERCARLO DONDI  
GIUSJ VALENTINA FICHERA  
CLAUDIA INVERNIZZI

LABORATORIO ARVEDI DI ANALISI DIAGNOSTICHE NON INVASIVE  
UNIVERSITÀ DI PAVIA, MUSEO DEL VIOLINO, VIA BELL'ASPA 3 26100 CREMONA

MAURIZIO LICCHELLI  
DIPARTIMENTO DI CHIMICA UNIVERSITÀ DI PAVIA, VIA TARAMELLI 12 27100 PAVIA

MARCO MALAGODI  
DIPARTIMENTO DI MUSICOLOGIA E BENI CULTURALI, UNIVERSITÀ DI PAVIA,  
CORSO GARIBALDI 178  
26100, CREMONA



# LuBeC 2016

XII edizione | 13-14 Ottobre 2016 | Lucca | Real Collegio

## 2016, QUALCOSA È CAMBIATO: LA CULTURA È BENESSERE E CRESCITA

Due giorni di **workshop**, incontri, laboratori formativi per parlare di **innovazione**, **valorizzazione del patrimonio pubblico**, **politiche territoriali**, **welfare culturale**, **non profit**, **imprese creative**, **rigenerazione urbana**.

Una grande **rassegna espositiva - LuBeC Digital Technology** - sui prodotti e i servizi **turistico - culturali** per il **fruitore contemporaneo**.

**CREATHON®**, il primo **hackathon** della cultura, una 24 ore non stop tra **fabbricatori digitali** che si sfidano per creare prodotti e servizi per l'utente contemporaneo.

*iscriviti!*

[www.lubec.it](http://www.lubec.it)



LuBeC è un evento di



Con il sostegno di



Partner



LuBeC presenta



Con il sostegno di

