

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizerische numismatische Rundschau = Revue suisse de numismatique = Rivista svizzera di numismatica
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerische Numismatische Gesellschaft
<b>Band:</b>	98 (2020)
<b>Artikel:</b>	Da moneta a pendente (e viceversa?) : studio metrico e metallografico di scudi pontifici montati a pendaglio
<b>Autor:</b>	Faresin, Emanuela / Canovaro, Caterina / Asolati, Michele
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-919546">https://doi.org/10.5169/seals-919546</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 15.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

---

EMANUELA FARESIN, CATERINA CANOVARO,  
MICHELE ASOLATI, GIUSEPPE SALEMİ, IRENE CALLIARI

DA MONETA A PENDENTE (E VICEVERSA?).  
STUDIO METRICO E METALLOGRAFICO DI SCUDI  
PONTIFICI MONTATI A PENDAGLIO

*Introduzione*

La trasformazione di una moneta in un oggetto diverso, adatto all'esibizione, spesso riconoscibile per la presenza di uno o più fori passanti o per l'aggiunta di un appiccagnolo o di montature più elaborate, è un evento piuttosto frequente sia nel mondo antico<sup>1</sup>, sia nelle fasi post-antiche; gli scopi per cui queste modifiche sono state apportate potevano essere vari e differenti e, peraltro, non incompatibili tra loro. Di tutta evidenza è la funzione di ornamento personale<sup>2</sup>, spesso associabile

<sup>1</sup> C. PERASSI, Il pendente aureo con moneta di Salonino dagli scavi dell'Università Cattolica di Milano, in: Ricerche archeologiche nei cortili dell'Università Cattolica di Milano. Dall'antichità al Medioevo. Aspetti insediativi e manufatti. Atti delle giornate di studio, Milano, gennaio 2001 (Milano, 2003), pp. 15–30; C. PERASSI, Nomismata pro gemmis: pendenti monetali di età romana fra Oriente e Occidente, in: L'Africa Romana. Atti del XV Convegno Internazionale di studi. Ai confini dell'Impero: contatti, scambi, conflitti, Tozeur, 11–15 dicembre 2002 (Roma, 2004), II, pp. 897–934; C. PERASSI, Gioielli monetali antichi e moderni. La documentazione dei cataloghi d'asta (con Appendice a cura di F. Fanelli e M. Piziali), RIN 108, 2007, pp. 237–294; C. PERASSI, Monete romane forate. Qualche riflessione su «*un grand thème européen*» (J.-P. Callu), Aevum 85/2, 2011a, pp. 257–315; C. PERASSI, Anelli e monete. Cronologia, tipologie, fruitori, in: N. HOLMES (a cura di), Proceedings of the XIV<sup>th</sup> International Numismatic Congress, Glasgow 2009 (Glasgow, 2011b), II, pp. 1323–1330; C. PERASSI, Le cavigliere di Heliodora. Fonti scritte per lo studio della gioielleria monetale romana, RIN 115, 2014, pp. 139–172; C. PERASSI, Gioielli monetali romani dai cataloghi d'asta. Un aggiornamento: 2006–2016, RIN 118, 2017, pp. 227–258; M. ASOLATI, I pendenti monetali del tesoro di Sidi bu Zeid: nuovi spunti cronologici sull'impiego dell'*opus interrasile*, in: I. BALDINI – A.L. MORELLI (a cura di), Tempo e preziosi. Tecniche di datazione per l'oreficeria tardoantica e medievale. Ornamenta 6 (Bologna, 2017), pp. 7–29.

<sup>2</sup> Tanto frequente per esempio nel mondo longobardo. Un elenco molto dettagliato con una ricchissima casistica è segnalato in E.A. ARSLAN, I documenti monetari e paramonetari, in: I. AHUMADA SILVA (a cura di), La Collina di San Mauro a Cividale del Friuli. Dalla necropoli longobarda alla chiesetta bassomedievale. Archeologia a Cividale. Studi e ricerche 1 (Firenze, 2010), pp. 175–201, alle pp. 180–183; questi stessi dati sono ripresi con alcune aggiunte in E.A. ARSLAN, La collana monetale della Tomba 5 della necropoli altomedievale di Offanengo (CR) e la moneta in tomba in età longobarda, in: E. POSSENTI, Necropoli longobarde in Italia. Indirizzi della ricerca e nuovi dati. Atti del Convegno internazionale, 26–28 settembre 2011, Castello del Buonconsiglio, Trento (Trento, 2014), pp. 338–350, part. pp. 343–344. L'impiego delle

alla manifestazione dello status sociale; a questa se ne possono accostare altre, solitamente connaturate con il carattere magico/talismanico attribuito alla moneta nella cultura mediterranea antica<sup>3</sup> e post-antica, in relazione alla forma, alla natura metallica, alla caratterizzazione tipologica; funzioni apotropaiche, profilattiche vanno dunque tenute in considerazione, senza trascurare tuttavia una delle peculiarità più evidenti della moneta, data dalla condizione di essere emessa da una autorità statuale in circostanze temporali riconoscibili in base a vari aspetti: in questo modo è in grado di «segnare il tempo»<sup>4</sup>, ossia di fissare momenti e situazioni di particolare interesse, non soltanto in senso cronologico, ma anche in termini ideologici, politici, religiosi, ecc.<sup>5</sup>.

Entro tale contesto generale, va ricordato come nel panorama delle emissioni argentine europee di grosso modulo sei- e settecentesche si distingua una serie di scudi e mezzi scudi dello Stato Pontificio per l'elevatissimo livello qualitativo e, talvolta, anche per l'ampia scelta di soggetti raffiguranti particolari avvenimenti religiosi o complessi monumentali di Roma e delle aree vicine. Probabilmente questa ricchezza e varietà sotto il profilo iconografico fu conseguenza del fatto che, in questo particolare caso, la moneta non era un semplice strumento di scambio ma anche un prodotto piacevole e con esplicativi riferimenti all'attualità, tanto da poter essere appetibile per le centinaia di migliaia di pellegrini che ogni anno si

monete, solitamente più antiche, nella creazione di monili potrebbe comunque non avere implicato una loro completa demonetizzazione, come generalmente si ritiene, ma, anche nel caso del bronzo, potrebbe aver rappresentato una forma particolare di tesaurizzazione: A. SACCOCCHI, Monete romane in contesti archeologici medioevali in Italia, NAC 26, 1997, pp. 385–405, pp. 396–397; M. ASOLATI, Praestantia nummorum. Temi e note di numismatica tardo antica e alto medievale. Numismatica Patavina 11 (Padova, 2012), pp. 181–183.

<sup>3</sup> Cf. per esempio R. PERA, La moneta antica come talismano, in: *Moneta e non moneta*. Atti del Convegno Internazionale Milano, maggio 1992, RIN 95, 1993, pp. 347–359; C. PERASSI, Monete talismano e monete amuleto. Fonti scritte, indizi e realia per l'età romana, NAC 40, 2011c, pp. 223–274.

<sup>4</sup> Si veda a tal proposito G. GORINI, La documentazione numismatica, in: F. WIEL MARIN – F.G.B. TROLESE (a cura di), San Luca Evangelista testimone della fede che unisce. Atti del Congresso Internazionale, Padova, ottobre 2000, II, I risultati scientifici sulla ricognizione delle reliquie attribuite a san Luca (Padova, 2003), pp. 577–596 in relazione alle monete emerse nel corso della ricognizione delle spoglie attribuita a San Luca a Padova. Va segnalato come, se la funzione di «memoria del tempo» risulta assai probabile a partire dal tardo Medioevo/età moderna, tale eventualità appaia più remota in relazione al pieno Medioevo con particolare riguardo alla documentazione numismatica presente nelle tombe dei santi: a tal proposito si veda A. SACCOCCHI, Nella tomba senza nome «...accanto a quella di Arch Stanton». Monete da contesti sacri e funerari di epoca medievale (secc. VIII–XV), in: G. PARDINI – N. PARISE – F. MARANI (a cura di), *Numismatica e archeologia. Monete, stratigrafie e contesti. Dati a confronto*. Workshop Internazionale di Numismatica (Roma, 2017), pp. 351–368 e A. SACCOCCHI – R. TOMASSONI, Monete rinvenute nell'urna di San Ciriaco nella Cattedrale di Ancona (XI–XII sec.), RIN 118, 2017, pp. 117–146, alle pp. 125–136, entrambi con bibliografia precedente.

<sup>5</sup> In tal senso la moneta viene ad assumere artatamente e parzialmente la medesima funzione della medaglia, nata nel corso del Quattrocento: A. Savio, *Monete romane* (Roma, 2001), p. 278.

recavano nel centro della Cristianità. In altre parole, da un lato rappresentavano dei souvenir tutto sommato facilmente accessibili, mentre, dall'altro, proprio per questo motivo, garantivano ottime entrate alla zecca di Roma che le produceva<sup>6</sup>. Proprio questa particolare caratterizzazione potrebbe averne comportato una rilavorazione come detto sopra, in modo da manifestare esplicitamente, attraverso l'esibizione, l'allusione a particolari circostanze con valenza ideologica e/o religiosa. Va peraltro evidenziato come la trasformazione di queste monete spesso (se non sempre) è realizzata in modo tale da non compromettere la moneta stessa, e da permetterne, eventualmente, la restituzione alla funzione originaria.

### *1. Materiali*

Le monete trasformate in pendenti, oggetto di studio, appartengono a una più ampia collezione privata composta da oggetti simili a queste e da medaglie, risalenti a un periodo compreso tra il XVII ed il XIX secolo. Tra le monete rilavorate numerose sono fuse assieme a un semplice anello di sospensione, che forma l'appiccagnolo, mentre alcune presentano montature più complesse e tecnicamente elaborate, senza dubbio realizzate per accrescerne la qualità estetica e dunque anche il valore simbolico. Molte di queste sono state sottoposte ad analisi metallografiche nell'intento di verificare quali tecniche siano state impiegate nella realizzazione dei pendenti, con il fine di comprendere se vi siano degli elementi costanti che permettano di identificare particolari manifatture<sup>7</sup>. Gli esemplari selezionati per questo specifico studio appartengono alla categoria con montatura complessa, sui quali, oltre che con le indagini chimico-fisiche, si è proceduto anche con la caratterizzazione tridimensionale proprio per poter valutare attraverso modelli 3D ad altissima risoluzione l'impatto della montatura sulla moneta e dunque anche gli aspetti realizzativi. Nello specifico si propongono i risultati ottenuti sui due esemplari descritti di seguito.

#### CAMPIONE 456 (*Fig. 1*)

Stato Pontificio

Clemente XI Papa (1700–1721), piastra, 1721, zecca di Roma

D/ CLEMENS \* \* XI \* P \* M \* A \* XV; busto di Clemente XI a destra, con camauro e stola con croce; sotto, in lettere minute, •E•H•.

R/ Stemma Albani, sagomato, in cornice, sormontato da tiara e da chiavi decussate, da cui pendono cordoni.

MUNTONI 1972–1974, III, p. 83, n. 49.

<sup>6</sup> A. SACCOCCHI, Nolite thesaurizzare: messaggi religiosi, politici e...«economici» nelle monete italiane di età moderna (secc. XVII–XVIII), in: Se non v'è denar, l'Arcadia...è presto terminata. Simbolismo nelle monete e nelle medaglie tra Controriforma e Secolo dei Lumi (Milano-Trento, 1997), pp. 41–63, alle pp. 47–48.

<sup>7</sup> BREDA *et al.* 2012, pp. 1350–1355; CANOVARO *et al.* 2012.

Le lettere E H sono le iniziali dell'incisore Ermenegildo Hamerani (1683–1756), uno dei più importanti rappresentanti della famiglia Hamerani, il cui capostipite fu Johann Hameran Hermannskircher (1585–1644 ca), un orefice di Monaco emigrato a Roma nel 1604. Per oltre un secolo gli Hamerani lavorarono a Roma, nella bottega di via dei Coronari, tramandando di padre in figlio l'arte dell'incisione<sup>8</sup>. Ermenegildo aveva avuto importanti esperienze artistiche giovanili ed eccelse specialmente nella fattura delle monete di Clemente XI Albani, soprattutto delle piastre d'argento; ma anche la produzione medagliistica papale del primo trentennio del XVIII secolo fu quasi tutta di sua mano.



Fig. 1 Campione 456.

<sup>8</sup> Sull'attività degli Hamerani come incisori papali si vedano da ultimo V. SAPIENZA, s.v. Hamerani, in: Dizionario Biografico degli Italiani, 61 (Roma, 2003), pp. 643–648 e L. SIMONATO, Hamerani «non pontifici»: dagli esordi seicenteschi alle medaglie Stuart, in: D. GASPAROTTO (a cura di), La Roma antica e moderna del cardinale Giulio Alberoni, Catalogo della mostra (Piacenza, 2008), pp. 62–71, entrambi con bibliografia precedente.

CAMPIONE 458 (*Fig. 2*)

Stato pontificio

Sede vacante (1774–1775), mezzo scudo romano, 1774, zecca di Roma

D/ SEDE • VACAN TE • MDCCXXIV; stemma Rezzonico a targa sagomata, sormontato da padiglione e chiavi decussate.

R/ VENI \* LVMEN \* CORDIVM \*; colomba radiante entro cerchio di fiammelle sopra altro semicerchio di fiammelle; sotto, MEZZO • SCV •.

Il bordo è a fogliette, caratteristica riconducibile al processo di cordonatura<sup>9</sup>.

MUNTONI 1972–1974, IV, p. 17, n. 2.

La moneta è coniata durante la reggenza del Cardinale Carlo Rezzonico (Venezia 1724–Roma 1799), che assunse il ruolo di Camerlengo della Santa Romana Chiesa durante la Sede Vacante del 1774–1775, tra la morte di Clemente XIV e l’insediamento di Pio VI.



*Fig. 2* Campione 458.

<sup>9</sup> A. FINETTI, Numismatica e tecnologia. Studi NIS Archeologia 6 (Roma, 1987). Il tondello veniva posto tra due sbarre d'acciaio, una fissa e l'altra scorrevole, per imprimere un disegno o la legenda.

## 2. Metodi

### 2.1 Studio metallografico

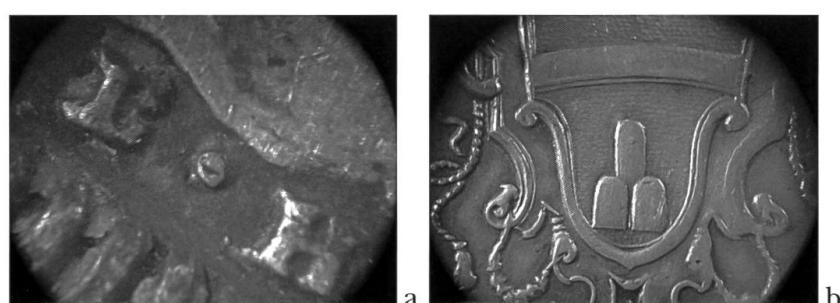
#### 2.1.1 Strumentazione

Il protocollo di indagine si suddivide in due diverse fasi. Il primo approccio prevede l'osservazione dei campioni tramite stereomicroscopio (Heerbrugg Wild con fotocamera digitale Nikon 3,34 mega pixel Coolpix 990), con l'intento di riuscire ad individuare sulla superficie metallica dei dettagli che, ad occhio nudo, sarebbero di difficile osservazione. Nella seconda fase, sulla base di quanto osservato, si procede ad un'analisi più approfondita mediante l'utilizzo del microscopio elettronico a scansione (SEM), in quanto, tramite questo strumento, è possibile ottenere sia informazioni riguardo la composizione elementare, sia osservare le caratteristiche microstrutturali del materiale metallico. Il microscopio elettronico a scansione utilizzato è un Leica Cambridge Stereoscan 440, corredata di spettrometro a dispersione di energia EDS (EDAX Philips). Nel caso specifico, le analisi EDS sono state effettuate con un valore di tensione pari a 25 kV e a distanza di lavoro di 22 mm. Gli spettri ottenuti presentano in ascissa l'energia dei fotoni emessi da ciascuno elemento (legata al numero atomico dell'elemento) e in ordinata l'intensità. L'identificazione degli elementi presenti nel campione è immediata, mentre per l'analisi quantitativa si utilizzano rette di calibrazione che consentono di ottenere le concentrazioni percentuali in peso degli elementi che costituiscono il campione. Le informazioni che si ottengono con l'analisi EDS sono relative alla superficie del campione, fino ad una profondità, nel caso dei metalli, di qualche micron.

#### 2.1.2 Risultati

Le osservazioni in stereomicroscopia del campione 456 sono concentrate su (*Fig. 3*):

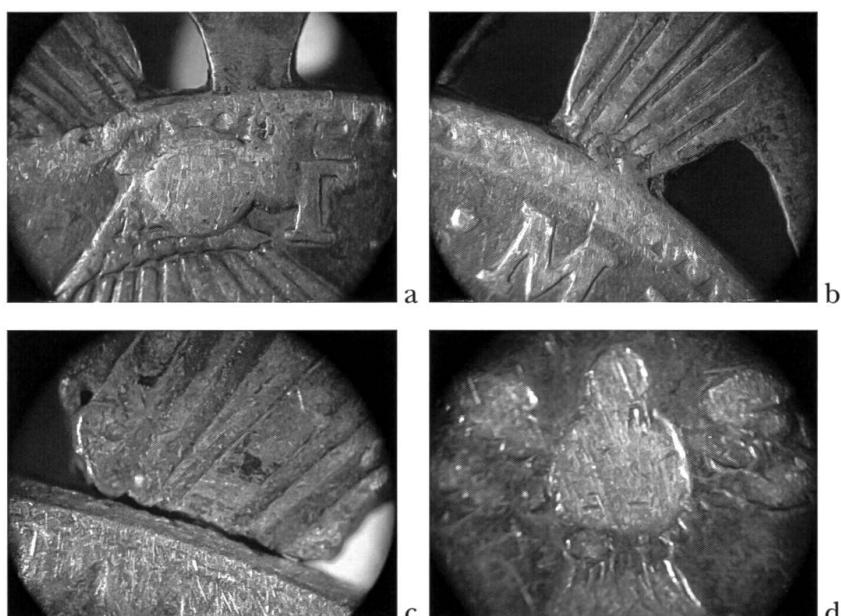
- le iniziali dell'incisore E. H. (Ermenegildo Hamerani) sul dritto;
- i segni di lavorazione dello stemma.



*Fig. 3* Campione 456. Immagini allo stereo microscopio delle iniziali E ed H dell'incisore Ermenegildo Hamerani (a) e dello stemma (b).

Nel campione 458, invece, è stato possibile osservare nel dettaglio (*Fig. 4*):

- il foro passante collocato grosso modo a h 12, quasi certamente utilizzato per adattare la moneta a pendente e riempito al momento dell'assemblaggio della montatura;
- la brasatura che unisce montatura e moneta;
- la zona in cui montatura e moneta non sono ben saldati;
- la colomba entro cerchio di fiammelle dove è possibile notare dei graffi probabilmente da usura.



*Fig. 4* Campione 458. Immagini allo stereo microscopio del foro riempito (a), della lega di brasatura che unisce montatura e moneta (b), della parte in cui la montatura non è ben saldata alla moneta (c), della colomba con i graffi da usura (d).

Successivamente, è stata effettuata microabrasione delle zone su cui eseguire le analisi SEM-EDS: sui punti di interesse è stato utilizzato un trapano Minidremel che, utilizzando una punta scanalata, asporta materiale e con esso la patina scura di solfuro di argento, per portare in superficie la lega non affetta da patine di alterazione. Le aree rilevanti per l'indagine metallografica sono: la lega che le compone sia tal quale sia abrasa (questa zona è stata scelta su una parte piana per facilitare la rimozione del materiale superficiale); la lega di brasatura, situata tra montatura e moneta; montatura (anche questa area è stata scelta in parti non decorate).

Nelle immagini seguenti (*Fig. 5–6*) sono riportate le mappe con i punti di campionamento.



Fig. 5 Campione 456. Localizzazione dei punti di campionamento: 1. montatura abrasa; 2. brasatura; 3. pasta moneta abrasa; 4. pasta moneta tal quale.



Fig. 6 Campione 458. Localizzazione dei punti di campionamento: 1. appiccagnolo abraso; 2. brasatura di collegamento tra appiccagnolo e montatura; 3. montatura abrasa; 4. montatura tal quale, cioè non abrasa; 5. brasatura tra montatura e moneta; 6. foro riempito; 7. pasta moneta abrasa; 8. pasta moneta tal quale.

Di seguito sono riportati i risultati delle analisi SEM-EDS eseguiti sui campioni oggetto dello studio.

Campione 456

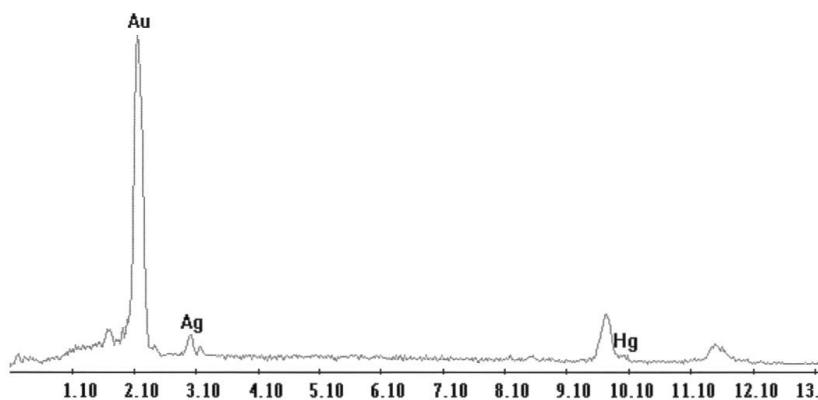


Fig. 7 Spettro relativo alla lega abrasa, punto 3 nella campionatura.

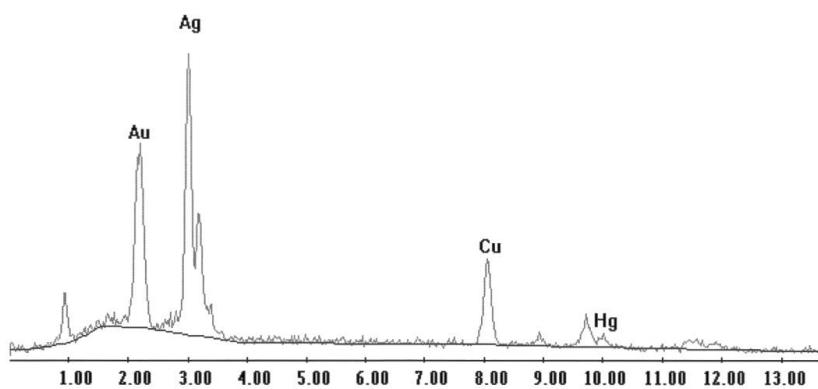


Fig. 8 Spettro relativo all'appiccagnolo abraso, punto 1 nella campionatura.

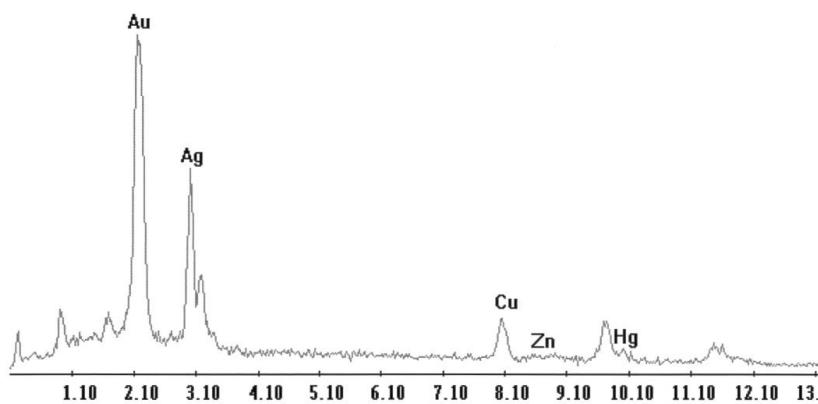


Fig. 9 Spettro relativo alla brasatura punto 2 nella campionatura.

Gli spettri confermano che la moneta (*Fig. 7*) e l'appiccagnolo (*Fig. 8*) sono stati prodotti con leghe a base di Ag-Cu e che per la giunzione della montatura alla moneta è stata effettuata una brasatura con una lega Ag-Cu-Zn (*Fig. 9*).

L'argento non viene mai utilizzato puro a causa della sua elevata duttilità e scarsa resistenza; l'aggiunta di rame lo rende più resistente, grazie al meccanismo di rafforzamento per alligazione<sup>10</sup>.

La brasatura è una tipologia di saldatura usata per unire pezzi metallici, anche di materiali diversi tra loro, con l'ausilio di un metallo d'apporto senza che vi sia la fusione dei pezzi da assemblare. Il metallo d'apporto deve avere un intervallo di fusione più basso rispetto a quello della lega dei pezzi da unire<sup>11</sup>.

Nel caso di manufatti con alto tenore di Ag si utilizzano leghe ternarie Ag-Cu-Zn, con intervalli di fusione di 700–780°C, idonee per leghe Ag-Cu con intervalli di fusione intorno ai 900°C.

I picchi dell'oro (Au) e del mercurio (Hg) presenti, pur con intensità diverse in tutti gli spettri, confermano che dopo la trasformazione della moneta in pendente è stata effettuata una doratura con il metodo dell'amalgama, probabilmente con diverse passate, allo scopo di simulare al meglio l'oro massiccio<sup>12</sup>.

I raggi X emessi dagli elementi che costituiscono moneta, montatura, appiccagnolo e brasatura sono parzialmente o totalmente assorbiti dallo strato di doratura (di spessore non uniforme e non determinabile) e questo quindi non consente di determinare la composizione delle varie zone. Questa condizione chiaramente limita in maniera sostanziale la possibilità d'indagine sulla moneta pontificia, sulla cui lega se non altro si riesce ad avere risposte compatibili, pur se non perfettamente allineate, con quanto noto in letteratura circa gli scudi pontifici del periodo di emissione<sup>13</sup>.

#### *Campione 458*

Le analisi relative alla lega della moneta nel punto abrasso (*Fig. 10*) e in quello non abrasso confermano che, analogamente a quanto ipotizzato nel caso precedente, la moneta è costituita da una lega argento-rame.

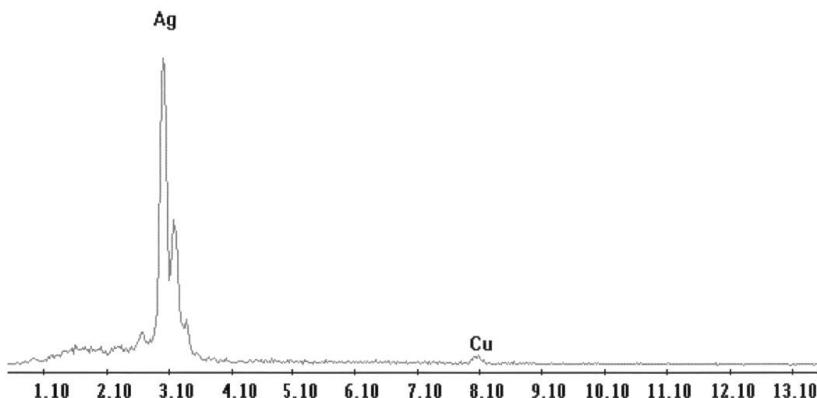
In questo caso il picco del Cu è visibile perché la moneta non è stata dorata, come nel caso precedente.

<sup>10</sup> BREDA *et al.* 2012.

<sup>11</sup> Sugli aspetti tecnici di questo procedimento cfr. M.M. SCHWARTZ, *Brazing*, 2<sup>nd</sup> Edition (Materials Park, OH, 2003); riguardo all'applicazione a manufatti «storici» si veda SCOTT 1991, p. 138.

<sup>12</sup> S. LA NIECE – P. CRADDOCK, Metal plating and patination: cultural, technical and historical developments (Oxford, 2013).

<sup>13</sup> Cf. per esempio G. CUHAJ *et al.* (a cura di), *Standard Catalogue of World Coins 1701–1800*, 6<sup>th</sup> Edition (Iola, WI 2013), pp. 1011–1014, dove è riportato un tenore di fino di scudi e mezzi scudi papali pari a 917 millesimi nel corso del Settecento.

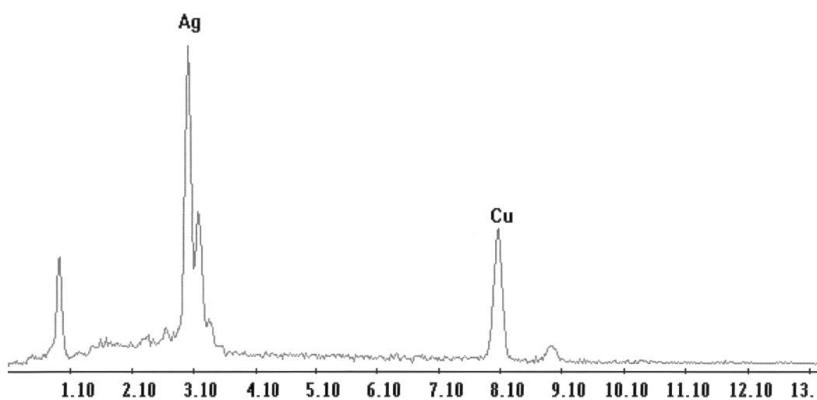


*Fig. 10 Spettro pasta abrasa, punto 7 nella campionatura.*

Le indagini condotte sul punto 3 della montatura (*Fig. 11*) e sul punto 1 dell'appiccagnolo confermano che entrambi i pezzi sono stati prodotti con una lega Ag-Cu.

Sullo spettro in *Fig. 12*, relativo al punto 2 della brasatura tra appiccagnolo e montatura, si nota il picco dello zinco, a conferma che la montatura ed appiccagnolo sono stati brasati con una lega ternaria Ag-Cu-Zn.

Si può quindi affermare che l'appiccagnolo sia stato lavorato a parte e aggiunto alla montatura nel processo di realizzazione del pendaglio: si può pensare che montatura e appiccagnolo, avendo una disposizione ortogonale l'una rispetto all'altro, siano stati ritagliati separatamente per essere saldati consecutivamente sulla moneta.



*Fig. 11 Spettro montatura abrasa, punto 3 nella campionatura.*

Anche nel punto 5, ovvero nella zona di giunzione tra montatura e moneta, l'analisi EDS evidenzia la presenza di Ag, Cu e Zn, a conferma che è stata effettuata una brasatura analoga a quella tra appiccagnolo e moneta.

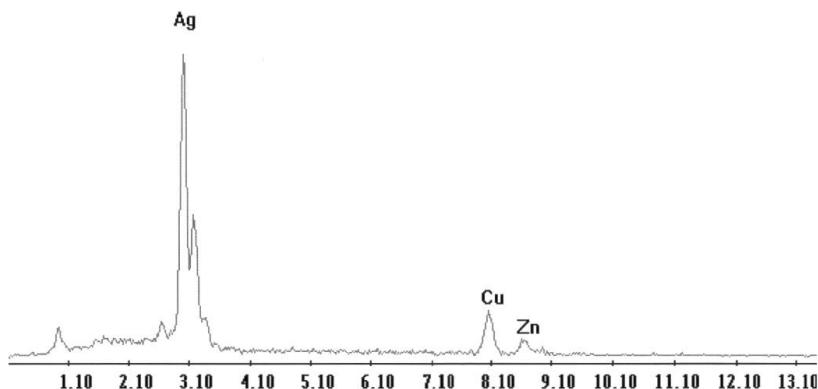


Fig. 12 Spettro brasatura tra montatura e appiccagnolo, punto 2 nella campionatura.

L'analisi relativa alla lega impiegata per riempire il foro (punto 6) evidenzia l'utilizzo di una lega Ag-Cu di composizione molto simile a quelle impiegate per la montatura e per l'appiccagnolo, a probabile conferma della contestuale lavorazione.

L'assenza di doratura superficiale del campione 458 ha consentito di stimare la composizione nei vari punti del pendente, riportati in Tabella 1.

I dati qui riportati confermano che per la moneta è stata utilizzata una lega Ag-Cu ad alto tenore di Ag, come da letteratura. L'abrasione nel punto 7 non è stata sufficientemente profonda per eliminare lo strato superficiale arricchito in Ag, tipico delle leghe ad alto Ag, e quindi non è stato possibile valutare l'incidenza dell'arricchimento superficiale rispetto alla qualità del *bulk*.

Da studi su monete rilavorate in modo analogo e dello stesso periodo<sup>14</sup> è noto il fenomeno dell'arricchimento superficiale di argento che prevede uno strato esterno, che si estende fino a 20–25  $\mu\text{m}$  di profondità, con elevati tenori di argento e da un *bulk* con struttura bifasica a grani con presenza di geminati, più o meno evidenti in relazione al contenuto di rame di ciascuna fase. L'arricchimento superficiale è confermato anche dal titolo di zecca relativo a quel periodo, pari al 91,7 % di argento<sup>15</sup>.

I dati ottenuti nei punti 1, 3, 4 e 6 confermano che per la montatura, l'appiccagnolo e il riempimento del foro è stata utilizzata una lega Ag-Cu, con un tenore di Cu più elevato rispetto a quello della moneta, ma con un colore non troppo diverso rispetto a quello della moneta di partenza. La lega nel punto 1 ha composizione molto vicina a quella della lega eutettica. Purtroppo, non è stato possibile prelevare un campione per l'analisi metallografica per poter determinare con precisione la composizione e le microstrutture che si è formata in seguito alla solidificazione dopo la brasatura.

Le giunzioni tra i diversi pezzi sono state infatti eseguite con una lega ternaria Ag-Cu-Zn, simile a quella impiegata per l'applicazione di un appiccagnolo a uno scudo papale del 1816, parte della stessa collezione cui appartengono i nostri due

<sup>14</sup> BREDA *et al.* 2012.

<sup>15</sup> CANOVARO *et al.* 2012.

pendenti e oggetto anch'esso di analisi microstrutturale<sup>16</sup>, nonché alle leghe usate attualmente nell'industria orafa.

	Ag	Cu	Zn
appiccagnolo abraso – punto 1	67,5	32,5	
brasatura – punto 2	75,7	17,1	7,2
montatura abrasa – punto 3	60,1	39,9	
montatura tal quale – punto 4	80,3	19,7	
brasatura – punto 5	83,5	9,6	6,9
foro riempito – punto 6	63,3	36,7	
pasta moneta abrasa – punto 7	96,6	3,4	
pasta moneta tal quale – punto 8	96,2	3,8	

*Tab. 1* Composizione in % peso della lega nei diversi punti della campionatura.

Riferendosi al diagramma ternario Ag-Cu-Zn, l'intervallo di fusione della lega di brasatura è stimato tra 750°C e 800°C (*Fig. 13*), molto al di sotto dei punti di fusione della moneta e della montatura desumibili dall'analisi condotta: la lega di brasatura, dunque, risulta particolarmente idonea a saldare i diversi pezzi evitando danni. Questi dati confermano che gli artigiani autori di questi interventi possedevano una buona conoscenza delle tecnologie metallurgiche, delle caratteristiche delle leghe e del loro processo di solidificazione<sup>17</sup>.

Le analisi a elettroni retrodiffusi permettono di osservare con maggiore livello di dettaglio il buco riempito (*Fig. 14*) e, stante la presenza di slabbrature, di comprendere che il foro è stato praticato dal rovescio della moneta; inoltre evidenziano la presenza di dendriti nel riempimento, le quali rivelano come questo sia stato realizzato per semplice solidificazione<sup>18</sup>, senza ulteriore deformazione plastica e con una notevole perizia tecnica.

<sup>16</sup> Cf. *supra*, nota 7.

<sup>17</sup> BREDA *et al.* 2012.

<sup>18</sup> SCOTT 1991.

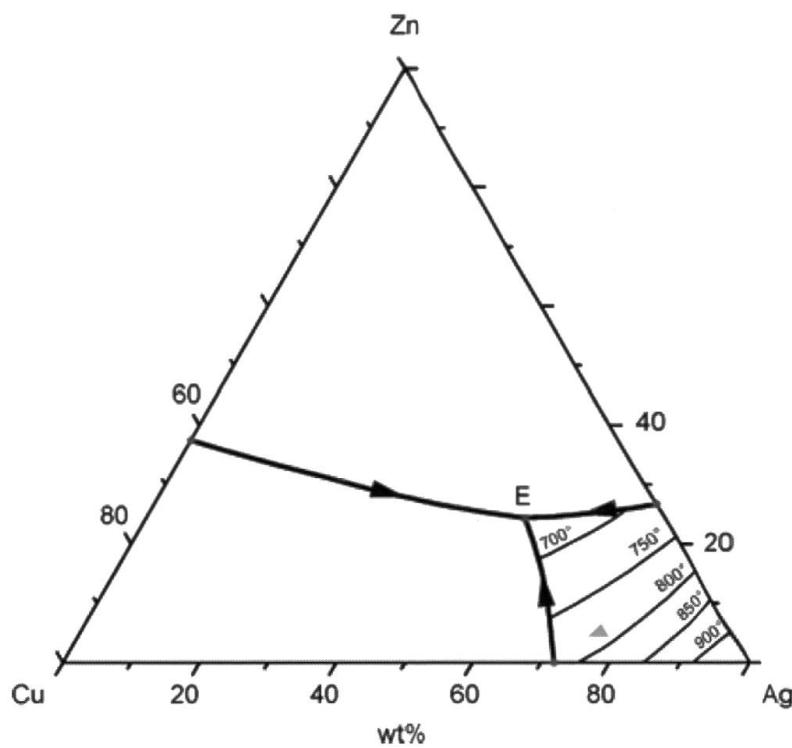


Fig. 13 Composizione della lega di brasatura se considerata «puramente ternaria» (BREDA *et al.* 2012).

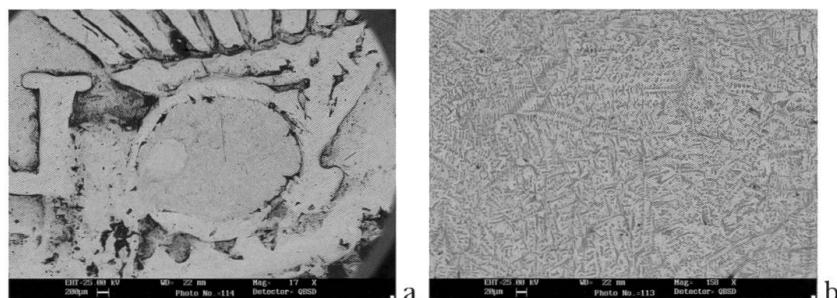


Fig. 14 Immagine al SEM-BSE del foro riempito (a) e delle dendriti presenti sulla superficie del riempimento del foro (b).

## 2.2 Rilievo tridimensionale

L'affermazione della rete come strumento privilegiato di produzione, accesso e condivisione del patrimonio culturale, ha introdotto nuove opportunità per i Beni Culturali, l'archeologia e, nello specifico, per la numismatica. L'introduzione del digitale ha, quindi, determinato profonde trasformazioni a livello tecnico e culturale, ma le *Digital Humanities* non si limitano alla cultura in digitale aggiornando il sapere tradizionale, non rappresentano solamente il «cosa» e il «come», ma ridefiniscono molte pratiche consolidate.

Questo percorso *multi* e *inter* disciplinare è in continua fase di crescita e ne costituiscono una prova tangibile le attività e le ricerche scientifiche che, da più parti, convergono nella richiesta di risorse tecnologiche. Rispetto al passato, il dibattito scientifico si indirizza non più solo sulle applicazioni, ma anche sui metodi e sulle scelte progettuali, documentando e attestando come l'archeologia non viva più l'informatica come una scelta pionieristica, tutto sommato lontana dalle esigenze primarie della ricerca, ma ne assimili i contenuti pianificandone le applicazioni. In quest'ottica, l'informatica diventa oltre che strumento divulgativo, anche didattico e guida per la comunicazione e fruizione del patrimonio culturale, contribuendo a ridefinirne talvolta gli spazi di applicazione<sup>19</sup>.

La digitalizzazione delle monete, nelle sue differenti accezioni, è uno strumento oramai irrinunciabile specie se veicolata attraverso la rete con evidenti implicazioni riguardo alle capacità informative e all'immediata fruizione dei dati. In questo contesto, il rilievo tridimensionale e le tecnologie collegate ad esso (come ad esempio la stampa 3D) rappresentano una nuova prospettiva per l'elaborazione, lo studio e la rappresentazione di oggetti minuti come le monete<sup>20</sup>. Il ruolo ponte dei modelli tridimensionali, tra lo spazio digitale e quello fisico, dischiude nuove possibilità di estensione del sapere, le quali sicuramente avranno un ruolo sempre più importante nei musei e negli ambiti accademici.

<sup>19</sup> M. SALVADORI *et al.*, L'inclusione e l'accessibilità nei Beni Culturali, in L. NOTA – M. MASCIA – T. PIEVANI (a cura di), *Diritti umani e inclusione* (Bologna 2019), pp. 201–225, part. pp. 207–215.

<sup>20</sup> S. ZAMBANINI *et al.*, Historical coins in 3D: Acquisition and numismatic applications, in: C. PERLINGIERI – D. PITZALIS (a cura di), *The 10<sup>th</sup> International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage (VAST)* (Goslar 2009), pp. 49–52; M. MUDGE *et al.*, Reflection transformation imaging and virtual representations of coins from the hospice of the Grand St. Bernard, in: M. MUDGE – N. RYAN – R. SCOPIGNO (a cura di), *The 6<sup>th</sup> International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage (VAST)* (Pisa 2005), pp. 29–40; M. ZAHARIEVA – M. KAMPEL – S. ZAMBANINI, Image Based Recognition of Ancient Coins, *Lecture Notes in Computer Science* 4673, 2007, pp. 547–554; R. HUBER-MÖRK *et al.*, Identificaion of ancient coins based on fusion of shape and local features, *Machine Vision and Applications* 22(6), 2011, pp. 983–994; M. ASOLATI – G. SALEMI, Caratterizzazione di nummi di V sec. d.C. tramite rilievo tridimensionale: uno strumento per la ricerca numismatica, *RIN* 112, 2011, pp. 199–210; M. ASOLATI *et al.*, Il medaglione di Adriano con il Ponte Elio tra restauro antiquario e recupero virtuale, *AIIN* 59, 2013, pp. 183–213; M. ASOLATI *et al.*, La «sciagurata maniera» di Filarete nella medaglia per Giulio Cesare: dai prototipi classici alla caratterizzazione tridimensionale, *NAC* 42, 2013, pp. 301–327; M. ASOLATI – C. CRISAFULLI, Dal gabinetto numismatico al «museo» virtuale, dal disegno alla nuvola di punti, *La collezione di medaglioni romani imperiali del Museo Correr di Venezia. Numismatica Patavina* 14 (Padova 2019), part. pp. 177–182; E. FARESIN *et al.*, Micrometer MultiResolution Laser Scanning of a Renaissance Medallion, in: M. IOANNIDES *et al.* (a cura di), *Progress in Cultural Heritage Preservation 4<sup>th</sup> International Conference, EuroMed 2012*, Limassol, Cyprus, October 29 – November 3, 2012. Proceedings, *Lecture Notes in Computer Science* 7616, 2012, pp. 525–532; G. SALEMI *et al.*, A unique lead medal of Filarete in the Numismatic collection of Civico Museo Correr (Venice, Italy): comparison of multisensor laser scanner system, in: K. PAVELKA (a cura di), *Proceedings of the XXIII<sup>rd</sup> International CIPA Symposium*, Prague, Czech Republic, September 12–16 2011 (Prague, 2011) (disponibile presso il sito web [http://www.cipa2011.cz/cipa/proceedings/sections/b2\\_3d\\_modeling\\_animation.htm](http://www.cipa2011.cz/cipa/proceedings/sections/b2_3d_modeling_animation.htm)).

### 2.2.1 Costruire un modello 3D

La digitalizzazione di un oggetto è definibile come un processo gerarchico e modulare: il primo livello è deputato al campionamento delle proprietà morfologiche e morfometriche della superficie. I sensori raccolgono un insieme finito e discreto di caratteristiche geometriche della superficie quali punti, spigoli, colore e tessitura. In un secondo momento, le procedure di ricostruzione generalizzano le informazioni raccolte in modo tale da generare una rappresentazione della superficie che copra anche le regioni non campionate.

Ogni fase di elaborazione può essere resa più efficiente incorporando conoscenze a priori sugli oggetti che compongono la scena o sulle modalità di acquisizione e, di conseguenza, le metodologie sviluppate per situazioni generali, possono essere migliorate e «calibrate» sul particolare caso in esame.

### 2.2.2 Pipeline di acquisizione e processamento dati

Lo strumento utilizzato per l'acquisizione dei dati è il FARO Laser ScanArm V3 unito al braccio di misura a 7 assi CAM2, ideale per misurare superfici libere senza contatto ed ha un'accuratezza dichiarata pari a  $\pm 35 \mu\text{m}$ <sup>21</sup>.

La fase che precede l'acquisizione prevede una pianificazione delle riprese dell'intera superficie dell'oggetto, necessarie per realizzare un modello digitale. Per ogni lato dei campioni 456 e 458, sono state effettuate scansioni intorno ai manufatti con angoli di 45°, in andata e in ritorno (considerando le modalità operative del braccio di misura), per garantire una sufficiente sovrapposizione tra le varie acquisizioni; per i particolari più complessi (montatura, lettere e bordo) sono state necessarie scansioni mirate.

Le informazioni che si ottengono sono triplettate di coordinate X, Y, Z di ogni singolo punto rilevato (*Fig. 15*).

La prima cosa in fase di *post-processing* è controllare ed analizzare le acquisizioni a livello geometrico e formale per verificare la bontà del dato e progettare le successive operazioni. Da questa prima analisi, prettamente visiva, è possibile individuare elementi estranei alla geometria rilevata, facilmente riconoscibili perché seguono una diversa curvatura rispetto al resto del modello. È opportuno, quindi, procedere con un filtraggio iniziale, cancellando definitivamente il dato estraneo alla geometria con strumenti semiautomatici che selezionano i punti che sono ad una data distanza dalla maggior parte degli altri. I filtri da applicare agli *outliers* devono avere valori di sensibilità medio/alti, poiché valori bassi considererebbero pochi punti indesiderati mentre, valori eccessivamente alti, rischierebbero di eliminare anche parti della geometria dell'oggetto.

<sup>21</sup> Per la fase di acquisizione ed elaborazioni dei dati è stato utilizzato *Geomagic Studio*, un software dedicato all'acquisizione ed all'analisi di nuvole di punti e superfici poligonali. Consente una pulizia dei dati delle nuvole di punti automatizzata, l'analisi e la riparazione delle mesh, possiede strumenti di remeshing e funzionalità patch. È ottimizzato per elaborare e gestire nuvole di punti dense. Consente l'esportazione di dati 3D di alta qualità in tutti i principali formati NURBS e poligonali come STL, OBJ, VRML, DXF, PLY e 3DS. Valore aggiunto è la possibilità di esportare il modello su file PDF 3D.

La fase successiva consiste nell'eliminazione di porzioni della *range map* che non fanno parte dell'oggetto, durante la quale possono essere applicati algoritmi semi-automatici e automatici che lavorano sul riconoscimento di particolari geometrici (Fig. 16).



Fig. 15 Nuvola di punti composta dalle triplette di coordinate X, Y, Z di ogni singolo punto rilevato.

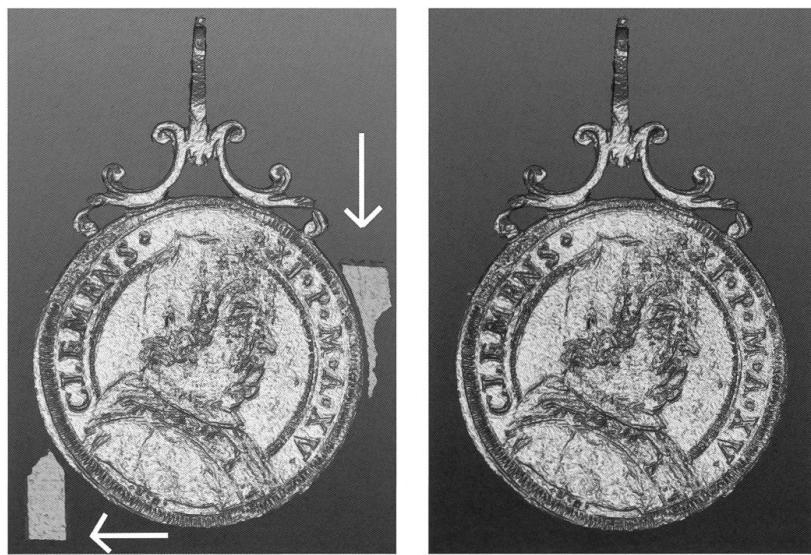


Fig. 16 Selezione manuale dei punti (evidenziati dalla freccia) estranei alla geometria del reperto; si è preferito non utilizzare algoritmi automatici o semi-automatici in modo tale da verificare costantemente la bontà del risultato ed escludere la perdita dei dettagli.

Il termine *meshing*, indica il passaggio dalla nube grezza di punti 3D, rilevata dal sensore, a un reticolo di poligoni connessi tra loro i cui vertici coincidono con i punti misurati. Elemento chiave di questa fase, che determina un'elaborazione della *mesh* diversa, è la distinzione tra nube di punti strutturata (*structured point cloud*) e non strutturata (*unstructured point cloud*).

La prima si compone di una serie di coordinate 3D collocate su una griglia bidimensionale in modo logico e sistematico. Una nube non strutturata, invece, è costituita da punti non organizzati nello spazio. È il caso dei dati grezzi acquisiti con il Faro ScanArm V3: il movimento dell'operatore nell'acquisire i dati, seppur eseguito nel modo più preciso e costante possibile, può causare un campionamento caratterizzato da una differente distribuzione di punti sulla linea di scansione, a seconda che si tratti della zona d'inizio (nella quale si ha un'accelerazione del movimento), della zona centrale (movimento costante) o di quella finale (movimento di frenata). Nel caso di una nube non strutturata, l'operazione di *meshing* utilizza l'algoritmo di Delaunay dedotto dal diagramma di Voronoi<sup>22</sup> (Fig. 17).

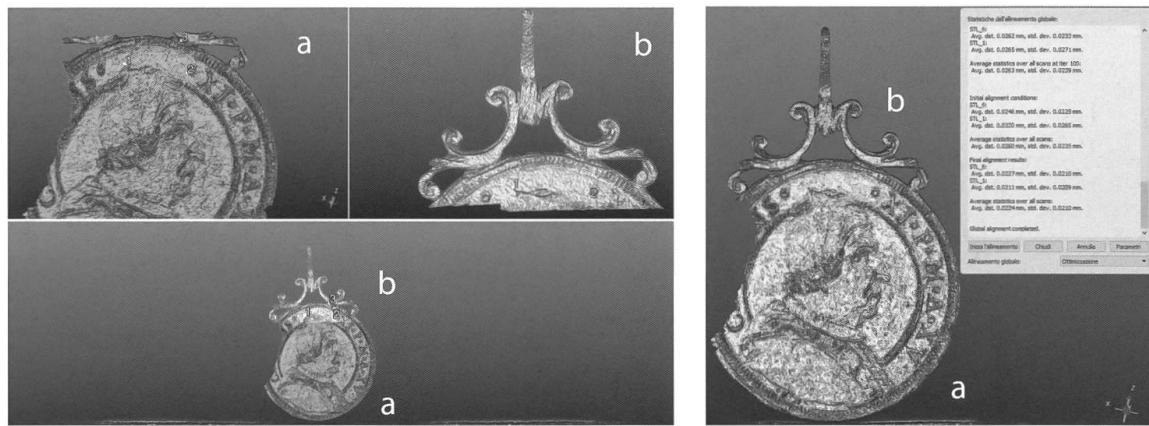


Fig. 17 Fase di meshing, ovvero il passaggio dalla nube grezza di punti 3D ad un reticolo di poligoni connessi tra loro i cui vertici coincidono con i punti misurati.

Completata la fase di *meshing* ed eliminati manualmente i punti non appartenenti al modello, inizia la fase di allineamento delle singole scansioni in un unico e comune sistema di riferimento. Questa è, generalmente, la fase più onerosa di tutto il processo di modellazione ed utilizza algoritmi semi-automatici basati sull'ICP (*Iterative Closest Point*), caratterizzati da due principali passaggi: il primo prevede l'individuazione manuale di coppie di punti omologhi sulle aree di sovrapposizione tra due scansioni contigue; il secondo, consiste in un allineamento automatico, successivo a quello manuale, per minimizzare la distanza media e far

<sup>22</sup> F. AURENHAMMER. Voronoi diagrams. A survey of a fundamental geometric data structure, ACM Computing Surveys (CSUR) 23(3), 2002, pp. 345–405.

combaciare perfettamente le due acquisizioni (*Fig. 18*). È evidente come una buona percentuale di sovrapposizione tra scansioni adiacenti sia fondamentale, perché la mancanza di caratteristiche geometriche evidenti sulla superficie causerebbe problemi di convergenza dell'algoritmo e, di conseguenza, l'introduzione di errori di allineamento locali che, a loro volta, genererebbero evidenti errori di accuratezza globale del modello, inficiando il risultato finale.



*Fig. 18* L'allineamento delle due scansioni in un unico sistema di riferimento avviene individuando almeno tre coppie di punti omologhi su scansioni adiacenti. L'immagine a, più scura, individua la nuvola fissa, la b, più chiara, quella mobile.

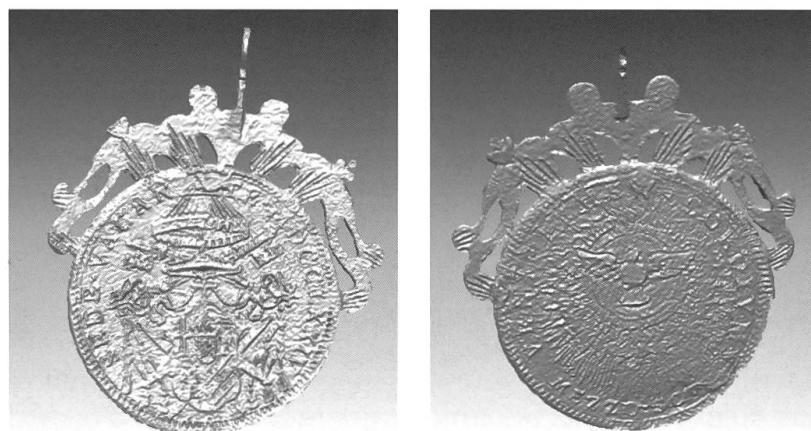
Le prime due scansioni allineate sono considerate come un blocco unico e, procedendo in questo modo, si arriva fino all'allineamento di tutte le riprese effettuate.

Completata la fase di allineamento, si procede con un raffinamento globale.

Concluso questo passaggio, le acquisizioni vengono fuse in un unico reticolo poligonale ottenendo, quindi, un'unica rappresentazione tridimensionale dell'oggetto nel suo complesso. Essendo questa un'operazione totalmente automatica, è necessario controllare che il modello ottenuto abbia conservato le caratteristiche morfologiche e morfometriche dell'originale minimizzando eventuali anomalie topologiche, buchi, lacune ed imperfezioni (*Fig. 19–20*).



*Fig. 19 Visualizzazione dei modelli tridimensionali del dritto e del rovescio del campione 456.*



*Fig. 20 Visualizzazione dei modelli tridimensionali del dritto e del rovescio del campione 458.*



*Fig. 21 Nuvole di punti da rilievo con scanner laser del campione 456; l'enfatizzazione del particolare dell'innesto dell'appiccagnolo sulla montatura è ottenuta grazie alla possibilità di cambiare la direzione dell'illuminazione.*

### *Conclusioni*

Lo studio metallografico ha permesso di risalire al processo di lavorazione di due pendagli monetali che rielaborano esemplari dello Stato Pontificio risalenti al XVIII secolo. Con i risultati ottenuti si può affermare che:

- 1) come ci si attendeva, il campione 456 è formato da una moneta con una lega di argento e rame; è stato dorato, con un amalgama di oro e mercurio dopo aver proceduto alla saldatura della montatura con appiccagnolo;
- 2) come ci si aspettava, il campione 458 è formato da una moneta con una lega di argento e rame; presenta una montatura cui è aggiunto un appiccagnolo: grazie alla presenza della lega di brasatura tra i due, si conferma l'ipotesi di una lavorazione complessa, con la saldatura dell'una e dell'altro in tempi successivi, ma plausibilmente nell'ambito del medesimo processo; l'esemplare presenta un foro passante, probabilmente realizzato per confezionare un ciondolo, il quale è stato riempito con una pasta di argento e rame con un contenuto di metallo nobile e con proporzioni Ag-Cu confrontabili con quelli della montatura e dell'appiccagnolo: questo elemento suggerisce che la chiusura del foro e la realizzazione della montatura siano operazioni contestuali e che il processo di modifica della moneta per darle l'aspetto che possiamo osservare ora sia stato articolato ma organico.

Le osservazioni puntuali tramite stereo microscopio e SEM, ma soprattutto lo studio morfometrico dei modelli digitali ad altissima risoluzione permettono di meglio evidenziare e caratterizzare i dettagli di entrambi i campioni. In particolare, la ricostruzione tridimensionale consente di evidenziare in modo inequivocabile come l'aggiunta delle montature non abbia intaccato il bordo delle monete e in alcuni punti di contatto non abbia nemmeno comportato la necessità della brasatura; il processo può dunque di fatto considerarsi reversibile, ovvero comunque condizionato dalla volontà di salvaguardare l'integrità della moneta stessa cui è applicato. Questa circostanza è certamente dovuta alla necessità di non stravolgerne l'aspetto, da un lato per salvaguardarne il portato ideologico/religioso/affettivo che probabilmente sta all'origine della trasformazione, ma dall'altra con ogni probabilità al fine di non alterarne il valore economico, ossia di poterne ripristinare il potere liberatorio. La doratura del campione 456 porta a considerare quest'ultima eventualità come del tutto secondaria, ma la cura posta all'applicazione della montatura impone di valutare la pertinenza di tale possibilità.

*Abstract*

In the past it was customary to use coins as pendants, simply by piercing them or by adopting more complex solutions to transform them into devotional or decorative objects; in modern and contemporary times this practice has returned thanks sometimes to the use of more advanced techniques, such as brazing a peg or a ring on the edge of the coin. Papal silver coins, of large size, have often been involved in these processes, due to the portrait of the pontiff and other figures of saints. The article focuses on two papal *scudi* of eighteenth century, turned into elaborate pendants thanks to the use of brazing. Microstructural and SEM-EDS analyses were carried out on these pendants, as well as laser scanner surveys to determine which processes were used in the transformation and how much the coins were damaged. The results show that, despite the elaborate manufacturing, the coins could have been recovered to their original function.

*Résumé*

Dans le passé, il était habituel d'utiliser les pièces comme pendentifs, simplement en les perçant ou en adoptant des solutions plus complexes pour les transformer en objets de dévotion ou de décoration. À l'époque moderne et contemporaine, cette pratique est de nouveau courante grâce notamment à l'utilisation de techniques plus avancées, comme la soudure d'une monture ou d'un anneau sur le bord de la pièce. Les pièces papales en argent, de grande taille, sont souvent choisies, en raison du portrait du pontife et d'autres figures de saints. L'article se concentre sur deux scudi du XVIII<sup>e</sup> siècle, transformés en pendentifs élaborés grâce à une soudure. Des analyses microstructurales et par MEB-EDS ont été effectuées sur ces pendentifs, ainsi que des relevés par scanner laser pour déterminer les procédés utilisés dans la transformation et l'importance des dommages subis par les pièces. Les résultats révèlent que, malgré la fabrication élaborée, les pièces auraient pu retrouver leur fonction d'origine.

Emanuela Faresin,  
Università degli Studi di Padova,  
Dipartimento dei Beni Culturali: Archeologia, Storia dell'Arte, del Cinema e  
della Musica  
Piazza Capitaniato 7  
IT-35139 Padova  
emanuela.faresin@unipd.it

Caterina Canovaro  
Università degli Studi di Padova,  
Dipartimento di Geoscienze  
Via Gradenigo 6,  
IT-35131 Padova  
caterina.canovaro@unipd.it

Michele Asolati,  
Università degli Studi di Padova,  
Dipartimento dei Beni Culturali: Archeologia, Storia dell'Arte, del Cinema e  
della Musica  
Piazza Capitaniato 7  
IT-35139 Padova  
michele.asolati@unipd.it

Giuseppe Salemi,  
Università degli Studi di Padova,  
Dipartimento dei Beni Culturali: Archeologia, Storia dell'Arte, del Cinema e  
della Musica  
Piazza Capitaniato 7  
IT-35139 Padova  
giuseppe.salemi@unipd.it

Irene Calliari,  
Università degli Studi di Padova,  
Dipartimento di Ingegneria Industriale  
Via F. Marzolo 9,  
IT-35131 Padova  
irene.calliari@unipd.it

### *Bibliografia*

- BREDA *et al.* 2012      M. BREDA *et al.*, From coin to medal: A metallurgical study of the brazing drop on a 19<sup>th</sup> century scudo, journal of the Minerals, Metals & Materials Society 64/11, 2012, pp. 1350–1355.
- CANOVARO *et al.* 2012      C. CANOVARO *et al.*, Da moneta a medaglia: Caratterizzazione metallografica di uno scudo romano del XIX secolo, in: Atti del 34 Convegno Nazionale AIM, 2012 (in CD).
- MUNTONI 1972–1974      F. MUNTONI, Le monete dei Papi e degli Stati Pontifici, voll. I–IV (Roma, 1972–1974).
- SCOTT 1991      D.A. SCOTT, Metallography and microstructure in ancient and historic metals (Marina del Rey, CA, 1991).

