

Modelli digitali da scanner CT. Case study: il micro contesto archeologico di un'urna cineraria (necropoli del Piovego, Padova)

Emanuela Faresin, David Vicenzutto, Michele Cupitò,
Giovanni Leonardi, Giuseppe Salemi

Università degli Studi di Padova, Dipartimento dei Beni Culturali (dBC), Palazzo Liviano,
Piazza Capitaniato 7, 35139 Padova, Italia, tel: 0498274635, e-mail: giuseppe.salemi@unipd.it

Riassunto

I modelli virtuali sono un valido strumento conoscitivo ed un mezzo fondamentale per la conservazione, la ricerca e la documentazione, in special modo nell'ambito del Cultural Heritage. In questo lavoro si descrive il rilievo di un'urna cineraria utilizzando uno scanner CT che fornisce un rilievo tomografico utile per l'analisi predittiva del deposito archeologico e per lo studio della morfologia del manufatto. L'urna analizzata fa parte della tomba n.112 della necropoli del Piovego (Padova), scavata nel 2011 nel Laboratorio di Archeologia del Dipartimento dei Beni Culturali dell'Università di Padova. La tomba è costituita da un dolio che contiene l'urna accompagnata da un ricco corredo databile alla seconda metà del VI secolo a.C. Il reperto mostrava uno sfondamento della coppa, usata come coperchio; si ipotizzava che il riempimento fosse costituito da uno strato di limo, penetrato nella fase di collasso della tomba, a copertura delle ossa combuste contenute nell'ossuario e non si sapeva se e quali manufatti di metallo fossero contenuti frammisti alle ossa combuste. Il processo di rilievo dell'oggetto e del suo contenuto si è avvalso dello scanner CT BrightSpeed Elite della General Electric, con risoluzione di 0.35 mm per la ricostruzione del volume interno, caratterizzato dalle mutue posizioni e dalla tipologia di quanto contenuto (resti di ossa combuste, frammenti di coperchio in collasso e manufatti metallici).

Questo approccio, infine, oltre a fungere da guida alle operazioni di micro scavo, ha consentito - già in fase preliminare - di elaborare un modello genetico-processuale della stratificazione archeologica fornendo, infine, un modello 3D ad alta risoluzione caratterizzato da un elevato contrasto per le rappresentazioni delle evidenze morfologiche.

Abstract

Virtual models are effective cognitive tools, essential for preservation, research and documentation, especially in the field of Cultural Heritage. This study presents the acquisition of a cinerary urn through a CT scanner providing a topographic survey, useful for the predictive analysis of the archaeological depository and for the study of the morphology of the manufact. The urn comes from the tomb n.112 of the necropolis of Piovego (Padua), unearthed in 2011 by the Archaeology Laboratory of the Department for Cultural Heritage of the University of Padua. The tomb is formed by a dolium containing the urn, accompanied by a rich set of vases of great facture – even dichromatic vases – datable to the second half of VI century b.C. The surveying process of the object and its contents has been conducted using a CT BrightSpeed scanner of General Electrics, with 0.35 mm resolution for the reconstruction of the internal volume, characterised by mutual positions and types of contents (remains of combusted bones, fragments of the collapsed lid and metallic artefacts).

This approach provides a guide for micro-excavation operations while also permitting, already in the preliminary phase, the elaboration of a genetic-process model of the archaeological

stratification, eventually providing a high resolution 3D model, characterised by a high contrast level for the morphological evidences.

La necropoli del Piovego

La necropoli del Piovego è situata nell'area est di Padova, ad una distanza di circa 1,5 km dal suo centro storico attuale. L'area su cui si installa la necropoli corrisponde alla località Isola di S. Lazzaro/S. Gregorio – Isola dei morti, delimitata a nord dal canale medievale del Piovego, e a sud dal canale Roncajette (Calzavara Capuis, Leonardi, 1979; Cupitò, 1996-1997).

I primi ritrovamenti preromani nell'area della necropoli risalgono a prima degli anni '60; corrispondono a materiali rinvenuti in superficie e riferibili a strutture tombali preromane sconvolte. Venne resa nota l'importanza archeologica dell'area solo nel 1963-64, in occasione dei lavori di sterro dell'Azienda Comunale del Gas per la costruzione del Gasometro.

Nel 1975 l'Università di Padova acquistò i terreni adiacenti al Gasometro per realizzare su di essi gli impianti sportivi del CUS, ed essendo ormai nota l'alta rilevanza archeologica dell'area, la Soprintendenza Archeologica del Veneto affidò all'allora Istituto di Archeologia dell'Università di Padova la direzione degli scavi archeologici che iniziarono nel dicembre del 1975.

In un primo momento, vennero isolate le principali aree di interesse attraverso l'individuazione del materiale affiorante e, successivamente, vennero realizzate venti lunghe trincee di saggio.

Nel gennaio del 1976 cominciarono le operazioni di scavo stratigrafico con il mantenimento dei testimoni secondo il "metodo Wheeler".

L'indagine archeologica, terminata nel gennaio del 1977, coinvolse un'area di 4000 mq e portò alla luce 132 tombe ad incinerazione, 24 tombe ad inumazione e 6 sepolture di cavalli (Calzavara Capuis, Leonardi, 1979). L'analisi tipologica dei manufatti recuperati permise di datare la necropoli tra la prima metà del VI e la metà circa del IV sec. a.C. (Cupitò, 1996-1997).

Gli interventi di ampliamento degli impianti sportivi del CUS, a partire dal 1986, corrisposero alla ripresa degli scavi archeologici nell'area, effettuati tra il 1986 e il 1989 che, oltre a definire nel dettaglio l'assetto geomorfologico e fluviale dell'area, portarono alla luce importanti strutture funerarie protostoriche inquadrabili tra VI e IV sec. a.C. (Leonardi, 1990).

Se nel 1989 terminarono le indagini sul campo, lo scavo delle tombe in laboratorio, iniziato contemporaneamente alla campagna archeologica 1975 – 1977, si protrasse in modo discontinuo per i due decenni successivi fino alla sua conclusione nel 2012.

Complessivamente la planimetria della necropoli presenta un'organizzazione spaziale per nuclei isolati, con presenza grosso modo contemporanea in ogni nucleo, di sepolture ad incinerazione, ad inumazione e di cavalli.

La tomba 112

La Tomba 112 appartiene al gruppo di sepolture rinvenute nella campagna di scavo effettuata tra 1975 e 1977. La struttura tombale fu asportata in blocco dalla necropoli nel luglio del 1976 per essere scavata microstratigraficamente tra marzo e dicembre 2011 presso i Laboratori di Archeologia del Dipartimento dei Beni Culturali dell'Università di Padova.

Lo studio della tomba rientra nell'ambito del Progetto di Eccellenza Cariparo "PATAVNOS", diretto da G. Leonardi.

Si tratta di una tomba a dolio perfettamente conservata, il cui ricco corredo ceramico è composto da: un ossuario situliforme cordonato a fasce rosse e nere dotato di coperchio cordonato, ugualmente a fasce rosse e nere; tre olle; cinque coppe; una coppa su stelo integra e una deposta dopo esser stata privata intenzionalmente dello stelo; quattro bicchieri; un piccolo bicchiere (o forse un sostegno); due scodelle; una tazzina; un piccolo coperchio.

Il corredo metallico è composto da: un punteruolo e un coltello in ferro, posizionati all'esterno dell'ossuario e, per quanto riguarda i bronzi, una fibula ad arco molto ribassato con costolatura mediana, una fibula con arco di verga a sezione lenticolare con staffa lunga ed un frammento di *aes*

rude, collocati all'interno dell'ossuario (Figura 1). L'analisi dei materiali del corredo ha permesso di datare la tomba alla seconda metà del VI secolo a.C.



Figura 1 – Polaroid della tomba prima del prelievo (a sinistra). È un dolio perfettamente conservato il cui corredo interno (a destra) ha permesso di datare il complesso alla seconda metà del VI sec a.C. È da notare come gli elementi fittili del corredo abbiano un assetto inclinato orientato verso la zona non occupata dall'ossuario situliforme decorato a fasce rosse e nere.

Metodologia e strumenti della ricerca

Le operazioni di microscavo stratigrafico sono state effettuate seguendo l'impostazione metodologica proposta da G. Leonardi nel 1986 (Leonardi, 1986), successivamente sviluppata nella pubblicazione degli atti del convegno internazionale "Processi Formativi della Stratificazione archeologica", tenutosi a Padova nel 1991 (Leonardi, 1992). Fondamentale, inoltre, la lettura dei diari di scavo delle tombe della necropoli del Piovego, indagate in laboratorio a partire dal 1976 sempre sotto la guida di G. Leonardi.

Sull'olla situliforme cordonata su piede, utilizzata nel complesso tombale come ossuario (Figura 2), è stata eseguita una Tomografia Assiale Computerizzata (TAC), eseguita in fase preliminare e con scopo predittivo, per ottenere informazioni di carattere volumetrico e per visualizzare la posizione dei reperti al suo interno.

La possibilità di conoscere con precisione sia la posizione che la forma dei reperti, nonché di localizzare le relazioni spaziali tra gli oggetti, ha consentito di ridurre al minimo, in fase di scavo, l'eventualità di un loro danneggiamento. Inoltre le immagini tomografiche si sono rivelate fondamentali nella comprensione dei processi formativi del deposito all'interno dell'ossuario sia nella fase di pre-scavo, che di post-scavo.



Figura 2 – Livello inferiore del corredo della Tomba 112. Si noti l'olla situliforme cordinata a fasce rosse e nere utilizzata come ossuario all'interno del complesso tombale.

La tomografia, come la radiologia classica, sfrutta per la diagnosi la diversa modalità con cui le sostanze assorbono o trasmettono i raggi X in funzione della propria densità elettronica descritta dalla legge dell'assorbimento dei raggi X:

$$I(t) = I_0 e^{-\mu t} \quad [1]$$

con I_0 intensità iniziale del raggio, $I(t)$ attenuazione, μ coefficiente di attenuazione di massa e t distanza percorsa nel mezzo. Il coefficiente di attenuazione dipende dalla densità ρ del materiale attraversato e dall'energia e del fascio.

Il tomografo utilizzato è il *GE BrightSpeed Elite*, uno scanner CT slice della *Generale Electric Healthcare* con accuratezza dichiarata pari a $\pm 35 \mu\text{m}$, tempo di scansione 0,10 secondi e riduzione del rumore elettronico in fasi di acquisizione del 30-40%.

Il software utilizzato per il *post processing* dei dati è Osirix, sviluppato per l'*image processing* di immagini medicali in formato DICOM (*Digital Imaging and COmmunication in Medicine*). Scopo principale del software è effettuare *processing* su immagini multidimensionali visualizzando le *slice* nelle vedute assiali, coronali e sagittali contemporaneamente o nella loro ricostruzione 3D.

Risultati

Tramite analisi tomografica è stato possibile produrre un grande numero di mappe tomografiche ed ogni strato dell'ossuario è stato suddiviso in unità volume chiamate *Voxel*. La scala di *Hounsfield* associa un valore numerico, visualizzato come livello di grigio, ad ogni valore di densità elettronica. L'unità HU è definita come:

$$HU = 1000 \cdot \left[\frac{\mu_t - \mu_w}{\mu_w} \right] \quad [2]$$

con μ_t pari al coefficiente di attenuazione del tessuto in esame e μ_w al coefficiente di attenuazione dell'acqua all'energia $E=73 \text{ KeV}$. Il *range* tipico di valori è tra -1000 e +1000, dove $HU=+1000$ rappresenta l'osso denso, $HU=0$ l'acqua, mentre $HU=-1000$ l'aria.

In un'immagine tomografica, all'osso corrisponderà un colore tendente al bianco, all'aria il nero e al resto i livelli di grigio intermedi (Figura 3).

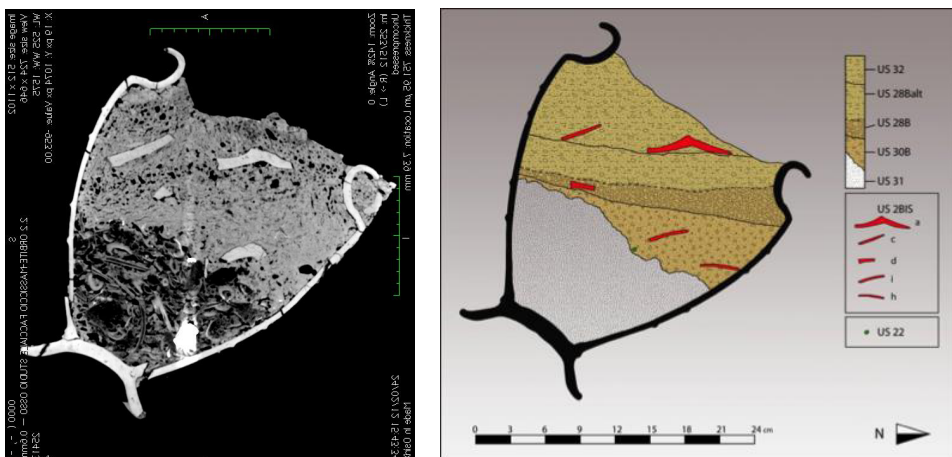


Figura 3 □ Sezione tomografica orizzontale dell'ossuario con spessore di $625 \mu\text{m}$. Nell'acquisizione dei dati è stato utilizzato il filtro bone per meglio evidenziare i contorni (a sinistra); disegno ricostruttivo della sezione dell'ossuario e del suo deposito interno (a destra).

Come riconosciuto in studi precedenti (Anderson, Fell, 1995; Harvig et al., 2012), i benefici nell'utilizzo della TAC nelle fasi preliminari allo scavo sono molteplici: con l'elaborazione delle immagini tomografiche, è stato possibile visualizzare sezioni verticali ed orizzontali dell'ossuario e del suo contenuto, individuando le posizioni esatte dei cocci, dei resti osteologici e dei manufatti metallici di corredo, facilmente distinguibili perché radio-opachi (Figura 4).

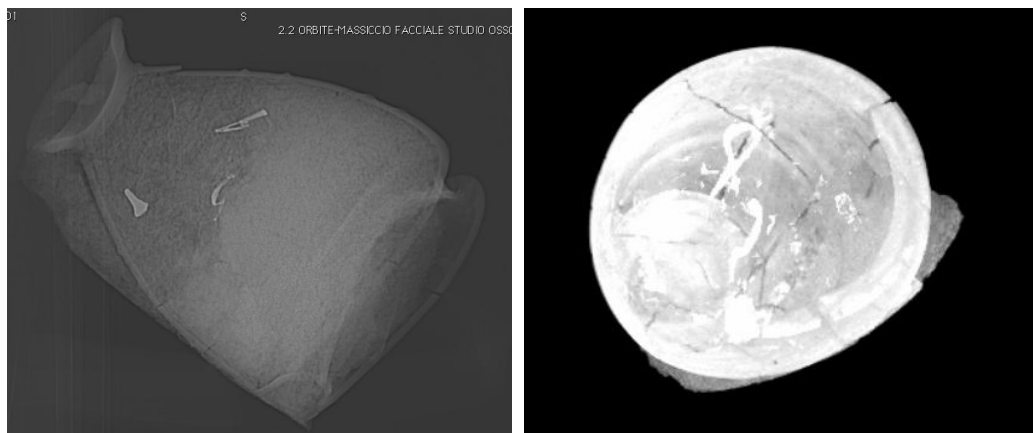


Figura 4 □ Localizzazione tridimensionale degli oggetti metallici di corredo (a sinistra) che, essendo radio-opachi, sono facilmente distinguibili dal resto del riempimento (a destra).

L'analisi tomografica ha offerto l'opportunità di ricostruire virtualmente la morfologia esterna dell'urna, fornendo importanti informazioni sullo stato di conservazione prima delle operazioni di microscavo. Il modello digitale può essere osservato da più punti di vista, consentendo lo studio delle linee di frattura della ceramica (Minozzi et al., 2010) e facilitandone, così, un futuro restauro. Dall'analisi delle immagini tomografiche è stato possibile dare, in fase di pre-scavo, un'interpretazione genetico-processuale della stratificazione archeologica all'interno dell'ossuario. Il livello di riempimento basale dell'ossuario era costituito dalle ossa combuste del defunto e la superficie superiore del blocco di resti cremati presentava un orientamento parallelo alla bocca dell'ossuario (Figura 3).

In seguito alla rottura del coperchio, parte dei suoi frammenti caddero all'interno, arrestandosi direttamente a contatto con le ossa. Successivamente, e fino alla colmataura dell'ossuario, continuarono ad alternarsi ingressi di sedimenti a cadute di frammenti di coperchio. La lettura delle sezioni tomografiche ha dimostrato, al contrario di quanto visto per le ossa, come i frammenti di coperchio e i limiti tra gli strati del riempimento avessero un assetto quasi esclusivamente parallelo al suolo e discordante rispetto alla bocca dell'ossuario.

Mentre i materiali sono stati discrezionati in base al differente coefficiente di assorbimento, i limiti tra le principali unità stratigrafiche sono stati distinti in base alle variazioni di porosità nei livelli limo-sabbiosi di riempimento.

Le operazioni di microscavo hanno confermato, ed in parte ampliato, la lettura dei dati provenienti dalla TAC. Si è potuto così dedurre che: durante la caduta dell'ossuario le ossa cremate non si sono spostate; il coperchio è collassato dopo la caduta dell'ossuario; l'ossuario era privo di sedimento all'interno poiché alcuni dei frammenti di coperchio sono caduti dentro, anche a contatto con le ossa, ma con un assetto parallelo al suolo.

Una possibile ipotesi che dia conto del mantenimento della posizione originaria delle ossa è che esse siano state contenute all'interno di una sacca in materiale deperibile, forse chiusa dalla fibula in bronzo riscontrata sulla superficie dei resti cremati.

Conclusioni

Con l'indagine tomografica diventa possibile, in fase di pre-scavo, l'interpretazione genetico-processuale della stratificazione archeologica (Leonardi, 1986; Cupitò, Leonardi 1999) e creare modelli ricostruttivi sempre più affidabili grazie all'integrazione di informazioni metriche, geometriche e topologiche delle metodologie 3D.

L'esame tomografico rappresenta, inoltre, un mezzo di indagine non distruttivo, con il quale si possono rivelare in tre dimensioni le caratteristiche dell'oggetto, fornendo una valutazione precisa e dettagliata sullo stato di conservazione e sul contenuto. Nei modelli digitali la trama del riempimento dell'ossuario può essere stimata prima dello scavo ed i reperti registrati digitalmente *in situ*; inoltre, i modelli 3D, rimangono le uniche testimonianze visive e "tangibili" della morfologia dell'urna (Figura 5), dei frammenti ossei, dei manufatti metallici, delle componenti del deposito e delle loro mutue posizioni all'interno dell'ossuario dopo l'opera "distruttiva" dello scavo.

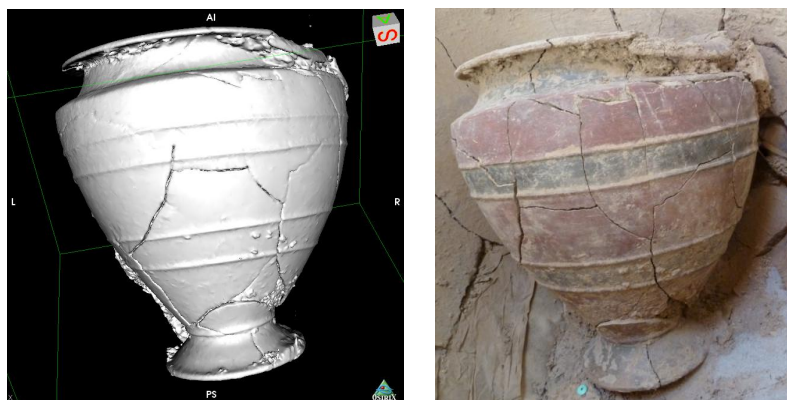


Figura 5 □ Ricostruzione tridimensionale della morfologia esterna dell'olla situliforme che fornisce importanti informazioni sullo stato di conservazione e sulla quale sono visibili le linee di frattura utili in fase di restauro.

Bibliografia

- Calzavara Capuis L., Leonardi G. (1979), "Necropoli del Piovego", *Studi Etruschi*, Vol. XLVII, Serie III: 495-497.
- Cupitò M. (1996-97), *Necropoli del Piovego. Analisi e interpretazione della planimetria e scavo delle tombe in laboratorio*, Tesi di Laurea, Università degli Studi di Padova, A.A. 1996-97.
- Leonardi G. (1990), "L'area archeologica del C.U.S.-Piovego, Padova: relazione preliminare alla campagna di scavo 1989, con note metodologiche", *Quaderni di Archeologia del Veneto*, VI: 11-53.
- Leonardi G. (1986), "Procedure di stratigrafia processuale. La necropoli paleoveneta del Piovego a Padova", *Aquileia Nostra*, 57: 210-235.
- Leonardi G. (1992), "Processi formatici della stratificazione archeologica", Atti del seminario internazionale, Padova (Imprimerur).
- Anderson, T., Fell, C. (1995), "Analysis of Roman cremation vessels by computerized tomography", *Journal of Archaeological Science*, 22: 609-17
- Harvig L., Lynnerup N., Amsgaard Ebsen J. (2012), "Computed tomography and computed radiography of late bronze age cremation urns from Denmark: an interdisciplinary attempt to develop methods applied in bioarchaeological cremation research", *Achaeometry* 54, 2: 369-387
- Minozzi, S., Giuffra, V., Bagnoli, J., Paribeni, E., Giustini, D., Caramella, D., and Fornaciari, G. (2010), "An investigation of Etruscan cremations by computed tomography (CT)", *Antiquity*, 84: 195-201.
- Cupitò M., Leonardi G. (1999), "Potenzialità informative del record archeologico. Microstratigrafia e interpretazione genetico-processuale: uno studio di caso funerario", *Padusa* 35: 177-208.