

Massimiliano Puntin\*

\* Dipartimento di Civiltà e Forme del Sapere, Università di Pisa.

## UN DATABASE PER GLI IMPASTI CERAMICI: CONNESSIONI TRA TABELLE, LATERIZI, ANALISI AUTOPTICHE E ARCHEOMETRICHE

LINK AL DATASET: 10.13131/UNIFI/XQ9H-EJ72

**Abstract:** Recently, digital and methodological progress has changed the archaeological research methods both in field and in laboratory. Among archaeometric analyses, portable and non-destructive techniques let us understand the intrinsic nature of the remains, preserving their integrity. This contribution is going to explore part of my master's thesis developed at the 'Laboratory of Archaeometry, Diagnostics and Measurements' (DAM) of the University of Pisa. The starting point was the autopsy and archeometric (hyperspectral images and XRF spectroscopy) analysis of roman bricks from the complex of Massaciuccoli (Massarosa). The data obtained let us to distinguishing pastes of clay. The ceramic groups were compared with those deduced from bibliography relating to the manufacturing contexts of North-West Etruria, looking for similar features between the pastes. Considering the large amount of data produced, it was necessary to create a database to store information. The database is composed of three entities connected to each other that allow to view contextual, physical, compositional information. This system let us archive of previous and recent acquired data, and search through queries the characteristics in common between the individual bricks and ceramic pastes.

**Keywords:** database, laterizi, Massaciuccoli, impasti ceramici, analisi archeometriche

### 1. Introduzione

Negli ultimi vent'anni il mondo dell'archeologia ha subito un esponenziale processo di digitalizzazione accompagnato dall'applicazione di varie tecniche che prevedono l'utilizzo di strumenti appartenenti, apparentemente, ad altri ambiti scientifici, con lo scopo di interrogare i reperti archeologici.

Le indagini archeometriche ci consentono, infatti, di ottenere dei dati grezzi (*raw data*), relativi alle caratteristiche intrinseche degli oggetti, che necessitano di essere elaborati per riuscire a ricostruire un quadro più ampio della storia dei manufatti analizzati. La grande mole di dati prodotta dall'applicazione di queste tecniche richiede nuovi sistemi di archiviazione sempre più potenti.

Il contributo illustra un *database* realizzato per l'archiviazione di informazioni derivanti dall'analisi autoptica e archeometrica, ottenute mediante misurazioni dirette o desunte dalla documentazione bibliografica. Tramite la banca dati è possibile conservare un grande numero di informazioni che sono ricercabili, interrogabili e confrontabili. La proposta è stata avanzata dopo aver notato una lacuna relativa ai *database* contenenti informazioni legate agli aspetti fisici, chimici e composizionali dei campioni argillosi. I contributi scientifici che trattano le caratteristiche fisiche degli impasti ceramici (Berti et al., 2001; Cuomo di Caprio, 2007; Whitbread, 2018) sono altamente specializzati, mentre simili studi per i laterizi non vengono affrontati con

tale grado di specificità. Le trattazioni riguardanti le tecniche d'indagine non distruttive sono numerose (Chinn, 2002; Orton & Hughes, 2013; Santacreu, 2014), tuttavia, le informazioni circa i *database* che riassumono i risultati delle analisi archeometriche risultano esigue (Olcese, 1993). Per questo motivo, dunque, è stato realizzato il *database* qui descritto, composto da varie tabelle collegate tra loro che permettono di indagare, su vari livelli di specificità, i dati registrati mediante queste tecniche o derivanti dalle ricerche archeologiche e dalle analisi pregresse.

L'obiettivo del contributo è quello di illustrare la struttura della banca dati, sottolinearne le potenzialità e i possibili utilizzi in modo che possa trovare ampia applicazione non solo come strumento di archiviazione, ma anche per la gestione e l'interrogazione, mediante *query*, del dato archeologico. Di seguito verrà presentato il protocollo di lavoro seguito per inserire i dati all'interno del *database* e le modalità di utilizzo di quest'ultimo. Tramite la banca dati sarà possibile individuare impasti ceramici con caratteristiche fisiche, chimiche e composizionali comuni volte allo studio dei processi manifatturieri.

## 2. Il contesto

Il punto di partenza della ricerca è stato il lavoro di tesi svolto nel 2021 (Puntin, 2021) che consisteva nell'individuazione e nella classificazione degli impasti ceramici relativi a venti laterizi, datati tra il I e il III secolo d.C., campionati nell'area del Cantiere di Massaciuccoli. Sulla base delle caratteristiche individuate tramite analisi autoptiche e grazie alle indagini geo-chimiche è stato possibile definire alcune potenziali aree di approvvigionamento delle argille impiegate.

Nel sito romano di Massaciuccoli (Anichini, 2012) sono presenti tre aree archeologiche legate alla *gens* senatoria dei *Venulei*. Si ritiene che questa potente famiglia, le cui attestazioni sono presenti sia in alcuni centri dell'Etruria centro-settentrionale (Pisa e Lucca), sia in contesti rurali del territorio toscano (Caldaccoli e Corniano), possedesse ingenti latifondi e gestisse delle *figlinae*, alcune delle quali, forse, destinate alla produzione laterizia, come testimonierebbero i numerosi bolli su tegole (Pasquinucci & Menchelli, 1989, pp. 21-22; Anichini, 2012, pp. 11).

Per lo studio dei laterizi di Massaciuccoli è stato fondamentale confrontare i dati personalmente ottenuti mediante le indagini svolte su tali campioni con quelli, noti in bibliografia, relativi alle classi d'impasto ceramico identificate in alcuni contesti manifatturieri e di consumo ubicati nell'Etruria centro settentrionale (fig. 1) quali:

- Vallin Buio (Livorno): quartiere artigianale con due fornaci, un deposito e scarti legati alla produzione di laterizi e anfore. Sui materiali recuperati sono state compiute analisi petrografiche e chimiche (Thierrin-Michael et al., 2004, pp. 239-241). Cronologicamente il contesto risulta essere attivo tra la tarda repubblica e il I secolo d.C. (Esposito, 1992, p. 24; Pasquinucci, 2003, p. 45; Olcese 2012, p. 71);
- Isola di Migliarino (Vecchiano): alla foce del fiume *Auserculus* era ubicata una manifattura di terra sigillata italica, dove sono stati rinvenuti alcuni reperti bollati dal famoso ceramista *Ateius*. L'area produttiva si data tra la fine del I secolo a.C. e l'inizio del II secolo d.C. I materiali prodotti in questa *figlina* sono stati indagati mediante analisi autoptica, petrografica e chimica (fluorescenza a raggi X) (Menchelli & Vaggioli, 1988b, pp. 511-512; 1988a, p. 99; Menchelli et al., 2001, p. 93; Olcese, 2012, p. 80);
- Ponsacco: è stata trovata la pavimentazione e la camera di combustione, interrata, di una fornace laterizia, afferente a una fattoria tardo repubblicana/alto imperiale (Menchelli et al., 2002, p. 141; Pasquinucci et al., 2008, pp. 44-46; Olcese 2012, p. 82);
- Casa Campacci (Livorno): nell'immediato entroterra livornese era presente una fornace, attiva dalla seconda metà del I secolo d.C. fino alla metà del II secolo d.C., specializzata nella produzione di laterizi, ceramiche comuni e anfore. I manufatti prodotti sono stati trattati mediante indagini chimiche e sezioni sottili (Menchelli & Vaggioli, 1988a, p. 148; Thierrin-Michael et al., 2004, pp. 239-241). È stato ipotizzato che l'impianto produttivo fosse legato a un insediamento (Pasquinucci, 2003, p. 46; Genovesi, 2015, pp. 53-54);

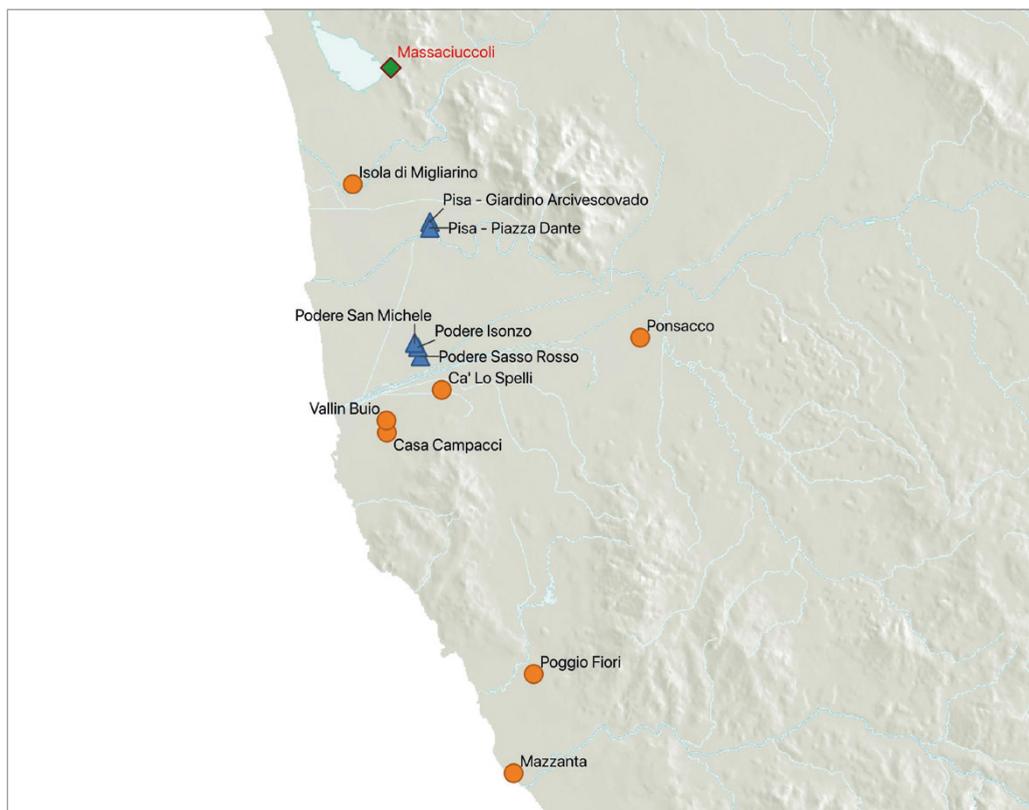


fig. 1. Ubicazione dei siti produttivi e di consumo citati (immagine elaborata dall'autore).

- Ca' Lo Spelli (Collesalveti): identificato un impianto produttivo attivo tra il II/I secolo a.C. e il I secolo d.C. e composto da almeno tre fornaci. Le indagini archeologiche, inoltre, hanno individuato le tracce di una struttura adibita all'essiccazione dei prodotti ceramici. La manifattura produceva tegole, coppi, anfore e vasellame fine da mensa; questo materiale è stato analizzato mediante sezioni sottili e osservazione autoptica (Ducci et al., 2007, pp. 341-345; Menchelli et al., 2007, pp. 471-473; Olcese, 2012, pp. 69-70);
- Poggio Fiori (Castellina Marittima): area con abbondanti ritrovamenti ceramici, laterizi e tracce di termotrasformazione che hanno portato a interpretare la zona come luogo produttivo. Nella potenziale manifattura si ipotizza venissero prodotti laterizi, ceramica da mensa e da conserva, *dolia* e anfore di varie tipologie. I reperti portati alla luce sono stati studiati mediante analisi autoptica e minero-petrografica (Cherubini & Del Rio, 1994, p. 218; 1995, pp. 362-367; Olcese, 2012, p. 74);
- La Mazzanta (Cecina): area produttiva attiva dal I secolo a.C. al II/III secolo d.C. Sono stati trovati anelli e supporti da fornace, mattoni, tubuli, scarti di lavorazione di laterizi, anfore e ceramiche di uso comune. Sono state compiute analisi minero-petrografiche sugli oggetti portati alla luce nelle campagne di scavo (Cherubini & Del Rio, 1994, pp. 219-220; 1995, pp. 372-374).

Gli impasti ceramici presi in considerazione non provengono solamente da contesti manifatturieri ma anche da alcuni siti di consumo:

- Un'abitazione di epoca imperiale ubicata presso l'attuale Giardino dell'Arcivescovado a Pisa (Pasquinucci & Menchelli, 1989, pp. 123-125; Otera, 2011, pp. 98-99);
- Una *domus* di epoca augustea in Piazza Dante (Vallebona, 1993, pp. 377-379);

- Coltano (Podere San Michele, Podere Isonzo e Podere Sasso Rosso): aree di dispersione di materiali che hanno portato a ipotizzare la presenza di alcune fattorie. I siti dovevano essere attivi dagli ultimi decenni del I secolo a.C. fino, stando alle prime interpretazioni, al V secolo d.C. Per quanto riguarda il materiale edilizio, sono stati rinvenuti laterizi di vario genere: coppi, tegole, mattoni, mattoni per colonne, per *opus spicatum* e per *opus signinum*. Sui reperti portati alla luce sono state compiute analisi autoptiche e petrografiche (Menchelli, 1986, pp. 118-127).

### 3. Materiali e database

I laterizi su cui è stata applicata la metodologia di seguito illustrata provengono dall'area denominata il Cantiere, di Massaciuccoli, e sono conservati presso il magazzino della Soprintendenza ABAP-LUMS nel Comune di Massarosa. Il metodo di selezione ha tenuto conto delle varie fasi di vita e dei settori del sito coprendo tutti i periodi di epoca romana. Complessivamente, sono stati prelevati venti campioni, appartenenti alle seguenti categorie: mattoni (bessali e pedali), tegole, coppi, tubuli e un quarto di colonna.

I materiali sono stati analizzati mediante analisi autoptica, minero-petrografica (microscopio digitale) e chimica (immagini iperspettrali e spettrofotometria di fluorescenza a raggi X – XRF ovvero *X-ray fluorescence*). Considerando l'elevato numero di informazioni ottenute per ogni campione, è stato realizzato un *database* nel quale inserire le specifiche dei laterizi di Massaciuccoli e i dati ricavati dalla bibliografia riguardante i contesti sopracitati. Utilizzando il *software* Microsoft Access (v. 2112 Build 16.0.14729.20224) è stata creata una banca dati – Database.accdb – composta da tre tabelle (definite anche entità) denominate rispettivamente DB\_LATERIZI, DB\_IMPASTI, DB\_TOT. La prima contiene le informazioni generali dei laterizi, la seconda le specifiche circa gli impasti dei campioni, mentre la terza racchiude le classi d'impasto identificate a Massaciuccoli e nei siti presi in considerazione. Le tabelle compongono un unico *database* relazionale (*Relational Database Management System* – RDBMS) e sono tra loro collegate sulla base di chiavi primarie e secondarie, in modo da facilitare così l'aggiunta e la modifica dei dati e l'interrogazione delle tabelle (Anichini et al., 2012, p. 2; Gattiglia, 2018, pp. 1-2).

Nella fig. 2 è possibile osservare le chiavi primarie – identificabili con l'omonimo simbolo – e le relazioni che mettono in comunicazione i *record* delle varie entità: PASTA in DB\_TOT che

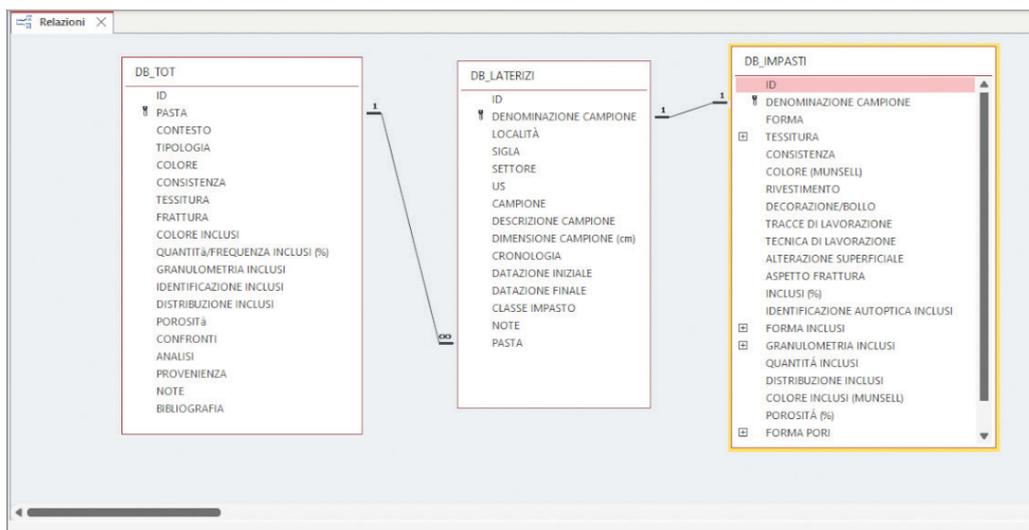


fig. 2. Relazioni tra le tre entità che compongono il *database* (immagine elaborata dall'autore).

si aggancia creando una relazione uno-a-molti con la chiave secondaria (PASTA) della tabella DB\_LATERIZI. Quest'ultima riporta nel campo DENOMINAZIONE CAMPIONE la chiave primaria che viene impiegata per creare a sua volta una relazione uno-a-uno con l'omonima colonna nell'entità relativa agli impasti.

### 3.1 DB\_LATERIZI: una tabella per il contesto

L'entità DB\_LATERIZI (tab. 1) contiene informazioni generiche riguardanti l'ubicazione dei ritrovamenti, le loro dimensioni, una breve descrizione e la cronologia a essi attribuita.

DENOMINAZIONE	TIPOLOGIA	DESCRIZIONE
ID	Campo numerico automatico ( <i>integer</i> )	Campo univoco, progressivo e identificativo del laterizio all'interno del <i>database</i>
DENOMINAZIONE CAMPIONE (chiave primaria)	Campo numerico decimale ( <i>decimal</i> )	Definisce la denominazione data ai laterizi prelevati dal magazzino della SABAP-LUMS e i campioni fotografati in situ
LOCALITÀ	Campo testuale ( <i>varchar</i> )	Individua la località in cui l'area archeologica è ubicata
SIGLA	Campo testuale ( <i>varchar</i> )	Sigla sintetica riferita all'intervento archeologico legato alla documentazione archivistica
SETTORE	Campo testuale ( <i>varchar</i> )	Identifica la porzione dell'area di scavo nella quale è stato rinvenuto il campione
US	Campo numerico ( <i>integer</i> )	Numero dell'Unità Stratigrafica dalla quale proviene il manufatto
DESCRIZIONE	Campo testuale ( <i>varchar</i> )	Identificazione della tipologia di oggetto
DIMENSIONE	Campo testuale ( <i>varchar</i> )	Misurazione della lunghezza, larghezza e spessore del laterizio; per quanto riguarda le tegole con alette conservate, sono state prese le misure anche delle suddette seguendo sempre lo stesso schema di lunghezza, larghezza e spessore
CRONOLOGIA	Campo testuale ( <i>varchar</i> )	Cronologia dell'US di appartenenza del campione espressa in secoli a.C./d.C.
DATAZIONE INIZIALE	Campo numerico ( <i>integer</i> )	Conversione numerica della cronologia
DATAZIONE FINALE	Campo numerico ( <i>integer</i> )	Conversione numerica della cronologia
PASTA (chiave secondaria)	Campo testuale ( <i>varchar</i> )	Identificazione della presumibile classe di impasto di appartenenza
NOTE	Campo testuale ( <i>varchar</i> )	Eventuali commenti o precisazioni riguardo i laterizi

tab. 1. Denominazione, tipologia e descrizione dei campi che compongono la tabella DB\_Laterizi (tabella elaborata dall'autore).

### 3.2 DB\_IMPASTI: una tabella per le specifiche degli impasti argillosi

La tabella denominata DB\_IMPASTI (tab. 2) descrive le caratteristiche fisiche, minero-petrografiche e chimiche dei reperti. Ogni campione è stato studiato singolarmente tramite l'osservazione autoptica, l'utilizzo di un microscopio digitale, di alcuni *software* (GIMP e ImageJ) per processare le foto scattate ai reperti e mediante analisi statistiche multivariate per trattare i risultati ottenuti dalle immagini iperspettrali e gli spettri XRF.

Una parte delicata del lavoro è stato il confronto sulla terminologia da utilizzare per definire gli attributi dei manufatti, rapportandosi al lessico che viene comunemente impiegato per gli impasti ceramici. In questo modo, sono stati creati dei *thesauri* aperti, contenenti le voci

da utilizzare, per facilitare la compilazione del *database*, anche in vista di future integrazioni. A livello pratico, questi vocabolari si traducono con dei menù a tendina che permettono di visualizzare, all'interno delle celle di alcuni campi, il lessico da adottare. I campi univoci sono quelli legati alla forma e alla consistenza del campione, alla tecnica di lavorazione, all'aspetto della frattura, alla distribuzione e alla quantità degli inclusi. Per definire altre caratteristiche (tessitura della superficie, forma e granulometria degli inclusi), invece, è possibile selezionare più voci tra quelle riportate, in quanto, in alcuni casi, un solo termine potrebbe non fornire una descrizione esaustiva.

DENOMINAZIONE	TIPOLOGIA	DESCRIZIONE
ID	Campo numerico automatico ( <i>integer</i> )	Campo univoco e identificativo del laterizio all'interno del <i>database</i>
DENOMINAZIONE CAMPIONE (chiave primaria)	Campo numerico decimale ( <i>decimal</i> )	Definisce la denominazione data ai laterizi prelevati dal magazzino della SABAP-LUMS e i campioni presi in considerazioni in situ
FORMA	Casella combinata ( <i>thesaurus</i> aperto di riferimento: 'FORMA')	Descrizione della tipologia di laterizio
TESSITURA	Casella combinata a scelta multipla ( <i>thesaurus</i> aperto di riferimento: 'TESSITURA')	Descrizione della superficie al tatto
CONSISTENZA	Casella combinata ( <i>thesaurus</i> aperto di riferimento: 'CONSISTENZA')	Descrizione della consistenza della superficie
COLORE	Campo testuale ( <i>varchar</i> )	Colorazione della superficie ottenuta utilizzando il <i>software</i> BabelColor CT&A
RIVESTIMENTO	Campo testuale ( <i>varchar</i> )	Descrizione, quando presente, di uno strato superficiale, differente dall'impasto, che ricopre la parte esterna o interna dell'oggetto
DECORAZIONE/ BOLLO	Campo testuale ( <i>varchar</i> )	Indicazione della presenza di una qualche tipologia di decorazione e/o bollatura
TRACCE DI LAVORAZIONE	Campo testuale ( <i>varchar</i> )	Descrizione di eventuali tracce lasciate dagli artigiani che realizzarono l'oggetto
TECNICA DI LAVORAZIONE	Casella combinata ( <i>thesaurus</i> aperto di riferimento: 'TECN_LAV')	Identificazione, quando possibile, della tecnica utilizzata per realizzare il manufatto, sulla base delle tracce di lavorazione o della bibliografia
ALTERAZIONE SUPERFICIALE	Campo testuale ( <i>varchar</i> )	Descrizione di eventuali tracce lasciate dal contesto di deposizione, dall'azione di agenti esterni naturali e/o dalla produzione
ASPETTO FRATTURA	Casella combinata ( <i>thesaurus</i> aperto di riferimento: 'FRATTURA')	Descrizione della tipologia della frattura dell'oggetto
INCLUSI (%)	Campo numerico decimale ( <i>decimal</i> )	Percentuale degli inclusi presenti all'interno del corpo ceramico calcolata tramite il <i>software</i> ImageJ
IDENTIFICAZIONE INCLUSI	Campo testuale ( <i>varchar</i> )	Descrizione degli inclusi visibili ad occhio nudo e con il microscopio digitale

tab. 2. Voci e definizione impiegati per la tabella DB\_IMPASTI (tabella elaborata dall'autore) (segue).

DENOMINAZIONE	TIPOLOGIA	DESCRIZIONE
FORMA INCLUSI	Casella combinata a scelta multipla ( <i>thesaurus</i> chiuso di riferimento: 'FORMA_INCL')	Identificabile tramite l'apposita carta dei confronti (Orton & Hughes, 2013, p. 283 e fig. A.5)
GRANULOMETRIA INCLUSI	Casella combinata a scelta multipla ( <i>thesaurus</i> aperto di riferimento: 'GRAN_INCL')	Descrizione della grandezza degli inclusi, misurata tramite l'utilizzo di un calibro e delle foto scattate al microscopio
QUANTITÀ INCLUSI	Casella combinata ( <i>thesaurus</i> chiuso di riferimento: 'QUANT_INCL')	Esprime la quantità di inclusi presenti nell'impasto
DISTRIBUZIONE INCLUSI	Casella combinata ( <i>thesaurus</i> aperto di riferimento: 'DISTRIB_INCL')	Descrizione qualitativa della distribuzione degli inclusi all'interno del corpo ceramico
COLORE INCLUSI	Campo testuale ( <i>varchar</i> )	Colorazione degli inclusi identificata tramite l'osservazione autoptica
POROSITÀ (%)	Campo numerico decimale ( <i>decimal</i> )	Percentuale di pori individuati all'interno del corpo ceramico, calcolata tramite il <i>software ImageJ</i>
ANALISI	Campo testuale ( <i>varchar</i> )	Indicazione del tipo di analisi effettuate e descrizione dei risultati ottenuti
FILE DI ANALISI	Allegato	File relativi alle analisi: dati grezzi, immagini o grafici

tab. 2. Voci e definizione impiegati per la tabella DB\_IMPASTI (tabella elaborata dall'autore).

### 3.2.1 La tessitura

Per tessitura si intende la qualità visibile e tattile della superficie, che viene descritta dopo aver effettuato una verificata al tatto. I termini che possono descrivere tale peculiarità sono (Badoni & Ruggeri Giove, 1984, p. 55; Olcese, 1993, p. 40; Orton & Hughes, 2013, pp. 75 e 277):

- Liscia: se non presenta irregolarità al tatto;
- Ruvida: se risulta essere abrasiva al tatto;
- Gessosa: se al passaggio del dito questo rimane impolverato;
- Bollosa: se sono presenti dei rigonfiamenti sparsi sulla superficie.

### 3.2.2 La consistenza

La consistenza descrive il grado di compattezza del corpo ceramico, ovvero la sua resistenza alla scalfittura. La durezza è stata determinata sulla base dei valori della scala di Mohs, o una sua semplificazione, che consiste nell'incidere la superficie con materiali progressivamente più resistenti a partire dal talco per finire con il diamante (Cuomo di Caprio, 2007, pp. 73-74; Orton & Hughes, 2013, pp. 74 e 158). Per indicare la consistenza della superficie dei laterizi, si è utilizzato il test semplificato che prevedeva l'impiego dell'unghia per 'scalfire' i campioni. La nomenclatura impiegata, dopo un confronto tra varie fonti (Badoni & Ruggeri Giove, 1984, p. 55; Orton & Hughes, 2013, pp. 74, 158 e 277; Avallone, 2013, p. 20), è la seguente:

- Molto tenera: quando viene incisa dall'unghia applicando una semplice pressione;
- Tenera: se si scalfisce per pressione o traslazione dell'unghia;
- Dura: se non si riesce a scalfire utilizzando l'unghia;
- Molto dura: se la superficie resiste nonostante l'utilizzo di un bisturi.

### 3.2.3 Il colore

Per la determinazione del colore della superficie solitamente si utilizza il pantone Munsell *Soil Color Book*, tuttavia, non avendo a disposizione il volume, si è adoperato un

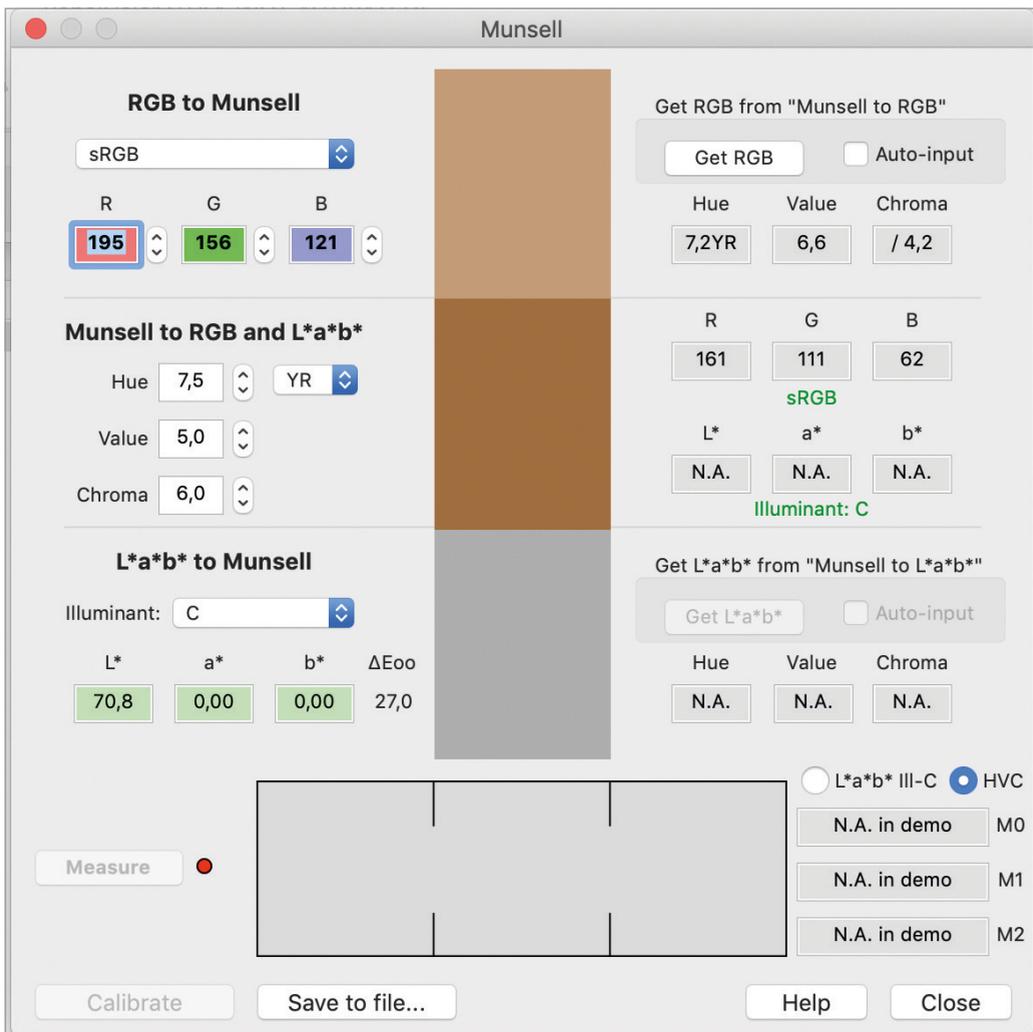


fig. 3. Schermata del *software* BabelColore CT&A con trasformazione di valori RGB (195, 156 e 121) in coordinate Munsell (Hue 7,2HR; Value 6,6; Chroma / 4,2) (immagine elaborata dall'autore).

procedimento che si serve delle fotografie digitali e di alcuni *software*. Sono state scattate le foto ai campioni, posizionando un *target standard* per il riferimento del colore, calibrandone le tonalità, mediante il *software* GIMP (gimp.org). Dopo aver caricato la foto, nella barra del menù, sotto la voce *Colori* è stata selezionata l'opzione *Livelli...* in modo da far comparire la finestra per regolare e i livelli del colore. Quindi è necessario premere sull'icona *Preleva un punto nero per tutti i canali* e andare a selezionare sull'immagine la parte relativa al colore nero del target. Tale operazione è stata eseguita anche per la calibrazione del colore bianco. Successivamente sono stati determinati i valori RGB dell'immagine e convertiti in valori Munsell mediante il programma BabelColore CT&A (<https://babelcolor.com/>). Tramite la funzione *Preleva colore* di GIMP, e premendo due volte sul riquadro *Core Pointer*, si aprirà una finestra con le informazioni sul colore. I valori RGB vanno importati nel *software* BabelColore CT&A inserendoli nella finestra Munsell, ottenendo sotto le voci *Hue*, *Value* e *Chroma* (fig. 3) i corrispettivi del pantone.

### 3.2.4 Le tracce di lavorazione

In questo campo rientrano gli elementi legati alla produzione e alle tracce per la manutenzione dell'oggetto (riparazioni e restauri). Per quanto riguarda questa voce sarà possibile selezionare più di una caratteristica, in quanto spesso è possibile osservare contemporaneamente tracce di realizzazione, di manutenzione, e segni lasciati dall'artigiano durante lo spostamento. Gli attributi di tale campo sono i seguenti (Olcese, 1993, p. 40; Shepherd, 2006, pp. 172-176; Giannichedda & Voltante, 2007, pp. 19-20):

- Segni di tornio: solitamente presenti nella parte interna degli oggetti;
- Segni di cassaforma: le trecce delle travature lignee che compongono la cassaforma si possono osservare sulla superficie interna o esterna, a ridosso delle ali, degli incassi o lateralmente. Non è raro trovare i segni del filo di resezione utilizzato per staccare l'oggetto dopo la modellazione. I segni si possono trovare su tegole e mattoni;
- Impronte digitali: di vario genere, spesso si notano sulla superficie esterna dei coppi che venivano lisciati passandoci una mano bagnata, per questo motivo troviamo tracce irregolari a ventaglio o solcature longitudinali;
- Macchie;
- Fenditure;
- Abrasioni;
- Rivestimenti applicati da utilizzatori: pece, cera, gesso;
- Manutenzione:
  - Asporto;
  - Foratura;
  - Cucitura;
  - Presenza di perni o chiodi;
  - Legature.

### 3.2.5 La tecnica di lavorazione

La tecnica di lavorazione è direttamente collegata alle tracce di lavorazione ed è utile per comprendere meglio i processi iniziali che hanno dato origine al manufatto in questione. Possiamo usufruire dei seguenti attributi per completare il campo (Badoni & Ruggeri Giove, 1984, p. 86; Shepherd, 2006c, pp. 174-183; Cuomo di Caprio, 2007, pp. 166-170; Levi & Ventuani, 2010, pp. 79-81):

- Incavo: lavorazione a mano svuotando la parte interna di un impasto argilloso, si noteranno abbondanti tracce digitali;
- Stampo: la forma del recipiente si ottiene comprimendo una massa argillosa su una matrice in ceramica, legno o cuoio;
- A colombino: l'argilla viene assottigliata formando dei cordoncini (o colombini) poi sovrapposti l'uno sull'altro e saldati insieme operando una pressione manuale;
- Sfoggia: il vasaio appiattisce l'argilla con la mano e poi la spiana con un bastone fino a ottenere lo spessore voluto. Il vaso si modella a partire da lastre o blocchetti argillosi che vengono saldati insieme mediante una forte pressione;
- Percussione e incudine: le pareti vengono assottigliate dal vasaio tenendo nella superficie interna una pietra e percuotendo la superficie esterna con uno strumento rigido. Spesso tale tecnica viene applicata in seguito a processi di foggatura più grossolani quali l'incavo;
- Tornio: tecnica che sfrutta la forza centripeta generata da un tornio (lento o veloce) e permette di modellare una massa argillosa muovendo le mani;
- Cassaforma: tecnica precedentemente descritta che fa uso di una cassaforma lignea per la produzione di laterizi;
- Elemento convesso: tecnica utilizzata per la realizzazione dei coppi che si serve di un oggetto dal profilo convesso su cui viene adagiato l'impasto argilloso;
- Non identificato: quando non ci sono abbastanza elementi per definire la tecnica di realizzazione di un oggetto.

### 3.2.6 L'aspetto della frattura

Solitamente, per avere una visione più chiara della struttura dell'impasto, si creano, tramite bisturi o altri strumenti, nuove fratture, così da poterne osservare nitidamente la compagine. La rottura del materiale permette di determinare anche la qualità dell'argilla in base alla quantità e alle dimensioni degli inclusi (Badoni & Ruggeri Giove, 1984, p. 54; Olcese, 1993, p. 41; Levi & Ventuani, 2010, pp. 42-43; Orton & Hughes, 2013, pp. 74, 155 e 278; Whitbread, 2018, p. 204). Possiamo, quindi, avere le seguenti tipologie di fratture:

- **Netta:** quando non sono presenti irregolarità e la frattura risulta essere piatta o leggermente ricurva;
- **Fluidale:** quando la struttura sembra essere formata da vari strati sovrapposti ondulati con irregolarità angolari, definita anche *hackly* richiamando l'aspetto dei peli sul dorso di un cane;
- **Lamellare:** tipologia di frattura irregolare che sembra essere composta da scaglie che creano l'effetto 'a gradini';
- **Granulare:** quando si ha una struttura che sembra essere formata da grani ravvicinati;
- **Concoidale:** quando sono presenti segni di increspature. Potrebbero essere assimilate alle fratture che si osservano sulla selce, sull'ossidiana o sul vetro. Tale caratteristica è tipica degli oggetti cotti a temperature molto elevate.

### 3.2.7 La percentuale degli inclusi

Per il computo della quantità di inclusi si utilizza il *software open-source* di elaborazione digitale delle immagini ImageJ (<https://imagej.nih.gov/ij/index.html> v.1.53a). Le fotografie vanno ritagliate in modo che sia presente solamente la frattura e non parti dello sfondo o delle superficie dell'oggetto, in quanto falserebbero il calcolo dei clasti. È necessario impostare la tipologia di risultati che si vuole ottenere seguendo il percorso *Analyze* → *Set Measurements* e spuntando le caselle di *Area*, *Area fraction* e *Display label*, comandando così al programma di fornire, come responso, le misurazioni della percentuale di area, che andremo a selezionare. Per prima cosa si converte l'immagine in modo che possa essere analizzata dal programma eseguendo i comandi *Image* → *Type* → *RGB Color*. Per selezionare l'area di pertinenza si utilizza la funzione *Threshold Color* che si trova in *Image* → *Adjust*, comparirà in questo modo una finestra con tre spettri (*Hue*, *Saturation* e *Brightness*) il primo legato alle tonalità dei colori, il secondo e il terzo indicanti rispettivamente la saturazione e la luminosità. Al di sotto di ogni spettro sono presenti due cursori il cui movimento permette di evidenziare parti differenti dell'immagine. Tramite questi tre parametri è possibile selezionare tutti gli inclusi presenti all'interno del corpo ceramico per poi far calcolare al *software* la percentuale dell'area dell'immagine occupata. Nella barra del menù alla voce *Analyze* si trova la funzione *Measure* che calcola i parametri precedentemente impostati sotto la voce *%Area* (fig. 4).

Questa tecnica può essere impiegata anche per calcolare la percentuale di porosità di un corpo argilloso.

### 3.2.8 L'identificazione degli inclusi

Sebbene per il completamento di questo campo non siano stati creati dei *thesauri*, risulta interessante illustrare la metodologia impiegata per la determinazione degli inclusi. Anche in questo caso, non sono stati impiegati metodi distruttivi ma è stato sufficiente disporre di un microscopio digitale. Mediante tale strumento è stato possibile scattare delle fotografie, che hanno permesso di osservare i clasti con una buona risoluzione, poi comparate con il manuale redatto dalla dott.ssa Druc (2015) nel quale sono presenti descrizioni e illustrazioni delle principali tipologie di inclusi riscontrabili all'interno dei corpi ceramici.

### 3.2.9 La forma degli inclusi

Una caratteristica per descrivere le tipologie di inclusi è considerarne la forma e, per farlo, si adoperano delle carte di confronto visivo, anche dette tavole comparative (Orton & Hughes, 2013, p. 282). Queste tabelle contengono delle figure che schematicamente descrivono due

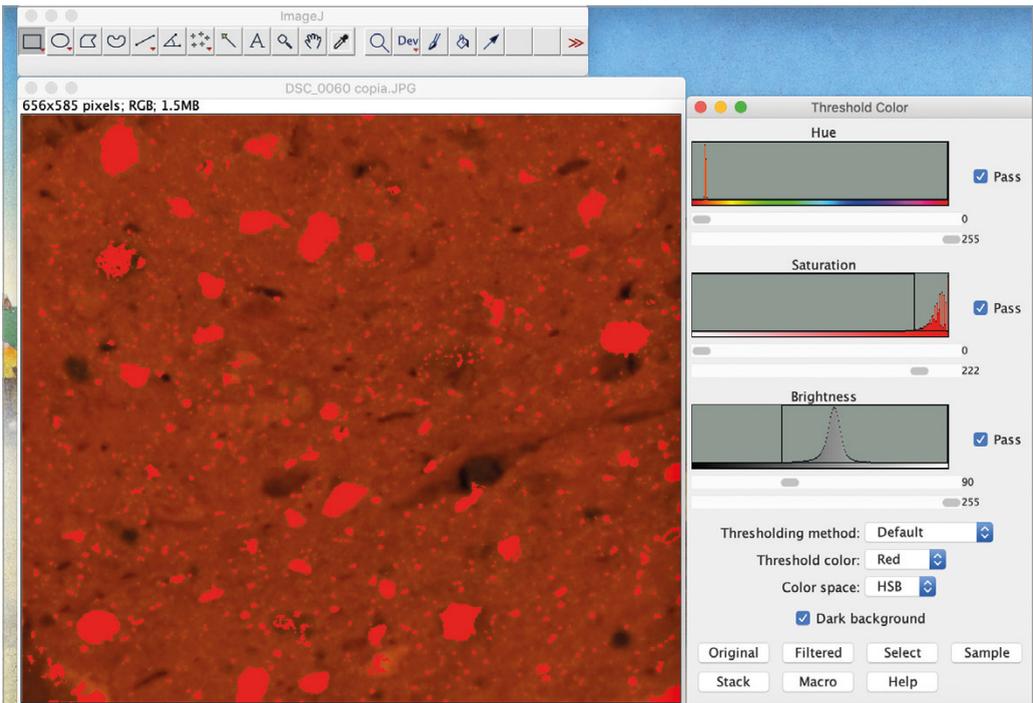


fig. 4. Selezione degli inclusi presenti all'interno dell'impasto mediante la funzione *Threshold Color* (immagine elaborata dall'autore).

parametri: l'arrotondamento, riferito all'acutezza dei bordi, e la sfericità, legata ai rapporti tra gli assi (Cuomo di Caprio, 2007, pp. 599-601; Levi & Ventuani, 2010, pp. 42-43; Avallone, 2013, p. 20);

L'arrotondamento è definito dalle voci:

- Molto arrotondato;
- Arrotondato: forma convessa priva di angoli;
- Sub-arrotondato;
- Sub-angolare: forma convessa dagli spigoli arrotondati;
- Angolare: forma convessa dagli spigoli vivi;
- Molto angolare.

La sfericità si compone dei seguenti attributi, che hanno come estremi i termini molto allungato (indicante un rapporto tra gli assi in cui uno è di molto maggiore all'altro) e sferico (i due assi hanno le stesse dimensioni):

- Molto allungato;
- Allungato;
- Sub-allungato;
- Sub-sferico;
- Sferico.

### 3.2.10 La granulometria degli inclusi

Per definire la granulometria dei clasti bisogna munirsi di un calibro e misurare gli inclusi presenti all'interno del corpo ceramico dell'oggetto. Gli attributi mediante i quali è possibile descrivere la granulometria dei clasti sono (Badoni & Ruggeri Giove, 1984 p. 55; Olcese, 1993, p. 41; Orton & Hughes, 2013, p. 281; Avallone, 2013, p. 21):

- Molto fini: quando hanno dimensioni inferiori a 0,1mm;

- Fini: quando le loro dimensioni vanno da 0,1mm a 0,25mm;
- Medi: quando si collocano tra i 0,25mm e 0,5mm;
- Grandi: quando si collocano in un intervallo di 0,5mm e il millimetro;
- Molto grandi: quando superano il millimetro di grandezza.

### 3.2.11 La quantità degli inclusi

Per descrivere la quantità di inclusi presenti all'interno del corpo ceramico è possibile utilizzare un lessico base, quando si è impossibilitati a calcolarne la percentuale. Per fare ciò è possibile servirsi di un'altra tavola comparativa in cui sono presenti le seguenti terminologie relative a un certo intervallo quantitativo (Cuomo di Caprio, 2007, pp. 599-600):

- Molto scarsa: quando c'è una percentuale di inclusi inferiore al 5%;
- Scarsa: se gli inclusi occupano una superficie che va dal 5 al 10%;
- Media: se il 10-20% della superficie del corpo ceramico è occupata a inclusi;
- Abbondante: quando gli inclusi vanno da una percentuale di 20 a 40%;
- Molto abbondante: quando gli inclusi superano il 40% della superficie del corpo argilloso.

### 3.2.12 La distribuzione degli inclusi

Oltre alla granulometria, risulta utile analizzare anche la distribuzione degli inclusi rispetto al corpo argilloso. In questo modo possiamo avere inclusi disposti in modo (Olcese, 1993, p. 41):

- Regolare;
- Irregolare;
- Orientata: legata a qualche particolare necessità o attività produttiva, un esempio è la distribuzione degli inclusi secondo la direzione della rotazione del tornio.

### 3.2.13 Analisi e allegati

All'interno del campo analisi viene indicata la tipologia di analisi effettuate e i risultati rilevati mediante tali tecniche. A questo campo si lega quello degli allegati nel quale si possono inserire qualsiasi tipo di file, siano essi dati grezzi, grafici, spettri o immagini volte a esplicitare i risultati ottenuti.

## 3.3 DB\_TOT: una tabella per il tutto

L'entità relativa ai corpi ceramici (DB\_TOT – tab. 3) riassume le caratteristiche che definiscono le varie classi d'impasto identificate dallo studio dei laterizi di Massaciuccoli e quelle riconosciute nei contesti per i quali è stato consultato il materiale edito (Ca' Lo Spelli, Casa Campacci, La Mazzanta, Isola di Migliarino, Poggio Fiori, Vallin Buio, Coltano e Pisa: Piazza dell'Arcivescovado e Piazza Dante). Si è cercato di normalizzare la terminologia utilizzata negli studi, tuttavia, in alcuni casi, considerando la vasta documentazione bibliografica consultata, non è stato possibile uniformare il lessico impiegato dagli autori con quello qui presentato.

Per quanto riguarda le indagini minero-petrografiche, chimiche e fisiche, è stato inserito un campo relativo alla tipologia di analisi effettuate sui campioni e, conseguentemente, un secondo che ne descrive i risultati indicando i fattori determinanti per la deduzione di un dato impasto ceramico.

DENOMINAZIONE	TIPOLOGIA	DESCRIZIONE
ID	Campo numerico automatico ( <i>integer</i> )	Campo univoco e identificativo del laterizio all'interno del <i>database</i>
PASTA (chiave primaria)	Campo alfa numerico decimale ( <i>varchar</i> )	Definisce la denominazione data agli impasti ceramici ed è composta dal nome del sito di provenienza degli oggetti seguito da un numero
LOCALITÀ	Campo testuale ( <i>varchar</i> )	Individua il contesto nel quale sono stati rinvenuti i reperti

tab. 3. Illustrazione dei campi della tabella DB\_TOT (tabella elaborata dall'autore) (segue).

DENOMINAZIONE	TIPOLOGIA	DESCRIZIONE
TIPOLOGIA	Campo testuale ( <i>varchar</i> )	Descrizione della tipologia di laterizio
COLORE	Campo testuale ( <i>varchar</i> )	Colorazione della superficie
CONSISTENZA	Campo testuale ( <i>varchar</i> )	Descrizione della consistenza della superficie
TESSITURA	Campo testuale ( <i>varchar</i> )	Descrizione della superficie al tatto
FRATTURA	Campo testuale ( <i>varchar</i> )	Descrizione della tipologia della frattura dell'oggetto
COLORE INCLUSI	Campo testuale ( <i>varchar</i> )	Colorazione degli inclusi
QUANTITÀ/ FREQUENZA INCLUSI (%)	Campo testuale ( <i>varchar</i> )	Frequenza degli inclusi presenti all'interno del corpo argilloso espressa mediante percentuale e/o descrizione testuale
GRANULOMETRIA INCLUSI	Campo testuale ( <i>varchar</i> )	Descrizione della grandezza degli inclusi
IDENTIFICAZIONE INCLUSI	Campo testuale ( <i>varchar</i> )	Tipologia di inclusi presenti all'interno del corpo ceramico del manufatto
FORMA INCLUSI	Campo testuale ( <i>varchar</i> )	Identificabile tramite l'apposita carta dei confronti
DISTRIBUZIONE INCLUSI	Campo testuale ( <i>varchar</i> )	Definisce la distribuzione degli inclusi all'interno del corpo argilloso
POROSITÀ (%)	Campo testuale ( <i>varchar</i> )	Descrizione della quantità di pori individuati all'interno del corpo argilloso; questa caratteristica può essere espressa con una percentuale e/o mediante definizioni testuali
CONFRONTI	Campo testuale ( <i>varchar</i> )	Segnalazione di parallelismi con altre classi d'impasto
TIPOLOGIA DI ANALISI	Campo testuale ( <i>varchar</i> )	Elenco delle tipologie di analisi effettuate sugli impasti ceramici
RISULTATI ANALISI	Campo testuale ( <i>varchar</i> )	Descrizione riassuntiva dei risultati ottenuti sui campioni che hanno permesso di individuare una determinata classe d'impasto
PROVENIENZA	Campo testuale ( <i>varchar</i> )	Provenienza della/e argilla/e impiegate per la realizzazione di un manufatto; nel caso non sia verificata l'origine viene indicata l'incertezza o il ventaglio di possibili luoghi dai quali si presume la materia prima sia stata cavata
NOTE	Campo testuale ( <i>varchar</i> )	Varie considerazioni, appunti, dettagli riguardanti un impasto ceramico
BIBLIOGRAFIA	Campo testuale ( <i>varchar</i> )	Pubblicazioni dalle quali sono state estrapolate le informazioni riportate

tab. 3. Illustrazione dei campi della tabella DB\_TOT (tabella elaborata dall'autore).

#### 4. Discussione

All'interno del *database* sono presenti un totale di 76 classi d'impasto individuate nell'*ager Pisanus*. Le tabelle dei singoli laterizi sono composte da 61 *record* determinati dal numero di campioni provenienti da Massaciuccoli, comprendenti sia quelli analizzati *in situ* sia quelli prelevati dal magazzino. Grazie alle informazioni contenute nella banca dati, è possibile effettuare delle *query* ottenendo risultati che permettono di comprenderne il funzionamento, la struttura e le potenzialità. Andando a ricercare gli impasti ceramici con all'interno caratteristiche specifiche possiamo scoprire in quali impasti è presente un dato clasto o un insieme di inclusi.

Per lo studio dell'origine delle materie prime impiegate nella realizzazione degli impasti ceramici di Massaciuccoli, la banca dati risulta essere un ottimo strumento d'indagine. Se

si intende ricercare quali corpi ceramici contengono clasti di selce, si otterranno 17 *record* provenienti da diversi siti (tab. 4). È possibile notare come l'origine delle argille impiegate si suddivide in tre macro-aree: una prima zona compresa tra l'*ager Pisanus* meridionale e la Campania, una seconda legata al bacino dell'Arno e una terza relativa al bacino del Serchio.

Per gli impasti ceramici di origine livornese e campana si segnalano quelli individuati a Ca' Lo Spelli (Menchelli et al., 2007, pp. 471-473; Picchi et al., 2010, pp. 292-294), tuttavia ci sono alcuni indizi che portano a escludere una simile origine delle materie prime per i laterizi di Massaciuccoli. Un fattore distintivo tra i reperti è dato dalla loro tipologia: i materiali dell'area livornese sono ceramiche da mensa e da dispensa e non laterizi come nel caso di Massaciuccoli. Tale dato non va certo ritenuto secondario, in quanto per la realizzazione di queste classi ceramiche, si necessita di un'accurata scelta della materia prima che dovrà poi essere depurata e trattata con degrassanti per raggiungere definiti standard qualitativi. Un ulteriore segnale che non permette di accostare i materiali di Massaciuccoli a quelli di Ca' Lo Spelli è la presenza di sabbie marine legate ad ambienti pliocenici che non si riscontrano nei materiali prelevati da Il Cantiere. Un'eventuale origine livornese potrebbe essere esclusa anche considerando i laterizi rinvenuti a La Mazzanta (Cherubini & Del Rio, 1994, p. 218; 1995, pp. 362-367), distinguibili per la presenza del gabbro, roccia metamorfica caratteristica degli affioramenti vulcanici delle colline livornesi (Menchelli, 2018, pp. 63-64), che non è stata individuata nei campioni di Massaciuccoli.

Per quanto riguarda le produzioni che impiegano le argille del Serchio e dell'Arno, appare difficile scindere i due bacini di approvvigionamento senza aver effettuato analisi petrografiche specifiche, tuttavia, si possono avanzare alcune ipotesi interpretative. Per le classi d'impasto dei laterizi individuate a Coltano (Menchelli, 1986, pp. 125-127) è stato ipotizzato che siano state impiegate le argille dell'Arno. Per la terra sigillata da Isola di Migliarino (Menchelli & Vaggioli, 1988a, pp. 147-148; 1988b, pp. 511-512), invece, è appurato l'utilizzo di quelle del Serchio (Menchelli, 2018, p. 59), mentre per i laterizi è plausibile lo sfruttamento di quelle dell'antico *Auser/Auserculus* o quelle dell'Arno. Effettuando una ricerca geologica sui tipi litologici presenti in tali zone, si nota che la selce è attestata nei Monti Pisani e nei Monti d'Oltre Serchio, rilievi interessati dal passaggio del Serchio, mentre non è presente nella bassa valle dell'Arno (Carosi et al., 2016, pp. 33, 46-47). Questo dato permette di presupporre che la selce sia un clasto trasportato naturalmente solamente dal corso del *Auser/Auserculus*. Lo studio delle provenienze delle materie prime usate in antico è un'indagine alquanto complessa nella quale numerose sono le varianti che interagiscono e che devono essere considerate, *in primis* l'impiego di varie tipologie di argille e l'aggiunta di degrassanti per ottenere un corpo ceramico con specifiche caratteristiche. Alla luce di tali considerazioni ed escludendo eventuali miscele di argille, potremmo ipotizzare, per i gruppi d'impasto individuati a Massaciuccoli contenenti selce, un'argilla proveniente dalla piana alluvionale dell'antico *Auser/Auserculus*.

## 5. Conclusioni e futuri sviluppi

La metodologia descritta in questo contributo risulta essere molto efficace per una preliminare definizione di classi d'impasto che può essere effettuata sia in laboratorio che sul campo. La portabilità degli strumenti e l'assenza della preparazione del campione permettono la creazione di un laboratorio archeometrico direttamente *in situ* che, grazie alla rapidità di acquisizione ed elaborazione dei dati, risulta essere un pratico strumento di classificazione dei reperti. Inoltre, la possibilità di inserire in forma testuale e di allegare i file relativi alle misurazioni all'interno del *database* permette di ricercare una caratteristica specifica dei campioni e di prendere visione di eventuali spettri o effettuare analisi statistiche multivariate.

Il *database* realizzato presenta diverse strategie alternative per la descrizione di alcuni campi legati alle caratteristiche fisiche degli impasti. Il calcolo della percentuale degli inclusi e della porosità mediante ImageJ, la determinazione del colore dell'impasto tramite BabelColor CT&A e la tipologia dei clasti mediante microscopio digitale sono metodi per definire alcuni tratti

ID PASTA	TIPOLOGIA COLORE	IDENTIFICAZIONE INCLUSI	TIPOLOGIA ANALISI	RISULTATI ANALISI	PROVENIENZA
1	Massaciuccoli 1.1 Laterizi Beige	Quarzo, calcare, chamotte, inclusi scuri, selce (?)	Microscopio digitale, HSI e XRF-EDS	Componente di ferro (Ka: ca. 13000-16000 Counts (10 <sup>^</sup> 3)) e picco rilevante di calcio (Ka: ca. 9500-10000 Counts (10 <sup>^</sup> 3))	Fiume Serchio, fiume Arno, entroterra livornese
3	Massaciuccoli 2 Laterizi Arancione	Quarzo, calcare, chamotte, miche, inclusi scuri (biotite?), selce (?), carbone/pirosseno (?)	Microscopio digitale, HSI e XRF-EDS	Picco di ferro (Ka: ca. 22000-25000 Counts (10 <sup>^</sup> 3)) e di calcio (Ka: ca. 7500-8300 Counts (10 <sup>^</sup> 3))	Fiume Serchio, fiume Arno, entroterra livornese
9	Coltano 1 Laterizi Beige-rosato	Quarzo, plagioclasio, areniti, siltite anche quarziticche, diabasa (da ofioliti), roccia vulcanica, selce	Analisi petrografiche	Argilla siltosa con abbondanti inclusi di sabbia da fine a grossolana. Frammenti di diabase (da ofioliti)	Bacino dell'Arno
18	Coltano 9 Laterizi Beige	Quarzo, ortoclasio, plagioclasio, areniti, siltiti anche quarziticche, selce, roccia vulcanica	Analisi petrografiche	Argilla siltosa con sporadici elementi di sabbia finissima e medio-grossa. Sono presenti anche diabasi	Bacino dell'Arno
20	Coltano 11 Laterizi Beige-giallastro	Quarzo, ortoclasio, microclino, plagioclasio, areniti, siltiti anche quarziticche, selce	Analisi petrografiche	Argilla siltosa con frammenti inclusi di sabbia fino alla grossa; molti feldspati e plagioclas	Bacino dell'Arno
21	Coltano 12 Laterizi Rosa	Quarzo, ortoclasio, plagioclasio, areniti, siltiti anche quarziticche, selce	Analisi petrografiche	Silt argilloso con scarsi inclusi di sabbia, anche grossa; un frammento litico arenaceo con foraminiferi	Bacino dell'Arno
47	Migliarino 2 Laterizi Rosa	Quarzo, ortoclasio, plagioclasio, biotite, clorite, areniti, siltiti anche quarziticche, roccia vulcanica, selce	Analisi petrografiche	Pasta silt-argillosa, micacea, con scarsi inclusi di sabbia medio-fine, a scarso arrotondamento	Bacino dell'Arno
54	Migliarino 9 Laterizi Beige	Quarzo, microclino, plagioclasio, areniti, siltiti anche quarziticche, selce, frammenti di roccia vulcanica	Analisi petrografiche	Argilla siltosa con sporadici elementi di sabbia finissima e medio-grossa. Sono presenti anche diabasi	Bacino dell'Arno/ Serchio
55	Migliarino 10 Laterizi Beige-giallastro	Quarzo, ortoclasio, microclino, plagioclasio, areniti, siltiti anche quarziticche, selce	Analisi petrografiche	Argilla siltosa con frequenti inclusi di sabbia fino alla grossa, molti feldspati e plagioclas	Bacino dell'Arno/ Serchio
56	Migliarino 11 Laterizi Rosa	Quarzo, ortoclasio, plagioclasio, areniti, siltiti anche quarziticche, selce	Analisi petrografiche	Silt argilloso con scarsi inclusi di sabbia, anche grossa; un frammento litico arenaceo con foraminiferi	Bacino dell'Arno/ Serchio

tab. 4. Risultati della query con gli impasti ceramici che presentano al loro interno della selce (tabella elaborata dall'autore) (segue).

ID PASTA	TIPOLOGIA COLORE	IDENTIFICAZIONE INCLUSI	TIPOLOGIA ANALISI	RISULTATI ANALISI	PROVENIENZA
59 Ca' Lo Spelli 1	Ceramica da mensa e dispensa	Quarzo, feldspati, fossili, calcare, argilloscisti, areniti, quarzoscisti, quarzomicascisti, micascisti, selci, basalti	Sezioni sottili	Scheletro sabbioso; matrice carbonatica con fossili e rare miche; grande variabilità nel rapporto Fe/Ca. Presenza di sabbie legate ad ambienti marini pliocenici e ritrovabili nei territori circostanti la fornace potrebbe indicare una produzione locale.	<i>Ager Pisanus</i> meridionale
60 Ca' Lo Spelli 2	Ceramica da mensa e dispensa	Quarzo, feldspati, fossili, selci, calcari, gneiss	Sezioni sottili	Scheletro sabbioso abbondante; matrice carbonatica; grande variabilità nel rapporto Fe/Ca. Presenza di sabbie legate ad ambienti marini pliocenici e ritrovabili nei territori circostanti la fornace potrebbe indicare una produzione locale.	<i>Ager Pisanus</i> meridionale
61 Ca' Lo Spelli 3	Ceramica da mensa e dispensa	Quarzo, feldspati, fossili, selci, calcari, gneiss	Sezioni sottili	Matrice carbonatica sintetizzata; grande variabilità nel rapporto Fe/Ca.	<i>Ager Pisanus</i> meridionale/ Campania
64 Ca' Lo Spelli 6	Ceramica da mensa e dispensa	Quarzo, feldspati, miche, quarzoscisti, argilliti, areniti, selci, fossili	Sezioni sottili	Matrice ferrica-carbonatica, ossidata e vetrificata; grande variabilità nel rapporto Fe/Ca.	<i>Ager Pisanus</i> meridionale/ Campania
65 Ca' Lo Spelli 7	Ceramica da mensa e dispensa	Quarzo, feldspati, microfossili, calcari, quarzo-microscisti e selci	Sezioni sottili	Matrice carbonatica-ferrica, vetrificata; probabilmente aggiunta componente a matrice argillosa; grande variabilità nel rapporto Fe/Ca.	<i>Ager Pisanus</i> meridionale/ Campania
74 La Mazzanta 2	Laterizi	Gabbri, quarzo, selce	Analisi mineropetrografiche	Argilla derivante da terre alluvionali, carbonati di calcio	Argille derivante da terre alluvionali, forse locali
77 Migliarino 16	Terra sigillata	Quarzo, feldspati, quarzite, scisti cristallini, calcari, siltiti, diaspri, selce, porfiriodi, diabase	Analisi chimiche	Matrice argillosa ricca di clasti, che per composizione sembra indicare un deposito costiero di materiali provenienti dalle Apuane, dovuto maggiormente al Serchio che all'Arno.	Bacino del Serchio

tab. 4. Risultati della *query* con gli impasti ceramici che presentano al loro interno della selce (tabella elaborata dall'autore).

tipici dei corpi argillosi in modo oggettivo e univoco. L'inserimento del *record* archeologico è facilitato dalla presenza dei *thesauri* che permettono di mantenere una nomenclatura univoca le cui definizioni sono ben esplicitate. Inoltre, la possibilità di descrivere ogni peculiarità della superficie e del corpo ceramico risulta essere importante per lo studio dei processi produttivi dei manufatti in quanto permette di comparare ogni caratteristica dei campioni. Tale aspetto è fondamentale per l'individuazione di gruppi d'impasto ceramico e per agevolare studi geologici volti alla determinazione dei luoghi di cavatura dell'argilla impiegata per la loro produzione.

Un ulteriore vantaggio è legato alla selezione dei campioni da sottoporre ad analisi invasive: la suddivisione in corpi ceramici permette di prelevare oggetti maggiormente rappresentativi su cui eseguire analisi distruttive evitando di svolgere indagini, spesso distruttive e costose, su oggetti dalla medesima composizione.

L'intenzionale genericità dei campi presenti nella tabella DB\_LATERIZI ne consente l'applicazione anche ad altri reperti ceramici quali il vasellame e le decorazioni fittili. In previsione di questi potenziali utilizzi dell'entità DB\_IMPASTI sono stati inseriti dei campi relativi ad alcune caratteristiche – rivestimento e decorazione – proprie dei contenitori ceramici e aliene ai laterizi. Il multiplo utilizzo di questo *database* è possibile in quanto i corpi ceramici vengono descritti sulla base delle medesime caratteristiche, come si evince dalle fonti impiegate per la realizzazione dei *thesauri*.

Complessivamente, le potenzialità del *database* sono elevate, ma rimarranno inespresse se non verrà condiviso con altri studiosi. Solamente la costante implementazione con nuovi dati accessibili e interrogabili da tutti permetterebbe di ottenere risultati sempre più interessanti in quanto solo così sarebbe possibile confrontare un numero sempre maggiore di classi d'impasto, provenienti da varie località.

## 6. Ringraziamenti

Si ringrazia il distributore italiano QuantumDesign Europe e la ditta SPECIM che, per un periodo di prova, hanno fornito la macchina iperspettrale IQ con la quale sono state effettuate le analisi sui laterizi in laboratorio e in situ. Inoltre, vorrei sinceramente ringraziare la dott.ssa Claudia Sciuto che ha seguito da vicino l'intero percorso di tesi che ha portato anche alla pubblicazione di questo contributo.

## Bibliografia

- Anichini, F. (2012). *Massaciuccoli romana. La campagna di scavo 2011-2012. I dati della ricerca*. Edizioni Nuova Cultura.
- Avallone, S. (2013). *Analisi funzionale e contestualizzazione della ceramica in argilla grezza. Modalità di preparazione e di cottura degli alimenti dell'area flegrea tra età Orientalizzante e l'età Ellenistica* [Unpublished doctoral dissertation]. Università degli Studi di Napoli Federico II.
- Badoni, F. P., & Ruggieri Giove, M. (1984). *Norme per la redazione della scheda del saggio stratigrafico*. Multigrafica Editrice.
- Cherubini, L., & Del Rio, A. (1994). Le produzioni ceramica della bassa valle del Fine e del Cecina. In G. Olcese (Ed.) *Archeometria e ceramica romana* (pp. 217-223). All'insegna del Giglio.
- Cherubini, L., & Del Rio, A. (1995). Appunti su fabbriche del territorio pisano e volterrano. *Annali della Scuola Normale Superiore di Pisa. Classe di Lettere e Filosofia, Serie III, 25(1/2)*, 351-388.
- Cherubini, L., Del Rio, A., & Menchelli S. (2005). Paesaggi della produzione: attività agricole e manifatturiere nel territorio pisano-volterrano in età romana. In S. Menchelli & M. Pasquinucci (Eds.), *Territorio e produzioni ceramiche, paesaggi, economia e società in età romana* (pp. 69-76). Edizioni Plus.
- Chinn, E. R. (2002). *Ceramography. Preparation and Analysis of Ceramic Microstructures*. Amer Ceramic Society.
- Cuomo Di Caprio, N. (2007). *Ceramica in archeologia 2. Antiche tecniche di lavorazione e moderni metodi di indagine*. L'erma di Bretschneider.
- Druc, I. C. (2015). *Atlas of Ceramic Pastes. Components, texture and technology*. Deep University Press.
- Ducci, S., Carrera, F., & Pasini, D. (2007). Collesalveti (LI). La seconda campagna di scavo in località Guasticce – Ca' Lo Spelli. *Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana, 3*, 341-345.

- Esposito, A. M. (1992). Presenze etrusche nel territorio livornese. In M. Andreo, M. Taddeo, M. Paoletti (Eds.), *Atti I seminario storia del territorio livornese, Livorno, 27 ottobre 1990* (pp. 23-28). Provincia di Livorno Assessorato alla Cultura.
- Gattiglia, G. (2018). Databases in Archaeology. In S. L. López Varela (Ed.), *The Encyclopedia of Archaeological Sciences* (pp. 1-4). Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781119188230.saseas0147>
- Genovesi, S. (2014). Nuovi bolli laterizi da Portus Pisanus e dal suo retroterra. Produzione e commercializzazione dei laterizi nell'ager Pisanus tra la metà del I secolo a.C. ed il I secolo d.C. *Rassegna di Archeologia*, 24(B), 45-85.
- Giannichedda, E., & Voltante, N. (2007). Materiali e tecniche di lavorazione. In AA.VV. (Eds.), *Introduzione allo studio della ceramica in archeologia* (pp. 3-32). Centro Editoriale Toscano Sas.
- Levi, S. T., & Ventuani, P. (2010). *Dal coccio al vasaio. Manifattura, tecnologia e classificazione della ceramica*. Zanichelli.
- Menchelli, S. (1986). I materiali. In R. Mazzanti, R. Grifoni Cremonesi, M. Pasquinucci, & A.M. Quaglia (Eds.), *Terre e Paduli. Reperti documenti immagini per la storia di Coltano* (pp. 125-180). Bandecchi & Vivaldi.
- Menchelli, S. (2018). Pisa e la ceramica in età romana e tardoantica: le produzioni locali e le importazioni. In M. Baldassarri (Ed.), *Pisa città della ceramica: mille anni di economica e d'arte, dalle importazioni mediterranee alle creazioni contemporanee* (pp. 59-68). Pacini.
- Menchelli, S., & Vaggioli, M. A. (1988a). Isola di Migliarino: i materiali. In M. Pasquinucci (Ed.), *Il fiume, la campagna, il mare. Reperti, documenti, immagini per la storia di Vecchiano* (pp. 147-149). Bandecchi & Vivaldi.
- Menchelli, S., & Vaggioli, M. A. (1988b). Ricerche archeologico-topografiche nell'ager Pisanus settentrionale: il sito costiero di Isola di Migliarino. *Studi Classici e Orientali*, 37, 495-520.
- Menchelli, S., Capelli, C., Del Rio, A., Pasquinucci, M., Thirion-Merle, V., & Picon, M. (2001). Ateliers de céramiques sigillées de l'Étrurie septentrionale maritime: données archéologiques et archéométriques. *Rei Cretariae Romanae Favtorvm Acta*, 37, 89-105.
- Menchelli, S., Capelli, C., Pasquinucci, M., Picchi, G., Cabella, R., & Piazza, M. (2007). Nuove scoperte d'ateliers di anfore repubblicane nell'Etruria settentrionale costiera. In F. Olmer (Ed.), *Itinéraires des vins romains en Gaule III<sup>e</sup>-I<sup>er</sup> siècles avant J.-C. Confrontation de faciès. Atti della conferenza europea organizzata da UMR 5140 del CNRS Lattes, 30 gennaio – febbraio 2007* (pp. 271-478). UMR 5140 du CNRS.
- Olcese, G. (1993). Il contributo delle analisi di laboratorio allo studio e alla classificazione della ceramica in archeologia. In AA.VV. (Eds.), *Archeometria della ceramica: problemi di metodo, atti 8° SIMCER, Simposio Internazionale della ceramica, Rimini, 10-12 novembre 1992* (pp. 35-53). Ed. Int. Centro Ceramico Bologna.
- Olcese, G. (2012). *Atlante dei siti di produzione ceramica (Toscana, Lazio, Campania e Sicilia): con tabelle dei principali relitti del Mediterraneo*. Quasar Editore.
- Orton, C., & Hughes, M. (2013). *Pottery in Archaeology*. Cambridge University Press.
- Otera, M. C. (2011). *Indagine sull'opus doliare nell'ager Pisanus* [Unpublished master dissertation]. Università di Pisa.
- Pasquinucci, M. (2003). Aspetti del popolamento costiero nel territorio livornese. In M. Taddei, G. Messeri, & L. Cauli (Eds.), *Archeologia e territorio livornese. Atti II seminario Livorno 1997/1998* (pp. 44-50). Debate.
- Pasquinucci, M., Leone, N., & Menchelli, S. (2008). Paesaggi antichi nella Valdera: Etruschi e Romani in località Le Melorie di Ponsacco (PI). In G. Ciampoltrini (Ed.), *La Valdera romana fra Pisa e Volterra. L'area archeologica di Santa Mustiola (Colle Mustarola) di Peccioli. Atti dell'Incontro di Studio del 13 maggio 2006* (pp. 41-74). Pacini.
- Pasquinucci, M., & Menchelli, S. (Eds.). (1989). *Pisa: le terme "di Nerone"*. Bandecchi & Vivaldi.
- Picchi, G. (2010). Nuovi dati sul Portus Pisanus (Livorno): la ceramica in impasto a scisti microclastici, "grigia" e comune romana dalla campagna di scavo 2004. *Rassegna di Archeologia* 23(B), 43-71.
- Puntin, M. (2021). *Analisi non invasive sui laterizi di Massaciuccoli Romana: sperimentazioni e limiti della macchina iperspettrale e XRF-ED* [Unpublished master dissertation]. Università di Pisa.
- Santacreu, D. A. (2014). *Materiality, Techniques and Society in Pottery Production. The Technological Study of Archaeological Ceramics through Paste Analysis*. De Gruyter Open.
- Shepherd, E. J. (2006). Laterizi da copertura e da costruzione. *Rassegna di Archeologia classica e postclassica*, 22(B), 165-200.
- Thierrin-Michael, G., Cherubini, L., Del Rio, A., Menchelli, S., & Pasquinucci, M. (2004). Les amphores de l'ager Pisanus et Volaterranus: productions et distribution vers le Nord à la lumière des analyses. In AA.VV. (Eds.), *Actes du congrès de Vallauris, 20-23 maggio, 2004* (pp. 237-245). Société Française d'Étude de la Céramique Antique en Gaule.
- Vallebona, M. (1993). Materiale edilizio di età romana. In S. Bruni (Ed.), *Pisa. Piazza Dante. Uno spaccato della storia pisana. La campagna di scavo 1991* (pp. 277-283). Cassa di Risparmio di Pisa.
- Whitbread, I. K. (2018). Fabric Description of Archaeological Ceramics. In A. Hunt (Ed.), *The Oxford Handbook of Archaeological Ceramic Analysis* (pp. 200-216). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199681532.001.0001>