



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

# FLORE

## Repository istituzionale dell'Università degli Studi di Firenze

### **Coroplastica: analisi archeometriche**

Questa è la Versione finale referata (Post print/Accepted manuscript) della seguente pubblicazione:

*Original Citation:*

Coroplastica: analisi archeometriche / P. Comodi; A. Zucchini; A. Buccianti. - STAMPA. - (2013), pp. 247-302.

*Availability:*

This version is available at: 2158/836116 since:

*Publisher:*

Edizioni Quasar di Severino Tognon s.r.l. via Ajaccio 41-43, 00198 Roma

*Terms of use:*

Open Access

La pubblicazione è resa disponibile sotto le norme e i termini della licenza di deposito, secondo quanto stabilito dalla Policy per l'accesso aperto dell'Università degli Studi di Firenze (<https://www.sba.unifi.it/upload/policy-oa-2016-1.pdf>)

*Publisher copyright claim:*

(Article begins on next page)

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PERUGIA  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE STORICHE  
Sezione Scienze Storiche dell'Antichità

ESTRATTO

*Progetto di Ricerca*



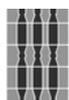
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PERUGIA

*Concessione*



MINISTERO PER I BENI E LE ATTIVITÀ CULTURALI  
SOPRINTENDENZA PER I BENI ARCHEOLOGICI DELL'UMBRIA

*Finanziamento del Progetto di Ricerca*



**Regione Umbria**

REGIONE UMBRIA  
Giunta Regionale, Assessorato all'Ambiente e allo Sviluppo Sostenibile,  
Assessorato all'Agricoltura e Foreste



PROVINCIA DI TERNI



COMUNE DI BASCHI



FONDAZIONE CASSA DI RISPARMIO DI ORVIETO

  
FONDAZIONE  
CASSA RISPARMIO PERUGIA

FONDAZIONE CASSA DI RISPARMIO DI PERUGIA

*Pubblicazione realizzata con il contributo di:*

REGIONE UMBRIA  
Assessorato all'Agricoltura. Direzione Risorsa Umbria; Federalismo; Risorse finanziarie, umane e strumentali;  
Servizio Sistemi naturalistici e Zootecnia.

PROVINCIA DI TERNI, COMUNE DI BASCHI, FONDAZIONE CASSA DI RISPARMIO DI ORVIETO.

Con la partecipazione di Edizioni Quasar.

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PERUGIA  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE STORICHE  
Sezione Scienze Storiche dell'Antichità

**SCOPPIETO III**  
Lo scavo, le strutture,  
i materiali  
(Coroplastica, Marmi)

*a cura di*  
Margherita Bergamini

*con testi di*  
Margherita Bergamini, Antonella Buccianti,  
Alessandra Capocefalo, Paola Comodi, Katia Mannino,  
Tommaso Mattioli, Diego Perugini, Giampiero Poli, Azzurra Zucchini

*apparato fotografico a cura di*  
Stefano Simoni

In copertina: *composizione di Stefano Simoni*

© Roma 2013, Edizioni Quasar di Severino Tognon s.r.l.  
via Ajaccio 41-43, 00198 Roma  
tel. 0685358444, fax 0685833591  
email: [qn@edizioniquasar.it](mailto:qn@edizioniquasar.it)

ISBN 978-88-7140-522-3

## Indice

Prefazione, di <i>Mario Pagano</i> . . . . .	7
Presentazione, di <i>Daniele Manacorda</i> . . . . .	9
Premessa, di <i>Margherita Bergamini</i> . . . . .	11
<b>PARTE I – LO SCAVO, LE STRUTTURE, LE PROSPETTIVE</b>	
<i>Margherita Bergamini</i>	
Lo scavo e le strutture	
Introduzione . . . . .	15
Le attività stratigrafiche . . . . .	22
Periodi di frequentazione e attività stratigrafiche	
Periodo 0. Situazione geologica del sito . . . . .	26
Periodo I (III sec. a.C. - fine II/inizi I sec. a.C.). Nascita del santuario e frequentazione a scopo cultuale . . . . .	27
Periodo II (fine II/ I sec. a.C.). Frequentazione di tipo abitativo con attività agricolo-artigianale . . . . .	49
Periodo III (età augusteo-traianea). Attività manifatturiera. . . . .	73
Periodo IV (età adrianea - metà III sec. d.C.). Destinazione residenziale con attività artigianale e agricola . . . . .	138
Periodo V (seconda metà del III sec. d.C.). Abbandono temporaneo . . . . .	175
Periodo VI (inizi IV - metà V sec. d.C.). Destinazione residenziale con attività artigianale e agricola . . . . .	176
Periodo VII (secoli VI-XVII). Frequentazione sporadica . . . . .	190
Periodo VIII (secoli XIX-XX). Attività agricola . . . . .	191
Le unità stratigrafiche . . . . .	193
English abstract . . . . .	214
<i>Tommaso Mattioli</i>	
Prospezioni geofisiche . . . . .	215
English abstract . . . . .	218
<b>PARTE II – I MATERIALI</b>	
<i>Alessandra Capocéfalo</i>	
Coroplastica . . . . .	221
English abstract . . . . .	240
<i>Paola Comodi, Azzurra Zucchini, Antonella Buccianti</i>	
Coroplastica: analisi archeometriche . . . . .	247
English abstract . . . . .	256
<i>Katia Mannino</i>	
Tavolette fittili con impronte di monete e motivi decorativi. Nota preliminare . . . . .	257
English abstract . . . . .	262
<i>Alessandra Capocéfalo, Diego Perugini, Giampiero Poli</i>	
Marmi . . . . .	265
English abstract . . . . .	295
Tavole a colori . . . . .	297



## INTRODUZIONE

Analisi archeologiche unitamente ad analisi archeometriche, hanno fatto attribuire oramai con buona certezza al sito di Scoppieto la produzione in tarda età repubblicana e nella prima e media età imperiale di un'ampia gamma di prodotti ceramici, che si estende in un ambito cronologico che va dal II sec. a.C. al IV sec. d.C.. Essi includono *Opus doliare*<sup>1</sup>, lucerne<sup>2</sup>, ceramica a vernice nera<sup>3</sup> e a pareti sottili<sup>4</sup>, vasellame di terra sigillata italica insieme a matrici e punzoni per la realizzazione dei motivi decorativi<sup>5</sup> e ceramiche comuni da fuoco<sup>6</sup>.

Oltre a questi, recenti ritrovamenti di manufatti fittili collegati alla presenza di un santuario hanno aperto l'ipotesi che presso il sito venissero prodotti anche elementi di coroplastica.

Analisi archeometriche sono state condotte su 5 elementi di coroplastica rinvenuti presso il sito per chiarire se siano stati realizzati sul posto, impiegando materiali attinti nella zona, o siano stati importati da altri centri produttivi.

I campioni sono stati analizzati con una serie di metodologie che hanno condotto alla determinazione della chimica (sia degli elementi maggiori che delle tracce) e delle fasi minerali presenti, nonché alla presenza di amorfo. In particolare sono state impiegate tecniche di microscopia ottica, microscopia elettronica, diffrazione di raggi X da polveri (con analisi quantitativa della frazione cristallina e amorfa), fluorescenza di raggi X. I dati sono poi stati trattati con un'analisi statistica la quale ha consentito di comparare la variazione composizionale degli oggetti in studio con quella di prodotti provenienti da altri centri produttivi e di definire gruppi di riferimento in base alla distribuzione multivariata dei componenti maggiori, minori ed in traccia. In particolare le analisi sono state comparate con i dati archeometrici delle citate ceramiche di sicura produzione locale, ceramica a vernice nera e a pareti sottili, Terra Sigillata

italica, matrici e punzoni e ad un campione di argilla naturale prelevata nei pressi del sito usando il *data base* di riferimento riportato in Comodi *et al.* 2012 (che includeva anche ceramiche prodotte ad Arezzo e a Vasanello). Ulteriori confronti sono stati effettuati con la composizione chimica di materiali vulcanici provenienti dalla provincia siciliana per valutare la possibilità di importazione di alcuni manufatti in studio dalla zona di Centuripe (Enna, Sicilia) come potevano far supporre evidenze archeologiche<sup>7</sup>.

## MATERIALI E METODI

Le analisi archeometriche sono state effettuate su 5 frammenti di cui una breve descrizione con numero di inventario e codice usato nella presente trattazione sono riportati in Tab 1.

Numero campione	Numero di inventario	Note descrittive
BE-13	279329	Matrice per testa votiva (Capocefalo n. 2)
BE-14	591254	Ara (Capocefalo n. 1)
BE-15	405183	Matrice per testa votiva (Capocefalo n. 3)
BE-16	351328	Frammento di matrice con ciocca di capelli (Capocefalo n. 4)
BE-17	257482	Statuetta femminile (Capocefalo n. 5)

Tab. 1 – Campioni studiati con il relativo numero di inventario e codice usato nel presente lavoro.

*Microscopia ottica ed elettronica*

A causa dell'impossibilità di campionare tutti i materiali studiati, se non con microprelievi che sono stati completamente impiegati per l'analisi chimica, solo i campioni 13 e 14 sono stati sottoposti ad analisi in microscopia ottica ed elettronica, realizzando sezioni sottili dello spessore di 30 micron.

\* Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Perugia, Italia.

\*\* Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Firenze, Italia.

<sup>1</sup> COMODI *et al.* 2007.

<sup>2</sup> NAZZARENI, COMODI 2007.

<sup>3</sup> COMODI, MERLETTI 2011a.

<sup>4</sup> COMODI, MERLETTI 2011b.

<sup>5</sup> BERGAMINI, COMODI 2010.

<sup>6</sup> BERGAMINI, NICOLETTA, COMODI, MERLETTI, CAPPELLETTI 2010.

<sup>7</sup> CAPOCEFALO, *Coroplastica*.

L'analisi in microscopia elettronica è stata effettuata con un microscopio elettronico ad emissione di campo (FE-SEM) corredato di microanalisi Leon della Bruker Instrument installato presso il Laboratorio Universitario di Nanomateriali (LUNA, presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Perugia), il quale consente l'osservazione e la contemporanea analisi di campioni di dimensioni alla scala nanometrica.

#### Diffrazione di raggi X

Mediante spettri di diffrazione di raggi X, raccolti presso il laboratorio di Mineralogia del Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Perugia, si è proceduto all'individuazione dei minerali presenti nei materiali studiati, nonché della frazione amorfa eventualmente presente, mediante aggiunta di uno standard interno ed elaborazione degli spettri con algoritmo Rietveld<sup>8</sup>. Questo metodo consente infatti il raffinamento delle fasi presenti in una miscela sulla base della struttura cristallina e di vari fattori strumentali. Il modello teorico viene confrontato in continuo con quello sperimentale derivante dall'analisi di diffrazione ai raggi X al fine di ottenere il miglior accordo tra i due, tramite il metodo dei minimi quadrati. Ciò permette di caratterizzare in modo dettagliato le fasi minerali presenti e, tramite raffinamento di fattori di scala, anche la percentuale con la quale ogni fase cristallina, ed eventualmente l'amorfo, è presente nella miscela. I risultati sono in tabella 2.

#### ANALISI CHIMICA

L'analisi chimica è stata effettuata con il metodo della fluorescenza (XRF) presso il Dipartimento di Scienze della Terra di Padova, ed i contenuti in volatili (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O) sono stati determinati misurando la perdita all'arroventamento (*Loss of Ignition*, LOI). Gli elementi minori ed in traccia sono stati determinati con il metodo di Kaye<sup>9</sup>. La precisione della misura è migliore del 15% per V, Cr, Ni, del 10% per Co, Cr, Y, Zr, Ba e del 5% per tutti gli altri elementi.

#### ANALISI STATISTICA

I dati composizionali, relativi da una parte ai maggiori e dall'altra ai minori ed alle tracce, sono stati analizzati separatamente utilizzando metodi di analisi multivariata quali *cluster* e *biplot analysis*. Poiché i dati composizionali sono influenzati da problematiche relative alla loro proporzionalità (ogni valore

è una proporzione di un totale definito a priori), al fine di evitare il problema delle correlazioni indotte, si è applicata la trasformazione log-rapporto centrata (clr) proposta da Aitchison<sup>10</sup>. Gli ossidi degli elementi maggiori e le componenti minori e in traccia sono state analizzate separatamente al fine di individuare per ogni gruppo di variabili, quelle in grado di operare la maggiore discriminazione possibile. La *cluster analysis* è stata applicata per verificare se i gruppi originariamente noti su base geografico-archeologica, fossero riproducibili in base alle chiare somiglianze tra i campioni entro un gruppo e ben definite differenze tra gruppi. La *biplot analysis* è stata applicata per verificare la relazione tra le variabili in uno spazio multivariato riprodotto in un piano, quello del *biplot*, e per individuare quali variabili caratterizzano maggiormente i componenti di un gruppo geografico-archeologico. La combinazione della tecnica di *cluster* e *biplot analysis* ha lo scopo di valutare le similarità tra differenti gruppi di campioni, basandosi su un'insieme di variabili composizionali, e di conseguenza formulare alcune ipotesi sulla provenienza dei campioni oggetto di questo studio<sup>11</sup>.

#### RISULTATI

Le osservazioni petrografiche dei campioni in studio mostrano caratteristiche peculiari delle diverse tipologie ceramiche. Infatti è ben evidente in sezione sottile che il corpo ceramico del campione 14 (Ara) (**Fig. 1**) è molto grossolano, con cristalli di dimensioni anche millimetriche, porosità diffusa e una pasta di fondo microcristallina e vetrosa. Osservazioni in luce polarizzata ad un *nicol* e a *nicols* incrociati mettono in evidenza la presenza di cristalli di pirosseni, fillosilicati, plagioclasti (**Fig. 1**). Nel caso del campione 13 (Matrice) la granulometria è molto più fine (**Fig. 2**), la porosità ridotta e solo raramente sono individuabili cristalli di pirosseno.

La composizione degli elementi maggiori come è risultato dalle analisi di fluorescenza (**Fig. 3**) indica che gli elementi dominanti sono CaO-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e che la loro variabilità è piuttosto ristretta, come mostrato nel diagramma CAS, dove sono state riportate anche le composizioni di alcuni prodotti di *Opus Doliare* e di Terra Sigillata prodotti a Scoppieto. È ben evidente che la variazione degli elementi maggiori è molto limitata e la composizione dei campioni in studio è indistinguibile da quelli riportati in letteratura.

<sup>8</sup> RIETVELD 1969.

<sup>9</sup> KAYE 1965.

<sup>10</sup> AITCHISON 1986.

<sup>11</sup> BUCCIANTI *et al.* 2006.

Fig. 1 – Immagine al microscopio ottico (nicols incrociati), campione 14 (v. Tav. VI.1b a colori).

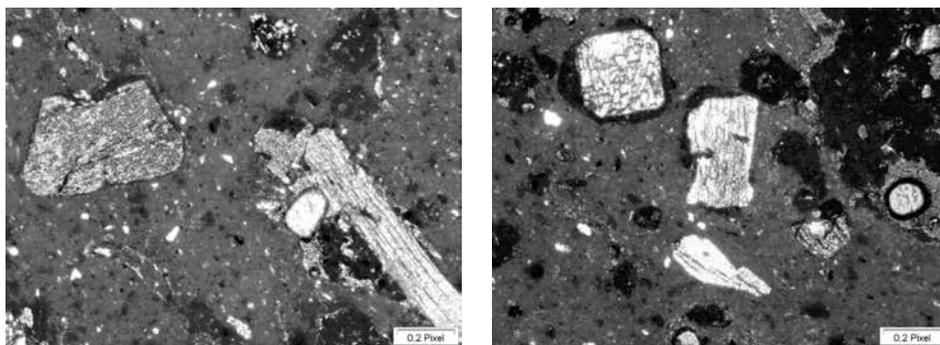


Fig. 2 – Immagine al microscopio ottico (nicols incrociati), campione 13 (v. Tav. VI.2b a colori).

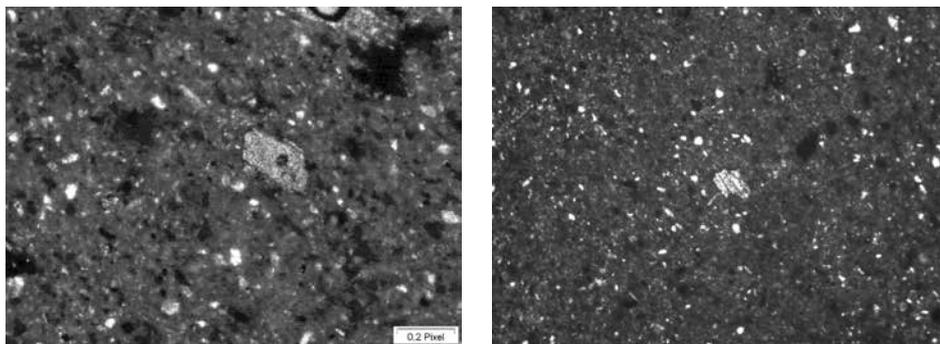
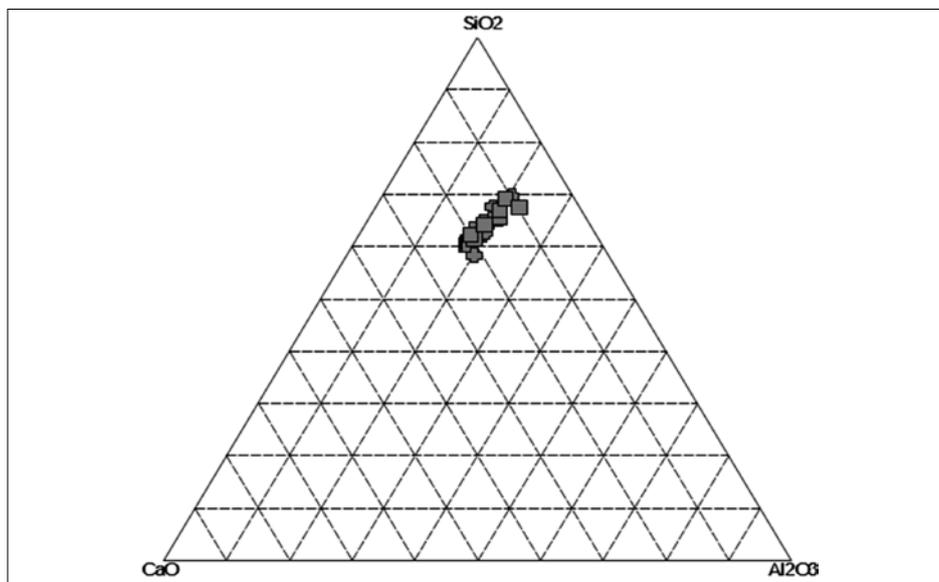


Fig. 3 – Diagramma CAS che mostra la variabilità del contenuto in CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. I campioni oggetto del presente studio sono indicati con le croci mentre i quadrati rappresentano i campioni di Terra Sigillata e Opus Doliare provenienti da Scoppieto.



Al fine di verificare se gli altri elementi maggiori mostrassero una più larga variabilità, è stato realizzato il grafico di **Fig. 4** dove è riportata la distribuzione di tutti gli elementi maggiori nei campioni in studio confrontata con un campione di argilla (campione 20) proveniente dai pressi del sito archeologico e con alcuni campioni di Terra Sigillata. Come si può osservare, tutti i campioni mostrano una composizione chimica, almeno per quanto riguarda gli elementi maggiori, piuttosto simile. Unica differenziazione può essere osservata nel contenuto in CaO, che nel caso del campione 17 al quale corrisponde un leggero aumento di SiO<sub>2</sub> e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, sembra essere inferiore rispetto a quella degli altri campioni.

I risultati dell'analisi mineralogica provenienti dall'analisi quantitativa delle fasi e dell'amorfo, effettuata con metodo Rietveld, sono riportati in **Fig. 5**, nella Tab. 2 e nel grafico riassuntivo di **Fig. 6**. Si osserva che il contenuto in amorfo è piuttosto alto in tutti i campioni studiati, con tenori variabili dal 40 al 50%, con valore maggiore misurato nel campione 17, e minore nel campione 16. I minerali individuati in tutti i campioni sono pirosseni (diopside), ortoclasio, plagioclasti (albite e anortite), biotite e un feldspatoide (leucite). Il contenuto di calcite varia da zero nel campione con il massimo contenuto in amorfo (il numero 17) fino al 7% nei campioni 13, 15 e 16. Il campione 14, trattandosi di una classe ceramica differente,

come già evidenziato dall'analisi petrografica, molto più grossolana, e che è stato cotto a temperature inferiori rispetto agli altri manufatti e alle altre tipologie ceramiche, si differenzia leggermente dagli altri campioni studiati. L'effetto della temperatura di cottura più bassa si manifesta con la presenza di un minore contenuto in fase liquida e, quindi, di amorfo, e nella non completa decomposizione della calcite.

	13	14	15	16	17
<b>Orthoclase</b>	7.247	0.000	4.002	1.960	3.479
<b>Diopside</b>	14.144	22.618	17.761	21.592	10.990
<b>Calcite</b>	6.257	3.018	6.433	6.936	0.000
<b>Albite</b>	8.163	8.732	5.886	9.113	16.512
<b>Quartz</b>	8.183	3.846	5.139	4.612	8.482
<b>Anorthite</b>	8.724	13.334	15.291	13.774	10.115
<b>Leucite</b>	0.000	2.195	0.000	0.000	0.000
<b>Hematite</b>	0.872	0.000	0.562	0.661	0.544
<b>Biotite</b>	0.000	0.538	0.000	0.000	0.000
<b>Amorfo</b>	46.409	45.720	44.926	41.353	49.877
<b>R<sub>wp</sub></b>	14.37	12.79	13.88	12.68	14.05
<b>R<sub>p</sub></b>	11.07	9.93	10.99	9.77	10.78
<b>GooF</b>	1.59	1.44	1.50	1.40	1.59

Tab. 2 – Analisi quantitativa delle fasi mineralogiche e dell'amorfo (espressa in percento in peso) ottenute mediante analisi Rietveld insieme con alcuni indici di accordo,  $R_{wp}$ ,  $R_p$ ,  $GooF$  che esprimono la bontà del modello ottenuto dal raffinamento rispetto ai dati osservati.

Osservazioni puntuali sono state effettuate mediante microscopia elettronica, metodo che ha consentito l'individuazione dei minerali aggiunti come degrassanti all'argilla, nonché la determinazione dettagliata della loro composizione chimica. Nelle figure riportate di seguito sono mostrate alcune foto e la relativa microanalisi dei minerali rappresentativi rinvenuti nei campioni studiati.

In Fig. 7 è mostrato un cristallo di pirosseno e la sua analisi chimica dalla quale si rileva che trattasi di un diopside, quindi un silicato di Ca e Mg con piccolo contenuto in Al, tipico minerale vulcanico aggiunto come refrattario.

In Fig. 8 è evidenziato un cristallo di biotite, un fillosilicato di Mg e Fe, presente nel campione 14, che non mostra segni di decomposizione, ad indicare che le temperature di cottura raggiunte non dovrebbero essere state molto elevate, come del resto anche l'analisi quantitativa della frazione amorfa ed il contenuto di calcite diverso da zero avevano indicato.

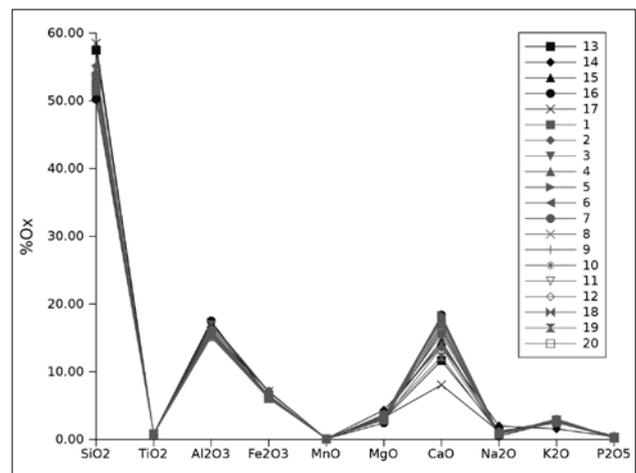


Fig. 4 – Distribuzione degli elementi maggiori per i campioni oggetto di studio (nn. 13-17), i campioni di Terra Sigillata (Comodi et al. 2012) e per un campione di argilla proveniente da Scoppieto (indicato con il numero 20).

In Fig. 9 è mostrato un cristallo con *habitus* idiomorfo e isodiametrico, la cui composizione chimica indica che si tratta di una leucite, silicato con Al e K, fase mineralogica particolarmente importante per l'attribuzione della provenienza di questo prodotto ceramico. Infatti questo minerale può essere ritenuto un minerale indice del vulcanismo della "provincia romana"<sup>12</sup>.

Nelle Figg. 10 e 11 sono riportati due minerali classificabili come accessori, per la loro relativa scarsa presenza nelle rocce: l'ilmenite, un ossido di Fe, Al, Mg e un minerale decisamente raro quale la monazite, un fosfato di Terre Rare.

Maggiori informazioni sulla provenienza dei campioni in studio possono essere ottenute attraverso l'utilizzo dei contenuti degli elementi in traccia misurati nei corpi ceramici che potrebbero essere maggiormente discriminanti nel caratterizzare gruppi diversi dal punto di vista geografico e/o archeologico, rispetto al comportamento degli elementi maggiori.

A tale scopo è stato realizzato uno diagramma (Fig. 12) che rappresenta la distribuzione delle abbondanze dei elementi in traccia normalizzata ad una composizione di riferimento, vale a dire la composizione del mantello terrestre primordiale<sup>13</sup> in modo da evidenziare eventuali anomalie positive o negative di alcuni elementi. Nel diagramma di Fig. 12 è possibile analizzare la distribuzione comparativa di Rb, Ba, Th, U, K, Ta, Nb, La, Ce, Sr, Zr, Ti, Y, rilevata nei campioni oggetto di questo studio e nel campione di argilla da Scoppieto nonché in alcuni campioni di Terra Sigillata

<sup>12</sup> PECCERILLO 2005.

<sup>13</sup> WOOD et al. 1979.

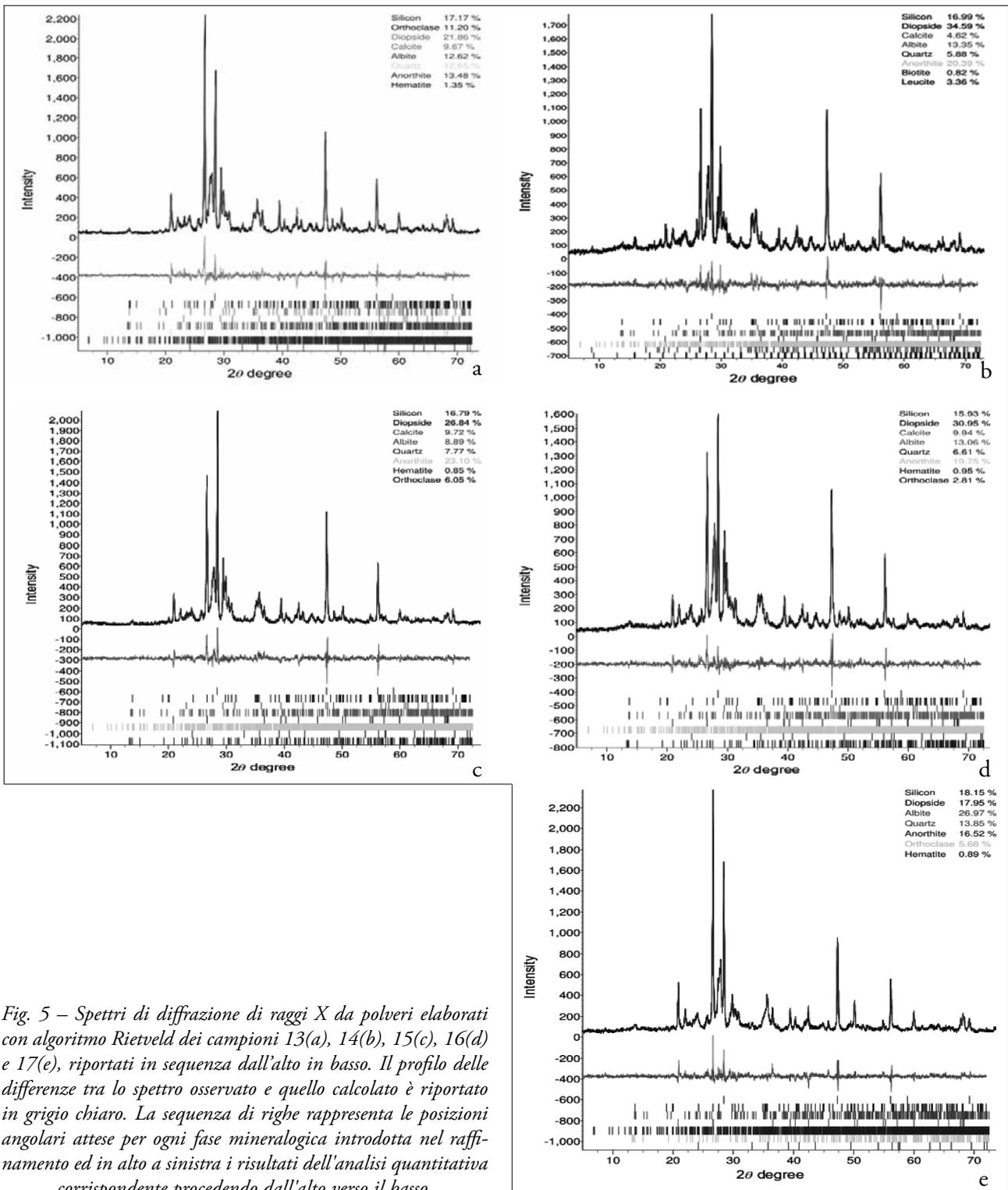


Fig. 5 – Spettri di diffrazione di raggi X da polveri elaborati con algoritmo Rietveld dei campioni 13(a), 14(b), 15(c), 16(d) e 17(e), riportati in sequenza dall'alto in basso. Il profilo delle differenze tra lo spettro osservato e quello calcolato è riportato in grigio chiaro. La sequenza di righe rappresenta le posizioni angolari attese per ogni fase mineralogica introdotta nel raffinamento ed in alto a sinistra i risultati dell'analisi quantitativa corrispondente procedendo dall'alto verso il basso.

e di *Opus Doliare* di Scoppieto, rispetto alle composizioni di rocce vulcaniche provenienti dalla provincia Vulsina e quindi rocce analoghe a quelle affioranti nei pressi del sito e rocce vulcaniche della provincia siciliana, ed in particolare dell'area di Enna a cui potevano indirizzare i dati archeologici<sup>14</sup>. Il diagramma, oltre

ad evidenziare un tenore piuttosto elevato di tutti gli elementi esaminati, mostra un comportamento delle tracce decisamente eterogeneo. In particolare in tutti i campioni si osservano anomalie decisamente positive di La, Ce, e U e anomalie negative in Nb, Ti, Ba; inoltre mentre per alcuni elementi quali Ba, Th, U si nota

<sup>14</sup> CAPOCEFALO, *Coroplastica*.

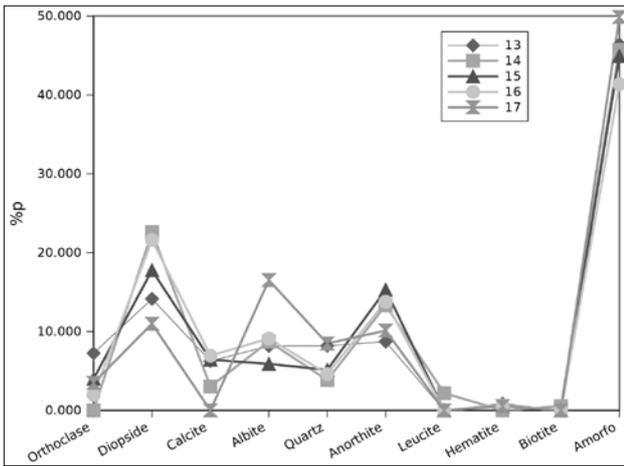


Fig. 6 – Analisi quantitativa dei minerali e dell'amorfo trovati nei campioni analizzati, mediante diffrazione di raggi X da polveri ed elaborazione dello spettro con metodo Rietveld ed aggiunta di uno standard interno.

la presenza di una certa variabilità tra i campioni esaminati, gli altri elementi mostrano valori molto simili.

Una distribuzione di questo genere viene discussa in Peccerillo<sup>15</sup> come caratteristica dei prodotti vulcanici della provincia Vulsina, e romana in generale, che è caratterizzata da una forte anomalia negativa di Ba e di elementi ad alta forza di campo, anomalie positive in Rb, Th, Terre Rare leggere e Pb. Questa distribuzione risulta decisamente differente dalla distribuzione dei prodotti della provincia toscana in cui anomalie in Nb e Ta sono molto meno importanti e sono presenti, invece, anomalie negative in Sr. Distribuzioni decisamente diverse si ritrovano in prodotti vulcanici della provincia Etna, in cui la distribuzione degli elementi in tracce è molto più uniforme e pressoché assenti sono anomalie positive e negative Fig. 12, area in rosa a Tav. VII.1 a colori).

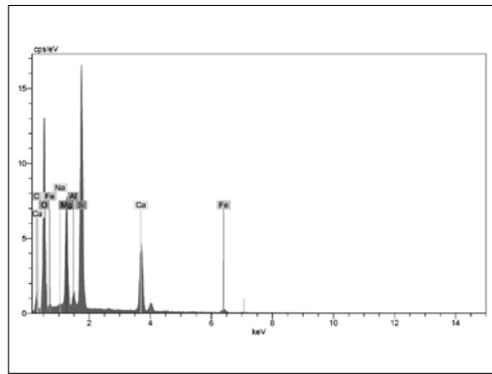
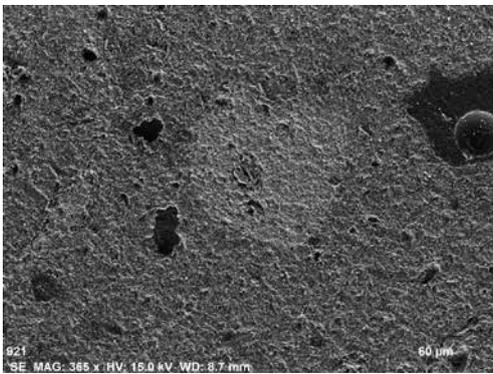


Fig. 7 – Immagine al microscopio elettronico di un pirosseno presente nella sezione 14. A sinistra immagine ottenuta con elettroni secondari a destra analisi chimica con EDS.

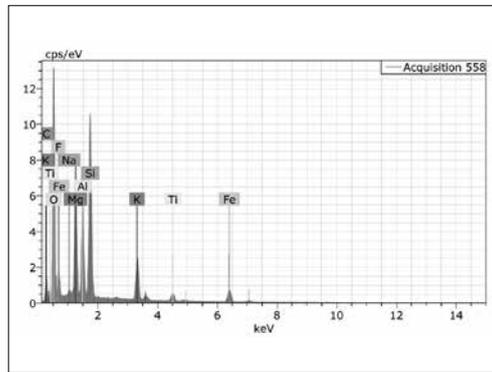
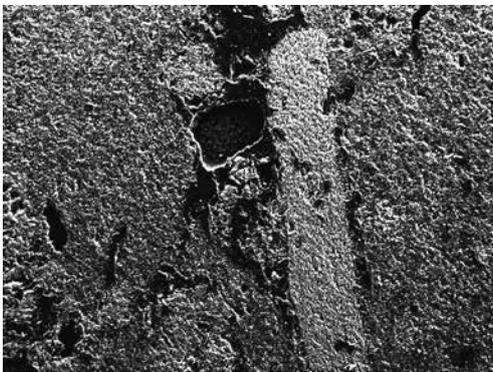


Fig. 8 – Immagine al microscopio elettronico di un cristallo di biotite presente nella sezione 14. A sinistra immagine ottenuta con elettroni secondari a destra analisi chimica con EDS.

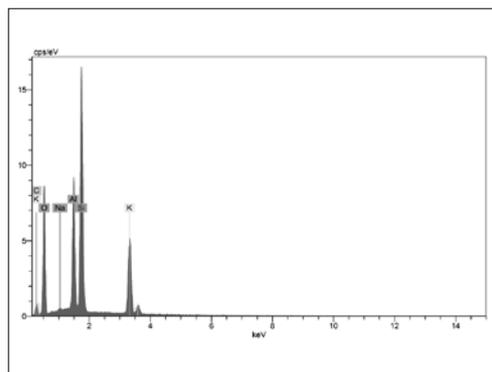
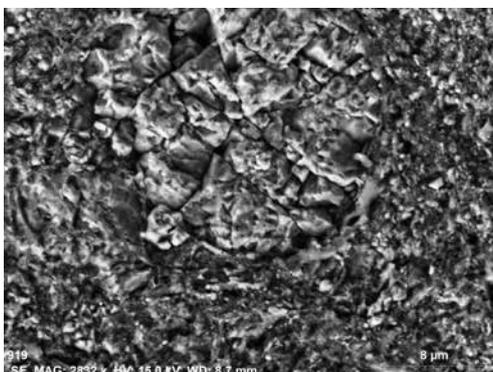


Fig. 9 – Immagine al microscopio elettronico di un cristallo di leucite presente nella sezione 14. A sinistra immagine ottenuta con elettroni secondari a destra analisi chimica con EDS.

<sup>15</sup> PECCERILLO 2005.

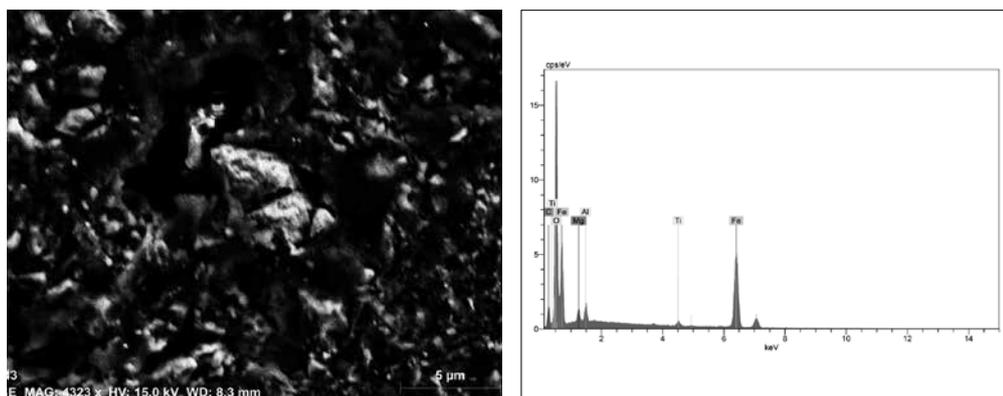


Fig. 10 – Immagine al microscopio elettronico di un cristallo di ilmenite presente nella sezione 14. A sinistra immagine ottenuta con elettroni secondari a destra analisi chimica con EDS

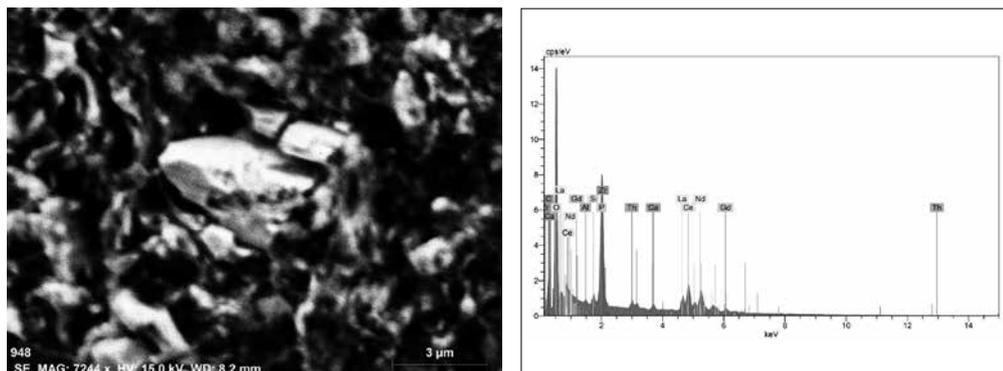


Fig. 11 – Immagine al microscopio elettronico di un cristallo di monazite presente nella sezione 14. A sinistra immagine ottenuta con elettroni secondari a destra analisi chimica con EDS.

Per chiarire ancora meglio la provenienza dei campioni di coroplastica è stata effettuata anche un'analisi statistica multivariata, una tecnica che permette lo studio congiunto di diverse variabili, con una matrice di 153 campioni<sup>16</sup> e con numerose variabili, quali gli ossidi degli elementi maggiori ed un più ristretto numero di elementi minori e in traccia per i quali erano disponibili le abbondanze per tutti gli oggetti studiati. Un primo obiettivo di tale analisi è stato quello di verificare se i gruppi caratterizzati da natura geografico-archeologica noti *a priori* fossero caratterizzati anche da una somiglianza chimica interna, permettendo così di individuare dei gruppi di riferimento delle località di produzione. Non si sono potuti usare i dati della provincia siciliana di cui non si disponeva di un *set* di dati omogeneo con gli altri. Successivamente si è poi verificata la somiglianza dei campioni oggetto di questo studio con i gruppi di riferimento precedentemente individuati.

Al fine di analizzare la relazione tra variabili (la struttura di varianza-covarianza dei dati) e definire il loro potenziale ruolo, discriminante/non discriminante, nella caratterizzazione dei gruppi noti *a priori*, è stata applicata la tecnica multivariata della *biplot analysis* per dati composizionali. Le variabili sono

state trasformate applicando la trasformazione log-rapporto centrata di Aitchison al fine di evitare le distorsioni relative alla natura composizionale del dato. Successivamente le relazioni tra le variabili sono state mostrate in un piano, quello del *biplot*, caratterizzato da un baricentro composizionale dal quale i vettori associati ad ognuna di esse si dipartono. La lunghezza dei vettori è associata alla variabilità delle variabili mentre i campioni che si trovano nella stessa parte del *biplot* dei vettori delle variabili indicano che la loro composizione è in prevalenza caratterizzata dalla presenza di quelle specie chimiche.

I risultati mostrano che i campioni di Arezzo si localizzano in una nube alla destra del grafico e sono caratterizzati da un alto tenore in Pb. In questa nube, ben identificabile, finiscono anche alcuni campioni rinvenuti a Scoppieto di evidente importazione. I campioni provenienti da Vasanello si collocano nel quadrante a Nord-Ovest, caratterizzati da composizioni arricchite in Zr, Ce, Th, mentre i campioni in studio (in questo *plot* indicati con MIR) e gli altri campioni da Scoppieto di diversa tipologia ceramica si collocano principalmente nel quadrante a sud ovest caratterizzati dal vettore che esprime il tenore in Sr.

<sup>16</sup> V. COMODI *et al* 2012, per tutti i riferimenti e le analisi.

Da questa prima indagine statistica emerge quindi che i campioni in studio vengono a collocarsi tra i campioni prodotti a Scoppieto. Per scindere con maggior dettaglio i gruppi di appartenenza si è proceduto ad elaborare i dati mediante *cluster analysis*, tecnica di analisi statistica che utilizza come misura di somiglianza tra campioni la distanza Euclidea e come metodo di legame tra campioni, e tra campioni e gruppi, il metodo di Ward. Anche in questo caso i dati sono stati pre-trattati applicando la trasformazione log-centrata di Aitchison<sup>17</sup>, al fine di evitare distorsioni dovute alla loro natura composizionale.

Sub-cluster	a''	b''	b'	c'	d''	e''	e'	TOT
PU-MA				7	9			16
AR		21				2	2	25
VA	22						3	25
SCOD			12	3	2			17
SCVN		1	1	13				15
TS			2	2				4
SCPS	10	1	6	2				19
MIC					1	11		12
MIR				1	2	11		14
ARG						1		1
<b>COROPLASTICA</b>	17		14			13, 15, 16		5
<b>TOT</b>	<b>33</b>	<b>23</b>	<b>22</b>	<b>8</b>	<b>33</b>	<b>30</b>	<b>5</b>	<b>153</b>

Tab. 3 – Numero e tipo di campioni presenti nei sottogruppi individuati dalla cluster analysis il cui dendrogramma è riportato in Fig. 13. Per le sigle dei campioni v. COMODI et al. (in pubblicazione). MIC e MIR = nuova campionatura in fase di studio.

I risultati della *cluster analysis* (Tab. 3) mostrano che si possono individuare 7 *sub clusters* in cui sono raggruppabili campioni accomunati o dalla località di provenienza o dalla tipologia ceramica. Ad esempio nel *sub cluster b''* vengono a ricadere tutti i campioni provenienti da Arezzo, mentre in altri sub gruppi ricadono le ceramiche di Scoppieto di diversa tipologia: in a'' le pareti sottili (insieme ai campioni provenienti da Vasanello), le ceramiche di Terra sigillata finiscono tutte nel *sub cluster e''*, ed ancora la ceramica a grana grossa indicata come *Opus Doliare* definisce il *sub cluster b'*.

In questo modo campioni di provenienza incerta possono essere attribuiti con un buon indice di somiglianza. Ad esempio nel *sub cluster b''*, che caratterizza i campioni ai Arezzo, viene a ricadere un vasetto miniaturistico rinvenuto a Scoppieto, che può così essere designato di importazione. I campioni in studio

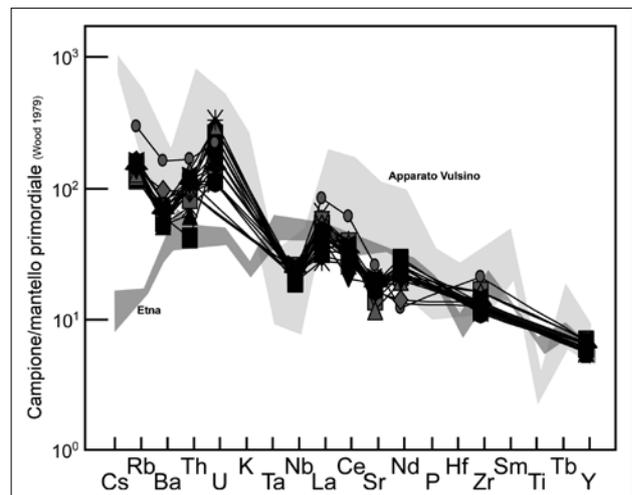


Fig. 12 – Contenuto di elementi in tracce dei campioni oggetto di studio rispetto al contenuto in rocce dell'apparato vulsino (quindi affioranti nei pressi del sito, area in verde) e rocce della provincia Etna (area in rosa), normalizzati ai contenuti nelle rocce di mantello secondo Wood, 1979 (v. Tav. VII.1 a colori).

vengono ad essere distribuiti in 3 *sub clusters*: l'Ara (campione 14) ricade nel *sub cluster* a cui appartengono la maggior parte di campioni di *Opus doliare* esaminati in precedenza<sup>18</sup> come anche altre evidenze macroscopiche indicavano. Gli altri campioni 13, 15, 16 vengono a trovarsi nel gruppo della Terra sigillata, come anche il campione di argilla prelevata nei pressi del sito. Il campione 17 si trova nel gruppo dei campioni di ceramica a pareti sottili di Scoppieto e di Vasanello e quindi l'attribuzione rimane incerta sulla base solo dell'analisi statistica.

## DISCUSSIONI E CONCLUSIONI

Lo studio archeometrico degli elementi di coroplastica rinvenuti a Scoppieto a grana grossolana e fine ha dato indicazioni rilevanti sulla provenienza dei materiali impiegati. In particolare le indicazioni sono derivate sia dalla studio puntuale della tipologia di minerali aggiunti come dimagranti alle argille che dallo studio della composizione chimica di tutto il corpo ceramico. In particolare la distribuzione degli elementi in traccia è risultata più diagnostica che non quella della distribuzione degli elementi maggiori. La trattazione statistica dei dati chimici complessivi ha discriminato gruppi di materiali con caratteristiche simili e quindi ha consentito di attribuire il gruppo di appartenenza ai campioni incogniti in studio.

Con i dati fino ad ora in nostro possesso i campioni di ceramica fine 13,15,16,17 sono attribuibili

<sup>17</sup> AITCHISON 1986.

<sup>18</sup> COMODI et al. 2007.

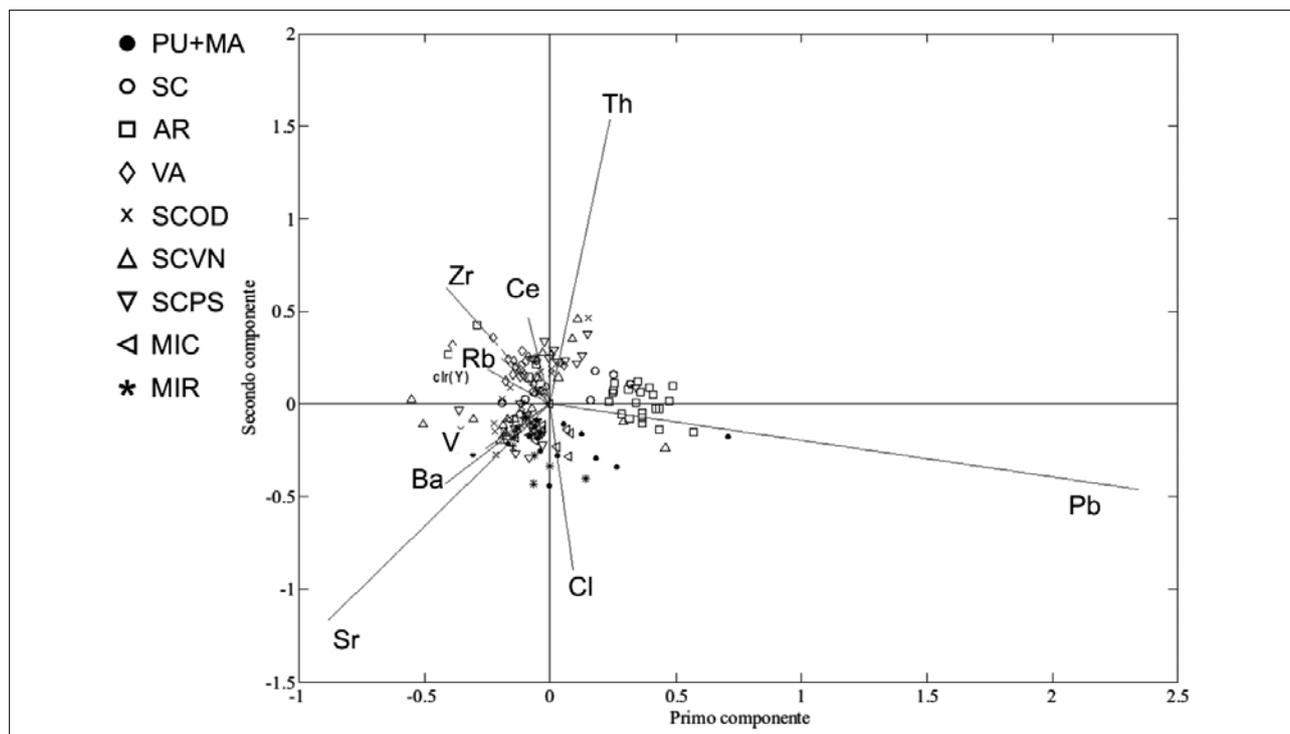


Fig. 13 – Biplot analysis per dati composizionali, ottenuta studiando la variabilità di V, Cr, Rb, Sr, Y, Zr, Ba, Ce, Pb e Th, elementi in traccia presenti analizzati in tutti i campioni. I campioni in studio sono riportati con asterisco; per confronto vengono riportati campioni di un database analizzato in COMODI et al. 2012.

ad una manifattura che utilizza materiali provenienti da un ambito regionale, dato che la composizione chimica dei maggiori e dei minori risulta quasi indistinguibile da quella di campioni, lavorati o non, di sicura provenienza locale. La distribuzione delle terre rare risulta ben caratterizzare la provincia Vulsina e l'analisi statistica li attribuisce a gruppi in cui ricadono insieme ai campioni di Terra sigillata di Scoppieto. Nonostante ciò la mancanza di dimagranti vulcanici di dimensione grossolana impedisce di effettuare analisi puntuali proprio sui singoli minerali. Resta quindi qualche incertezza sulla loro attribuzione al sito di Scoppieto, o piuttosto ad altri centri produttivi che utilizzavano comunque materiali provenienti dalla provincia Vulsina (si può ipotizzare con ragionevole fondatezza una produzione realizzata nell'ambito orvietano). Solo ulteriori studi molto dettagliati sulle singoli fasi, micrometriche, potrebbero fornire ulteriori chiarimenti. Ad esempio si potrebbe ricorrere al confronto diretto della distribuzione degli elementi in traccia dei pirosseni nei campioni in studio con quelli già analizzati da Comodi et al. 2006 prelevati in affioramenti vulcanici nei pressi del sito oppure con gli elementi in traccia misurati in pirosseni provenienti dai centri importanti della provincia Romana quali Vico, Colli Albani, Sabatini, Orvieto.

Un discorso a parte va fatto per il campione 14, l'ara, dato che la granulometria del corpo ceramico è molto maggiore rispetto agli altri campioni e inoltre la mineralogia dei componenti aggiunti è risultata leggermente differente. La distribuzione delle terre rare e l'analisi statistica fa attribuire questo materiale a Scoppieto ed, in particolare, attribuisce questo campione al *sub cluster* dove sono raggruppati il maggior numero di campioni dell'*Opus doliare* prodotto a Scoppieto e ben documentato, com'è noto, da pezzi ipercotti e deformati<sup>19</sup>. Inoltre le analisi chimiche e mineralogiche puntuali dei materiali aggiunti come dimagranti, viste le loro maggiori dimensioni rispetto a quelli aggiunti ai campioni precedentemente descritti, indicano che i materiali devono essere stati presi da affioramenti vulcanici propri della provincia Romana. In particolare la presenza del minerale **leucite** rinvenuta nel campione di ara testimonia la provenienza locale del materiale, dato che essa è ritenuta un minerale indice della provincia vulcanica romana. La eventuale provenienza dell'ara dalla località di Centuripe (Enna, Sicilia), che poteva essere ipotizzata da evidenze prettamente archeologiche, sembra da escludere in quanto in quell'area i materiali vulcanici presentano caratteristiche geochemiche decisamente differenti da quelli della provincia Vulsina.

<sup>19</sup> COMODI et al. 2007.

## BIBLIOGRAFIA

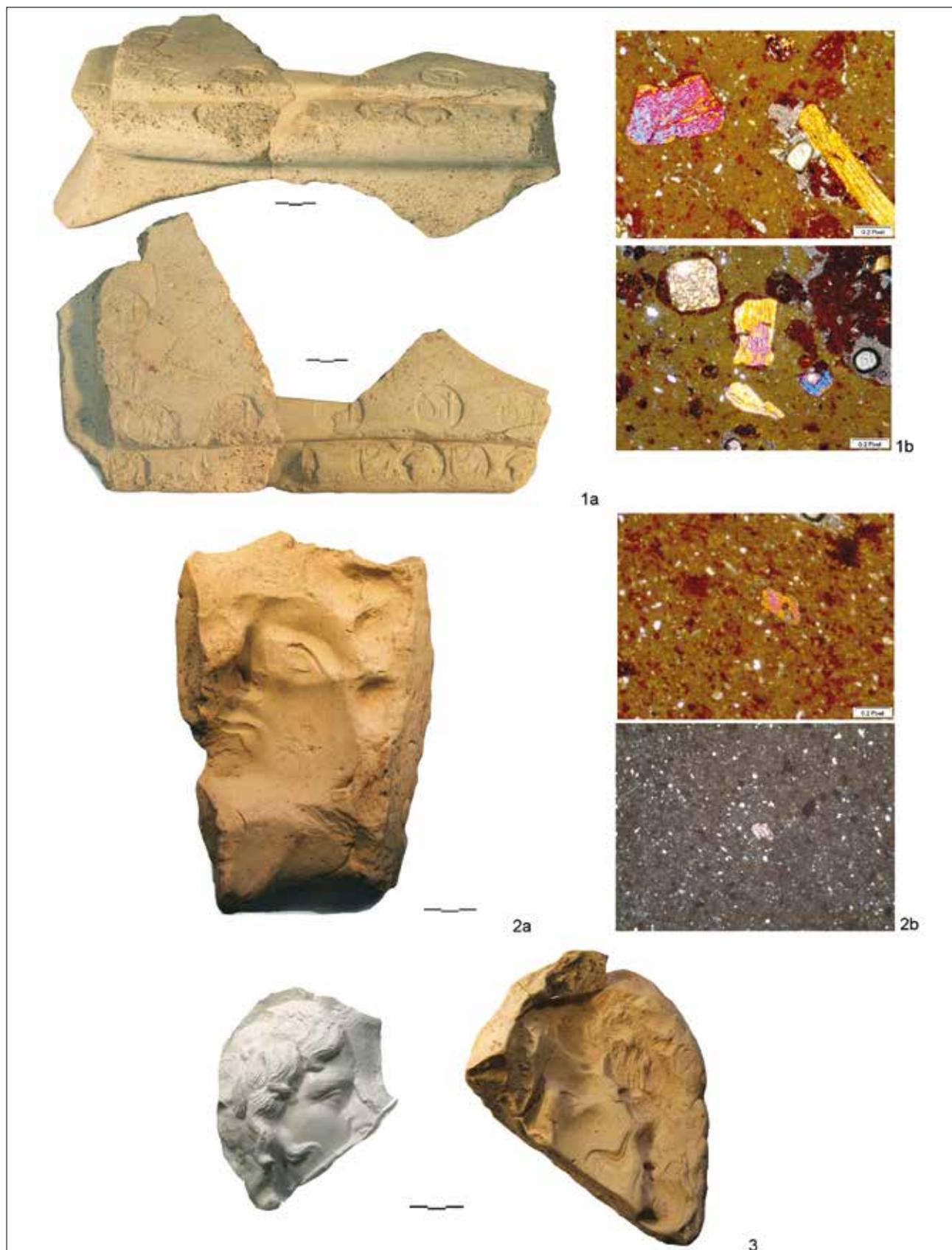
- AITCHISON 1986 – J. AITCHISON, *The statistical analysis of compositional data. Monographs on Statistics and Applied Probability*, Chapman and Hall Ltd, London.
- BERGAMINI, COMODI 2010 – M. BERGAMINI Con il contributo di P. COMODI, *Matrici e punzoni di Marcus Perennius Crescens a Scoppieto*, «RCRF» 41, pp. 75-91.
- BERGAMINI, NICOLETTA, COMODI, MERLETTI, CAPPELLETTI 2010 – M. BERGAMINI - N. NICOLETTA - P. COMODI - M. MERLETTI - D. CAPPELLETTI, *Ceramiche comuni da fuoco da strati di IV-V sec.D.C. da Scoppieto: studio preliminare, LRCW3, (3rd International Conference on "Late Roman Coarse Wares, Cooking Wares and Amphorae in the Mediterranean: Archaeology and Archaeometry)*, Parmal Pisa, 26-30 marzo 2008, BAR International Series 2185(I), Oxford, pp. 397-407.
- BISH, HOWARD 1988 – D.L. BISH, S.A. HOWARD, *Quantitative Phase Analysis Using The Rietveld Method*, «Journal Of Applied Crystallography», 21, pp. 86-91.
- BUCCIANTI *et al.* 2006 – A. BUCCIANTI, G. MATEU-FIGUERAS, V. PAWLOWSKY-GLAHN, *Compositional Data Analysis in the Geosciences. From Theory to Practice*, Geological Society, Special Publication, London, 264.
- CAPOCEFALO, *Coroplastica* – A. CAPOCEFALO, *Coroplastica*, in questo volume.
- COMODI, NAZZARENI, PERUGINI, BERGAMINI 2006 – P. COMODI, S. NAZZARENI, D. PERUGINI, M. BERGAMINI, *Technology and Provenance of Roman Ceramics from Scoppieto, Italy: a Mineralogical and Petrological Study*, «Periodico di Mineralogia», 75, pp. 95-112.
- COMODI *et al.* 2007 – P. COMODI, D. PERUGINI, S. NAZZARENI, *Dolia e mortaria: analisi archeometriche*, in *Scoppieto I*, pp. 187-198.
- COMODI *et al.* 2012 – P. COMODI, A. BUCCIANTI, A. ZUCCHINI, M. MERLETTI, M. BERGAMINI, S. NAZZARENI, *Insight on provenance of roman moulds and poicons from Scoppieto (Terni, Italy) by using statistics coherent with compositional data properties*, «Archaeometry» (in stampa).
- COMODI, MERLETTI 2011a – P. COMODI, M. MERLETTI, *Ceramica a vernice nera: analisi archeometriche*, in *Scoppieto II*, pp. 121-126.
- COMODI, MERLETTI 2011b – P. COMODI, M. MERLETTI, *Ceramiche a pareti sottili: analisi archeometriche*, in *Scoppieto II*, pp. 229-234.
- KAYE 1965 – M.J. KAYE, *X-ray fluorescent determinations of several trace elements in some standard geochemical samples*, «Geochimica et Cosmochimica Acta», 29, pp. 139-142.
- NAZZARENI, COMODI 2007 – S. NAZZARENI – P. COMODI, *Lucerne: le analisi archeometriche*, in *Scoppieto I*, pp. 149-152.
- OLCESE 2003 – G. OLCESE (con il contributo di M. Picon), *Terra sigillata italica a Roma e in area romana: produzione, circolazione e analisi di laboratorio*, «RCRF», 38, pp. 11-26.
- PECCERILLO 2005 – A. PECCERILLO, *Plio-quadernary volcanism in Italy*, Springer Heidelberg.
- PECCERILLO, POLI, TOLOMEO 1984 – A. PECCERILLO, G. POLI, L. TOLOMEO, *Genesis, evolution and tectonic significance of K-rich-volcanics from the Alban Hills (Roman Co-Magmatic Region) as inferred from trace element geochemistry*, *Contrib. Mineral. Petrol.*, 86, pp. 230-240.
- RIETVELD 1969 – H.M. RIETVELD, *A Profile Refinement Method for Nuclear and Magnetic Structure*, «Journal of Applied Crystallography» 2, pp. 65-71.
- Scoppieto I* – M. BERGAMINI (a cura di), *Scoppieto I. Il territorio e i materiali (Lucerne, Opus doliare, Metalli)*, Firenze 2007.
- Scoppieto II* – M. BERGAMINI (a cura di), *Scoppieto II. I Materiali (Monete, Ceramica a vernice nera, Ceramica a pareti sottili, Ceramica di importazione africana, Anfore, Manufatti e strumenti, Pesi da telaio, Vetro, Osso lavorato, Metalli, Sculture, Materiale epigrafico)*, Firenze 2011.
- WOOD *et al.* 1979 – D.A. WOOD, J.C. JORON, M. TRUEILL, *A re-appraisal of the use of trace element to classify and discriminate between magma serie erupted in different tectonic setting*, «Earth and Planetary Science letters», 45, pp. 326-336.

## RIASSUNTO

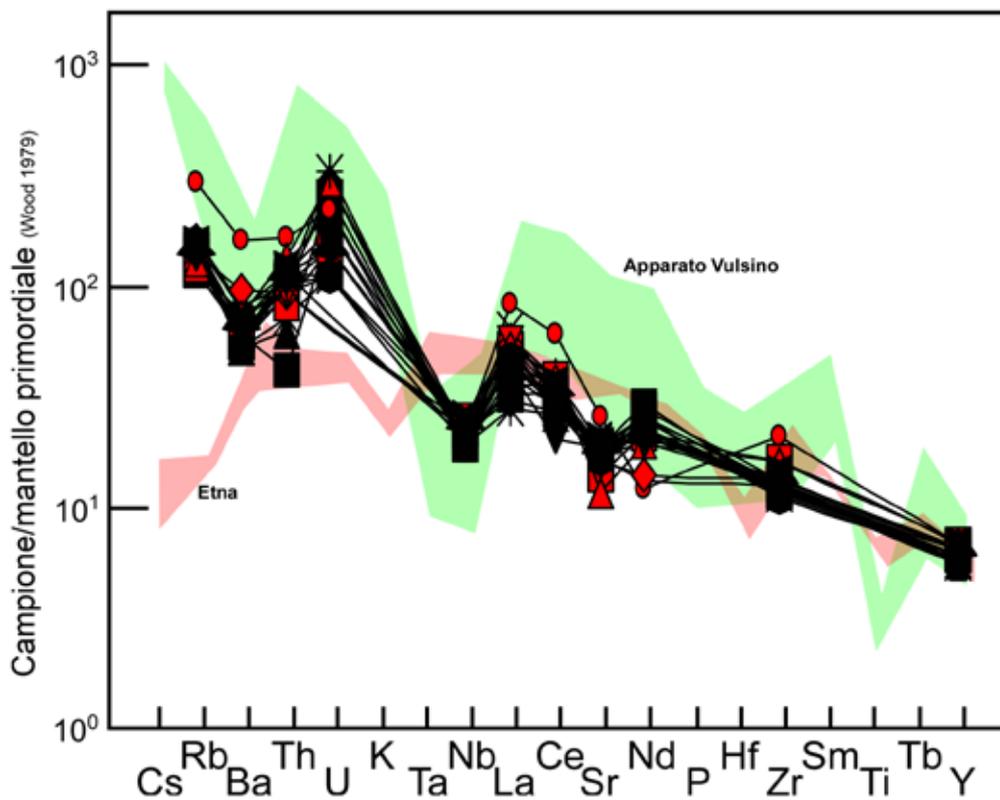
Nel corso degli ultimi anni, analisi archeometriche elaborate su campioni appartenenti ad un ampio *data base* hanno permesso di attribuire al sito di Scoppieto la produzione di un'ampia gamma di prodotti ceramici. Attraverso analisi chimiche e mineralogiche, nel presente lavoro è stata studiata la probabile provenienza dallo stesso sito di 5 elementi di coroplastica. I dati chimici sono quindi stati elaborati con analisi statistiche (*i.e.* combinazione della tecnica di *cluster* e *biplot analysis*) al fine di formulare ipotesi sulla provenienza dei campioni oggetto di studio. Per quattro dei cinque campioni studiati è stato possibile ipotizzare una provenienza regionale, pur restando ancora qualche incertezza sulla loro sicura attribuzione al sito di Scoppieto. Dalle analisi statistiche, una sicura provenienza locale è stata invece attribuita al quinto campione, l'Ara. In aggiunta, anche le analisi chimiche e mineralogiche hanno permesso di attribuire la provenienza dei materiali utilizzati come dimagranti nella produzione di questo manufatto agli affioramenti vulcanici propri della provincia Romana.

## ABSTRACT

During the last few years, archaeometric analyses carried out on samples belonging to an ample database have allowed a wide range of ceramic products to be attributed to Scoppieto. The probable provenience of five ceramic elements from the site was studied in the present work by means of chemical and mineralogical analyses. Then the chemical data were elaborated with statistical analyses (*i.e.* combining cluster and biplot analysis) in order to formulate hypotheses on the provenience of the samples studied. For four of the five samples it was possible to hypothesize a regional provenience, even if some uncertainty still exists with regard to their attribution to Scoppieto. A sure local provenience, on the other hand, has been attributed to the fifth sample, the altar. Furthermore, the chemical and mineralogical analyses allow the material used as temper in the production of this object to be attributed to the volcanic outcrops of the Roman province.



Tav. VI – N. 1a: ara (CAPOCEFALO, n. 1, p. 224); n. 1b: immagini al microscopio ottico del corpo ceramico dell'ara (COMODI, ZUCCHINI, BUCCIANI, p. 247). N. 2: matrice per testa con le fattezze di Alessandro Magno (CAPOCEFALO, n. 2, p. 230); n. 2a: immagini al microscopio ottico del corpo ceramico della matrice n. 2 (COMODI, ZUCCHINI, BUCCIANI, p. 247). N. 3: matrice con volto ignoto (CAPOCEFALO, n. 3, p. 233).



1



2

Tav. VII – N. 1: contenuto in elementi in traccia dei campioni di coroplastica rispetto al contenuto nelle rocce dell'apparato vulsino (area in verde) e nelle rocce della provincia Etna (area in rosa), normalizzati ai contenuti nelle rocce di mantello secondo WOOD 1979 (COMODI, ZUCCHINI, BUCCIANTI, p. 254). N. 2: l'area archeologica oggi.