



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali

DOTTORATO DI RICERCA IN SCIENZE DELLA TERRA
XXIII CICLO

Coordinatore: Prof. Roberto Barbieri

Tesi di Dottorato

PRODUZIONE E CIRCOLAZIONE DELLE ANFORE GRECO ITALICHE IN AREA
ADRIATICA

Settore scientifico-disciplinare:

GEO/09

Presentata da:

Dott.ssa Elisa Esquilini

Relatore/i

Prof.ssa M. C. Nannetti

Co-relatore/i

Dr.ssa V. Minguzzi

Esame finale anno 2011

Riassunto

La ricerca si focalizza sullo studio della produzione e circolazione delle anfore greco italiche nell'area adriatica.

Lo studio delle anfore, della loro produzione e commercializzazione, risulta di fondamentale importanza per l'indagine storico-archeologica, in particolare per:

- il riconoscimento di produzioni locali, attraverso il confronto archeometrico tra campioni ceramici e materie prime;
- la comprensione dei procedimenti tecnici e tecnologici della produzione anforica;
- la ricostruzione delle antiche direttrici di traffico tra diversi territori del mondo romano;

I siti archeologici che si prendono in esame rappresentano una buona espressione delle maggiori produzioni anforiche in ambito adriatico su entrambe le sponde: Adria (Veneto), Cattolica, Rimini, Spina (Emilia-Romagna), *Suasa* (Marche) e *Phoinike* (Albania). L'ambito adriatico rappresenta un campione differenziato e assai significativo anche per la presenza, in molti dei siti presi in considerazione, dei luoghi di approvvigionamento delle materie prime.

Sono state effettuate analisi archeometriche dei campioni rappresentativi dei siti presi in esame, modificando tecniche analitiche proprie della mineralogia, della petrografia e della geochimica allo studio di reperti di anfore provenienti da diversi siti italiani ed esteri ed associando a questi studi quelli delle materie prime argillose campionate *ad hoc* per caratterizzare le probabili materie prime. Complessivamente la discussione, la comparazione e l'integrazione dei risultati hanno portato, abbinati ai dati archeologici (stratigrafici, cronologici ed epigrafici) disponibili, nella maggioranza dei casi, ad un significativo avanzamento delle conoscenze sulla produzione e distribuzione delle maggiori manifatture anforiche del bacino adriatico, oltre alla soluzione delle problematiche archeologiche di partenza. In particolare per i reperti di Cattolica e per la maggioranza dei reperti di *Suasa* si attesta una produzione locale. Si confermano le relazioni commerciali fra i siti di Rimini e *Suasa*; si rileva una rete commerciale fra Adria e Spina; infine per i campioni adriatici provenienti da *Phoinike* si esclude una provenienza dai siti presi in esame.

Il presente lavoro trae origine da un ampio progetto di ricerca condotto da molti anni fra il Dip.di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali dell'Università di Bologna, il Dip.di Archeologia dell'Università di Bologna e le Soprintendenze dell'Emilia Romagna e Veneto.

Abstract

The present study, being part of a wide research program carried by the University of Bologna (Dipartimento di Scienze della Terra e Geo-Ambientali and Dipartimento di Archeologia) together with the Superintendence of Emilia-Romagna and Veneto, is aimed at examining the manufacturing and circulation of Greek and Italic amphorae in the Adriatic area. This represents an essential step for the historical and archaeological reconstructions and in particular for:

- the identification of local manufacturing through the archaeometric comparisons between ceramic samples and raw materials
- the investigation of the manufacturing techniques
- the reconstruction of the ancient routes connecting different areas of the Roman world

The examined archaeological sites are representative of the main manufacturing areas in the Adriatic region both along the Italian and Albanian coasts: Adria (Veneto), Cattolica, Rimini and Spina (Emilia-Romagna), Suasa (Marche) and Phoinike (Albania). Notably, the Adriatic region not only represents the manufacturing area, but also coincides with the source area where the raw materials were collected.

Archaeometric analyses of representative samples from the different areas of interests, were performed adapting the analytical techniques used in mineralogy, petrography and geochemistry, to the study of ancient archaeological finds. These data were combined with the ones obtained from the analysis of clays, aimed at characterizing the nature of the raw materials.

As a whole, an integration of these data with the available archaeological observations (stratigraphic, chronologic and epigraphic data) led to significant advances in the scientific knowledge about of the main types of amphoric manufacturing and distribution in the Adriatic region.

In particular, a local manufacturing is suggested for all the archaeological finds from Cattolica and for the main part of the archaeological finds from Suasa. Moreover, the occurrence of commercial routes between the sites of Rimini and Suasa and between Adria, Spina and Suasa is evidenced. On the contrary, for the amphorae from Phoinike a provenance from the examined sites is very unlikely.

Indice

CAPITOLO 1	
Introduzione	Pag.1
1.1 Studi di provenienza	Pag.5
1.1.1 Tecniche di fabbricazione	Pag.7
1.2 Obiettivi	Pag.9
CAPITOLO 2	
Metodologie analitiche	Pag.12
2.1 Analisi mineralogiche	Pag.12
2.2 Analisi chimiche	Pag.16
2.3 Elaborazioni statistiche	Pag.18
CAPITOLO 3	
Risultati archeometrici dei siti italiani	Pag.24
3.1 Suasa	Pag.24
3.2 Rimini	Pag.36
3.3 Spina	Pag.44
3.4 Adria	Pag.48
CAPITOLO 4	
PAPER: Studio minero-petrografico e geochimico dei reperti ceramici	Pag.58
CAPITOLO 5	
PAPER: Amphorae from Phoinike (Albania): an integrated archaeometrical and archaeological approach	Pag.70
CAPITOLO 6	
PAPER: Greek Italic amphorae in the Adriatic basin	Pag.90
CAPITOLO 7	
Conclusioni	Pag.114
Appendice A	Pag.117
Appendice B	Pag.124
Appendice C	Pag.129
Appendice D	Pag.131
Appendice E	Pag.134
Appendice F	Pag.140
Appendice G	Pag.145
BIBLIOGRAFIA	Pag.156

Indice delle figure

Figura 1.1: Esempio di anfora vinaria da trasporto.	Pag.2
Figura 1.2: Riproduzione di come venivano sistemate le anfore nelle navi.	Pag.2
Figura 1.3: Esempio di anfora greco italica rinvenuta nel sito archeologico di Spina.	Pag.4
Figura 1.4: Bollo anforico impresso su un'anfora rinvenuta presso lo scavo archeologico di Suasa.	Pag.10
Figura 1.5: Siti archeologici presi in esame.	Pag.11
Figura 2.1: Analisi termica del campione RN-18 in cui si rileva la presenza di calcite (perdita peso relativo a CO ₂ con velocità massima a 900°C).	Pag.14
Figura 2.2: Analisi termica del campione SP-09 in cui si rileva la presenza di gesso.	Pag.15
Figura 3.1: Anfora bollata SU-79.	Pag.28
Figura 3.2: Anfora bollata SU-62.	Pag.28
Figura 3.3: Sezione del campione SU-103 in alto a sx; immagine al SEM in alto a dx, in basso spettri dei punti indicati nell'immagine al SEM	Pag.29
Figura 3.4: Sezione del campione SU-102 in alto a sx; immagine al SEM in alto a dx, in basso spettri dei punti indicati nell'immagine al SEM	Pag.30
Figura 3.5: Dendrogramma della cluster analysis dei campioni provenienti dal sito di Suasa (AN).	Pag.35
Figura 3.6: Puntale dell'anfora greco italica RN-18.	Pag.37
Figura 3.7: Sezione sottile del campione RN-18 (200 micron/intertacca).	Pag.38
Figura 3.8: Sezione sottile del campione RN-21 (200 micron/intertacca).	Pag.39
Figura 3.9: Diagramma binario CaO vs Sr.	Pag.39
Figura 3.10: Diagramma binario SiO ₂ vs Zr.	Pag.40
Figura 3.11: Frammento di orlo del campione RN-07.	Pag.40
Figura 3.12: Frammento di orlo del campione RN-16.	Pag.40
Figura 3.13: Dendrogramma della cluster analysis dei campioni provenienti dal sito di Rimini.	Pag.42
Figura 3.14: Frammento di orlo del campione RN-02.	Pag.43
Figura 3.15: Anfora greco italica SP-08.	Pag.46
Figura 3.16: Anfore greco italica SP-09.	Pag.46
Figura 3.17: Frammenti di parete del campione AD-03.	Pag.49
Figura 3.18: Frammenti del campione AD-05.	Pag.49
Figura 3.19: Sezione sottile del campione AD-01 (270 micron/intertacca).	Pag.50
Figura 3.20: Sezione sottile del campione AD-02 (230 micron/intertacca).	Pag.51

Figura 3.21: Sezione sottile del campione AD-05 (230 micron/intertacca).	Pag.51
Figura 3.22: Sezione sottile del campione AD-08 (200 micron/intertacca).	Pag.52
Figura 3.23: Sezione sottile del campione AD-11 (230 micron/intertacca).	Pag.52
Figura 3.24: Sezione sottile del campione AD-12 (230 micron/intertacca).	Pag.53
Figura 3.25: Diagramma binario SiO ₂ vs CaO.	Pag.54
Figura 3.26: Diagramma binario Cr vs Ni.	Pag.54
Figura 3.27: Diagramma binario CaO vs Sr.	Pag.55
Figura 3.28: Anfora greco italica AD-01.	Pag.55
Figura 3.29: Anfora greco italica AD-06.	Pag.55
Figura 3.30: Anfora greco italica AD-08.	Pag.56
Figura 3.31: Anfora greco italica AD-10.	Pag.56
Figura 3.32: Anfora greco italica AD-11.	Pag.56
Figura 4.1: Piantina dello scavo archeologico di Cattolica.	Pag.58
Figura 4.2: Roccia vulcanica ritrovata nello scavo.	Pag.69

Indice delle tabelle

Tabella 2.1: Parametri strumentali per la determinazione della composizione dell'impasto ceramico.	Pag.17
Tabella 2.2: Schema di processo decisionale.	Pag.19
Tabella 3.1a: Tabella della composizione mineralogica dei campioni provenienti da Suasa (AN)	Pag.26
Tabella 3.1b: Tabella della composizione mineralogica dei campioni provenienti da Suasa (AN)	Pag.27
Tabella 3.2a: Tabella della composizione chimica dei campioni provenienti da Suasa (AN).	Pag.32
Tabella 3.2b: Tabella della composizione chimica dei campioni provenienti da Suasa (AN).	Pag.33
Tabella 3.3: Tabella della composizione mineralogica dei campioni provenienti da Rimini ottenuta in XRD.	Pag.37
Tabella 3.4: Tabella della composizione chimica dei campioni provenienti da Rimini.	Pag.41
Tabella 3.5: Tabella della composizione mineralogica dei campioni provenienti da Spina (FE) ottenuta in XRD.	Pag.45
Tabella 3.6: Tabella della composizione chimica dei campioni provenienti da Spina (FE).	Pag.47
Tabella 3.7: Tabella della composizione mineralogica dei campioni provenienti da Adria (RO) ottenuta in XRD.	Pag.50
Tabella 3.8: Tabella della composizione chimica dei campioni provenienti da Adria (RO).	Pag.57

CAPITOLO 1

Introduzione

Il presente studio di dottorato si inserisce in un più ampio progetto che comprende studi mineralogici, petrografici e geochimici, a scopo archeometrico, di reperti archeologici ceramici di varie tipologie provenienti da scavi di diversi siti archeologici italiani ed esteri e delle loro probabili materie prime.

Tali studi vengono portati avanti da circa 16 anni dal gruppo di ricerca del Dipartimento di Scienze della Terra e Geo-Ambientali dell'Università di Bologna, come dimostrano comunicazioni, convegni e pubblicazioni a stampa, in stretta collaborazione con i ricercatori del Dipartimento di Archeologia dell'Università di Bologna, il Museo della Regina di Cattolica e le Soprintendenze dell'Emilia Romagna, del Veneto, che hanno consentito l'utilizzo di reperti per le analisi e hanno fornito lo studio archeologico di base da cui scaturivano le problematiche archeometriche.

La ceramica, essendo tra i reperti maggiormente documentati nei siti archeologici, è uno degli indicatori più utilizzati dagli archeologi per datare, per ricostruire i percorsi commerciali e la situazione economica di siti, per conoscere il livello tecnologico delle società antiche.

In particolare il progetto si focalizza sullo studio della produzione e circolazione delle anfore greco italiche nell'area adriatica.

L'anfora è il contenitore da trasporto più diffuso nel mondo romano. È costituito da un corpo vascolare di forma affusolata o globulare in terracotta a due manici, definiti anse. La terminazione del recipiente poteva essere a puntale oppure a fondo piatto (Fig. 1.1). La superficie esterna dell'anfora, sovente, era ricoperta da un'ulteriore strato di argilla molto depurata (ingobbatura). Sulla superficie interna, a volte, era plasmata una sostanza nerastra detta impeciatura che serviva per favorire l'impermeabilità delle pareti o per aromatizzare il contenuto (Picon, 1973).

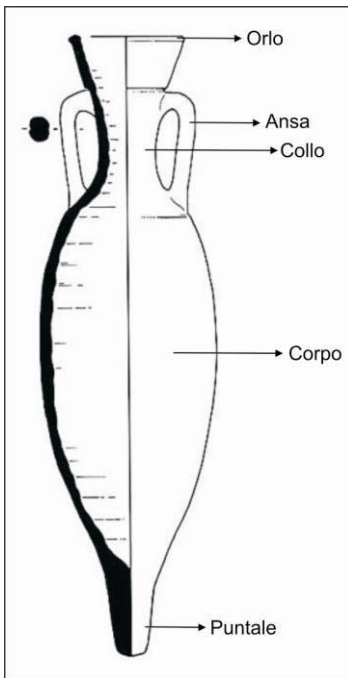


Figura 1.1: Esempio di anfora vinaria da trasporto.

Impiegate per il trasporto di grosse quantità di materiale, principalmente per via marina nelle stive delle navi da carico, le anfore potevano contenere, derrate alimentari (vino, olio, salse di pesce, conserve di frutta, ecc.) ma anche, meno frequentemente, altre sostanze, come ad esempio l'allume (sostanza chimica utilizzata nell'antichità per il fissaggio del colore nella lavorazione dei tessuti). La presenza del puntale al posto del fondo è motivata da una migliore impilabilità delle forme all'interno delle stive delle navi (Fig. 1.2).



Figura 1.2: Riproduzione di come venivano sistemate le anfore nelle navi.

In età medio imperiale (ossia dalla fine del I secolo ma soprattutto dal II secolo d.C.) si affermano anche anfore di capacità più ridotta (anforette, vedi la tipologia Forlimpopoli, ma anche altre tipologie, molto diffuse in area centroitalica tra fine I e inizio III secolo d.C.), a fondo piatto, utilizzate per il trasporto del vino non solo ad ampio raggio, ma soprattutto a medio raggio (probabilmente anche per le caratteristiche del vino stesso, che non reggeva lunghi tempi di permanenza all'interno dei recipienti).

La chiusura dell'anfora era normalmente realizzata in sughero e su di essa poteva essere sovrapposto un opercolo di terracotta sul quale veniva colata resina, cera, pozzolana (Rodriguez Almeida, 1974) o gesso allo scopo di sigillare ermeticamente il contenitore e preservare il contenuto dagli agenti atmosferici.

Altri segni di riconoscimento del tipo di produzione dell'anfora o del suo contenuto sono i bolli impressi sulle anse, sul collo, sull'orlo o graffiti tracciati sul corpo o in prossimità del puntale, spesso segni di riconoscimento della fabbrica del contenitore o indicatori il tipo di prodotto, il suo peso e l'età. Anche il produttore - proprietario al tempo stesso del carico, ma non di proprie figlinae (fabbriche di ceramica) annesse all'azienda agricola avrebbe potuto richiedere a ceramisti che lavoravano su ordinazione l'apposizione di un proprio contrassegno. Marchi e bolli non solo garantivano i proprietari da eventuali trafugamenti, ma anche gli acquirenti per i contenuti e la capacità delle anfore. Caratteri tracciati sul corpo con inchiostro rosso o in nero (tituli picti) denotavano la natura dei prodotti trasportati, la qualità, il peso dell'anfora, la compagnia mercantile esportatrice, se non addirittura erano relativi alle verifiche doganali e dimostravano che l'anfora era stata soggetta ad un controllo ed erano state regolarmente riscosse le imposte dovute per le importazioni ed esportazioni (portoria).

Il trasporto delle anfore avveniva principalmente via mare, poiché risultava molto più veloce ed economico rispetto al trasporto terrestre. Le anfore costituivano, all'interno delle navi, il carico principale, riscontrato dai numerosi rinvenimenti di relitti in gran parte del Mediterraneo (Parker, 1992).

Al termine del loro uso principale di trasporto, le anfore erano riutilizzate nei depositi, in botteghe o case private, per la conserva dei prodotti oppure venivano svuotate e riciclate (Fonquerle, 1973, Laubenheimerl, 1991).

In ambito edilizio erano usate, in frammenti, per la costruzione di murature, pozzi e cisterne. Inserite nelle volte o nelle parti superiori degli edifici servivano per alleggerire le strutture. Spesso, il fondo era riutilizzato come utensile per contenere malta (Giuliani, 2006). Quelle di forma cilindrica, soprattutto con collo lungo e stretto, erano utilizzate, impilate l'una nell'altra, come conduttori l'aria, canali di adduzione d'acqua o come canalette fognarie.

Talvolta, dopo essere state appositamente forate, venivano poste a prua delle imbarcazioni con la funzione di fanali.

Ulteriore riutilizzo delle anfore avveniva in ambito funerario: come contenitori per le ceneri o per la deposizione di neonati e bambini morti in tenera età.

Il fondamentale valore sperimentale del presente lavoro consiste nel contributo che esso potrà offrire alla discussione metodologica sul ruolo e le potenzialità delle indagini archeometriche nell'indagine archeologica, portando ad un significativo avanzamento nello stato dell'arte attraverso un affinamento delle tecniche di indagine e a una loro sempre maggiore normalizzazione sui casi di studio via via affrontati, per giungere a una definizione di linee-guida di intervento, che potranno giovare alle future indagini.

Gli studi sulla produzione e circolazione delle anfore greco italiche (Fig. 1.3) in area adriatica si avvalgono dell'archeometria come metodo per ricostruire, in parte o del tutto, il "ciclo vitale" dei manufatti ceramici. Tale "ciclo" può essere suddiviso in:

- identificazione delle materie prime e loro provenienza;
- ricostruzione delle tecnologie antiche di fabbricazione;
- rotte commerciali;
- processi di alterazione post deposizionali.



Figura 1.3: Esempio di anfora greco italica rinvenuta nel sito archeologico di Spina.

Lo studio archeometrico, che permette di ricostruire la storia dei manufatti, è necessariamente interdisciplinare e viene svolto in stretta collaborazione con archeologi o storici dell'arte, che devono prima selezionare contesti appropriati, caratterizzare tipologicamente e cronologicamente i reperti (Olcese, 1992, 1999) e successivamente definire problematiche storico-archeologiche da risolvere.

I manufatti ceramici possono essere considerati rocce artificiali i cui componenti ricristallizzano durante la cottura ad alte temperature.

Esattamente come le rocce contengono le tracce della loro evoluzione (Maggetti, 1992; Veniale, 1994), così i manufatti mantengono tutti i passaggi del loro "ciclo vitale". Per questo motivo le scienze della Terra possono giocare un ruolo importante nello studio di questi processi attraverso l'applicazione delle metodologie analitiche proprie degli studi di rocce e minerali.

Stabilita la complessità del processo di produzione ceramico e delle "fasi di vita" del manufatto, è estremamente importante che si adotti una strategia analitica che sia adatta alla soluzione del problema.

L'applicazione delle metodologie scientifiche allo studio delle ceramiche antiche, come tutti gli studi sui manufatti, mira a definire:

- la provenienza delle materie prime utilizzate e/o delle ceramiche rinvenute;
- la ricostruzione delle tecniche di produzione (dalla selezione delle materie prime, al loro trattamento, alla modellazione e alle condizioni di cottura).

1.1 Studi di provenienza

Per portare avanti studi significativi sulla produzione e distribuzione di ceramiche antiche, è importante determinare dove gli oggetti sono stati prodotti e identificare i luoghi di provenienza delle materie prime, tenendo presente che, in passato, le ceramiche erano generalmente prodotte non molto lontano dal sito di approvvigionamento delle materie prime.

Le argille raramente sono utilizzate senza essere trattate; solitamente subiscono vari processi prima di essere modellate.

Subito dopo l'estrazione dalle cave l'argilla è sottoposta a stagionatura. Il contatto con sole, pioggia e gelo provoca la decomposizione della sostanza organica contenuta nelle zolle. Il processo putrefattivo aumenta la plasticità dell'argilla, in quanto produce un colloide organico (Cuomo di Caprio, 2008).

Durante la stagionatura avviene anche una prima purificazione chimica: per esempio si ha l'ossidazione della pirite (FeS_2 - solfuro di ferro) con formazione di solfati solubili in acqua e quindi facilmente dilavabili con acqua piovana (se la reazione non è completa possono formarsi, durante la cottura, effetti di efflorescenze sulla superficie del manufatto).

Dopo la stagionatura, per eliminare materiali estranei eterogenei, la cui presenza è dannosa durante la modellazione e la cottura del manufatto, l'argilla viene sottoposta a depurazione.

La depurazione può avvenire per: sedimentazione in acqua ferma; levigazione in acqua corrente; setacciatura.

A volte, è necessario aggiungere materiali che migliorino o correggano alcune caratteristiche.

Ad argille troppo "grasse" (alta plasticità) vengono addizionati degrassanti (sabbia, quarzo, etc.) e ad argille troppo "magre" (bassa plasticità) minerali argillosi.

Le aggiunte vengono effettuate, di norma, dopo la depurazione. In questo modo si ottiene l'impasto che in seguito viene sottoposto a modellazione.

Solitamente l'impasto finale è dato dall'associazione di due o più argille caratterizzate da differente plasticità.

Per determinare la provenienza dei manufatti si utilizzano principalmente:

- analisi mineralogica e petrografica;
- analisi chimica;
- elaborazione statistica dei dati chimici.

L'analisi minero-petrografica, attraverso l'uso del microscopio ottico, consente l'identificazione dei minerali e degli inclusi che compongono il manufatto.

Gli inclusi, già presenti nelle argille o aggiunti deliberatamente, riflettono la geologia della zona dalla quale l'argilla o gli additivi sono stati prelevati.

Oltre a questo tipo di indagine viene utilizzata un'altra tecnica, il microscopio a scansione elettronica con microsonda (SEM-EDS), anche impiegata per le indagini sulle tecniche produttive (Tite, 1992). Avendo un'alta risoluzione può fornire la composizione di ogni singolo minerale che costituisce lo scheletro o la matrice, arricchendo così i dati ottenuti tramite il microscopio ottico.

L'analisi chimica del frammento ceramico, ottenuta mediante o analisi in fluorescenza a raggi X (XRF) o spettrometria al plasma indotta (ICP), fornisce informazioni su gli elementi maggiori, minori e in traccia che compongono il reperto. Grazie a questa analisi, integrata ad elaborazioni statistiche multivariate (cluster analysis, analisi della varianza, etc), si può suddividere un gruppo di reperti, rinvenuti in un unico sito, in sottogruppi in base alla composizione chimica.

Per fare ciò, la situazione ideale sarebbe quella di avere un elevato numero di campioni da trattare statisticamente con campioni di riferimento che possono essere: campioni di argilla prelevati in zone limitrofe al sito archeologico, oppure frammenti ceramici di produzione locale certa.

Per l'identificazione di una produzione locale si utilizzano come marker scarti di cottura o anelli distanziatori poiché il prelevamento di materie prime nelle zone limitrofe al sito non sempre può dare indicazioni esatte. Nel caso si usino come marker materie prime adiacenti al sito si possono riscontrare differenze composizionali attribuibili a diverse cause, come: depurazione di materie prime durante la fabbricazione (Kilikoglou et al, 1988), contaminazione dei terreni agricoli e difficoltà di reperire campioni nelle aree adiacenti al sito archeologico, a causa dell'estensiva urbanizzazione moderna.

1.1.1 Tecniche di fabbricazione

Un altro punto molto importante nello studio dei manufatti ceramici antichi è risalire alle tecniche di fabbricazione.

La tecnologia usata per produrre una ceramica viene ricostruita per determinare:

- quale materia prima è stata utilizzata;
- come è stato fabbricato il manufatto;
- quali temperature si sono raggiunte in fase di cottura.

Gli strumenti analitici usati sono:

- analisi termica TG, DTG e DTA;
- analisi diffrattometrica (XRD);
- microscopio ottico ed elettronico (SEM);
- analisi in spettroscopia come FTIR, NIR E RAMAN (Artioli et al., 2000);
- spettroscopia Mössbauer, molto utilizzata per la definizione dello stato di ossidazione del Fe e, di conseguenza, per le temperature di cottura (Stievano et al., 1996) e le condizioni atmosferiche (Bianchin Citton et al., 1999; Maritan, 2002; Maritan et al., 2006).

Per determinare le materie prime utilizzate e le possibili temperature raggiunte in cottura ci vengono in aiuto tutte le analisi sopra elencate, ma in particolare:

- Le analisi termiche come DTA e TG possono aiutare per definire la composizione mineralogica dei minerali argillosi, sia nella materia prima che nei campioni ceramici,

quando la cottura non raggiungeva alte temperature. Inoltre grazie a questa analisi è possibile quantificare la presenza di sostanza organica all'interno dei reperti.

Il microscopio ottico non serve solo per identificare i minerali presenti, ma anche per determinare se è presente una tessitura radiale o iatale e quindi se essi sono presenti naturalmente o aggiunti intenzionalmente all'argilla (Ricciardi et al., 1997). Permette inoltre di discriminare per alcune fasi (gesso, calcite, clinopirosseni) la natura primaria o secondaria. Per esempio, il riconoscimento della presenza di calcite in un ceramico può far formulare diverse ipotesi:

- la calcite può essere stata presente originariamente nei materiali costituenti i manufatti e non avere subito decarbonatazione in seguito a cottura a basse temperature;
- la decarbonatazione non è stata completa a causa delle grosse dimensioni dei clasti carbonatici;
- la ricarbonatazione è avvenuta successivamente in raffreddamento;
- si è avuta deposizione di CaCO_3 , durante il seppellimento del manufatto.

La certa identificazione di chamotte, a volte confusa con frammenti di rocce, può dare informazioni sulle scelte tecnologiche del ceramista (Cuomo di Caprio e Vaughman, 1993; Amadori et al., 1995). E' possibile osservare le isotropie e le anisotropie della matrice argillosa: se una matrice è anisotropa non è vetrificata e mantiene le proprietà ottiche, suggerendo temperature sotto l'inizio di vetrificazione, intorno a 850°C (Brisbane, 1981). Queste temperature potrebbero variare perché dipendono dalla composizione chimica e mineralogica della matrice, dall'atmosfera e dalla durata del processo di cottura.

- Il SEM è stato usato con successo per esaminare la morfologia interna dei frammenti ceramici, per esempio segni di vetrificazione (Fabbri, 1996b) e per comparare queste strutture con le prove di cottura su argille naturali (Tite e Maniatis, 1975; Freestone e Middleton, 1987; Veniale, 1990; Ricciardi et al., 1999; Cultrone et al., 2001).
- L'analisi chimica può essere eseguita sia sugli inclusi che sulla matrice. La chimica del corpo ceramico e del rivestimento possono essere comparate (Mirti, 2000) ed è possibile rilevare disequilibrio tessiturale, come zonature composizionali e bordi di reazione, sviluppati durante la cottura.
- L'analisi diffrattometrica può essere utilizzata per rilevare le trasformazioni che avvengono nelle argille durante la cottura. Per esempio si possono riscontrare: (Maggetti, 1994; Veniale, 1994; Minguzzi, Nannetti, 2008):
 - fasi relitte: quarzo, minerali argillosi, calcite, feldspati, ecc, che non hanno avuto trasformazioni durante la cottura;
 - fasi formatesi in cottura: gehlenite, diopside, wollastonite, mullite;

- minerali di trasformazione: gesso, calcite, che si sono formati dopo la cottura.

La presenza di queste fasi dà informazioni sulla natura della materia prima, le temperature raggiunte in cottura e il grado di alterazione.

In particolare, la reazione che sviluppa clinopiroseni, gehlenite, quarzo, wollastonite e anortite è generalmente considerata come indicatrice del raggiungimento di alte temperature di cottura (900°C) (Peters e Iberg, 1978; Duminuco et al, 1998).

1.2 Obiettivi

Il tema delle anfore in area adriatica in questi anni comincia ad essere un argomento di studi assai trattato, non solo dal punto di vista archeologico ma anche archeometrico, cosa che renderà potenzialmente ancora più significativi i dati emersi dalla presente ricerca. Solo di recente, e in concomitanza con il rinvenimento di uno scarico di anfore e ceramica comune a Cattolica (Stoppioni, 2007, Stoppioni, 2008), presso la foce del fiume Tavollo, l'attenzione degli studiosi è stata attirata dalle produzioni adriatiche di anfore greco-italiche, in particolare di quelle dell'area riminese, che si datano al pieno III secolo a.C..

Abbinati ai dati stratigrafici, cronologici ed epigrafici disponibili per gran parte dei materiali presi in esame, la discussione, la comparazione e l'integrazione dei risultati potranno portare, nella maggioranza dei casi, oltre alla soluzione della domanda archeologica di partenza (in particolare per quanto riguarda la provenienza e la possibile presenza di produzione locali) ad un significativo avanzamento delle conoscenze sulla produzione e distribuzione delle maggiori manifatture anforiche del bacino adriatico.

Le indagini archeometriche (caratterizzazione degli impasti, attraverso analisi mineralogico-petrografiche e geochimiche) condotte su reperti di ceramica antica, sono di indubbia utilità alla soluzione di problematiche archeologiche legate alla loro produzione e diffusione: l'interazione tra gli studi prettamente tipologici e morfologici e la caratterizzazione archeometrica si è già rivelata particolarmente proficua nel riconoscimento della provenienza dei materiali ceramici (Nannetti et al, 1995; Minguzzi et al, 1995; Morandi et al 1996a, 1996b) contribuendo poi a fornire preziose indicazioni sul raggio di diffusione e consumo delle differenti tipologie e sui luoghi di approvvigionamento delle materie prime, con un significativo contributo alla ricostruzione del sistema economico del mondo antico (produzioni ad ampio-medio raggio, rapporto tra le importazioni e le produzioni locali). Lo studio delle anfore, della loro produzione e

commercializzazione, risulta di fondamentale importanza per l'indagine storico-archeologica, in particolare per:

- il riconoscimento di produzioni locali, attraverso il riscontro archeometrico tra campioni ceramici e materie prime;
- la comprensione dei procedimenti tecnici e tecnologici della produzione anforica (materie prime, luoghi di approvvigionamento);
- la ricostruzione delle antiche direttrici di traffico e del flusso di merci tra diversi territori del mondo romano, sia su larga scala, sia su scala intraregionale;
- la conoscenza dei meccanismi socioeconomici del mondo antico, attraverso l'analisi dei bolli anforici (Fig. 1.4).



Figura 1.4: Bollo anforico impresso su un'anfora rinvenuta presso lo scavo archeologico di Suasa.

Comunemente si considera l'anfora greco-italica la prima anfora commerciale di produzione romana, che segna l'inizio dell'espansione economica di Roma e dell'Italia, nel periodo durante e immediatamente seguente le Guerre Puniche, precedentemente alla grande diffusione delle Dressel I e delle Lamboglia 2.

Preme qui considerare, riguardo all'anfora greco-italica, la complessità della rete dei suoi centri produttivi (dalla Magna Grecia all'alto Tirreno fino al medio e alto Adriatico) (Psquinucci, Menchelli, 1999, Toniolo, 2000), e soprattutto il rapporto tra i centri produttivi e le aree di consumo. La nascita e lo sviluppo di tali poli produttivi non solo è strettamente legata alla coltura intensiva della vite, ma presuppone una componente sociale attiva ed emancipata, in grado di investire e attrarre risorse di mercato.

I siti archeologici che si prenderanno in esame rappresentano una buona espressione delle maggiori produzioni anforiche in ambito adriatico su entrambe le sponde (Fig. 1.5): Adria (Veneto), Cattolica, Rimini, Spina (Emilia-Romagna), Suasa (Marche) e Phoinike (regione Saranda, Albania); l'ambito adriatico rappresenta un campione differenziato e assai significativo anche per la presenza, in molti dei casi presi in considerazione, dei luoghi di approvvigionamento delle materie prime.

Gli esemplari di anfora greco-italica di Phoinike e del suo territorio presentano una cospicua percentuale di impasti chiari con forte presenza di chamotte di tipo adriatico, che indica quindi un forte legame economico della regione caona con il versante orientale della penisola italiana, ben attestato anche in seguito, con la massiccia introduzione sul mercato dei prodotti brindisini. Il territorio della Caonia rappresenta quindi un'area di consumo privilegiata per i prodotti vinicoli italici della costa adriatica, che vanno quindi, tra III e II secolo, ad affiancarsi a quelli corinzi-locali finendo col prevalere, nel bilancio delle importazioni, su tutti gli altri prodotti importati in contenitori da trasporto. La presenza di un forte mercato italico, testimoniato archeologicamente dalla presenza di contenitori da trasporto di provenienza adriatica, va inoltre a coincidere cronologicamente con la crescente e sempre più aggressiva politica imperialistica attuata dai Romani nel corso del III secolo, e testimoniata anche dalla presenza a Phoinike dei mercanti italici menzionati da Polibio negli anni intorno al 230, i cui interessi commerciali erano minati dalla pirateria illirica.

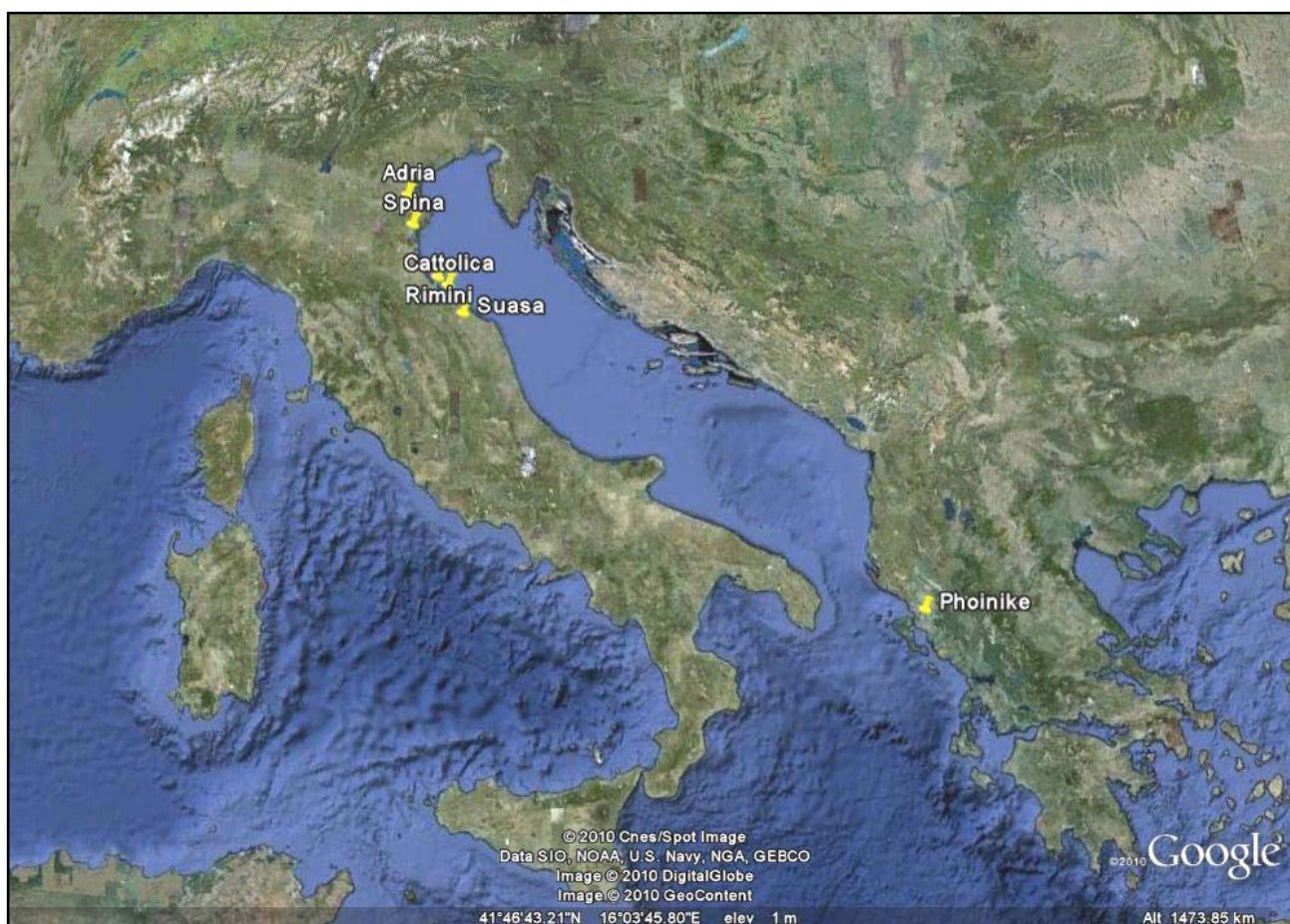


Figura 1.5: Siti archeologici presi in esame.

CAPITOLO 2

Metodologie analitiche

Da ogni reperto ceramico scelto per essere analizzato è stata tagliata una porzione di entità tale da permettere l'esecuzione delle analisi mineralogiche e geochimiche. Tale porzione è stata accuratamente ripulita in superficie con una lima diamantata per asportare residui di materiale di seppellimento.

Successivamente ogni reperto è stato polverizzato mediante un mortaio di agata.

Per lo studio sono state utilizzate le seguenti metodologie.

2.1 Analisi mineralogiche

Analisi ottica al microscopio polarizzante

L'analisi al microscopio polarizzante è stata effettuata su sezioni sottili dello spessore di circa 30 μm ottenute da un taglio ortogonale rispetto alle pareti esterne del manufatto. Attraverso questo tipo di indagine è stato possibile approfondire lo studio sulle fasi minerali (fasi primarie e secondarie) presenti nei campioni ed, in specifico, osservarne dimensioni, forme ed eventuali orientazioni ed alterazioni. In particolare si è potuto rilevare quelle fasi che difficilmente vengono individuate da altri tipi di indagini. E' stato inoltre possibile riconoscere la presenza, l'abbondanza e le dimensioni di frammenti rocciosi, di riempimenti e di bioclasti.

Analisi ottica al microscopio elettronico a scansione

Questa analisi permette osservazioni ad elevato ingrandimento e risoluzione su campioni tridimensionali.

E' stato utilizzato un microscopio elettronico a scansione del tipo. Energy Dispersive X-ray Analysis, EDXA (Oxford Instruments, INCA x-sight).

Esso produce un sottile fascio focalizzato di elettroni con un'energia variabile da 1 a 50 eV in grado di fornire un certo numero di segnali, fra i quali i più importanti sono:

- Emissione di elettroni secondari (SE).

- Elettroni retrodiffusi (Backscattered Electrons, BSE).
- Produzione raggi X.

Questa analisi è stata condotta solo su alcuni campioni che presentavano particolarità nell'impasto difficilmente indagabili con altre metodologie.

Analisi diffrattometrica (XRD)

Con questa metodologia è possibile individuare e distinguere le fasi minerali presenti nel campione. A tale scopo si è utilizzato un diffrattometro PHILIPS PW 1710 a scansione automatica dotato di un tubo di rame che emette una radiazione Cu ($k\alpha$) monocromatica di lunghezza d'onda pari a $\lambda=1,542$, e di un computer collegato ad esso, che calcola attraverso un software Philips le distanze interplanari "d (hkl)" corrispondenti ad ogni angolo 2θ e l'intensità relativa di ogni riflesso.

Per questa indagine sono stati utilizzati i campioni polverizzati, come precedentemente descritto, facendoli aderire ad un vetrino portacampione con qualche goccia di acqua deionizzata.

Per le sole materie prime, per meglio evidenziare le fasi argillose, si sono utilizzati preparati orientati, ottenuti spalmando un impasto di polvere ed acqua deionizzata su un vetrino portaoggetti.

I campioni sono stati poi analizzati mantenendo invariate le seguenti condizioni strumentali e l'intervallo angolare d'investigazione:

- Alimentazione: 30 mA e 40 KV.
- Sensibilità: 1000 c.p.s. (colpi al secondo).
- T.C. (costante tempo): 2.
- Velocità del goniometro: 1 grado/ minuto.
- Velocità della carta: 20 mm/minuto.
- Intervalli dei 2θ registrati: 3° - 70° (2θ).

L'analisi diffrattometrica ha permesso di evidenziare le fasi mineralogiche presenti e di fornire una stima semiquantitativa delle stesse utilizzando per ogni fase le intensità relative ai picchi principali.

Analisi termica (TG, DTG, DTA)

Questa analisi si effettua sottoponendo i campioni ad un riscaldamento progressivo a velocità costante, partendo dalla temperatura ambiente fino a raggiungere una temperatura prefissata.

Si è utilizzato un apparecchio SETARAM modello LABSYS che ha consentito di effettuare contemporaneamente due tipi d'analisi differenti.

- TG (analisi termogravimetrica e la sua derivata DTG);
- DTA (analisi termica differenziale).

Le condizioni sono impostate da un apposito software che consente di raccogliere i dati ottenuti dall'esperienza e di elaborarli in curve TG, DTG e DTA.

Le condizioni operative sono state le seguenti:

- Velocità di riscaldamento = 20°/minuto;
- Range di riscaldamento = 20°-1000°C;
- Flusso di CO₂ per la identificazione e la quantificazione dei carbonati (Fig. 2.1) e di aria per la quantificazione del gesso.

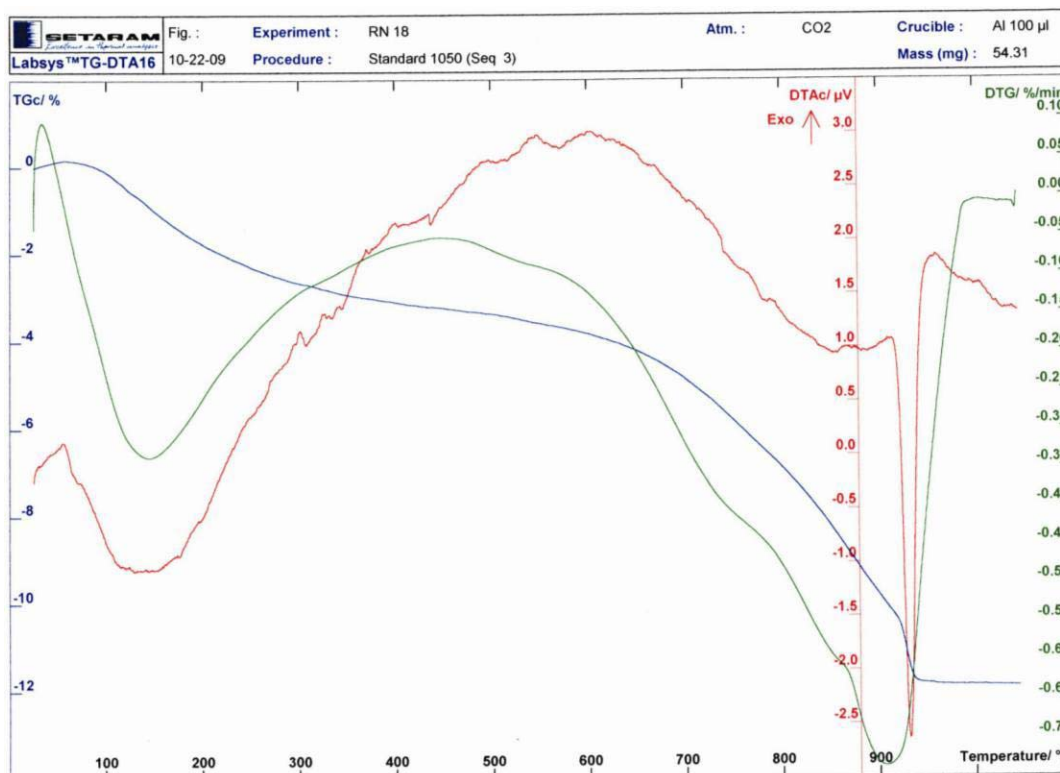


Figura 2.1: Analisi termica del campione RN-18 in cui si rileva la presenza di calcite (perdita peso relativo a CO₂ con velocità massima a 900°C).

L'insieme degli andamenti termici ottenuti da un'analisi fa sì che si possano misurare le variazioni di peso relative alle singole fasi individuate che possono quindi essere anche quantificate.

Per la quantificazione della calcite si è scelto l'intervallo di temperatura 600°-1000°C e si è utilizzato il valore di perdita in peso % relativo alla CO₂ liberata in seguito alla seguente dissociazione:



La quantificazione di questa fase si effettua moltiplicando la percentuale di perdita relativa alla CO₂ per il fattore di trasformazione 2,2742.

Nei campioni di Spina, in cui diffrattometricamente si era notata la presenza di gesso (CaSO₄•2H₂O) si è quantificata tale fase scegliendo come intervallo relativo alla perdita di acqua nel gesso 100°-220°C (Fig. 2.2).

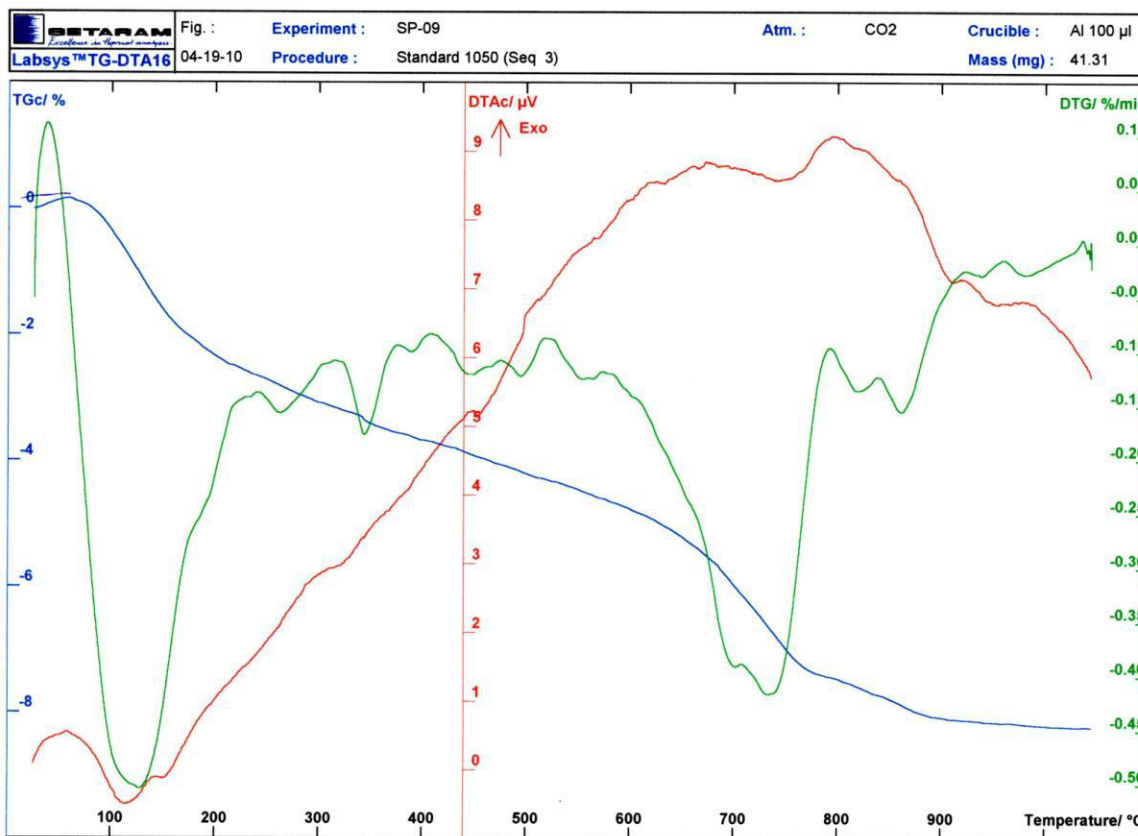


Figura 2.2: Analisi termica del campione SP-09 in cui si rileva la presenza di gesso.

Poiché a tale temperatura i reperti ceramici tendono a perdere anche acqua di adsorbimento (legata al seppellimento o ad esposizione in ambienti umidi) i campioni analizzati sono stati sottoposti ad un ciclo di riscaldamento preventivo fino a 50°C con un isoterma di circa 1h.

Il valore della perdita in percentuale, di acqua legata al gesso, registrata nell'intervallo 100°-220°C, è stata moltiplicata per il fattore di trasformazione 4,7784.

2.2 Analisi chimiche

Analisi in fluorescenza (XRF)

Questa tecnica analitica fornisce i valori di concentrazione degli elementi maggiori (Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, P) e in traccia (Sc, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, La, Ce, Pb, Th).

Per questo tipo di analisi sono stati preparati i campioni sotto forma di pasticche e analizzati utilizzando uno spettrometro Philips PW 1480/10 con tubo di Rh.

Per quanto riguarda i valori, ottenuti nell'analisi in fluorescenza (XRF), si sottolinea che i dati chimici dei campioni esaminati sono riportati in g/100g per gli elementi maggiori e per gli elementi in traccia in g/10⁶g.

Inoltre nella stessa tabella sono riportati anche i valori percentuali della perdita in peso (LOI) registrata in analisi termica relativa all'intervallo 200°-1000°C.

I valori degli elementi chimici sono calcolati quindi in base alla perdita in peso (LOI) registrata in analisi termica nell'intervallo 200°-1000°C.

I dati degli elementi maggiori sono stati elaborati applicando le correzioni degli errori sistematici, effetto di matrice, secondo la procedura proposta da Franzini et al. (1975), e per gli elementi in traccia sono stati elaborati mediante le procedure proposte da Franzini et al. (1972), Leoni e Saitta (1976) e Leoni et al. (1982).

Spettrometria ad emissione atomica accoppiato al plasma (ICP-AES)

La determinazione degli elementi chimici è stata effettuata anche mediante uno spettrometro ad emissione atomica accoppiato a plasma, ICP (Thermo Elemental Iris Intrepid Radial). Nella tabella (Tab. 2.1) sono riportati i parametri utilizzati per la determinazione degli elementi: Na, Mg, Al, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Ba e Sr. Il campione polverizzato (circa 50 mg) è stato preparato, seguendo il seguente schema di attacco.

1. 2 ml di HNO₃ (65% m/m) + 3 ml di HCl (37% m/m).
2. Riscaldamento a secco in un bagno di sabbia.
3. 4 ml di HF (40% m/m).

Questo procedimento si ripete quattro volte e ad ogni passaggio la miscela viene riscaldata a secco in un bagno di sabbia, fino ad ottenere la totale dissoluzione del campione. Infine, si aggiungono 1 ml di HNO₃ (65% m/m) e 4 ml di HClO₄ (65% m/m) che vengono riscaldati per alcune ore in un bagno di sabbia fino ad ottenere dei fumi bianchi. Ogni campione disciolto viene diluito con acqua deionizzata fino a 50 ml.

Condizioni ICP-AES				
Intensità radiofluorescenza	1200 W			
Flusso gas	12 L min ⁻¹			
Flusso gas ausiliare	0,5 L min ⁻¹			
Flusso gas	0,7 L min ⁻¹			
Tipo di detector	Tipo CID di 196 mm ²			
Lunghezza d'onda	Na	589,5 nm	Ti	334,9 nm
	Mg	279,0 nm	Mn	257,6 nm
	Al	308,2 nm	Fe	238,2 nm
	K	766,4 nm	Ba	455,4 nm
	Ca	315,8 nm	Sr	346,4 nm

Tabella 2.1: Parametri strumentali per la determinazione della composizione dell'impasto ceramico.

La preparazione delle soluzioni standard di tutti gli elementi determinati si è realizzata mediante modelli commerciali per la spettrometria atomica di Na, Mg, Al, K, Mn, Fe, Ti, Ba e Sr.

2.3 Elaborazioni statistiche

I dati chimici ottenuti sono stati trattati statisticamente mediante tecniche statistiche multivariate (Baxter, 1994). Queste tecniche vengono utilizzate quando una determinata analisi deve tenere conto di più variabili simultaneamente; di seguito verranno trattate le tecniche che sono state utilizzate in questo studio: analisi della varianza, cluster analysis e analisi discriminante (Vitali & Franklin, 1986) per evidenziare le similitudini geochemiche dei campioni e per verificare le ipotesi delle loro provenienze.

Per quanto riguarda l'analisi della varianza è necessario sottolineare che tale analisi statistica deve essere preceduta da un'indagine che verifichi la distribuzione normale dei singoli elementi chimici.

Per valutare la normalità ci si è avvalsi dell'interpretazione attraverso il metodo del Q-Q plot.

Il Q-Q plot si basa sul confronto dei quantili della distribuzione osservata con quelli attesi nell'ipotesi di normalità. Se i punti sono distribuiti approssimativamente lungo la retta bisettrice si può stabilire che i dati hanno un andamento normale.

Questa metodologia è informativa per $n > 20$, perché per piccoli numeri di campioni si osservano deviazioni dalla retta anche quando la popolazione è esattamente normale, nel nostro caso avendo 106 dati per gruppo il Q-Q plot (vedi appendice F) rappresenta un valido strumento di analisi per la normalità.

Se i quantili della distribuzione empirica, y , si accordano con i quantili della distribuzione teorica, x , i punti si dispongono approssimativamente lungo la retta $y = x$.

Se la distribuzione teorica e quella empirica differiscono solo per il parametro di locazione e/o il parametro di scala, i punti si distribuiscono lungo la retta $y = bx + a$. La pendenza b e l'intercetta a sono le stime (grafiche) dei parametri di scala e di locazione della distribuzione teorica.

Naturalmente all'aumentare della numerosità campionaria, se la distribuzione ipotizzata corrisponde a quella da cui sono stati estratti i dati, l'effetto visivo di una retta aumenterà.

In ogni caso sulle code della distribuzione avremo sempre una maggiore variabilità che nel centro della distribuzione, per cui gli scostamenti tra valori empirici e valori teorici saranno maggiori per valori di q vicini a 0 e 1 rispettivamente. per questo motivo si usa basare le proprie valutazioni sul 50% centrale della distribuzione.

Dopo aver verificato la normalità dei nostri dati chimici e verificato che le varianze sono simili, si è potuto utilizzare l'analisi della varianza integrata con il test di Bonferroni per confrontare a due a due i nostri siti per singolo elemento chimico.

Il fenomeno studiato deve essere rappresentato mediante una distribuzione di probabilità e l'ipotesi sulle caratteristiche del fenomeno studiato è tradotta in ipotesi su uno o più parametri della distribuzione (test parametrico).

Un test d'ipotesi si articola nelle seguenti fasi:

- formulazione dell'ipotesi da verificare, detta ipotesi nulla e indicata con H_0 ($H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$);
- nell'accettare o rifiutare, sulla scorta dell'evidenza campionaria, una determinata ipotesi nulla, si può agire correttamente, e cioè accettare un'ipotesi vera o rifiutare un'ipotesi falsa, oppure si possono commettere errori aventi diversa natura:
 - a) rifiutare un'ipotesi quando essa è vera. Si parla in questo caso di errore di I specie o di I tipo;
 - b) accettare un'ipotesi quando essa è falsa. Si parla in questo caso di errore di II specie o di II tipo.

Il processo decisionale sopra illustrato può essere schematicamente riassunto nella tabella (Tab. 2.2) che segue.

	H_0 è vera	H_0 è falsa
Rifiutiamo H_0	Errore di I specie	Decisione corretta
Accettiamo H_0	Decisione corretta	Errore di II specie

Tabella 2.2: Schema di processo decisionale.

Successivamente si esegue il calcolo della probabilità p per ottenere un risultato estremo come e più di quello osservato, nell'ipotesi che H_0 sia vera; p è detta valore p del test o p -value.

Nella pratica statistica i valori critici di p , detti livelli di significatività del test sono fissati dalla seguente convenzione:

- Se $p \geq 0,05$, la discrepanza tra dato osservato e valore atteso non si ritiene statisticamente significativa (cioè può trattarsi di un effetto casuale del campionamento) e H_0 viene accettata.
- Se $p \leq 0,05$, H_0 viene, in genere, rifiutata e la discrepanza viene detta:
 - statisticamente significativa se $0,01 < p \leq 0,05$;
 - molto significativa se $0,001 < p < 0,01$;
 - estremamente significativa se $p < 0,001$.

Analisi della Varianza

L'Analisi della Varianza è un metodo di analisi delle differenze fra medie di due o più gruppi. Il confronto fra le medie di due gruppi, eseguito con il test t di Student è un caso particolare di Analisi della Varianza.

Il procedimento consiste nello scomporre la varianza totale (che corrisponde alla somma dei quadrati delle deviazioni dalla media generale divisa per i gradi di libertà) in due parti: la varianza tra le medie dei gruppi (varianza fra gruppi) e quella fra le osservazioni singole che costituiscono i gruppi (varianza entro gruppi).

Il confronto fra le due varianze viene effettuato con il test F di Fisher, calcolando il rapporto fra la maggiore e la minore. Se la varianza tra gruppi è la maggiore e il quoziente risulta significativo (cioè maggiore dei limiti previsti per i gradi di libertà in studio dalle apposite tabelle) si ritiene accertata, al livello di significatività rilevato, l'esistenza di differenze fra le medie dei gruppi.

Se F non supera il valore significativo, si conclude che le differenze tra le medie dei gruppi possono avere origine casuale. Se infine F è significativo, ma la varianza entro gruppi è maggiore di quella tra gruppi, si devono sospettare irregolarità di campionamento che possono invalidare l'esperimento. Dopo avere verificato il grado di significatività che ogni elemento chimico ha mostrato nel confronto fra i diversi siti si utilizza il test Bonferroni (Hochberg, 1988), che è una versione modificata di quello di Student, utilizzato dalla procedura ANOVA del software SPSS con il quale è stato eseguito un confronto a coppie i siti e rilevare i livelli di significatività basando il confronto su gli elementi chimici che avevano mostrato un $p < 0,05$ nell'analisi della varianza. Questo test consente di individuare con precisione i gruppi che con la differenza fra le loro medie rendono significativo il test F tra le varianze fra gruppi e entro gruppi.

Cluster analysis

La cluster analysis o analisi dei gruppi è un insieme di tecniche utilizzate per unire vari dati in un solo gruppo (cluster) in base a una effettiva somiglianza o vicinanza.

La costruzione dei cluster si può effettuare in molti modi, sia in funzione della scelta del criterio di "misura della somiglianza" (o della "differenza") tra i dati, sia delle diverse strategie di raggruppamento (gerarchiche o non-gerarchiche; divisive o agglomerative). Il primo elemento per la costruzione dell'algoritmo di costruzione dei cluster è la misura che si intende adottare per valutare la "somiglianza" o la "dissimiglianza" tra due casi. La misurazione della dissimiglianza avviene attraverso la scelta di una funzione delle coppie di variabili misurate nei due casi. Questa

funzione prende il nome generico di distanza. Possono essere utilizzati vari tipi di indici di distanza (Hartigan, 1975) di cui i più utilizzati sono:

- la distanza euclidea, che corrisponde al concetto geometrico di distanza nello spazio multidimensionale:

$$d_{hk} = \left\{ \sum_{v=1}^p (x_{hv} - x_{kv})^2 \right\}^{1/2}$$

Dove x_{hv} , x_{kv} sono le coordinate dei due punti P_h e P_k nello spazio cartesiano sulla variabile x_v .

- il quadrato della distanza euclidea qualora si voglia dare un peso progressivamente maggiore agli oggetti che stanno oltre una certa distanza; questo indice è il più utilizzato.

Una volta deciso come misurare la distanza tra i dati, si deve scegliere il metodo di classificazione. I metodi della cluster analysis vengono distinti in "metodi di classificazione non gerarchica" e "metodi di classificazione gerarchica", in questa sede verrà trattato solo il metodo di classificazione gerarchica.

I metodi di classificazione gerarchica (Johnson, 1967; Everitt 1979) permettono, attraverso numerosi passaggi, di ripartire gli individui in gruppi mediante un processo che viene ripetuto a diversi livelli. Il prodotto finale dei metodi gerarchici non è, quindi, una singola partizione delle n unità, ma una serie di partizioni che possono essere rappresentate graficamente attraverso un "dendogramma" o "diagramma ad albero" nel quale sull'asse delle ordinate viene riportato il livello di distanza, mentre sull'asse delle ascisse vengono riportate le singole unità. Ogni ramo del diagramma (linea verticale) corrisponde ad un gruppo. La linea di congiunzione (orizzontale) di due o più rami individua il livello di distanza al quale i gruppi si fondono.

Per valutare le distanze fra i gruppi, in questo studio si è utilizzato il metodo del legame medio (Average-Linkage), si tratta del valore medio aritmetico di tutte le distanze tra gli elementi;

$$d(C, D) = \frac{1}{n_1 n_2} \sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=2}^{n_2} d_{ij}, \quad \forall i \in C, \forall j \in D,$$

Si uniscono i due gruppi che presentano la più piccola distanza così definita

Essendo basato sulla media delle distanze, i risultati sono più attendibili e i gruppi risultano più omogenei e ben differenziati tra di loro.

Analisi discriminante

L'analisi discriminante viene eseguita a partire da una serie di gruppi già definiti a priori, a differenza della cluster analysis, che mira all'individuazione di gruppi omogenei all'interno di un complesso di oggetti. Questa tecnica, quindi, punta a massimizzare le distanze in opportune proiezioni; inoltre, tenta di individuare quelle particolari variabili che contribuiscono alla differenziazione fra i gruppi.

Questo tipo di analisi utilizza una procedura che prevede l'estrazione di assi fattoriali; mediante la creazione di un sistema di assi ortogonali, l'analisi procede alla rappresentazione grafica di una serie di piani su cui sono proiettati i punti che rappresentano gli oggetti presi in esame. In questo modo si può passare alla verifica del comportamento di tali oggetti, in quanto l'ipotesi attesa è che ciascun gruppo originale e coerente dia luogo ad una nuvola di punti compatta e ben distinta dalle altre nuvole, le quali rappresentino i gruppi analizzati (Moscati, 1987).

La variabile dipendente permette di individuare dei gruppi di unità che si cerca di riprodurre nel miglior modo possibile tramite combinazioni lineari delle variabili esplicative. In questo modo è possibile individuare l'importanza relativa di ciascuna variabile esplicativa sulla suddivisione in gruppi operata dalla variabile dipendente.

L'assegnazione di una nuova osservazione ad uno dei p gruppi individuati dalla variabile risposta viene effettuata tramite una combinazione lineare delle k variabili antecedenti tale da rendere massima la separazione tra i p gruppi

$$w = a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_k x_k$$

Il criterio per individuare il vettori di a_1, \dots, a_k costanti consiste nel pretendere che sia massima la differenza tra le medie dei valori w all'interno dei p gruppi. Questo problema di massimizzazione ammette diverse soluzioni che corrispondono alle diverse funzioni discriminanti.

La prima funzione discriminante corrisponde al massimo del rapporto tra la varianza tra i gruppi e quella del rapporto tra la varianza tra i gruppi e quella entro i gruppi. Per la i -esima osservazione ($i = 1, \dots, n$)

$$w_{i1} = a_{11} x_{i1} + a_{12} x_{i2} + \dots + a_{1k} x_{ik}$$

La seconda funzione discriminante corrisponde al massimo del rapporto tra la varianza tra i gruppi e quella entro i gruppi ed è inoltre in correlazione con la prima funzione discriminante w_1 . Per la i -esima osservazione ($i = 1, \dots, n$)

$$w_{i2} = a_{21}x_{i1} + a_{22}x_{i2} + \dots + a_{2k}x_{ik}$$

Funzioni discriminanti successive alla seconda sono definite allo stesso modo.

Le funzioni discriminanti sono scelte in modo tale che:

- w_1 rifletta il più possibile le differenze tra i gruppi;
- w_2 rifletta il più possibile le differenze tra i gruppi non evidenziate da w_1 ;
- w_3 rifletta il più possibile le differenze tra i gruppi non evidenziate da w_1 e da w_2 .

Se solo le prime due funzioni discriminanti sono sufficienti a catturare buona parte delle differenze tra i gruppi (cioè spiegare una grande quota di varianza), allora è possibile ottenere un grafico che evidenzi la relazione tra gruppi e variabili esplicative rappresentando in un piano cartesiano i valori medi delle due funzioni discriminanti per ciascun gruppo e i coefficienti delle due funzioni discriminanti per ciascuna variabile antecedente.

CAPITOLO 3

Risultati archeometrici dei siti italiani

L'area adriatica è sempre stata sede di intensi traffici commerciali ; in questo capitolo sono presi in esame i campioni provenienti dagli scavi archeologici di Suasa, Rimini, Spina e Adria. Questi siti rappresentano una buona espressione delle maggiori produzioni anforiche in ambito adriatico nel periodo romano, inoltre sono considerati fra i più importanti recettori e centri di smistamento delle importazioni marittime.

Di seguito vengono riportati i risultati delle analisi mineralogiche, petrografiche e chimiche eseguite sulle anfore appartenenti a questi siti. Grazie ai dati ottenuti dalle campionature effettuate in questi scavi archeologici si indagherà su i possibili siti di produzione e sulle tratte commerciali che interessavano l'area adriatica in epoca romana.

3.1 Suasa

Il sito di Suasa si trova nella media valle del fiume Cesano, nell'entroterra senigalliese, su di un terrazzo di fondovalle alla destra del fiume, oggi denominato Pian Volpello, posto nel comune di Castelleone di Suasa (Ancona). Nel 232 a.C. nasce come piccolo agglomerato, per divenire poi un centro amministrativamente autonomo nel corso del I secolo a.C.. La guerra greco-gotica (VI secolo d.C), con le sue devastazioni, pone fine alla vita di Suasa.

Una parte dei campioni esaminati (anfore bollate) proviene da uno studio archeometrico intrapreso negli anni passati (Morandi et al.,2000) a cui si sono aggiunti nuovi reperti per lo più caratterizzati dalla presenza del bollo di produzione.

I reperti (vedi Appendice A) rappresentano una rassegna delle produzioni anforiche che circolavano presumibilmente nel bacino adriatico, tra il III sec. a.C e il IV sec. d.C.. Attraverso i bolli si è potuto stabilire per alcuni reperti una provenienza certa, per esempio due campioni rodiesi, caratterizzati dalla presenza del simbolo tipico di Rodi (la rosa). Per i pezzi restanti, si è potuto eseguire riconoscimento morfologico non sempre certo: si sono individuate anfore di area adriatica (brindisina, apicena), tirrenica, iberica, africana e orientale.

Inoltre sono stati utilizzati come marker di produzione suasana certa i campioni COMM-52 (ceramica comune) e ADS (anello distanziatore) ritrovati nel sito stesso.

Questo studio tenta di risolvere il problema della localizzazione dei centri di fabbrica delle anfore in area adriatica, poiché, anche se la maggior parte dei produttori è nota attraverso i bolli, l'area di produzione è incerta e la sola analisi morfologica non è in grado di discernere le diverse appartenenze, data la presenza di numerose varianti e somiglianze fra tipologie diverse.

Analisi petrografica

L'analisi petrografica è stata condotta su sezioni sottili mediante microscopio polarizzante.

Nella maggior parte delle sezioni sono state riscontrate abbondanti quantità di quarzo in singoli cristalli con contorni netti, forme prevalentemente spigolose e di varie dimensioni; inoltre si è rilevata la presenza di feldspati, plagioclasti e la presenza di bioclasti. In alcuni campioni sono presenti frammenti di clinopirosseno con forme tozze. Sono stati riscontrati sottili lamelle di mica chiara, tipo muscovite, e miche scure, tipo biotite. Tra i minerali opachi sono presenti ossidi di Fe. Inoltre si è riscontrata la presenza, in quasi tutti i reperti, di frammenti litici (quarziti, areniti e marne) e di chamotte.

I campioni con caratteristiche salienti sono:

- i campioni SU-60; SU-59; SU-61 e SU-91 che presentano cristalli con una peculiarità. Si tratterebbe di un'aggiunta di serpentinite che per cottura si trasforma in olivina magnesifera subendo disidratazione e quindi riduzione di volume; durante questa trasformazione il frammento conserva l'abito originale, si tratterebbe quindi di un tipico caso di pseudomorfosi;
- i campioni SU-52 e SU-53 presentano calcite secondaria;
- il campione SU-91 presenta una quantità abbondante di clinopirosseno primario.

Analisi mineralogica

Dall'analisi mineralogica ottenuta in XRD è riassunta in Tab. 3.1a e Tab. 3.1b, in cui si riportano le stime semiquantitative per ogni fase presente. Si è riscontrato che la fase predominante in tutti i campioni è il quarzo.

Campioni	Qtz	Kfs	Plg	Cpx	Gehl	Hem	Magh	Ill/Mic	Cal	Dol	OI
SU-2	x x x x					tr		tr			
SU-4	x x x x	x	x	x				tr	x x		
SU-7	x x x x		tr					tr	x		
SU-12	x x x x	tr	tr	tr	tr	tr					
SU-13	x x x x		tr	tr	tr				tr		
SU-14	x x x x	tr			tr	tr			tr		
SU-21	x x x x	tr		tr	tr	tr					
SU-23	x x x x		tr	tr	tr	tr			tr		
SU-24	x x x x	tr	tr	trtr	tr						
SU-26	x x x x	x	x	x x					x		
SU-27	x x x x	x	x x	x x					x x		
SU-30	x x x x	x	x			tr		tr	x x		
SU-39	x x x x	x	x x	x x		tr			x		
SU-40	x x x x				tr	tr			x x		
SU-47	x x x x							tr	x x x		
SU-51	x x x x	x	x	x	tr	tr			x		
SU-52	x x x x	x	x			tr		tr	tr		
SU-53	x x x x		tr					tr	tr		
SU-54	x x x x		x x	x x					x		
SU-55	x x x x	x	x		tr			tr	x		
SU-56	x x x x		x					tr	x x		
SU-57	x x x x	x x	x x	x x	tr				x x		
SU-58	x x x x	tr				tr			tr		
SU-59	x x x x	x		x x x							x x
SU-60	x x x x		x		tr	tr			x		
SU-61	x x x x	x		x x		tr					X
SU-62	x x x x		x x	x x x					x x x		
SU-63	x x x x	tr	tr					tr	tr		
SU-64	x x x x		tr					tr	tr		
SU-65	x x x x	tr	tr			tr					
SU-66	x x x x	x x	x x x	x x x							

Tabella 3.1a: Tabella della composizione mineralogica dei campioni provenienti da Suasa (AN) ottenuta in XRD.

qtz=quarzo; **Kfs**=K-feldspati; **pl**=plagioclasti; **cpx**=clinopirosseni; **magh** = maghemite; **hem**=ematite; **ill**=illite; **cal**=calcite; **dol**=dolomite; **gehl**=gehlenite; **ol**=olivina.
 x x x x quantità molto abbondante; x x x abbondante; x x significativa; x modesta; tr=tracce.

Campioni	Qtz	Kfs	Plg	Cpx	Gehl	Hem	Magh	Ill/Mic	Cal	Dol	OI
SU-67	x x x x	x	x		tr	tr			x x		
SU-68	x x x x		x x	x x		tr					
SU-69	x x x x		x	x	tr	tr			x		
SU-70	x x x x	tr						tr	x x x		
SU-71	x x x x		x x	x x	x	tr					
SU-72	x x x x		x					tr	x x x		
SU-73	x x x x		tr						x x		
SU-74	x x x x		x		tr	tr			x		
SU-75	x x x x		x x	x x	tr	tr			x		
SU-76	x x x x		tr	tr				tr	x x x		
SU-77	x x x x	x x	x x x	x x x							
SU-78	x x x x		x x	x x		tr			x x		
SU-79	x x x x	x x	x x x	x x x		tr			x x		
SU-80	x x x x		x					tr	x x		
SU-81	x x x x	x	x x	x x							
SU-82	x x x x		x	x		tr			x		
SU-83	x x x x		x x	x		tr		tr	x		
SU-84	x x x x		x x x	x x x					x x		
SU-85	x x x x	x x	x x	x x		tr			x x		
SU-86	x x x x		x					tr	x		
SU-87	x x x x		tr					tr	tr		
SU-88	x x x x		x	x		tr		tr			
SU-89	x x x x		x x	x x		tr			x x		
SU-90	x x x x		x	x		tr			x		
SU-91	x x x x		x x x x	x x x x		x x			tr		X
SU-92	x x x x	tr			tr	tr			tr		
SU-93	x x x x	x x	x x	x		x		tr	x x		
SU-94	x x x x		x	x	x	x		tr	x		
SU-95	x x x x	x x	x x	x x		tr			x x		
SU-96	x x x x		x x					tr	x x	tr	
SU-97	x x x x	x	x x	x x		x		tr	x x		
SU-98	x x x x	x	x x			tr		x	x x		
SU-99	x x x x	x x	x x x	x x x		x			tr		
SU-100	x x x x	x				tr	tr	x	x	tr	
SU-101	x x x x	x x	x x	x x		x		tr	x x		
SU-102	x x x x	x				tr			x x		
SU-103	x x x x		x	x	x x	tr		tr	x x		
SU-104	x x x x	x	x x	x x		x		tr	x x		
SU-105a	x x x x		x x	x x x	x x	x		tr	x x		
SU-105b	x x x x		x x	x x	x x	x		tr	x		
SU-106	x x x x	x x	x x	x x x	x x	x			x		
SU-107	x x x x	x	x		x	x		tr	x x		
SU-108	x x x x	x x	x x	x x	x x	x		tr	x x x		
ADS	x x x x	x x	x x	x x x	x x	tr	x	tr	x		
COM-52	x x x x	x x	x x				x	tr	x x x		

Tabella 3.1b: Tabella della composizione mineralogica dei campioni provenienti da Suasa (AN) ottenuta in XRD.

qtz=quarzo; **Kfs**=K-feldspati; **pl**=plagioclas; **cpx**=clinopirosseni; **magh** = maghemite;

hem=ematite; **ill**=illite; **cal**=calcite; **dol**=dolomite; **gehl**=gehlenite; **ol**=olivina.

^{x x x x} quantità molto abbondante; ^{x x x} abbondante; ^{x x} significativa; ^x modesta; **tr**=tracce

In alcuni campioni come SU-66, SU-77, SU-79 (Fig. 3.1), SU-84, SU-91, SU-99 è presente una quantità abbondante di clinopirosseni e una quantità significativa di plagioclasti.



Figura 3.1: Anfora bollata SU-79.

I frammenti SU-47, SU-62 (Fig. 3.2), SU-70, SU-72, SU-76, SU-108 e COMM-52 sono caratterizzati da una presenza abbondante di calcite; mentre in SU-103, SU-105a, SU-105b, SU-106, SU-108 si rileva una presenza significativa di gehlenite.



Figura 3.2 : Anfora bollata SU-62.

I campioni SU-59, SU-61 e SU-91 mostrano una presenza modesta di olivina.

La presenza di clinopirosseni secondari e di gehlenite permette di risalire alle temperature raggiunte durante la cottura, inoltre la copresenza di calcite, con le fasi mineralogiche appena citate, può indicare o una non completa decarbonatazione in cottura, causata da una abbondante quantità di carbonati originariamente, o una ricarbonatazione successiva in raffreddamento, o legata al seppellimento del manufatto.

Due campioni SU-103 e SU-102 (Fig. 3.3; Fig. 3.4) sono stati analizzati mediante il microscopio a scansione elettronica per le caratteristiche diverse degli impasti che, in particolare: un campione presentava una doppia colorazione (un impasto di colorazione grigia, mentre l'altro di colorazione

rossa); l'altro campione presentava una colorazione rossa omogenea con una elevata presenza di inclusi.

A seguito dell'indagine si è riscontrato che:

- Nel campione che presentava una doppia colorazione (SU-103), la parte rossa è composta da una componente quarzo-feldspatica ricca di ematite, mentre la parte grigia presenta una componente quarzo-feldspatica ricca in calcite. Non si rileva la presenza in entrambi gli impasti di bioclasti.

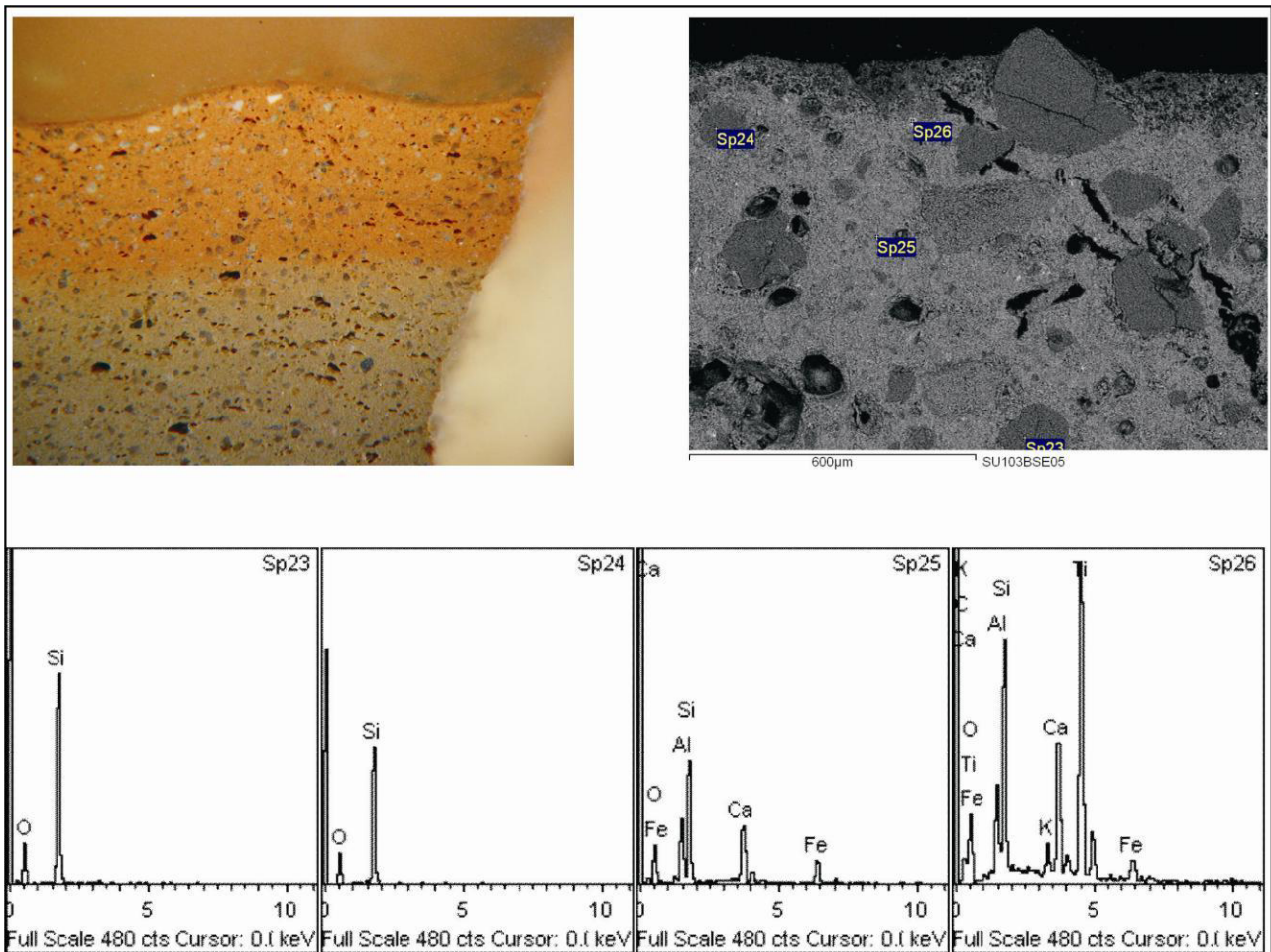


Figura 3.3: Sezione del campione SU-103 in lato a sx; immagine al SEM in alto a dx, in basso spettri dei punti indicati nell'immagine al SEM.

- Nel secondo campione (SU-102) si rileva un'elevata presenza di calcite, sia nell'impasto quarzo-feldspatico che nei clasti, in totale accordo con l'analisi diffrattometrica.

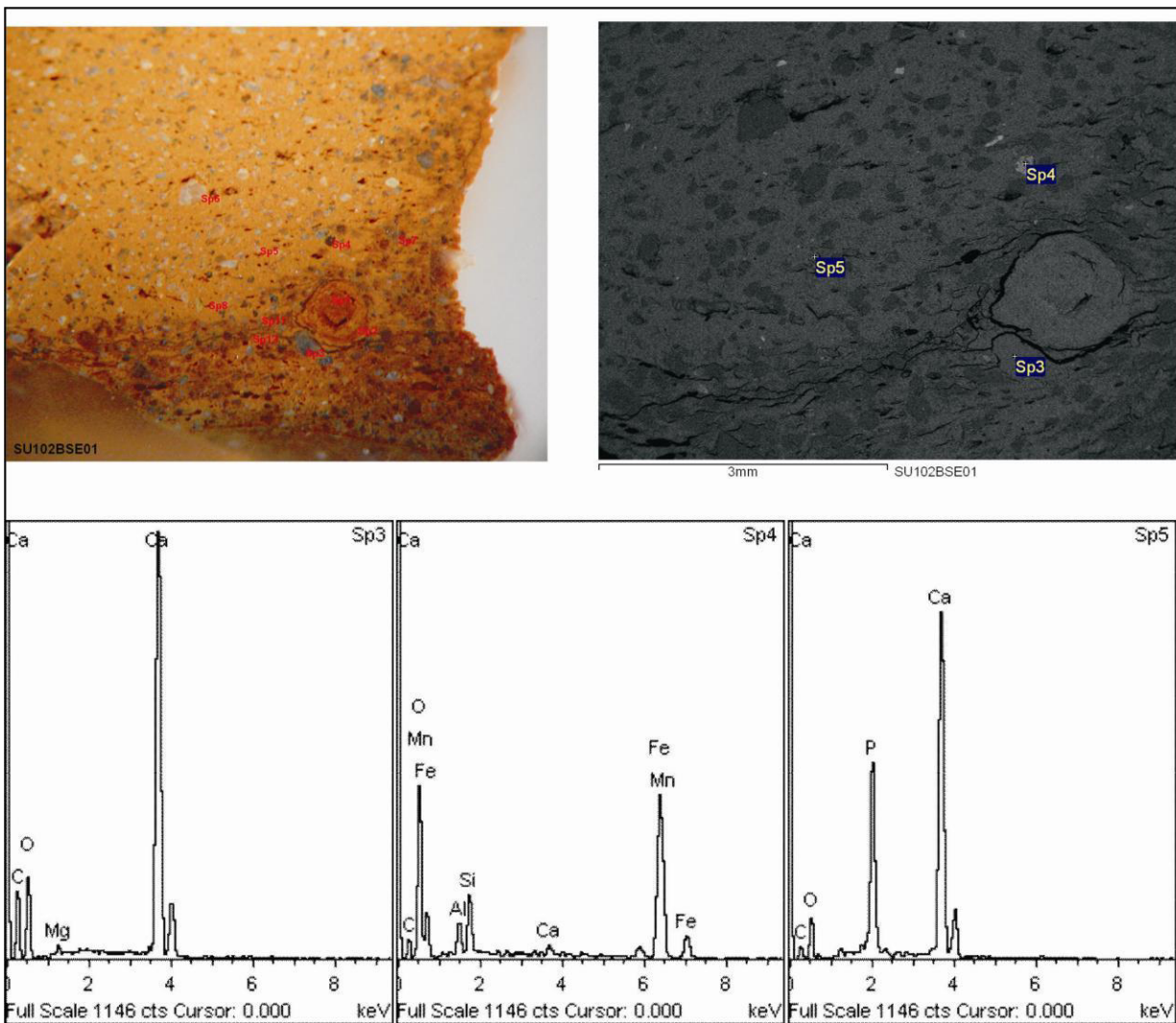


Figura 3.4: Sezione del campione SU-102 in lato a sx; immagine al SEM in alto a dx, in basso spettri dei punti indicati nell'immagine al SEM.

Analisi chimica e elaborazione statistica dei dati

Dalla composizione chimica (Tab. 3.2a e 3.2b) si evidenzia una discreta omogeneità dei dati, sia tra gli elementi maggiori e minori e che tra gli elementi in traccia, all'interno dei vari raggruppamenti tipologici anforici presi in esame.

I campioni sono stati ordinati in base alle provenienza di produzione attribuita su analisi morfologica.

Si nota un forte arricchimento di CaO nel campione SU-102 (22,65%).

Il campione SU-13 mostra un forte arricchimento in SiO₂ (65,99%) e un impoverimento in Fe₂O₃ (4,86%).

Il campione SU-91 presenta un arricchimento in Fe₂O₃ (10,53%) e in Ce (120ppm).

Si evidenzia un grande arricchimento in Cr nei campioni SU-59 (1091ppm) e SU-61 (748ppm) e in Ba nel campione SU-78 (1678ppm).

Infine si rileva un elevato contenuto di Cu (206 ppm) nel campione SU-104

Campioni	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	LOI	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ba	La	Ce
SU-39	51.59	0.78	16.40	6.85	0.15	4.06	12.86	1.15	2.53	0.21	3.41	19	97	139	21	90	34	100	130	445	32	207	19	695	42	64
SU-55	47.20	0.68	14.23	5.77	0.14	3.27	16.57	0.86	2.38	0.53	8.36	19	93	120	18	82	66	95	120	519	25	189	17	716	35	65
SU-56	46.39	0.83	17.40	7.92	0.16	3.04	11.31	0.62	2.44	0.83	9.06	17	110	153	21	85	41	108	122	331	32	185	19	1058	46	74
SU-57	49.64	0.68	14.35	6.11	0.15	3.32	16.23	1.09	2.25	0.28	5.90	18	96	138	17	92	36	90	118	448	31	163	19	505	36	65
SU-63	45.76	0.70	15.11	6.05	0.12	4.46	14.29	0.92	2.82	0.26	9.52	21	92	115	13	72	51	104	129	316	22	132	16	1360	30	49
SU-69	49.44	0.75	16.34	7.29	0.21	3.60	12.90	0.87	2.76	0.40	5.43	14	111	138	18	97	36	86	128	433	29	131	16	661	37	73
SU-75	48.12	0.73	15.87	6.86	0.18	3.82	14.20	0.75	2.55	0.49	6.43	21	107	158	20	91	46	103	130	491	25	124	17	1023	36	68
SU-77	48.99	0.71	14.92	6.41	0.14	4.31	14.76	1.14	2.45	0.38	5.80	21	92	158	18	92	44	116	123	461	25	149	17	518	32	59
SU-78	51.64	0.78	16.88	7.18	0.15	3.93	11.87	1.07	2.84	0.46	3.19	22	114	166	21	97	49	92	130	434	26	155	16	1689	43	82
SU-79	46.43	0.74	15.84	7.01	0.15	3.89	16.03	0.84	2.49	0.37	6.21	25	106	161	20	95	43	103	132	493	25	114	15	1151	25	68
SU-80	41.09	0.65	13.51	5.44	0.11	3.62	16.76	0.81	2.16	0.66	15.20	19	69	102	11	67	43	96	85	261	21	151	13	731	33	65
SU-81	51.44	0.74	15.68	6.74	0.13	4.20	13.13	1.21	2.62	0.49	3.63	22	98	160	18	89	80	127	115	378	22	121	14	477	31	74
SU-85	46.80	0.76	15.58	6.80	0.16	4.13	16.53	1.15	2.24	0.50	5.34	19	96	157	21	104	47	105	115	468	32	165	18	463	40	78
SU-89	51.72	0.82	15.75	6.83	0.12	3.96	12.39	1.15	2.54	0.19	4.53	18	99	144	18	74	40	107	138	342	36	173	18	594	46	74
SU-104	51.06	0.73	14.97	7.00	0.18	3.67	13.79	0.99	2.80	0.33	4.47	17	104	134	15	93	206	97	132	388	28	123	14	1363	30	59
SU-105a	49.53	0.73	15.08	7.06	0.20	3.79	15.62	0.92	2.83	0.42	3.83	10	108	142	12	99	49	95	139	487	25	119	16	1025	36	46
SU-105b	49.86	0.74	15.49	7.22	0.21	3.65	14.44	0.95	2.92	0.46	4.07	7	107	145	18	98	53	114	147	493	27	135	19	1180	41	66
SU-106	51.28	0.77	15.88	7.58	0.20	4.27	14.53	1.00	2.77	0.34	1.38	15	116	156	16	98	48	104	153	523	30	147	16	1008	41	68
SU-107	47.22	0.69	14.35	6.69	0.20	3.38	16.55	0.76	2.66	0.25	7.24	20	124	132	13	89	54	107	132	422	22	119	16	1078	38	55
SU-70	40.85	0.68	14.61	6.14	0.13	3.04	17.72	0.57	1.80	0.61	13.84	22	78	105	12	78	45	104	85	406	28	145	20	874	36	56
SU-72	41.42	0.65	13.48	5.75	0.12	3.44	17.75	0.66	2.22	0.75	13.77	23	81	112	13	70	63	117	92	344	23	134	14	1156	29	49
SU-76	40.24	0.61	12.61	5.29	0.12	3.21	20.04	0.66	2.24	0.33	14.65	20	78	113	11	59	42	95	110	409	23	147	14	936	24	64
SU-51	50.52	0.76	16.43	6.97	0.15	3.19	12.58	0.93	2.59	0.53	5.35	19	112	160	21	101	41	104	136	406	33	174	18	719	38	75
SU-62	42.69	0.65	13.71	6.06	0.15	3.25	19.35	0.80	2.22	0.34	10.78	22	89	140	13	82	40	100	123	552	22	114	16	856	37	54
SU-67	48.83	0.70	14.83	6.45	0.14	3.42	15.18	1.00	2.50	0.23	6.74	23	97	138	14	83	44	93	129	415	25	144	19	896	34	52
SU-68	49.47	0.78	16.70	7.43	0.19	4.06	12.98	0.78	2.65	0.50	4.45	25	123	215	22	104	50	113	134	516	25	128	18	1022	34	73
SU-71	49.12	0.74	15.71	6.56	0.15	3.73	14.28	0.89	2.67	0.30	5.85	22	110	150	20	99	42	95	132	437	26	133	17	863	29	63
SU-73	37.78	0.65	12.26	5.53	0.14	2.47	21.25	0.57	1.74	1.16	16.45	10	71	98	5	60	50	92	63	334	19	115	9	1036	33	50
SU-74	45.97	0.77	15.82	6.77	0.16	3.53	14.34	0.61	2.17	0.31	9.55	19	92	139	16	83	42	106	91	372	22	122	14	631	32	66
SU-82	47.75	0.73	15.55	6.72	0.13	3.30	14.42	0.94	2.57	1.05	6.84	23	91	151	18	81	48	124	111	405	22	117	15	859	39	79
SU-83	49.00	0.76	16.70	6.97	0.17	3.53	12.91	0.86	2.66	0.32	6.14	24	109	157	18	88	44	103	136	443	26	152	18	697	41	63
SU-84	47.03	0.76	15.98	6.92	0.15	3.52	14.47	0.77	2.32	0.76	7.32	23	87	163	18	86	43	105	120	462	24	130	18	629	34	64
SU-4	46.92	0.74	15.19	6.83	0.14	3.32	15.30	0.82	2.20	0.86	7.69	22	97	162	20	89	48	89	120	461	28	151	18	831	39	60
SU-7	50.03	0.75	15.26	6.51	0.12	3.41	12.62	0.90	2.52	0.27	7.63	18	97	123	19	86	51	112	124	322	14	164	18	1241	33	65
SU-26	47.72	0.82	16.94	7.49	0.15	4.18	13.66	0.82	1.92	0.53	5.78	20	101	181	23	97	45	88	76	458	28	180	17	515	40	85
SU-27	50.06	0.80	16.30	7.11	0.13	3.50	13.38	0.96	2.23	0.30	5.25	21	110	157	19	93	35	90	108	371	30	186	21	491	40	70
SU-93	50.42	0.87	17.40	7.81	0.14	3.68	10.81	0.89	2.21	0.57	5.21	18	97	167	20	101	40	106	92	305	22	138	14	477	42	87
SU-96	45.83	0.80	15.54	7.17	0.14	3.56	13.24	0.69	2.24	0.72	10.08	17	76	128	13	97	41	98	89	302	24	167	22	710	36	60
SU-97	50.07	0.80	15.86	7.09	0.17	3.19	12.93	0.93	2.55	0.36	6.05	18	98	144	16	92	46	95	111	307	33	187	17	618	48	83
SU-98	50.21	0.80	17.19	7.48	0.13	3.30	9.11	0.67	2.80	0.43	7.87	15	99	135	21	99	49	117	117	233	24	153	15	758	40	70
SU-99	52.88	0.82	17.07	7.75	0.15	4.34	11.91	1.20	2.65	0.34	0.88	15	94	165	19	100	49	110	122	380	29	157	13	488	40	83
SU-101	49.77	0.74	15.86	7.14	0.17	3.95	12.61	1.07	2.80	0.48	5.42	20	95	142	15	95	48	103	132	320	27	151	16	676	33	53

Tabella 3.2a: Tabella della composizione chimica dei campioni provenienti da Suasa (AN). Valori percentuali (%) in ossidi degli elementi maggiori e in parti per milione (ppm) degli elementi in traccia.

Campioni	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	LOI	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ba	La	Ce
SU-91	49,20	1,16	17,69	10,49	0,20	3,81	11,44	1,15	1,88	0,52	2,45	24	234	175	31	69	39	124	103	284	45	309	31	506	76	120
SU-95	49,84	0,83	17,06	7,75	0,17	4,22	12,85	0,81	2,05	0,48	3,94	15	109	167	17	97	47	86	79	372	25	157	16	550	35	69
SU-108	47,84	0,71	14,20	6,70	0,15	3,47	16,83	0,94	2,64	0,31	6,22	16	96	134	16	90	95	95	133	411	28	132	17	693	42	71
SU-2	56,61	0,84	16,99	6,50	0,08	3,13	8,63	0,76	2,25	0,28	3,93	15	105	98	15	40	25	88	86	229	29	290	20	936	40	69
SU-12	61,14	0,78	14,78	5,84	0,08	3,02	9,27	0,82	1,96	0,25	2,26	13	101	98	13	32	21	70	76	233	23	271	20	670	36	70
SU-13	65,87	0,83	15,21	4,85	0,06	1,37	7,69	0,86	1,48	0,17	1,61	13	90	82	10	25	14	52	63	201	25	379	19	391	41	64
SU-14	59,56	0,89	16,91	7,55	0,08	3,31	7,10	0,48	1,98	0,25	1,90	18	124	142	20	51	23	110	91	280	29	242	25	295	46	85
SU-21	64,94	0,92	15,58	6,55	0,09	2,14	5,38	0,82	2,08	0,52	1,18	12	104	107	20	35	20	82	93	225	31	347	27	485	46	85
SU-23	57,08	0,83	15,91	6,48	0,09	3,11	10,34	0,86	2,31	0,26	2,72	15	113	99	17	42	28	92	92	264	31	303	23	503	47	80
SU-24	57,15	0,86	16,79	6,67	0,09	3,27	9,88	0,89	2,38	0,31	1,71	15	110	101	17	38	27	89	92	259	31	312	22	518	46	80
SU-92	59,08	0,87	16,13	5,85	0,07	2,56	5,91	0,79	2,42	0,19	6,12	11	99	92	15	31	19	81	94	242	30	388	23	516	39	89
SU-100	52,96	0,99	21,18	7,90	0,14	2,92	5,21	0,65	2,87	0,36	4,84	15	100	244	22	201	42	89	98	72	29	176	15	567	42	83
SU-60	56,17	0,83	14,26	6,96	0,11	2,89	9,93	0,76	2,80	0,20	5,09	18	111	107	15	83	45	96	122	274	29	177	24	343	44	91
SU-59	44,90	0,62	10,56	9,02	0,12	15,80	11,24	0,82	1,19	0,26	5,47	24	89	1081	61	964	63	124	57	291	13	96	13	297	14	30
SU-61	49,61	0,78	13,90	8,72	0,12	12,26	8,78	1,09	2,04	0,30	2,40	23	101	745	51	650	57	127	91	274	18	144	16	321	31	43
SU-88	51,85	0,79	17,36	8,49	0,16	5,02	8,77	0,92	3,18	0,34	3,12	17	109	299	27	298	51	113	169	366	42	187	20	798	58	82
SU-30	46,12	0,67	14,51	6,11	0,12	3,03	17,86	0,86	2,48	0,24	7,99	21	103	117	18	93	47	97	130	545	29	144	18	879	31	59
SU-47	45,31	0,66	12,38	4,74	0,09	1,64	19,19	0,48	1,12	0,21	14,17	17	72	80	8	44	33	92	38	256	18	215	17	815	30	47
SU-87	47,95	0,90	19,61	8,89	0,12	4,06	6,51	0,90	2,83	0,43	7,80	18	118	284	35	275	45	107	130	260	39	214	22	937	55	94
SU-102	45,73	0,71	12,58	5,89	0,12	1,99	22,65	0,43	1,24	0,43	8,22	22	91	92	9	49	49	106	45	406	15	155	12	748	30	57
SU-103	47,53	0,78	13,24	6,34	0,11	2,06	21,44	0,48	1,39	0,39	6,23	20	96	99	7	48	62	109	57	435	16	158	20	662	34	63
SU-86	51,90	0,78	14,95	6,56	0,12	2,73	12,06	0,74	2,48	0,24	7,44	15	89	86	11	59	41	95	104	234	30	198	16	612	41	71
SU-53	53,06	0,89	18,04	6,98	0,11	3,26	9,10	0,69	2,51	0,41	4,96	18	122	103	15	55	68	116	124	292	40	235	23	471	43	86
SU-54	53,80	0,74	14,05	5,97	0,09	2,23	16,44	1,19	0,56	0,50	4,42	20	98	102	7	46	30	93	39	492	15	149	15	325	28	35
SU-40	48,78	0,74	14,69	6,03	0,10	1,97	18,89	0,52	2,11	0,25	5,92	21	100	98	13	37	38	127	78	338	20	178	19	795	40	75
SU-52	53,13	0,74	16,45	6,30	0,15	2,04	11,81	1,31	2,46	0,18	5,42	14	90	222	23	158	40	77	111	349	29	296	23	704	48	76
SU-58	59,16	0,86	18,16	7,55	0,12	3,47	3,87	1,08	3,02	0,24	2,47	18	131	228	28	141	43	97	128	63	33	236	20	371	38	64
SU-64	56,70	0,92	18,97	7,22	0,13	3,54	3,37	1,04	3,14	0,31	4,66	14	118	190	23	138	33	105	126	126	29	191	15	757	49	83
SU-90	43,56	0,74	14,86	6,92	0,15	3,25	15,97	0,73	2,04	0,94	10,84	18	70	131	15	86	44	104	73	391	27	140	15	604	41	59
SU-94	61,79	0,76	14,43	6,74	0,08	1,86	8,84	0,97	1,95	0,26	2,33	9	111	117	12	45	30	152	80	256	18	135	15	286	43	73
ADS	50,02	0,72	14,87	6,33	0,13	4,16	13,53	0,87	2,46	0,38	6,51	28	109	152	16	92	40	116	135	467	29	155	15	836	32	74
COM-52	43,87	0,69	13,47	6,35	0,16	3,81	17,65	0,7	2,56	0,21	10,53	19	75	103	9	92	65	83	101	315	24	113	14	566	35	57

Tabella 3.2b: Tabella della composizione chimica dei campioni provenienti da Suasa (AN). Valori percentuali (%) in ossidi degli elementi maggiori e in parti per milione (ppm) degli elementi in traccia.

Dai dati chimici elaborati attraverso cluster analysis (Fig. 3.5) si è potuto evidenziare che:

- i campioni attribuiti all'area di Rodi (SU-59, SU-61; gruppo 5) sono caratterizzati da alti contenuti in MgO, Ni, Cr e Co, in accordo con la mineralogia tipica di rocce ofiolitiche a olivine e pirosseni con relitti di serpentino. Questi due reperti si distinguono da altri reperti attribuiti a produzioni orientali, confermando diversi centri di produzione dell'Egeo.
- i campioni di origine africana (gruppo 1) sono caratterizzati da alti contenuti in SiO₂, contenuti medio-alti in Fe₂O₃ e bassi contenuti in CaO.
- I campioni SU-53, SU-54, SU-86 ricadono in diversi gruppi contrariamente all'analisi morfologica che li attribuiva ad una produzione certa di area iberica. SU-53 ricade nel gruppo delle africane; SU-86 in quello delle adriatiche e SU-54 in quello delle orientali.
- I campioni di area adriatica e tirrenica non mostrano sostanziali differenze (gruppo 3), ad eccezione del campione SU-104 che si discosta dal grande gruppo e si può ipotizzare per esso una possibile produzione nord adriatica a differenza del resto dei campioni che dovrebbero provenire da una produzione centro-sud adriatica. Allo stato attuale delle conoscenze è difficile poter circoscrivere con maggior precisione le diverse aree di produzione adriatiche.
- I due campioni bollati SAFINIA (SU-68 e SU-73) non ricadono nello stesso gruppo. Si rilevano differenze anche a livello mineralogico, infatti il campione SU-68 presenta una quantità discreta di plagioclasti e clinopirosseni e non presenta calcite, mentre il campione SU-73 non presenta feldspati e clinopirosseni ma presenta una quantità discreta di calcite.
- Il campione SU-105 scisso in SU-105a prelevato dal corpo e in SU-105b prelevato dall'ansa non presentano tra loro sostanziali differenze chimiche e mineralogiche; questi risultati portano a concludere che nella foggatura sia del corpo e delle anse si usasse il medesimo tipo di impasto.

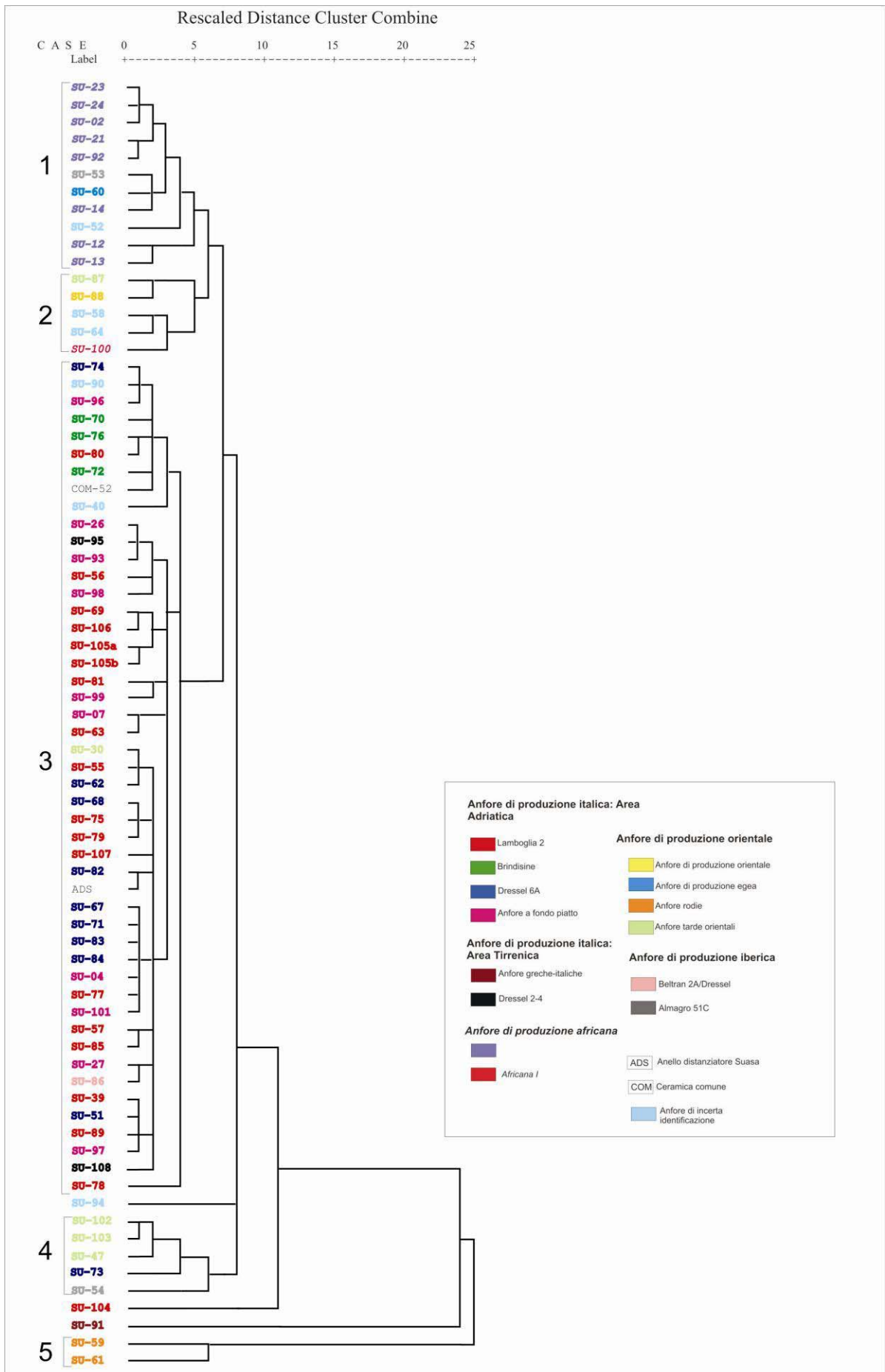


Figura 3.5: Dendrogramma della cluster analysis dei campioni provenienti dal sito di Suasa (AN).

3.2 Rimini

Le analisi archeometriche a cui sono stati sottoposti 24 campioni di anfore (vedi Appendice B), scelte tra un vastissimo numero di anfore portate alla luce in vari scavi della città, permette di ampliare lo studio dei materiali ceramici di Rimini già precedentemente svolto su altri tipi di manufatti ceramici (Mazzeo et al, 2000; Nannetti e Sabetta, 2003). Lo scopo di questo studio è caratterizzare la produzione locale.

La scelta dei campioni è stata basata sulla tipologia e sugli impasti che compongono le anfore. Sono state scelte anfore greche italiche che presentavano all'interno dell'impasto abbondanti striature rossastre apparentemente identificabili come chamotte.

Gli impasti presentano due diverse colorazioni: la prima beige-rossastra e clasti medio piccoli rotondeggianti rossi o rossi scuri (chamotte); la seconda arancione-rossastra con un'elevata presenza di clasti rotondeggianti rossi (chamotte).

Analisi mineralogica

In tabella (Tab. 3.3) viene riportata la composizione mineralogica ottenuta mediante XRD.

Dalle stime semiquantitative ricavate si evidenzia che la fase predominante per tutti i campioni è il quarzo, mentre i feldspati (K-feldspato e plagioclasti) sono presenti in quantità significative, da notare che solo nei campioni RN-04 e RN-07 non si rileva la presenza di K-feldspato, invece i campioni RN-08, RN-09, RN-14, RN-22 presentano una quantità abbondante di plagioclasti.

Si è riscontrata la presenza generalizzata (ad eccezione del campione RN-23) di clinopirosseni in quantità da discrete fino ad abbondanti, come nei campioni RN-07 RN-14 RN-18 RN-22 RN-24.

L'abbondante presenza di clinopirosseni in quasi tutti i campioni mostra che i manufatti sono stati realizzati con forni che raggiungevano alte temperature (800°-900°).

Un'altra fase mineralogica che testimonia il raggiungimento di elevate temperature è la gehlenite qui presente in quantità variabile, da discreta a scarsa, ad eccezione del campione RN-18 (Fig. 3.6) in cui se ne rileva una quantità abbondante.



Figura 3.6: Puntale dell'anfora greco italiana RN-18.

Inoltre è stata riscontrata una quantità da significativa ad abbondante di calcite, da evidenziare la quantità molto abbondante di questa fase mineralogica nel campione RN-18.

Infine in quasi tutti i campioni sono presenti tracce di ematite e illite e in un solo campione, RN-23 si è riscontrata la presenza, seppur in scarsa quantità, di dolomite.

Campioni	Qtz	Kfs	Pl	Cpx	Gehl	Hem	Ill/Mic	Cal	Dol
RN-01	x x x x	x x	x x	x x	x	x	tr	x x	
RN-02	x x x x	X	x	x	x x	tr		x x x	
RN-03	x x x x	x x	x x	x		tr	tr	x x	
RN-04	x x x x		x x	x x		x		x	
RN-05	x x x x	x x	x x	x x		tr		x x	
RN-06	x x x x	x x	x x	x x		x	tr		
RN-07	x x x x		x x	x x x	x	x		x x x	
RN-08	x x x x	x x	x x x	x x		tr	tr	x	
RN-09	x x x x	x x	x x x	x x		tr		x	
RN-10	x x x x	x x	x x	x x		tr	tr	x x	
RN-11	x x x x	x x	x x	x x				x x	
RN-12	x x x x	x x	x x	x x		x	tr	x x	
RN-13	x x x x	x x	x x	x x		tr		x x	
RN-14	x x x x	x x	x x x	x x x	x	tr	tr		
RN-15	x x x x	x x	x x	x	x	tr	tr	x x	
RN-16	x x x x	x x	x x	x x	x x	x		x x	
RN-17	x x x x	x x	x x	x x		tr		x x	
RN-18	x x x x	x x	x x	x x x	x x x	x		x x x x	
RN-19	x x x x	x x	x x	x x	x	tr		x x x	
RN-20	x x x x	X	x x	tr			tr	x x	
RN-21	x x x x	x x	x x	x	x	tr	tr	x x	
RN-22	x x x x	x x x	x x x	x x x		x		tr	
RN-23	x x x x	X	x x		x	tr	tr	x	X
RN-24	x x x x	x x	x x	x x x		x		x x	

Tabella 3.3: Tabella della composizione mineralogica dei campioni provenienti da Rimini ottenuta in XRD.

qtz=quarzo; Kfs=K-feldspati; pl=plagioclasti; cpx=clinopirosseni; magh=maghemite;

hem=ematite; ill=illite; cal=calcite; dol=dolomite; gehl=gehlenite.

x x x x quantità molto abbondante; x x x abbondante; x x significativa; x modesta; tr=tracce

Analisi petrografica

Si è eseguita un'indagine petrografica sui campioni RN-18 e RN-21 in seguito alle peculiarità riscontrate durante l'analisi diffrattometrica.

Dall'osservazione delle sezioni sottili al microscopio al solo polarizzatore si è notato che:

- Il campione RN-18 (Fig. 3.7) presenta una matrice ricca di fasi argillose e leggermente ossidata. Lo scheletro è costituito da una componente quarzo feldspatica. Si conferma la presenza abbondante di calcite riscontrata nell'analisi diffrattometrica; si nota la presenza di bioclasti al cui interno spesso si rileva la cristallizzazione di pirite framboidale. Inoltre si nota la presenza di fillosilicati, miche bianche tipo muscovite. Si riscontrano frammenti litici come selci e componenti policristallini associabili ad una magmatite acida; infine si rileva la presenza di cocci pesto.

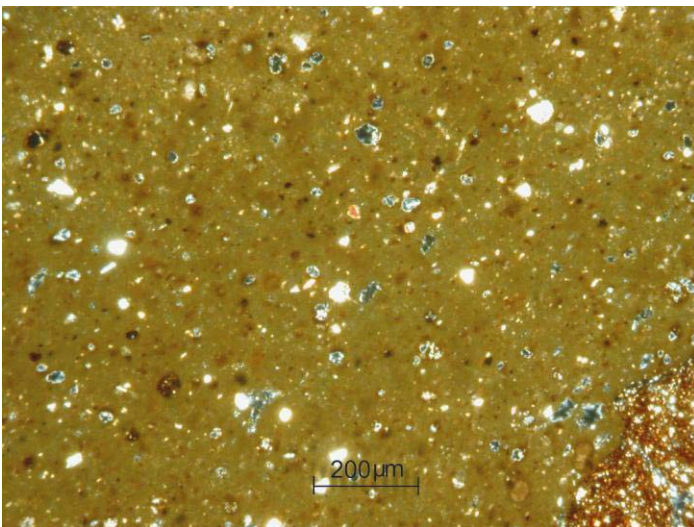


Figura 3.7: Sezione sottile del campione RN-18 (200 micron/intertacca).

- Il campione RN-21 (Fig. 3.8) presenta uno scheletro quarzo feldspatico più abbondante rispetto alla matrice composta da fasi argillose. Si rileva la presenza di fillosilicati (mica bianca tipo muscovite e mica bruna tipo biotite); presenza di bioclasti con ricristallizzazione all'interno dei vuoti di calcite o pirite. Presenza di frammenti litici (selci e calcare micritico) e di cocci pesto; da evidenziare la presenza di anfibolo.

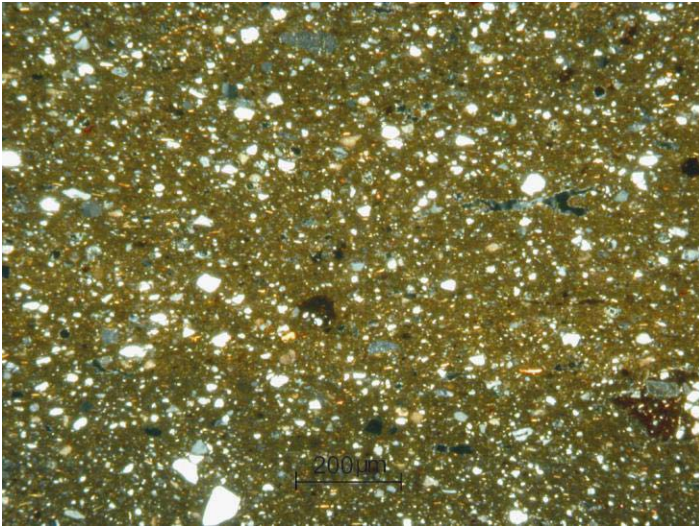


Figura 3.8: Sezione sottile del campione RN-21 (200 micron/intertacca).

Analisi chimica e analisi statistica dei dati

I campioni dei siti di Rimini, sono stati sottoposti ad analisi sia in XRF che in ICP poiché quest'ultima non è soggetta ad effetti di matrice, per attestare la bontà dei dati ottenuti tramite XRF.

In Tab. 3.4 sono riportati i valori ottenuti mediante analisi in fluorescenza XRF.

La maggior parte dei campioni presenta un contenuto in elementi maggiori e minori discretamente omogeneo, ad eccezione di alcuni campioni che presentano una certa variabilità.

Queste differenze vengono evidenziate nei grafici CaO vs Sr (Fig. 3.9) e SiO₂ vs Zr (Fig.3.10), in cui sono rappresentati gli elementi chimici più significativi per la caratterizzazione dei reperti.

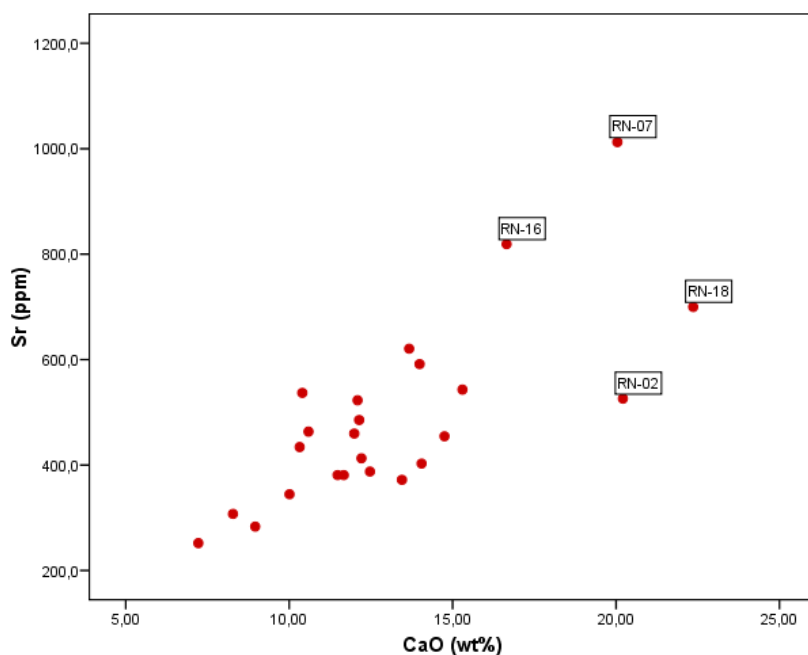


Figura 3.9: Diagramma binario CaO vs Sr.

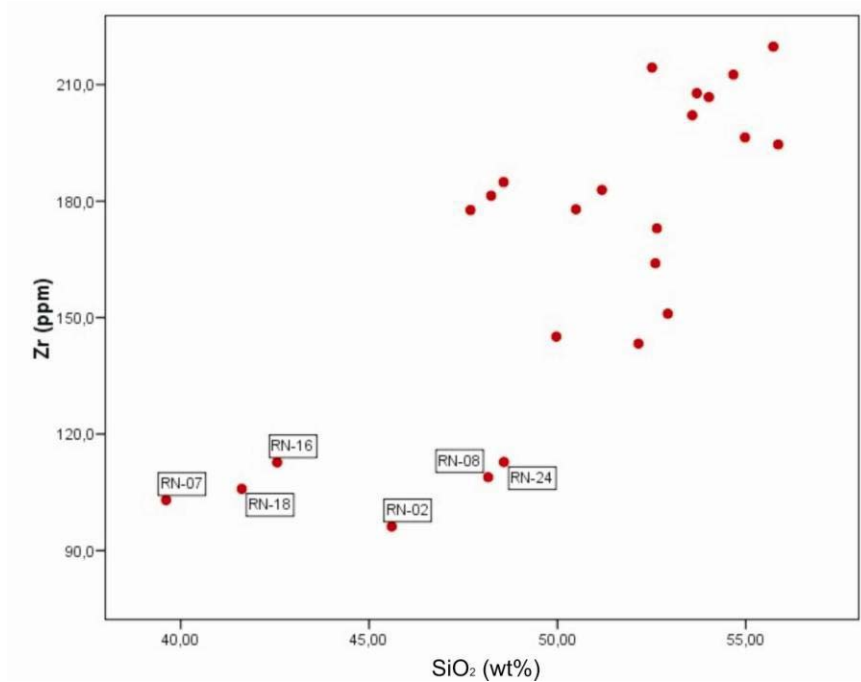


Figura 3.10 : Diagramma binario SiO₂ vs Zr.

Nei grafici sono stati evidenziati i campioni che si discostano dal gruppo principale. In particolare si nota che i campioni RN-02, RN-07, RN-16 e RN-18 mostrano un forte arricchimento in CaO e Sr, invece presentano un forte impoverimento in SiO₂ e Zr.

Inoltre si evidenzia un forte arricchimento in Cu nel campione RN-18 (129 ppm); mentre nei campioni RN-07 (Fig. 3.11) e RN-16 (Fig. 3.12) si riscontrano valori molto elevati in P₂O₅ (circa 4 wt%) dovuti ad inquinamento del terreno.



Figura 3.11: Frammento di orlo del campione RN-07.



Figura 3.12: Frammento di orlo del campione RN-16.

Campioni	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	LOI	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ba	La	Ce
RN-01	52,15	0,74	15,04	6,78	0,14	4,00	12,09	1,14	3,00	1,87	3,06	26	110	145	22	81	48	141	145	523	31	143	15	722	52	86
RN-02	45,60	0,55	10,79	4,83	0,14	2,93	20,21	0,85	2,25	0,47	11,37	26	58	94	10	61	56	199	78	526	20	96	11	641	13	44
RN-03	52,60	0,73	15,18	6,72	0,19	3,26	11,99	1,07	3,03	1,10	4,12	27	120	151	24	103	53	128	137	460	30	164	16	837	52	81
RN-04	53,70	0,78	15,48	7,56	0,23	3,54	10,59	1,25	2,87	1,42	2,58	17	130	161	23	186	80	152	142	463	38	208	15	770	34	66
RN-05	53,58	0,72	14,01	6,09	0,20	3,14	14,05	1,24	2,47	0,80	3,69	31	104	131	15	72	42	106	131	403	34	202	17	662	33	72
RN-06	55,73	0,78	16,43	7,43	0,15	5,01	8,96	1,35	3,14	0,35	0,69	16	121	154	22	123	40	113	160	283	41	220	17	487	41	90
RN-07	39,61	0,68	13,03	6,69	0,29	2,98	20,04	1,22	1,84	4,76	8,88	16	97	162	18	111	63	250	98	1013	26	103	10	1445	38	40
RN-08	48,16	0,72	15,27	6,83	0,22	4,37	13,67	0,91	3,09	1,77	4,99	30	128	166	19	103	79	147	138	621	26	109	16	981	46	65
RN-09	47,69	0,79	17,27	8,19	0,23	5,58	10,40	1,10	2,81	3,30	2,64	28	113	153	23	86	52	171	126	537	38	178	18	1621	41	91
RN-10	49,97	0,73	15,06	7,60	0,21	3,83	11,48	1,05	3,20	1,41	5,47	20	121	141	21	160	52	138	150	381	33	145	15	871	40	76
RN-11	50,49	0,78	16,52	6,27	0,19	2,65	12,14	0,76	2,84	1,31	6,04	21	103	135	17	78	41	75	123	486	34	178	15	744	45	75
RN-12	52,93	0,74	15,46	6,66	0,18	3,47	12,47	1,13	2,59	0,26	4,10	32	117	152	20	88	65	104	141	388	28	151	20	425	35	84
RN-13	48,57	0,76	16,12	6,72	0,17	3,91	12,21	1,02	2,85	1,96	5,70	19	97	140	19	88	74	100	125	413	28	185	17	907	43	60
RN-14	52,64	0,73	14,82	6,59	0,13	4,57	13,45	1,31	2,50	0,73	2,54	18	108	146	18	80	49	102	159	372	28	173	15	672	44	69
RN-15	54,02	0,71	15,46	6,65	0,22	3,23	10,32	1,19	3,04	1,56	3,59	20	102	126	18	118	48	145	130	434	34	207	18	625	50	49
RN-16	42,56	0,74	15,55	7,71	0,44	2,85	16,65	0,79	2,27	4,66	5,78	31	100	135	22	116	62	155	129	819	33	113	14	1879	42	57
RN-17	52,51	0,80	16,69	7,08	0,17	4,02	11,67	1,31	2,65	0,37	2,72	18	129	163	22	135	44	107	131	381	36	214	18	479	49	90
RN-18	41,62	0,63	12,65	5,75	0,14	2,67	22,36	0,93	2,03	1,12	10,11	22	88	134	15	107	129	90	113	700	21	106	12	859	27	69
RN-19	48,24	0,72	14,46	6,24	0,23	2,72	15,30	0,90	2,65	1,54	7,00	42	99	147	20	105	57	126	132	543	27	181	14	953	38	72
RN-20	54,67	0,75	16,73	6,43	0,14	3,36	8,28	1,09	3,29	0,26	5,00	19	111	107	19	92	42	103	138	307	31	213	17	585	34	80
RN-21	51,18	0,67	14,29	5,75	0,16	2,74	14,75	1,10	2,60	1,45	5,31	34	95	124	15	60	54	122	116	455	31	183	19	737	37	52
RN-22	54,98	0,78	16,27	7,00	0,14	4,56	10,01	1,61	2,76	0,75	1,14	30	127	149	18	81	45	114	169	345	39	196	13	655	38	68
RN-23	55,86	0,82	17,28	6,95	0,16	3,50	7,22	1,22	3,07	0,67	3,24	17	116	140	21	86	47	124	147	252	34	195	15	607	48	81
RN-24	48,58	0,73	15,58	7,23	0,23	4,34	13,99	0,91	3,19	1,30	3,92	25	110	159	19	142	51	109	150	592	32	113	22	785	34	59

Tabella 3.4: Tabella della composizione chimica dei campioni provenienti da Rimini. Valori percentuali (%) in ossidi degli elementi maggiori e in parti per milione (ppm) degli elementi in traccia.

Di seguito è riportato il dendrogramma (Fig. 3.13) della cluster analysis eseguita sulla base dei dati di Tab. 3.4 ad eccezione dei valori di P_2O_5 e LOI che non vengono utilizzati perché influenzati da processi di alterazione subiti dai campioni durante il seppellimento.

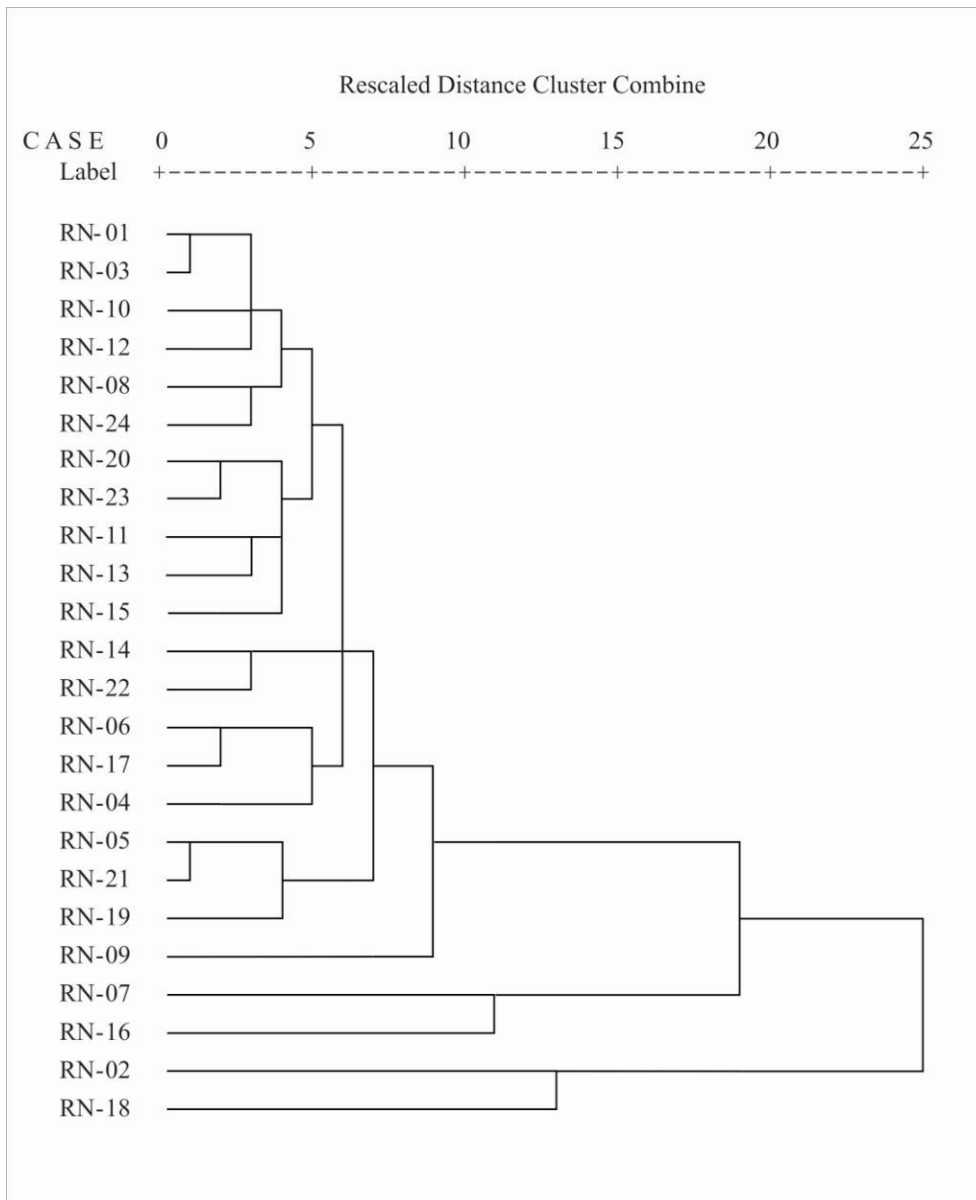


Figura 3.13: Dendrogramma della cluster analysis dei campioni provenienti dal sito di Rimini.

Il dendrogramma conferma le differenze composizionali riscontrate nelle diagrammazioni binarie. I campioni che non risultano compresi nel gruppo principale mostrano caratteristiche peculiari anche a livello mineralogico. In particolare il campione RN-02 (Fig. 3.14) presenta quantità significative di gehlenite e quantità abbondanti di calcite; il campione RN-07 mostra quantità abbondanti di

clinopiroseni e calcite; il campione RN-16 presenta quantità significative di clinopiroseni, gehlenite e calcite; infine, il campione RN-18 mostra quantità molto abbondanti di calcite e quantità abbondanti di clinopiroseni e gehlenite.



Figura 3.14: Frammento di orlo del campione RN-02.

La copresenza di calcite, clinopiroseni e gehlenite (fasi mineralogiche quest'ultime che testimoniano il raggiungimento di alte temperature) può indicare o una non completa decarbonatazione in cottura, causata da una abbondante quantità di carbonati originariamente, o una ricarbonatazione successiva in raffreddamento, o legata al seppellimento del manufatto

3.3 Spina

Il sito di Spina si trova a circa 4,5 km. da Comacchio. Per due secoli, il V e il IV a. C., Spina è stata uno dei più importanti porti commerciali del Mediterraneo, rappresentando per quell'epoca ciò che altre città, da ultima Venezia, hanno simboleggiato in momenti storici diversi: l'anello di congiunzione tra Occidente e Oriente. Duemila anni fa, dopo una progressiva decadenza, la città scomparve, inghiottita dalle acque del mare. Nel 1922, durante i grandi lavori di bonifica delle Valli di Comacchio, in Valle Trebba venne alla luce un sepolcreto di epoca etrusca. Gli scavi, in Valle Trebba, iniziarono subito e proseguirono fino al 1935; poi ripresero nel 1954, interessando soprattutto la Valle Pega e in minor misura le valli adiacenti. I campioni provenienti da tale sito e analizzati sono anfore greche italiche rinvenute nelle campagne di scavo del sepolcreto di Valle Trebba nelle campagne di scavo degli anni 1922-1935.

Una ricerca su questo tipo di manufatti, fossili guida per eccellenza dei circuiti commerciali, appare quanto mai opportuna nel sito di Spina, primario recettore e centro di smistamento delle importazioni mediterranee nell'entroterra padano.

Consistenti rinvenimenti di questo tipo di anfore a Spina, sono avvenuti specialmente in contesti funerari; le caratteristiche di alcuni impasti, insieme con la frequenza delle attestazioni, ha fatto ipotizzare una possibile produzione locale, a imitazione dei prodotti magno-greci importati (De Luca, De Marco, 1979, Desantis 1991-1992).

I campioni (vedi Appendice C) presentano un impasto di colore rosso, a volte rosato con presenza di inclusi di colore rosso di varie dimensioni che possono essere classificati come chamotte; due campioni SP-08 e SP-09 sono caratterizzati da un impasto di colore beige con presenza di inclusi rossi (chamotte).

Analisi mineralogica

In tabella (Tab. 3.5) sono riportate le fasi mineralogiche rilevate tramite analisi diffrattometrica.

Per tutti i campioni la fase predominante è il quarzo. Si rilevano quantità scarse di K-feldspato, ad eccezione dei campioni SP-06 e SP-09 in cui si riscontrano quantità abbondanti. I plagioclasti sono presenti in quantità significative nella quasi totalità dei campioni, da evidenziare la presenza abbondante di questa fase nei campioni SP-08 e SP-09.

In tutti i campioni si riscontra la scarsa presenza di ematite e illite.

Si rileva la presenza sporadica di calcite, solo i campioni SP-08 e SP-09 presentano quantità rispettivamente significative e abbondanti.

Inoltre si nota la presenza di dolomite solo nel campione SP-05.

L'analisi mineralogica ha riscontrato la presenza di gesso nella maggior parte dei campioni, in quantità trascurabili ad eccezione del campione SP-09 che ne presenta una quantità significativa.

Per confermare la quantità di gesso realmente presente nei campioni si è utilizzata l'analisi termica per la quantificazione di questa fase.

Dai dati ottenuti ($\geq 1\%$) si è concluso che la presenza di gesso non influenza i valori degli elementi chimici ottenuti attraverso l'analisi in fluorescenza.

Campioni	Qtz	Kfs	Pl	Cpx	Hem	Ill/Mic	Cal	Dol	Gp
SP-01	x x x x	x	x	x	x	x	tr		x
SP-02	x x x x	x	x x	x	tr	tr			tr
SP-03	x x x x	x x	x x	x	tr	tr			x
SP-04	x x x x	x	x x	x	tr	tr	x		tr
SP-05	x x x x	x	x x	x	tr	tr		X	tr
SP-06	x x x x	x x x	x x	x	tr				tr
SP-07	x x x x	x	x x	x	tr	tr			
SP-08	x x x x	x x	x x x	x x x	x		x x		
SP-09	x x x x	x x x	x x x	x x x	x		x x x		x x
SP-10	x x x x	x x	x x	x	x	tr			tr

Tabella 3.5: Tabella della composizione mineralogica dei campioni provenienti da Spina (FE) ottenuta in XRD.

qtz=quarzo; **Kfs**=K-feldspati; **pl**=plagioclasti; **cpx**=clinopirosseni; **magh** = maghemite;

hem=ematite; **ill**=illite; **cal**=calcite; **dol**=dolomite; **gp**=gesso.

x x x x quantità molto abbondante; **x x x** abbondante; **x x** significativa; **x** modesta; **tr**=tracce

Analisi chimica

Dall'analisi in XRF riportata in tabella (Tab. 3.6). si può notare che le anfore SP-08 (Fig. 3.15) e SP-09 (Fig. 3.16), caratterizzate da un impasto diverso rispetto alle altre anfore presentano delle differenze anche nel chimismo.

I due campioni presentano bassi contenuti in SiO₂ (circa 50 wt%) fra gli elementi maggiori, e in Rb (circa 90 ppm) fra gli elementi in traccia; invece presentano elevati contenuti in CaO (13 wt%) fra gli elementi maggiori e in Ni (circa 110 ppm) e Sr (circa 450 ppm) fra gli elementi in traccia.

Da questa prima analisi si ipotizza che questi campioni (SP-08 e SP-09), la cui diversità è riscontrabile non solo nella colorazione degli impasti ma anche nel chimismo, non provengano dalla stessa area di produzione dei restanti reperti rinvenuti a Spina. Inoltre la maggior parte delle anfore

presenta quantità scarse di clinopirosseni e tracce di calcite: ciò potrebbe dipendere da una materia prima povera in carbonati.

Infine la presenza di gesso nei corpi ceramici può essere dovuta a processi di alterazione durante il seppellimento.



Figura 3.15: Anfora greco italica SP-08.



Figura 3.16: Anfore greco italica SP-09.

Campioni	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	LOI	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ba	La	Ce
SP-01	60,75	0,81	16,88	6,67	0,12	3,27	4,84	1,39	2,69	0,36	2,22	19	109	138	21	81	30	97	76	122	16	151	13	442	43	79
SP-02	55,72	0,86	18,22	7,48	0,10	3,43	4,58	1,30	2,71	0,53	5,06	16	119	186	22	81	62	92	107	174	32	231	24	405	36	90
SP-03	54,16	0,83	18,51	6,61	0,11	3,59	5,52	1,37	2,45	0,41	6,43	17	113	171	17	82	31	98	110	241	36	219	14	393	44	84
SP-04	58,00	0,78	17,45	6,75	0,12	3,61	5,12	1,34	2,74	0,31	3,78	16	118	137	21	81	22	92	120	206	33	252	18	421	37	78
SP-05	55,58	0,91	19,66	6,56	0,11	3,95	4,71	1,08	2,73	0,43	4,27	20	124	197	20	82	29	110	146	216	39	233	19	400	36	93
SP-06	61,30	0,82	16,37	6,62	0,13	3,28	5,84	1,55	2,68	0,16	1,25	15	111	136	18	74	36	104	135	206	36	237	16	474	41	91
SP-07	56,77	0,87	19,50	7,63	0,10	3,46	4,60	1,10	2,62	0,29	3,05	13	112	158	23	77	32	101	107	164	25	218	15	400	48	86
SP-08	52,08	0,77	16,47	7,12	0,14	4,00	13,36	1,38	2,11	0,29	2,26	20	138	171	20	109	27	84	92	444	29	170	11	466	46	50
SP-09	48,57	0,78	16,02	6,94	0,15	4,18	13,77	1,48	2,01	0,27	5,82	21	137	177	21	122	33	130	90	453	30	217	22	454	26	77
SP-10	57,26	0,83	17,77	6,97	0,11	3,46	5,38	1,40	2,63	0,41	3,78	13	106	142	23	83	33	93	126	201	28	218	15	439	38	79

Tabella 3.6: Tabella della composizione chimica dei campioni provenienti da Spina (FE). Valori percentuali (%) in ossidi degli elementi maggiori e in parti per milione (ppm) degli elementi in traccia.

3.4 Adria

La città di Adria ha dato il nome al mare Adriatico. Centro importante già in epoca greca nel VI secolo a.C., era un fiorente porto allo sbocco del ramo settentrionale del fiume Po, nell'area d'incontro tra le influenze etrusche e galliche. Il Po fin dall'età del bronzo si biforcava nei pressi di Guastalla, il ramo meridionale sfociava presso l'importante città etrusca di Spina, mentre il ramo settentrionale passava per il Polesine e ha dato vita alla civiltà paleo-veneta di Frattesina (Fratta Polesine) e Adria. La linea di costa si manterrà su Adria per tutta l'epoca romana e fin quasi il medioevo, quando il fiume prese l'attuale direzione ed iniziò l'evoluzione del cuneo deltizio, ma la lenta decadenza di Adria iniziò proprio quando il fiume si allontanò da essa. Nel IV secolo a.C. fu colonia siracusana ed infine entrò nell'influenza romana già nel III secolo a.C. Per Atria romana passava la via Popilia, che partiva da Ariminum (Rimini) per dirigere a Padova congiungendosi con la via Annia per dirigere ad Altino. Maggior fortuna delle altre città di pianura la ebbe nel periodo delle invasioni barbariche, grazie alla protezione dei fiumi Adige e Po e alle vaste aree lagunari che la circondavano. Fu importante castello militare per tutto il medioevo. In epoca feudale e comunale divenne caposaldo estense. Dal XVI secolo passò al dominio veneziano. Nel frattempo la situazione fluviale si era evoluta, il delta aveva già una sua fisionomia e la città venne a trovarsi in piena terraferma, oramai a notevole distanza dal mare. I veneziani provvidero a bonificare i terreni ancora paludosi, bonifiche durate fino al XIX secolo perfino dopo la caduta della Serenissima, e naturalmente alla sistemazione fluviale dei rami del Po.

I campioni analizzati (vedi Appendice D) sono ascrivibili alla categoria delle anfore greco italiche (Toniolo, 2000). Esse presentano impasti con varie colorazioni che vanno dal beige- beige rosato fino al rosso, inoltre sono caratterizzati dalla presenza di inclusi bianchi. In alcuni reperti (AD-02, AD-04, AD-05, AD-08, AD-09, AD-11, AD-13) si è riscontrata la possibile presenza di chamotte.

Analisi mineralogica

I reperti analizzati in diffrazione presentano una composizione mineralogica, riportata in tabella (Tab. 3.7) in stime semiquantitative, in cui la fase predominante in tutti i campioni è il quarzo. E' presente K-feldspato in quantità significative ad eccezione del campione AD-11 in cui si rileva una quantità abbondante. Anche i plagioclasti sono presenti in quantità significativa: si individuano alcuni campioni che ne presentano quantità da abbondanti a molto abbondanti (AD-02, AD-07 e AD-11).

In aggiunta a queste fasi mineralogiche si nota la presenza di clinopirosseni in quantità estremamente variabili: AD-02 e AD-11 hanno quantità molto abbondanti, mentre AD-03 ne è completamente privo.

Solo in un campione, AD-13, troviamo tracce di gehlenite.

Un'abbondanza di clinopirosseni di origine secondaria suggerisce che a livello tecnologico venivano raggiunte temperature di cottura elevate (fino a 900°C).

In quasi tutti i reperti si individua calcite, in quantità variabili, ad esempio in AD-01 si nota una quantità molto abbondante in AD-02 e AD-05 quantità abbondante, assenza di tale fase in AD-07.

Inoltre si rileva la presenza in quantità scarsa, e in solo due campioni (AD-10 e AD-12), di dolomite.

Si riscontra infine la presenza in tracce di ematite ed illite nella maggior parte dei reperti.

E' da segnalare la presenza di fasi accessorie di seguito elencate:

- analcime, in quantità significativa nei campioni AD-02 e AD-11;
- tremolite, in quantità scarsa o in tracce nei campioni AD-02, AD-03 (Fig. 3.17) e AD-05 (Fig. 3.18);
- gesso in tracce nel campione AD-09.



Figura 3.17: Frammenti di parete del campione AD-03.



Figura 3.18: Frammenti del campione AD-05.

Campioni	Qtz	Kfs	Plg	Cpx	Gehl	Hem	Ill/Mic	Cal	Dol	Anl	Tr	Gp
AD-01	x x x x	x x	x	x x		x		x x x x				
AD-02	x x x x	x x	x x x	x x x x		x		x x x		x x	x	
AD-03	x x x x	x	x			tr		x			tr	
AD-04	x x x x	x	x x	X		tr	tr	x				
AD-05	x x x x	x x	x x	x x x		x		x x x				
AD-06	x x x x	x	x x	X		tr	tr	x			x	
AD-07	x x x x	x x	x x x	x x x		tr	tr					
AD-08	x x x x	x x	x x	x x		tr	tr	x x				
AD-09	x x x x	x x	x x	X		tr	tr	tr				tr
AD-10	x x x x	x x	x x	X			tr	x	x			
AD-11	x x x x	x x x	x x x x	x x x x		x		x x		x x		
AD-12	x x x x	x	x	x x		tr	tr	x x	x			
AD-13	x x x x	x x	x x	x x	tr	x x	tr	x x				

Tabella 3.7: Tabella della composizione mineralogica dei campioni provenienti da Adria (RO) ottenuta in XRD.
qtz=quarzo; **Kfs**=K-feldspati; **pl**=plagioclasti; **cpx**=clinopirosseni; **magh**=maghemite;
hem=ematite; **ill**=illite; **cal**=calcite; **dol**=dolomite; **gehl**=gehlenite; **anl**=analcime;
tr=tremolite; **gp**=gesso;
xxx quantità molto abbondante; xx abbondante; x significativa; x modesta; tr=tracce

Analisi petrografica

Le indagini ottiche sono state eseguite solo per alcuni campioni che in analisi mineralogica avevano presentato delle peculiarità.

Di seguito vengono riportate le osservazioni fatte su ogni singolo campione.

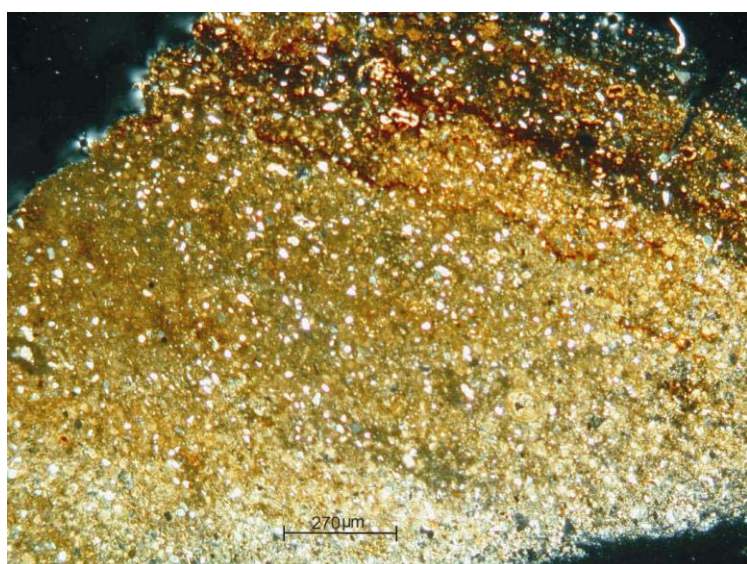


Figura 3.19: Sezione sottile del campione AD-01 (270 micron/intertacca).

- AD-01 (Fig. 3.19): lo scheletro è composto da quarzo e feldspati; presenza di qualche fillosilicato, mica bianca tipo muscovite e mica bruna tipo biotite. La matrice è poco

presente ed è composta da fasi argillose. Si rileva la presenza di bioclasti riempiti da calcite o pirite framboideale. La calcite è diffusa in tutta la sezione sottile. Si riscontra la presenza di frammenti litici carbonatici e selci. Si notano zone fortemente ossidate connesse con le fratture.

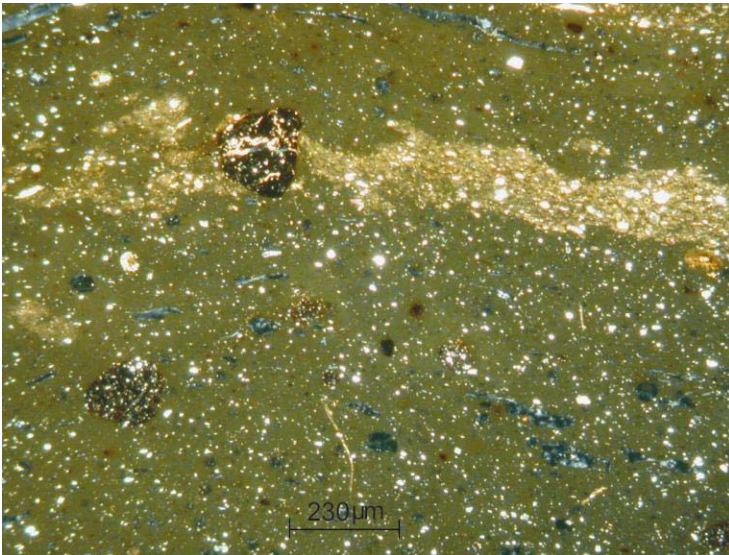


Figura 3.20: Sezione sottile del campione AD-02 (230 micron/intertacca).

- AD-02 (Fig. 3.20): lo scheletro quarzo feldspatico e la matrice argillosa sono presenti in uguali proporzioni. Si rileva la presenza di frammenti litici tipo calcareniti e cocchiopesto, elevata presenza di bioclasti, alcuni riempiti da pirosseno calcico. La sezione presenta una forte zonazione dovuta alla circolazione di fluidi nelle parti più porose del campione, questi fluidi hanno permesso la deposizione di CaCO_3 , si tratta di una carbonatazione selettiva.

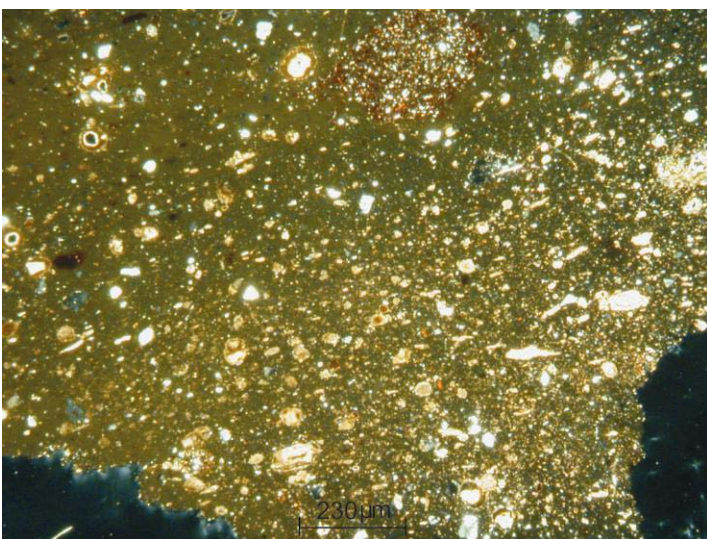


Figura 3.21: Sezione sottile del campione AD-05 (230 micron/intertacca).

- AD-05 (Fig. 3.21): la matrice argillosa sembra non essere ricca in carbonati, in questa sezione la presenza di carbonati si concentra in grumi diffusi in tutto il corpo ceramico. Si riscontra la presenza di selci e calcite micritica con zonature alcune volte riempite da calcite sparitica.

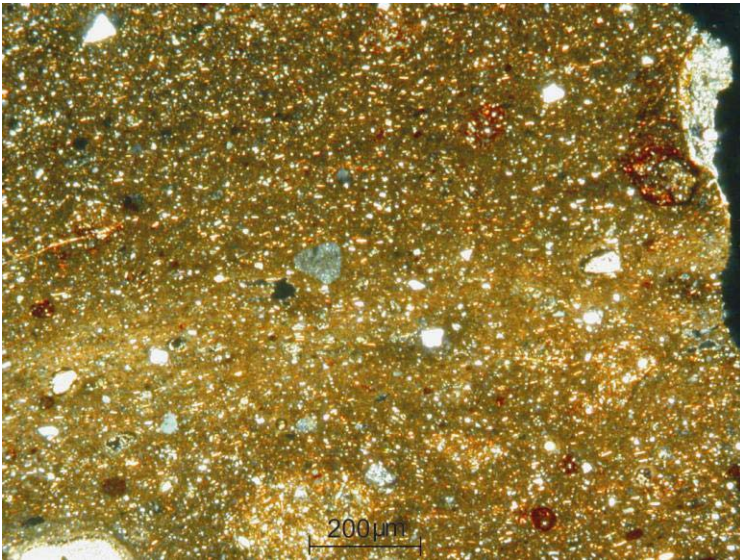


Figura 3.22: Sezione sottile del campione AD-08 (200 micron/intertacca).

- AD-08 (Fig. 3.22): lo scheletro quarzo feldspatico è più presente rispetto alla matrice argillosa; presenza di bioclasti, fillosilicati, frammenti litici (frammenti carbonatici e selci), coccio pesto. Inoltre si rileva la diffusione in tutta la sezione di ossidi.

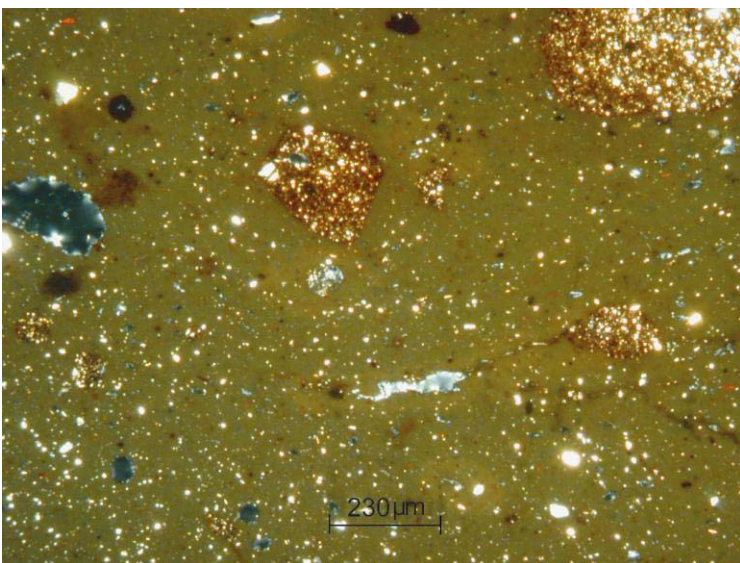


Figura 3.23: Sezione sottile del campione AD-11 (230 micron/intertacca).

- AD-11 (Fig.3.23): la matrice argillosa è molto abbondante rispetto allo scheletro, è poco ricca di carbonato di calcio. Si rileva la presenza i fillosilicati sia miche chiare che miche scure. Da notare la totale assenza di frammenti litici.

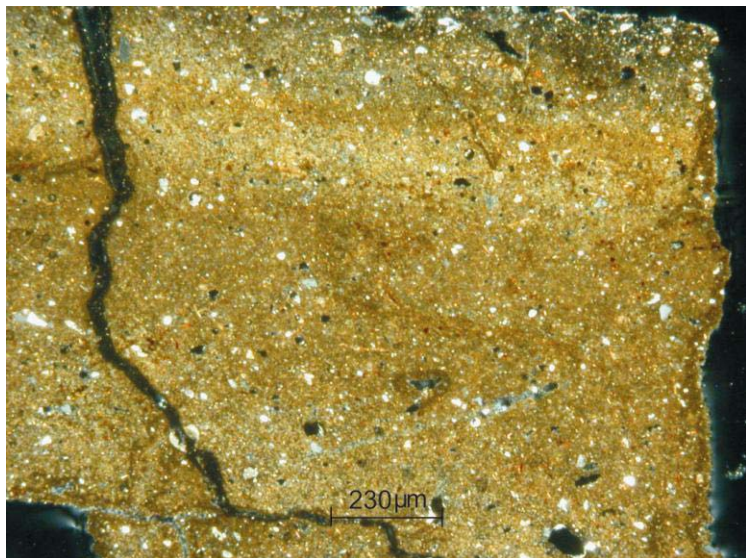


Figura 3.24: Sezione sottile del campione AD-12 (230 micron/intertacca).

- AD-12 (Fig. 3.24): lo scheletro quarzo feldspatico è presente in egual misura rispetto alla matrice argillosa; sono presenti miche chiare tipo muscovite. Si nota calcite micritica molto diffusa, alcune volte è presente in grumi.

Analisi chimica

L'analisi chimica, riportata in Tab. 3.8, mostra una discreta eterogeneità nei valori degli elementi. Questa varietà composizionale è rappresentata nei diagrammi binari SiO_2/CaO , in cui si evidenzia una correlazione negativa (Fig. 3.25); Cr/Ni (Fig. 3.26) e CaO/Sr in cui si nota una correlazione positiva (Fig. 3.27). Nei grafici sono stati evidenziati i campioni AD-01 (Fig.3.28), AD-03, AD-05 AD-06 (Fig. 3.29), AD-08 (Fig. 3.30) e AD-10 (Fig. 3.31) che si discostano dal gruppo principale.

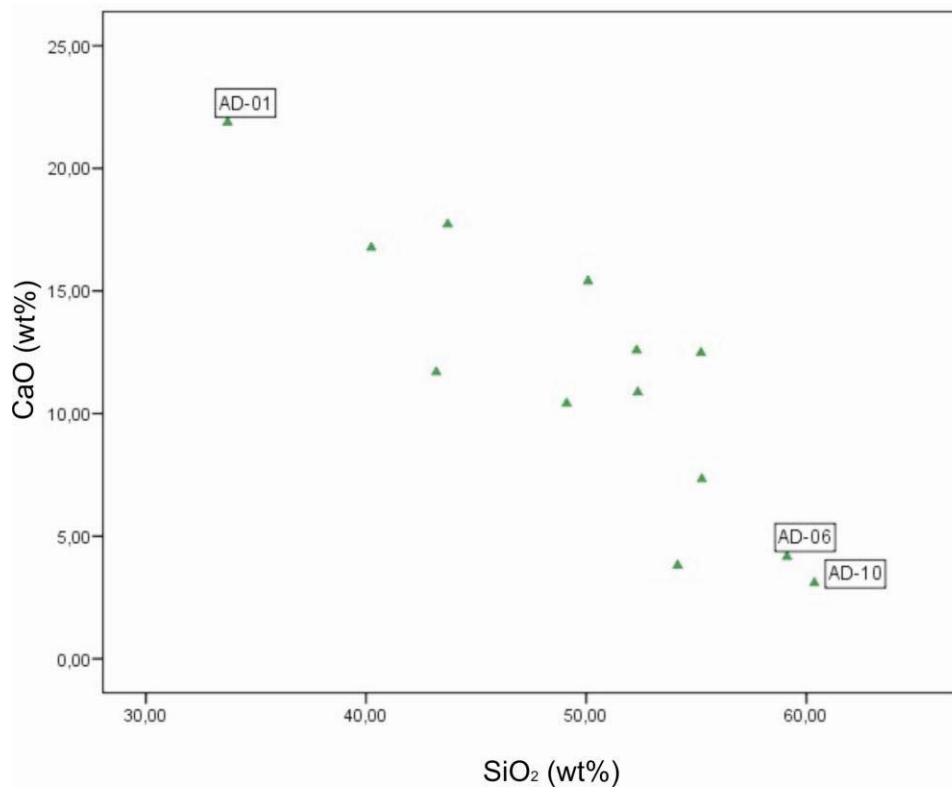


Figura 3.25: Diagramma binario SiO₂ vs CaO.

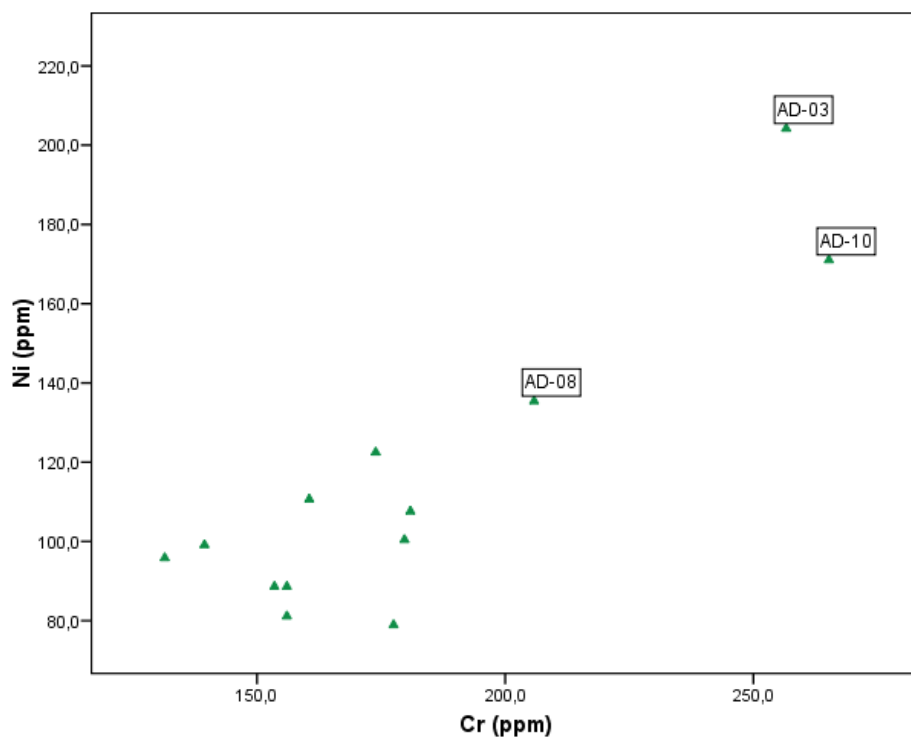


Figura 3.26: Diagramma binario Cr vs Ni.

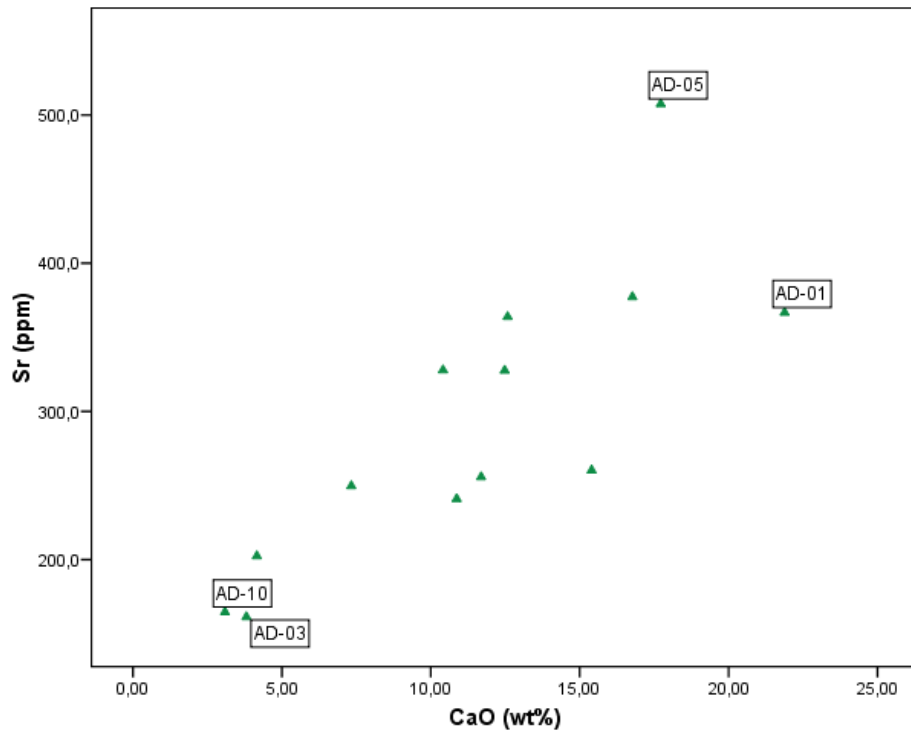


Figura 3.27: Diagramma binario CaO vs Sr.



Figura 3.28: Anfora greco italiana AD-01.



Figura 3.29: Anfora greco italiana AD-06.



Figura 3.30: Anfora greco italica AD-08.



Figura 3.31: Anfora greco italica AD-10.

Data la scarsità del numero di reperti non è stato possibile trattare i dati chimici attraverso elaborazioni statistiche. Attualmente, per i dati ottenuti si può affermare che:

- i corpi ceramici sono caratterizzati da un impasto composto per metà da una matrice argillosa e per l'altra metà da uno scheletro quarzo feldspatico, fatta eccezione per il campione AD-11 (Fig. 3.32) che presenta una matrice molto più abbondante rispetto allo scheletro;
- mineralogicamente la maggior parte dei campioni è caratterizzata dalla presenza di clinopirosseni, ciò fa supporre il raggiungimento di alte temperature di cottura;
- la discreta eterogeneità dei valori chimici e la mancanza di reperti di sicura produzione locale non permette di determinare se tutti i campioni sono stati prodotti in loco.



Figura 3.32: Anfora greco italica AD-11.

Campioni	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	LOI	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ba	La	Ce
AD-01	33,71	0,70	15,10	7,63	0,18	2,33	21,88	0,62	1,25	0,50	16,10	21	86	131	21	96	49	57	54	367	22	126	12	403	31	51
AD-02	50,08	0,77	15,64	7,12	0,15	3,90	15,40	1,81	1,39	0,24	3,48	22	137	181	19	108	42	96	18	260	11	74	6	442	25	67
AD-03	54,15	0,83	19,24	8,76	0,14	4,18	3,81	1,03	2,67	0,58	4,62	18	118	257	30	204	39	120	115	161	32	149	8	573	34	77
AD-04	52,34	0,85	18,58	6,74	0,13	4,24	10,87	0,83	2,41	0,48	2,53	18	108	156	18	89	48	84	71	241	15	154	11	459	42	68
AD-05	43,71	0,75	16,07	7,05	0,18	4,18	17,72	0,82	1,52	0,86	7,14	21	124	174	22	123	31	65	57	508	27	136	12	517	43	83
AD-06	59,12	0,88	19,13	6,20	0,11	3,26	4,16	1,05	2,43	0,30	3,37	18	113	156	17	81	34	96	88	202	30	226	18	475	45	95
AD-07	55,21	0,78	16,54	7,06	0,18	3,08	12,48	1,18	1,92	0,34	1,25	21	120	178	21	79	52	120	93	328	23	143	14	465	34	74
AD-08	49,11	0,89	18,64	7,77	0,16	3,83	10,41	0,79	2,06	0,69	5,65	23	109	206	23	135	48	81	73	328	31	215	22	416	45	83
AD-09	55,25	0,88	19,59	6,99	0,13	3,98	7,33	1,14	2,35	0,40	1,96	15	92	154	18	89	39	82	83	250	29	191	20	527	42	95
AD-10	60,36	0,79	17,73	7,19	0,12	4,80	3,09	1,57	2,48	0,25	1,61	19	100	265	27	171	32	122	123	165	30	180	16	467	34	76
AD-11	52,29	0,80	16,83	7,91	0,16	4,07	12,58	1,52	2,22	0,49	1,12	28	136	180	26	100	82	110	73	364	21	120	12	502	43	73
AD-12	43,19	0,85	19,42	7,73	0,14	3,38	11,69	0,80	1,66	0,48	10,95	23	95	161	21	111	47	105	57	256	28	142	16	491	41	85
AD-13	40,24	0,76	16,56	6,31	0,19	5,00	16,77	0,58	1,95	0,59	11,08	19	87	139	19	99	52	90	72	377	26	131	13	543	38	85

Tabella 3.8: Tabella della composizione chimica dei campioni provenienti da Adria (RO). Valori percentuali (%) in ossidi degli elementi maggiori e in parti per milione (ppm) degli elementi in traccia.

CAPITOLO 4

PAPER: Studio minero-petrografico e geochimico dei reperti ceramici

(Elisa Esquilini, 2008, *Vetus Litus*, Quaderni di Archeologia 22, 175-180)

A completamento dello studio dei singoli siti presi in esame per questo progetto di ricerca, vengono presentati due articoli in cui vengono trattati si siti archeologici di Cattolica e Phoinike (capitolo 5). Il primo articolo si riferisce allo scavo archeologico di Cattolica (Studio minero-petrografico e geochimico dei reperti ceramici).

La scoperta del sito archeologico risale al Giugno 2004, ed è avvenuta durante la costruzione della nuova darsena nel porto di Cattolica, nei pressi dell'alveo del fiume Tavollo; gli scavi hanno portato alla luce una grande discarica di materiali ceramici.

La discarica (Fig. 4.1) è costituita da un vaso a struttura quadrangolare, scavato nell'argilla con lati irregolari e pareti perfettamente verticali.

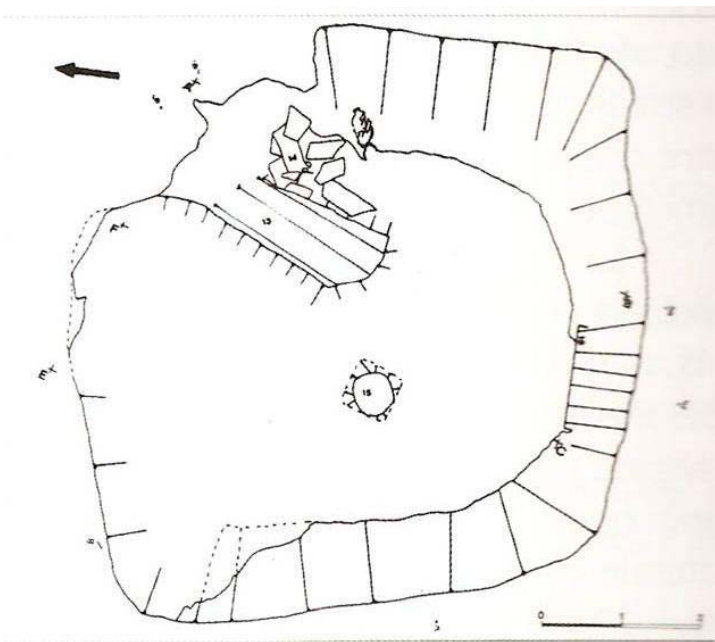


Figura 4.1:Piantina dello scavo archeologico di Cattolica.

Il “butto”, come viene definito questo scavo dagli archeologi per la caratteristica del suo contenuto di scarto, è stato riempito in maniera omogenea con vari materiali ceramici (vedi Appendice E) fra cui: un grandissimo numero di anfore (circa 848), porzioni di dolii cilindrici, laterizi (tegole,

mattoni, coppi), numerosissimi frammenti di ceramica comune (tra cui sembrano prevalere vassoi e mortai), una buona percentuale di coperchi, abbondanti resti di concotto e mattoni refrattari.

L'eccezionalità di questo ritrovamento, a differenza di altri scavi analoghi, è dovuta alla presenza di piccoli ammassi di roccia vulcanica (Fig. 4.2) inframmezzati ai frammenti ceramici con aspetto incoerente probabilmente dovuto al seppellimento.

A causa della vicinanza del sito al mare è stato necessario procedere ad analisi con cromatografia ionica per la ricerca di cloruri.



Figura 4.2: Roccia vulcanica ritrovata nello scavo.

Le analisi mineralogiche, petrografiche e geochimiche hanno portato a risultati interessanti e coerenti con le ipotesi archeologiche.

QUADERNI DI ARCHEOLOGIA DELL'EMILIA ROMAGNA 22

Monografie della Rivista della Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia Romagna

Coordinatore scientifico: LUIGI MALNATI

Redazione grafica: VANNA POLITI

Segreteria di redazione: MASSIMO MORARA

Mostra archeologica: *Vetus Litus archeologia della foce. Una discarica di materiali ceramici del III secolo a.C. alla darsena di Cattolica lungo il Tavollo*

Sede della mostra: Museo della Regina, Galleria Comunale S. Croce, Sala Lavatoio, Cattolica (RM); 19 dicembre 2008 - 3 maggio 2008.

A cura di: MARIA LUISA STOPPIONI

Enti promotori: Comune di Cattolica – Istituzione Culturale della Regina; Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia Romagna; Università degli studi di Bologna – Dipartimento di Archeologia; Istituto per i Beni Artistici Culturali e Naturali della Regione Emilia Romagna; Provincia di Rimini – Assessorato alla Cultura

Ideazione e cura del progetto: Luigi Malnati, Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia Romagna; Daniele Fabbri, Maria Luisa Stoppioni, Comune di Cattolica – Istituzione Culturale della Regina; Fiamma Lenzi, Antonella Salvi, Istituto per i Beni Artistici Culturali e Naturali della Regione Emilia Romagna

Comitato scientifico: Gianni Brizzi, Università degli Studi di Bologna; Fiamma Lenzi, Istituto per i Beni Artistici Culturali e Naturali della Regione Emilia Romagna; Maria Grazia Maioli, Luigi Malnati, Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia Romagna; Luisa Mazzeo Saracino, Università degli Studi di Bologna; Antonella Salvi, Istituto per i Beni Artistici Culturali e Naturali della Regione Emilia Romagna; Maria Luisa Stoppioni, Comune di Cattolica – Istituzione Culturale della Regina

Ufficio stampa: Carla Conti, Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia Romagna; Valeria Cicala, Carlo Tovoli, Istituto per i Beni Artistici Culturali e Naturali della Regione Emilia Romagna; redazione web, Istituto per i Beni Artistici Culturali e Naturali della Regione Emilia Romagna (www.ibr.regione.emilia-romagna.it); Nando Piccari, Comune di Cattolica

Si ringraziano Nicoletta Bacchini, Tenuta del Monsignore San Giovanni in Marignano; Sandro Bacchini, Tenuta del Monsignore San Giovanni in Marignano; Monica Barogi, Mondaino; Claudia Bartolini, S. Giovanni in Marignano; Anna Rita Biondi, Provincia di Rimini; Innocente Braschi, Edile Carpentieri Rimini; Luisa Bitelli, Bologna; Sabine Blasi, Rimini; Antonietta Epifani, Rimini; Francesco Giannoni, Cattolica; Massimo Innocenti, Cattolica; Donato Labate, Modena; Claudio Marcella, Rimini; Martina Michelini, Cattolica; Daniela Morandi, Gecos spa Rimini; Bruno Morandi, Gecos spa Rimini; Daniela Morandi, Gecos spa Rimini; Bianca Morganti, Cattolica; Elisabetta Raschi, Cattolica; Massimo Tommasetti, Gabicce Mare; Luca Vannoni, Provincia di Rimini; ...e tutti i ragazzi dello scavo

Con il contributo di:



Indirizzo redazione: SOPRINTENDENZA PER I BENI ARCHEOLOGICI DELL'EMILIA ROMAGNA,
Via Belle Arti 52, 40126 Bologna — Tel. 051 223773-220675; Fax 051 227170

Edizione e distribuzione: EDIZIONI ALL'INSEGNA DEL GIGLIO s.a.s., Via della Fangosa 38, 50032
Borgo S. Lorenzo (FI) — Tel. +39 055 8450216; Fax +39 055 8453188 — web site: www.edigiglio.it
e-mail: redazione@edigiglio.it

MINISTERO PER I BENI E LE ATTIVITÀ CULTURALI
SOPRINTENDENZA PER I BENI ARCHEOLOGICI DELL'EMILIA-ROMAGNA

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BOLOGNA – DIPARTIMENTO DI ARCHEOLOGIA
ISTITUTO PER I BENI ARTISTICI CULTURALI E NATURALI DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA
PROVINCIA DI RIMINI – ASSESSORATO ALLA CULTURA
COMUNE DI CATTOLICA – ISTITUZIONE CULTURALE DELLA REGINA

VETUS LITUS

Archeologia della foce

**Una discarica di materiali ceramici del III secolo a.C.
alla darsena di Cattolica lungo il Tavollo**

a cura di

Maria Luisa Stoppioni

testi e schede di

Florence Caillaud, Laura Carboni, Valeria Cicala, Pierluigi Dall'Aglio, Giulia De Lisi,
Emanuela Ercolani Cocchi, Elisa Esquilini, Maurizio Harari, Ana Cecilia Hilar,
Fiamma Lenzi, Valentina Lucchini, Maria Grazia Maioli, Luigi Malnati,
Daniele Maras, Nancy Masi, Luisa Mazzeo Saracino, Maria Carla Nannetti,
Giorgia Pari, Maria Teresa Pellicioni, Michela Porcelli, Mauro Ricci,
Barbara Rizzo, Antonella Salvi, Maria Luisa Stoppioni

Quaderni di Archeologia dell'Emilia Romagna 22



All'Insegna del Giglio

ISSN 1593-2680
ISBN 978-88-7814-392-0
© 2008 All'Insegna del Giglio s.a.s.

Edizioni All'Insegna del Giglio s.a.s
via della Fangosa, 38; 50032 Borgo S. Lorenzo (FI)
tel. +39 055 8450 216; *fax* +39 055 8453 188
e-mail redazione@edigiglio.it; ordini@edigiglio.it
sito web www.edigiglio.it

Stampato a Firenze nel dicembre 2008
Tipolitografia Toccafondi

Progetto editoriale

Cura e coordinamento: Luigi Malnati, Soprintendenza per i Beni Archeologici dell' Emilia-Romagna; Luisa Mazzeo Saracino, Università degli Studi di Bologna; M. Luisa Stoppioni, Comune di Cattolica – Istituzione Culturale della Regina

Con la collaborazione di: Florence Caillaud, Bologna; Fiamma Lenzi, Istituto Beni Culturali della Regione Emilia-Romagna; M. Grazia Maioli, Soprintendenza per i Beni Archeologici dell' Emilia-Romagna; Giorgia Pari, Museo della Regina; Antonella Salvi, Istituto Beni Culturali della Regione Emilia-Romagna

Fotografie: Claudio Cocchi, Roberto Macrì, Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia-Romagna; Renzo Nardin, Dorigo Vanzolini Comune di Cattolica – Istituzione Culturale della Regina; Florence Caillaud, Bologna; Antonella Salvi, Istituto Beni Culturali della Regione Emilia-Romagna; Elisa Esquilini, Emanuela Ercolani Cocchi, Università degli Studi di Bologna

Disegni ed elaborazioni grafiche: Agnese Mignani, Soprintendenza per i Beni Archeologici dell' Emilia-Romagna; Barbara Rizzo, Bologna; Maria Luisa Stoppioni, Comune di Cattolica – Istituzione Culturale della Regina

Computer grafica: Claudio Cocchi, Vanna Politi, Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia-Romagna; Luca Carlini, tundra digitalmedia – Savignano sul Rubicone

Il Comune di Cattolica rimane a disposizione per eventuali aventi diritto

Allestimento mostra

Cattolica – Museo della Regina, Galleria Comunale S. Croce, Sala Lavatoio (19 dicembre 2008-3 maggio 2009)

Vetus litus archeologia della foce. Una discarica di materiali ceramici del III secolo a.C. alla darsena di Cattolica lungo il Tavollo

Sezione I – Lo scavo

Sezione II – Il Cantiere/Scuola e il restauro

Sezione III – I materiali dello scavo

Installazioni artistiche a tema di Oscar Dominguez

Coordinamento generale: Annamaria Bernucci, Massimo Bottini, Giorgia Pari, Maria Luisa Stoppioni

Organizzazione: Giuseppina Macaluso, Marco Nanni

Albo dei prestatori: Museo di Rimini?

Fotografie: Claudio Cocchi, Roberto Macrì, Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia-Romagna; Renzo Nardin, Dorigo Vanzolini, Comune di Cattolica – Istituzione Culturale della Regina; Florence Caillaud, Bologna; Antonella Salvi, Istituto Beni Culturali della Regione Emilia-Romagna; Elisa Esquilini, Emanuela Ercolani Cocchi, Università degli Studi di Bologna; Ana Cecilia Hilar, Faenza; ...e le ragazze del Cantiere/Scuola di Restauro

Riprese filmate: Renzo Nardin, Comune di Cattolica – Istituzione Culturale della Regina

Disegni ed elaborazioni grafiche: Agnese Mignani, Vanna Politi, Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia-Romagna; Barbara Rizzo, Bologna; Maria Luisa Stoppioni, Comune di Cattolica – Istituzione Culturale della Regina

Rielaborazione mappe: Martina Michelini, Andrea Toscani, Sergio Pericoli

Progetto allestimento: Annamaria Bernucci, Massimo Bottini, Gianluca Chierogato, Daniela Degli Esposti

Grafica: Luca Carlini, tundra digitalmedia – Savignano sul Rubicone

Allestimento: mattei & co di Paolo Mattei

Restauro: Adriana Betti, Costanza Borsari, Florence Caillaud, Ana Cecilia Hilar, Nancy Masi, Giorgia Pari, Katia Poletti, Antonella Pomicetti, Mauro Ricci, Virna Scarnicchia, Micol Siboni, Natalia Tinacci, Linda Togni, Monica Zanardi, Paola Zangirolami

Il Cantiere/scuola Di Restauro

Cattolica – Museo della Regina
18 giugno-26 ottobre 2007

Direzione tecnica: Florence Caillaud
con la collaborazione di Ana Cecilia Hilar

<p>I Turno: 18 giugno-6 luglio 2007</p> <p>Baldan Valentina Marsili Giulia Pianori Lucia Spallacci Giulia Zannoni Sonia</p>	<p>IV Turno: 27 agosto-14 settembre 2007</p> <p>Anzelmo Adriana Nuovo Marina Rizzo Barbara Rocchi Alice Bucci Federica Masi Nancy Biondi Lucia</p>
<p>II Turno: 9-27 luglio 2007</p> <p>De Lisi Giulia Lamanna Lorella Maria Lucchini Valentina Marchi Eugenia Zangrilli Natascia Mengoni Claudia Togni Linda Borsari Costanza</p>	<p>V Turno: 17 settembre-5 ottobre 2007</p> <p>Mongardi Manuela Tellini Chiara Trevisan Monica Zangirolami Paola Iannuzzi Viviana Diamanti Licia Pari Giorgia Perozo Suaso Maria Yoshira</p>
<p>III Turno: 30 luglio-10 agosto 20-24 agosto 2007</p> <p>Betti Adriana Carboni Laura Gazzoni Valentina Mistretta Andrea Lamia Antonella Pitarresi Lidia Semprini Matteo</p>	<p>VI Turno: 8-26 ottobre 2007</p> <p>Di Lorenzo Fabiana Pollino Elisa Porcelli Michela Naldi Paola Morsiani Sara</p>

Indice

<i>Presentazione</i> , di ASSESSORE CULTURA	00
<i>Presentazione</i> , di Laura Carlini	00
<i>Prefazione</i> , di Luigi Malnati	00
<i>Introduzione</i> , di DIRIGENTE	00
I. DOPO SENTINO	
<i>La romanizzazione dell'ager gallicus alla luce della documentazione archeologica</i> , Luigi Malnati	00
<i>Passaggi e persistenze tra Romagna e Marche</i> , Valeria Cicala	00
<i>Inquadramento storico-topografico</i> , Pier Luigi Dall'Aglio	00
<i>Annotazioni sui materiali ceramici dello scarico alla foce del Tavollo</i> , Maurizio Harari	00
II. LO SCAVO E I MATERIALI DALLA NUOVA DARSENA DI CATTOLICA, LUNGO IL FIUME TAVOLLO	
<i>Una discarica di III sec. a.C.: caratteristiche strutturali e funzionali</i> , Maria Luisa Stoppioni	00
<i>Percorsi e commerci: la moneta</i> , Emanuela Ercolani Cocchi	00
<i>Ceramica a vernice nera</i> , Fiamma Lenzi	000
<i>Giove in Adriatico: novità epigrafiche medio-repubblicane</i> , Daniele F. Maras	000
<i>La ceramica comune depurata e semidepurata</i> , Luisa Mazzeo Saracino	000
<i>Ceramica da cucina</i> , Fiamma Lenzi, Laura Carboni	000
<i>Coroplastica</i> , Maria Grazia Maioli	000
<i>Anfore greco-italiche</i> , Maria Luisa Stoppioni	000
<i>I laterizi</i> , Maria Teresa Pelliccioni	000
<i>I dolia</i> , Maria Luisa Stoppioni	000
<i>Varia</i> , Maria Grazia Maioli	000
<i>Annotazioni di tecnologia della produzione</i> , Maria Luisa Stoppioni	000
<i>Archeometria delle ceramiche</i> , Maria Carla Nannetti	000
<i>Studio minero-petrografico e geochimico dei reperti ceramici</i> , Elisa Esquilini	000
III. IL CANITERE SCUOLA E IL RESTAURO DEI MATERIALI	
<i>Dallo scavo alla mostra: al centro un cantiere-scuola di restauro</i> , Antonella Salvi	000
<i>Il restauro dei materiali archeologici fittili</i> , Florence Caillaud, Ana Cecilia Hillar, Giorgia Pari, Mauro Ricci	000
<i>Bibliografia</i>	000

Studio minero-petrografico e geochimico dei reperti ceramici

Elisa Esquilini

Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali – Università di Bologna

Campioni e dati archeometrici

Tra tutti i materiali raccolti all'interno della discarica di Cattolica e oggetto dell'esposizione, sono stati scelti 33 reperti, rappresentativi delle varie tipologie ceramiche riconosciute, 3 campioni di argille campionate sul fondo e lungo le pareti dell'invaso e frammenti di una roccia vulcanica rinvenuti aggregati in forma di "pani", per sottoporli ad analisi mineralogiche, petrografiche e geochimiche a scopi archeometrici.

In specifico si tratta di:

3 campioni di argilla cruda: CT-1, CT-2, CT-3

3 campioni di argilla semicotta: CT-4, CT-5, CT-7

1 campione di roccia: CT-6

3 frammenti di laterizi: CT-8 interno, CT-8 esterno, CT-18

9 frammenti di anfore: CT-21, CT-22, CT-23 CT-24, CT-25, CT-26, CT-27 CT-42, CT-43

4 elementi da forno: CT-11, CT-12, CT-13 CT-14

3 frammenti di ceramica comune: CT-32, CT-50 CT-54

1 grumo vetrificato: CT-10

2 frammenti di ceramica rozza: CT-38, CT-39

1 frammento di ceramica a vernice nera: CT-44

2 frammenti di piede modanato: CT-45, CT-46

1 frammento di bacile: CT-47

1 frammento di ansa: CT-48

1 frammento di grande forno: CT-49

1 frammento di vaso: CT-51

1 frammento di fondo di coppa: CT-52

Previa accurata descrizione macroscopica, i campioni sono stati preparati ed analizzati con le metodologie già utilizzate in precedenti studi su materiali ceramici: diffrazione a raggi X, (Diffrattometro Philips PW1710, radiazione $\text{CuK}\alpha$), fluorescenza a raggi X (Spettrometro Philips PW1480), analisi termica (TG, DTG, DTA) con apparato termico SETARAM LABSYS. Inoltre sono state eseguite sezioni sottili per l'osservazione al microscopio polarizzante su tutti i reperti che presentavano dimensioni idonee (Mazzeo, Morandi, Nannetti, 2000; Morandi et al., 2000; Nannetti, Sabetta, 2005, Mazzeo et al., 2007, Minguzzi et al., 2007).

Poiché lo scavo in esame si trova sulla linea di paleocosta, sui campioni è stato eseguito un test di salinità per appurare una possibile contaminazione da sali marini subito dai reperti durante il seppellimento. I campioni polverizzati sono stati lavati con acqua deionizzata e successivamente le acque di lavaggio sono state sottoposte ad analisi in cromatografia ionica (DIONEX ICS 90) per quantificare il valore di Cl presente nei lavaggi, in quanto la presenza di sali di sodio (NaCl) e/o di potassio (KCl) altererebbe le composizioni chimiche e mineralogiche reali dei manufatti. Dai dati ottenuti si è potuto constatare che i campioni non hanno subito una contaminazione da acqua marina.

Dall'esame macroscopico i campioni ceramici appaiono molto diversi dal punto di vista morfologico e granulometrico, poiché variano da impasti molto grossolani (con evidenti inclusi che in molti casi potrebbero far pensare a *chamotte*) a fini (paste omogenee nel colore e nella granulometria), quindi risulta difficile la comparazione tra gruppi.

I quesiti più evidenti scaturiti dalle caratteristiche di questa scarica di materiali ceramici sono principalmente due:

- la presenza tra i reperti di una roccia vulcanica, piuttosto incoerente, sicuramente importata nel sito;
- la natura degli impasti ceramici e il loro confronto con argille crude campionate nell'invaso stesso (CT1 e CT2 sul fondo della vasca e CT3 sulle pareti).

Nelle tabelle 1 a,b,c e 2 a,b,c sono riportati rispettivamente i risultati delle analisi mineralogiche e chimiche che hanno permesso, associate alle osservazioni al microscopio polarizzante e alle analisi termiche, la caratterizzazione delle argille crude, della roccia vulcanica e di tutti i reperti ceramici.

Le analisi sono perfettamente coerenti tra loro e con le osservazioni ottiche.

Il campione CT6, roccia vulcanica (foto di fig.1), risulta costituito, sulla base della analisi mineralogica (Tab.1c), da leucite ed analcime come fasi principali; si rilevano inoltre anche quantità abbondanti di K-feldspato, pirosseni e una quantità significativa di plagioclasti.

Attraverso lo studio ottico (foto di fig.2) si è potuto riscontrare che si tratta di una roccia a struttura porfirica seriata vacuolare con grossi fenocristalli di leucite, a volte analcimizzati, immersi in una pasta di fondo ben organizzata composta da un intreccio di più piccoli cristalli; sono presenti anche cristalli di clinopirosseno e minerali opachi (forse magnetite). La pasta di fondo è caratterizzata da piccoli cristalli di plagioclasio, leucite, clinopirosseno e minerali opachi. Non sono presenti né olivina né apatite.

Si può quindi supporre che si tratti di un basalto sottosaturo, di tipo tefrofonolitico, appartenente al magmatismo alcalino-potassico laziale, più precisamente della zona a Nord di Roma. Il chimismo (Tab.2c) è perfettamente adeguato per gli elementi maggiori e in tracce ad una roccia di questa origine.

I campioni di argilla CT1 e CT2 dall'analisi diffrattometrica, termica e chimica risultano essere argille carbonatiche con abbondante frazione siltosa quarzo-feldspatica.

Il campione di argilla CT3, invece, risulta un'argilla povera in carbonati con frazione siltosa quarzo-feldspatica più scarsa.

I reperti ceramici, per quanto riguarda le analisi archeometriche (Tab.1a,b e 2a,b), possono essere suddivisi tendenzialmente in due tipologie: una più numerosa, caratterizzata chimicamente da alto tenore in CaO che ben si collega con la presenza di calcite e/o fasi di calcio (clinopirosseni) di alta temperatura, formatesi durante la cottura; una seconda, numericamente più scarsa, con bassi contenuti in CaO e fasi ad esso correlate.

L'analisi ottica, significativa solo negli impasti più grossolani, per esempio le anfore, ha permesso di risolvere la natura degli inclusi supposti *chamotte*. Infatti, come si può notare nelle fotografie di Fig.3, 4, le parti più arrossate visibili nella pasta di fondo sono in realtà porzioni di una differente materia prima argillosa, mescolata alla prima in modo non omogeneo: in queste aree sono ben visibili quarzo, feldspati, fillosilicati ed ematite. La pasta di fondo è caratterizzata da una componente argilloso carbonatica con cavità di origine bioclastica, secondariamente riempite da aggregati fibroso raggiati concentrici che, a nicols incrociati, presentano alti colori di interferenza: si ipotizza che possa essere o carbonato di calcio o fasi di neoformazione (pirosseno calcico).

L'analisi ottica, come pure le analisi chimiche e diffrattometriche, non hanno rilevato all'interno degli impasti ceramici nessun elemento che possa ricondurre alla roccia CT6.

Per tentare un confronto, anche se abbastanza difficile come si è detto, tra tutti questi materiali e le argille naturali, si è proceduto ad una trattazione statistica dei dati chimici mediante

cluster analysis, utilizzando il metodo del legame medio. Questa scelta è stata dettata dalla necessità di riconoscere, per quanto possibile, una comune derivazione o meno dei campioni in esame, utilizzando anche la forte impronta degli elementi minori e in traccia.

Poiché tra i campioni sottoposti ad analisi è presente un frammento di “vernice nera” si è ritenuto opportuno inserire nell’analisi statistica 6 campioni di “vernice nera” sicuramente prodotti a Rimini. Questi campioni sono parte di un folto numero di reperti provenienti dagli scavi dell’ex Vescovado di Rimini, studiati da ricercatori del Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali dell’Università di Bologna con le stesse metodologie usate in questa sede (Mazzeo et al., 2000; Nannetti e Sabetta, 2005).

Nel grafico di fig. 5 è visibile il dendrogramma della *cluster analysis* dove i campioni di argille naturali sono riportati in grassetto e i campioni riminesi sono siglati “VNR”.

Dall’esame del diagramma si può evincere:

- il solo campione CT44, “vernice nera”, è di derivazione riminese, anche se non meraviglia la scarsa distanza compositiva tra i campioni riminesi e quelli di Cattolica, data la vicinanza delle due località;
- i campioni CT38 e CT39, che già sulla base dell’esame ottico si presentavano con caratteristiche peculiari, chimicamente sono estranei a tutta la restante campionatura;
- i campioni di argilla CT1, CT2 e CT3 non pare siano stati usati nella maggioranza dei reperti come fonte unica di materia prima, a parte qualche sporadico caso (CT13 e CT14 per CT3; CT12, CT52, CT47, CT45 per CT1 e CT2);
- i campioni di anfore CT21, CT23, CT24, CT25, CT26, CT27, CT43 hanno composizione molto omogenea tra loro, ma anche con campioni di altre classi ceramiche;
- per i campioni di anfore CT22 e CT42 si confermano la diversità già riscontrate dall’esame autoptico, ottico e diffrattometrico.

Considerazioni conclusive

Questo primo esame dei campioni prelevati nello scavo di Cattolica, pur non essendo sufficiente per comporre un quadro definitivo e dettagliato di tutte le problematiche emerse, tuttavia ha condotto a risultati soddisfacenti e di sicuro interesse, tali da incoraggiare la prosecuzione e l’approfondimento delle ricerche.

In particolare è stata definita e caratterizzata la roccia vulcanica ritrovata nella discarica insieme ai reperti ceramici. L’accertamento della sua derivazione dalle zone proprie del magmatismo alcalino-potassico laziale, più precisamente dalla zona a Nord di Roma, ha permesso agli archeologi di ipotizzare la sua funzione in questo contesto, avvalendosi del fatto che le analisi mineralogiche, petrografiche e geochimiche hanno escluso il suo utilizzo all’interno degli impasti dei campioni ceramici come additivo. Allo stato attuale delle conoscenze si può supporre che venisse importata per sigillare le anfore dopo il riempimento, utilizzo molto diffuso in area tirrenica.

Le due tipologie di argille prelevate dallo scavo, una ricca in calcite e una molto povera, sono un esempio delle argille disponibili in questa area per gli impasti ceramici.

L’analisi ottica ha evidenziato che la maggior parte degli impasti, specialmente i più grossolani, sono in realtà miscele di due argille diverse: una generalmente più chiara in cottura e ricca in calcite e una, limitata ad aree di varia forma spesso allungate e lentiformi, di colore più rossastro in cottura e povera in calcite. Questa caratteristica aveva fatto supporre erroneamente la presenza di *chamotte*.

Parrebbe quindi di poter supporre che due argille di tipologia analoga a quelle analizzate possano essere state utilizzate, variamente depurate, per la produzione ceramica quasi mai allo stato puro, ma sempre mescolate in varie proporzioni: raramente però è stata raggiunta l’omogenizzazione completa tra le due argille.

Si è accertata inoltre l’estraneità di due campioni di ceramiche rozze con la restante produzione ceramica. Tali campioni, che all’osservazione ottica non mostrano il tradizionale

andamento dei granuli, tipico delle lavorazioni al tornio, chimicamente sono arricchiti in Y, Nb, La e Ce. Sicuramente sarà necessario un approfondimento ulteriore di studio e un ampliamento della casistica per poter giungere ad una corretta attribuzione, resa ora impossibile dalla mancanza di riferimenti.

Infine, mediante il confronto su base chimica con campioni di vernici nere di sicura origine riminese, è stato possibile asserire che il campione di vernice nera analizzato in questa sede appartiene a quella produzione, anche se la distanza, in termini geochimici, tra i prodotti riminesi e quelli di Cattolica non è e non può essere marcata, data la vicinanza geografica.

Bibliografia

Mazzeo Saracino L., Morandi N. , Nannetti M.C.- 2000

"Ceramica a vernice nera di Ariminum: produzione locale, rapporti produttivi e commerciali in base allo studio morfologico e archeometrico". Produzione ceramica in area padana tra il II secolo a.C. e il VII secolo d.C. : nuovi dati e prospettive di ricerca (Atti del Convegno, Desenzano, 1999), pp. 25-39, Desenzano.

Morandi N., Nannetti M.C., Sabetta T. -2000

"Studio minero-geochimico del rivestimento a vernice nera delle ceramiche romane di *Suasa* (AN) e di Rimini per ricostruire le tecnologie di produzione". Atti del I Congresso Nazionale di Archeometria, Verona 2-4 dicembre 1999, a cura di Marco Martini et al., Patron Editore, Bologna, pp 363-373.

M.C. Nannetti, T. Sabetta –2005

"La ceramica a vernice nera di Rimini: studio archeometrico." in "Il complesso edilizio di età romana nell'area dell'ex Vescovado a Rimini" (a cura di: L. MAZZEO SARACINO), pp. 155-160, Edizione "L'Insegna del Giglio", FIRENZE.

Mazzeo Saracino L., Nannetti M.C., Minguzzi V., Zantedeschi E. – 2007

" Ceramiche di età romana a Faenza: nuovi dati archeologici e archeometrici sulla possibile produzione locale". *Ocnus*, 15, pp. 167-200.

Minguzzi V., Nannetti M.C., Zantedeschi E. -2007

"Le ceramiche a vernice nera di *Phoinike*: studio minero-geochimico a fini archeometrici" *Rei Cretariae Fautorum Acta*, 40, pp.55-62.

CAPITOLO 5

PAPER: Amphorae from Phoinike (Albania): an integrated archaeometrical and archaeological approach

(E. Esquilini, E. Vecchietti, submitted to Journal of Cultural Heritage)

Il secondo articolo presentato si riferisce al sito albanese di *Phoinike* (Amphorae from *Phoinike* (Albania): an integrated archaeometrical and archaeological approach).

Phoinike si trova a circa 8 km all'interno della città moderna di Saranda, posta sulla costa ionica meridionale dell'Albania, a circa 20 km dal confine con la Grecia. Fu certamente la città più rappresentativa di questa regione durante l'età ellenica, fra il III ed il II sec. a.C. Lo sviluppo del centro abitativo si attesta dal IV sec. a.C al XV sec. d.C..

I reperti (vedi appendice F) provengono da un grosso volume di materiale composto da circa 1800 esemplari di anfore provenienti sia dalla città di *Phoinike* sia da Matomara uno dei centri del suo territorio.

Si è ritenuto opportuno considerare in primo luogo i reperti ceramici provenienti da studi in cui sono emersi dati cronologici relativamente sicuri, inoltre all'interno della campionatura sono stati inseriti come *marker* di produzione locale certa frammenti di tegole.

Infine è stata effettuata una campionatura di materie prime nelle zone limitrofe al sito, da cui ancora oggi viene prelevato materiale per la fabbricazione di laterizi.

I campioni selezionati di anfore sono stati sottoposti ad analisi archeometrica, in modo da precisare la provenienza degli esemplari e contribuire ad implementare la banca dei dati della caratterizzazione degli impasti delle anfore di area adriatica ionica. Le analisi hanno evidenziato interessanti risultati dal punto di vista dell'individuazione delle produzioni locali di anfore presenti nel territorio phoinikiota, una problematica ancora sostanzialmente inedita a causa dello scarso ricorso, almeno nelle ricerche edite, alle analisi archeometriche sugli impasti ceramici.

Manuscript Number:

Title: Amphorae from Phoinike (Albania): an integrated archaeometrical and archaeological approach

Article Type: Original Article

Keywords: Amphorae; X-ray diffraction, Thermal analysis (TG, DTA); X-ray fluorescence; Local provenance

Corresponding Author: Miss Elisa Esquilini,

Corresponding Author's Institution: University of Bologna

First Author: Elisa Esquilini

Order of Authors: Elisa Esquilini; Erika Vecchietti

Abstract: This paper is part of a wider research project, the Albanian-Italian Archaeological Mission in Phoinike, led since 2000 by the Department of Archaeology of the University of Bologna (Prof. Sandro De Maria), in collaboration with the Archaeological Institute of Tirana (Prof. Shpresa Gjongecaj). Aims of the project are the study and enhancement of an important Hellenistic-Roman site in the south of Albania, the city of Phoinike.

Significant role in this project is played by the archaeometric analysis on the ceramic materials, which are made possible by the long-term cooperation between the Department of Archaeology and the Department of Earth and Geo-Environmental Sciences of the University of Bologna (thank to Prof. Maria Carla Nannetti and Dr. Vanna Minguzzi).

For the present research, the archaeometrical analyses tried to put into focus the problem of the transport amphorae, their origin and economic value, to understand the dynamics of ancient trade. The present paper, based on the geochemical and mineralogical survey of on a number of amphora samples coming from the site of Phoinike and its territory, brought to the following results:

- ☐ the comprehension of the manufacturing technique used to realize the ancient artifacts,
- ☐ the detection of a local production of Corinthian type amphorae (demonstrated by the mineralogical and geochemical similarities with specific referring samples with raw materials),
- ☐ the unusual origin of a sample whose morphology and type (Corinthian A'), brought the archaeologists to refer to a Corinthian provenance, but which shows familiarity with other possible production sites,
- ☐ the detection of a huge import activity of Greek-Italic, Dressel 6 and Lamboglia 2 amphorae from the western Adriatic region,
- ☐ the complexity of the ancient (Hellenistic and Roman) production context in the Adriatic and Ionic basin, and the importance of this kind of analyses to improve and enhance the archaeological data.

Suggested Reviewers:

Opposed Reviewers:

1. Research aims

The paper here presented is part of a wider research project, the Albanian-Italian Archaeological Mission in *Phoinike* [1] led by the Department of Archaeology of the University of Bologna (Prof. Sandro De Maria), in collaboration with the Archaeological Institute of Tirana (Prof. Shpresa Gjongecaj).

The Mission, started in 2000 through the financial support of Italian Ministry of the Foreign Affairs (MAE), focuses on the study and enhancement of an important Hellenistic-Roman site in the south of Albania, the city of *Phoinike*, ancient capital of the region of the Chaons (Northern Epirus), and its area of influence, that covered the extension of the existing districts of Saranda and Delvina, in the valley of the river Bistrica (Fig. 1).

Significant role in this project is played by the archaeometric analysis on the ceramic materials, carried out through survey methodologies able to determine the provenance and the manufacturing technology of the pottery. These investigations, not yet applied in large-scale in Albania, are made possible by the long-term cooperation between the Department of Archaeology and the Department of Earth and Geo-Environmental Sciences of the University of Bologna (thank to Prof. Maria Carla Nannetti and Dr. Vanna Minguzzi).

2. Experimental section:

2.a.1. Introduction. and aim of the research

The Albanian-Italian Archaeological Mission in *Phoinike* has a long-term tradition of use of the archaeometric methodologies applied to the study of the archaeological materials. On the basis of the previous experiences of sampling and analysis of the black glazed pottery, which brought to excellent [2], it was decided to use the same methods for determining the origin of the fabrics of a number of amphorae from the excavation, through the mineralogical-geochemical analysis of the composition of the clay used to create these artifacts.

A necessary clarification: the sampling of the amphorae from *Phoinike* and Matomara SA109 (a site of *Phoinike*'s territory) above presented, and the selection of different amphora types to sample and analyze, was based on historical and economic considerations. We thought in fact that the highest probability to find a local amphora production would be during the period of the greatest flowering of the city and of its territory, namely, in our case, the III century BC (however characterized by the massive presence of Greek-Italic amphoras, a type characterized by a wide variety of manufacturing areas around the Mediterranean).

Moreover, we detected a strong presence, in our areas of interest, of Greek-Italic amphoras with an unusual fabric, pale yellow with a strong presence of chamotte, typical of the peripheral production areas of the Greek-Italic amphorae (eg, the Adriatic coast and the Romagna). It therefore seemed appropriate to try to determine the possible presence of Greek-Italic local production through the archaeometrical analyses. The results have led to even more interesting considerations: all the Greek-Italic amphorae with unusual fabric found during the excavation are from the Adriatic, and the area of southern Albania has a local, but much earlier, dating back to the period starting from the fifth to the beginning of the third century BC.

The results of those analyses, started, as said before, from the sampling of black glazed pottery exemplars, were interesting also because they added new data to what had already emerged from the excavations: in *Phoinike* the archaeological surveys found some evidence of the existence of craft activities related to the production of ceramic vessels, traces that have never been supported by the presence of kilns [3]. Those traces are a fragment of a mould for Megarian cups, artifacts that might be interpreted as kiln-rings and many ceramic fragments deformed by exposure to high temperatures. Although these evidences are not all attributable to a local production of black glazed pottery, the fact that the black glazed pottery forms found in a great number in *Phoinike* are quite absent in literature has led to suppose that in this center a local, specific production took place, consideration able to address the archaeometrical investigations.

In addition to the sample analysis, the survey was enhanced by the inclusion, in the cluster, of samples of artifacts produced in situ or in the surrounding area (bricks and *dolia*) and raw materials (clay) taken from modern quarries and in the neighborhood (see below the discussion of the data).

2.a.2. Material

The mineralogical, petrographic and geochemical survey was performed on 22 samples of amphorae, 2 bricks, 1 dolium and 4 samples of raw materials, used as markers (see Table 1). Significant markers are also the tile fragment (LAT-A) and the fragment of mould for Megarian cups (MATRICE PH), previously analyzed in the sample of local black glazed pottery (see also below, § 2.b.).

Corinthian A amphorae [4]

The beginning of the production of Corinthian A amphora, documented by Carolyn G. Koehler, dates back to 700 BC, and probably continued until 300 BC.

The production sites are still unknown.

Corinthian A amphorae are well attested in the Ionian basin, as well as in Greece, southern Illyria and Epirus. All the three sampled here examined come from the territory (Matomara-SA109). They present them strong similarities with each other, in terms of the composition of the fabrics, and they are also compatible with another sample, a Corinthian A' amphora (PH-03), also supposed of Corinthian origin.

The stratigraphic context does not help us to specify the date, fluctuating according to comparisons between the second half of the VII to the early V century BC.

Corinthian A' amphorae [4]

The Corinthian A' amphorae, as the Corinthian A, are oil transport containers.

The morphological evolution of the type is derived from the earlier Corinthian A, and begun to be produced from the second quarter of the V century BC, with a prevalence during the IV-III century BC.

The Corinthian A' amphorae, spread in large numbers in the Mediterranean region, are probably produced until at least the middle of the II century BC (the latest dated evidence is from a context in Athens of the late third quarter of the III century BC) [5].

As for the Corinthian A, for the Corinthian A' amphora are still not known production sites.

The examples here presented show two types of fabric (the latter two subtypes), both known in literature [6]:

1. coarse, reddish-pink (similar to that of the Corinthian A): PH-03 sample;
2. beige (more similar to that of the contemporary Corinthian B amphorae): samples PH-29 (coarse) and PH-08 (smoother).

“Laconic” amphorae

In the site of Matomara-SA109 a fragment of an amphora lip was found, with a high band rim with a round profile in the outside, separated from the neck by a groove. The fabric is dark brown.

This piece can be recognized as a rim of oil transport "laconic" amphora, Type II (attested in the second half of the VI century, especially in southern Italy, Sicily and Etruria), characterized by the absence of paint on neck and lip.

Corinthian B amphorae [4]

Corinthian B amphorae, probably used for wine transport, appear starting from the last quarter of the VI century BC, and continue to be produced until the II century BC.

The examples here presented are from Matomara-SA109, and are characterized by a ceramic body of fine fabric, light colored (pink, beige or greenish), very similar to the fabric of the pottery from Corcyra (the reason for which it was assumed the production of this type of amphora in the Corinthian colony of Corcyra). A single exemplar of Corinthian B amphora comes from the city of *Phoinike*.

Hellenistic Corinthian B amphorae [4]

The Hellenistic Corinthian B amphorae are the earlier amphora type found in a large numbers in the city of *Phoinike*.

The same type is very little represented in Matomara-SA109, where it was found in a single exemplar, dating, on the basis of the shape, to the second half of the IV century BC.

From the point of view of the distribution in *Phoinike* and territory, there is a good number of Hellenistic Corinthian B amphorae in the urban area, distributed in different contexts (both in closed contexts, both in the surface), so as to indicate this type among the best attested of the entire corpus of the transport containers. Still unknown the reason if the almost complete absence of the type in Matomara-SA109, a singular coincidence, given the general large number of amphorae found in the peripheral site.

Greek-Italic amphorae [7]

A very widespread category, both in the city, both in the territory (and in the whole area of Albania), is the greek-Italic wine amphora massively popular in the Mediterranean from the end of the IV to the II century BC. In *Phoinike*, this type seems to be contemporary, judging by the coexistence of two types within the same stratigraphic deposits, with the exemplars of Hellenistic Corinthian B.

Lamboglia 2 amphorae [8, 9]

Amphorae of Lamboglia 2 type are frequently found in the city of *Phoinike*, and well documented also in

Matomara-SA19. Such a widespread distribution is typical of entire the territory of Albania, reflecting the interest of the Italic – and especially Northern Italic – *mercatores* in the eastern shores of the Adriatic sea during the first half of the I century BC [10].

Dressel 6A amphorae

Wine amphorae have been produced in various centers of the western Adriatic since the end of the I century BC, the Dressel 6A amphorae are well attested both in *Phoinike*, both in the site of Matomara-SA109 (in which those exemplars characterize the last phase of life before the final decline of the settlement).

The Dressel 6A amphoras represent the last great period of the Italic – and in particular the Adriatic – imports, to *Phoinike*. To the abundance of products coming from the west coast of the Adriatic sea (from the III century BC to the I century AD) corresponds, for the subsequent period, a sharp decline in imports and a strong rise of eastern imported goods (especially from the eastern Mediterranean, increase visible not only for the transport containers, but also for the fine ceramic tableware (*terra sigillata*)).

Spatheia

Attested in at least a dozen of individuals in *Phoinike* is the *spatheia*, spindle-shaped amphorae used for transporting fine and expansive products, such as oil, fish, olives, fruit, coming from Tunisia. The *spatheia* from *Phoinike* belong to different chronologies, between the V and the VI century AD.

Regarding the collection of the raw materials, it's important to state the difficulty of tracing to ancient clay quarries. The surroundings of the excavation has, since the Roman times, been subject to continuous land reclamations, because of the swampy areas on which the promontory of *Phoinike* is located. Also starting from the 50's, to develop the agricultural soil exploitation, insufficient for the needs of a growing population, terraces were created, digging mechanically the loamy slopes of the southern part of the Albanian land, completely upsetting the entire landscape [11].

Two samples (MP-01 and MP-02) come from a modern quarry used by a company for the manufacture of bricks, the other raw materials (MP-03 and MP-04) were taken near the site of *Phoinike*.

2.b. Analytical techniques

From each selected ceramic exemplar chosen for the analysis a portion of the size suitable to allow the execution of the mineralogical and geochemical analysis was cut. The surface of the sample has been carefully cleaned with a diamond file, to remove material residues of the burial.

Once cleaned, the samples were pulverized and underwent to the mineralogical analysis by X-ray diffraction analysis (Philips PW1710 diffractometer, CuK α radiation at a voltage of 40 kV and an intensity of 40 mA. The area was scanned between 2 ° and 60 ° 2 θ). Only for the raw materials, to better highlight the clay phases, oriented preparations were used, obtained by coating a mixture of powder and deionized water on a glass slide. The analysis revealed the mineralogical phases present in the samples and provided a semiquantitative rate of the same phases, using for each phase the relative intensities of the main peaks. The data on chemical composition (10 major elements and 16 elements in trace) were obtained through fluorescence to X rays (Philips PW1480 spectrometer) on a tablet of pressed powder on a support of boric acid.

Finally, the samples underwent to thermal analysis (TG, DTG, DTA) with heating temperature from ambient temperature to 1000°C, in CO₂ atmosphere, and with a heating speed of 20°C per minute, using thermal apparatus SETARAM LABSYS. This analysis allowed to quantify the loss in weight in % (LOI), suffered by the sample in different temperature ranges, and to quantify the content of carbonate phases present in very small amounts.

Subsequently, the obtained chemical data were treated statistically by cluster analysis through the method of average bond, calculated using SPSS (version 15.0) and binary diagrams, to better highlight the geochemical similarities of the samples, to test the hypotheses of origin. To this aim, comparisons were made with bibliographic data selected on the basis of the assumptions from the archaeological studies; moreover, within the sample were included, as markers of certain local production: tile fragments (PH-26, PH-27, PH-28), a mould for Megarian bowls (MATRICE PH) and a sample of brick of the Roman period (LAT A) previously analyzed [12].

2.c.1. Mineralogical composition

Table 2 shows the mineralogical composition, obtained by XRD analysis of all samples of amphorae, the raw

materials, the mould for Megarian bowls (MATRICE PH) and the brick LAT A.

The data have a semi-quantitative value. From the analysis of the table it is clear that the predominant phase in all the fragments of amphorae are the quartz.

The feldspars are present from low (especially K-feldspars) to very large quantities (plagioclase), with the exception of some samples that are free, respectively, of K-feldspars (PH-05, PH-10, PH-29) and of plagioclase (PH-27).

Notice the sporadic presence and little relevance to hematite, except for sample PH-05, which contains a fair amount of it.

Notice also the almost universal presence of clinopyroxenes in variable quantity (except for samples PH-27, PH-28, PH-30, PH-31 that do not show this mineralogical phase), evidence of the high degree of cooking temperature to which the ceramic samples were subjected.

Finally, we noticed the presence, in some fragments, of gehlenite, a mineral that also demonstrates the high degree of cooking temperature achieved by the samples that contain it.

In fact, the gehlenite and the pyroxene (diopside in particular), both Ca-silicates, are formed at high temperatures, such as secondary phases during the reaction between carbonates and silicates contained in the raw materials. Their quantity is related to the original high content of carbonates and to the high cooking temperature reached.

Samples with high contents of CaO and Ca-silicates phases of high temperature in quantities from low to absent, but with abundant presence of calcite, are considered ceramics fired at temperatures below 700°-800°C. While samples with high contents of CaO, abundant secondary phases Ca-silicates and stages of calcite relics, are considered artifacts cooked at temperatures of 800-900°C [13, 14, 15].

However, clinopyroxenes may also be present originally (primary stages). In the former case the content of Ca and Sr are correlated with each other and in the latter are not. Sr is an element geochemically compatible with Ca in carbonates and not in silicates; a good correlation between the two indicates that the phases of Ca-silicates of high-temperature are derived mainly from carbonates in the raw materials.

With regard to the mineralogical analysis of the MATRICE PH, we saw that its composition is similar to that of many samples; moreover, traces of the wrecks of illite were noticed, that are perhaps indicative of a cooking temperature not high enough for a complete transformation of this phase.

In the LAT A brick can be seen that the predominant phase is the quartz; the feldspars and the calcite are abundant and traces of dolomite and phases of wrecks of illite are present. Clinopyroxenes are present only in traces, indicating a not high degree of cooking, it was also detected the presence, always in traces, of hematite.

In the raw materials which have not been subjected to cooking, the illite and smectite clay components have been identified in the samples MP-01 and MP-02, while in the samples MP-03 and MP-04 the presence of chlorite was highlighted; carbonates are present in high abundance only in the samples MP-03 and MP-04, and finally there was a scarce amount of clinopyroxenes in the samples MP-01, MP-02 and MP-03.

2.c.2. Geochemistry and statistical analysis

The geochemical composition of analyzed samples, expressed in percentages for the major elements and in parts per million (ppm) for the elements in traces, is shown in Table 3.

The same table also indicates the Loss On Ignition (LOI) percentage quantity recorded in thermal analysis, covering the range 200-1000°C.

The loss in weight recorded at below 200°C (adsorbed water) was not considered in calculating the total LOI, inserted in the chemical analysis, because it is considered a variable and random parameter, thus not discriminating.

The raw materials present chemically significant differences: a zero LOI value have been given to compare them with the cooked materials.

Among the major elements large differences in CaO content were found: in the first two samples, MP-01 and MP-02, the values are around 1-2 wt%, while in the other two samples, MP-03 and MP-04, the content of this element is between 40-50 wt%.

The content in SiO₂ shows significant differences: in the samples MP-01 MP-02 the silica is more than 60 wt%, while in the remaining raw materials is between about 30-35 wt%.

These marked differences are evident in the elements in trace; e.g. the Cr contents are very different, in MP-01 MP-02 and 548 ppm and 774 ppm respectively, whereas in MP-03 and MP-04 217 ppm and 191 ppm.

Most of the analyzed fragments presents a fairly homogeneous content of major and minor elements, except for some variability in content of CaO and MgO, while in a small number of samples the differences in the main composition and in the contents of elements in trace appear more significant. In order to better

highlight such anomalies the chemical data were processed using binary statistical calculations and diagrams. Figure 2 shows the dendrogram of the cluster calculated from the data shown in Table 3; P₂O₅ and LOI were excluded from the processing, because their value is affected by the post-depositional processes.

2.d. Results

By integrating the data of the raw materials, the ceramic fragments and the referring samples, five different groups, identified in the cluster analysis, could be established (Fig. 2).

- The first group (I) is chemically characterized, with regard to the major elements, by SiO₂ contents of about 40 wt%, a high CaO content of nearly 20 wt%, and a strong depletion in Na₂O (0,33 wt %) and K₂O (0,97 wt%); between the elements in trace, can be seen V and Zn contents below 100 ppm and a content of Ba higher than 1700 ppm.

From a mineralogical point of view the samples are characterized by quartz, low contents of feldspars (K-feldspars and plagioclase) and of hematite and discreet content of clinopyroxenes, gehlenite and calcite. The present mineralogical phases established that the cooking temperatures reaches about 900°C.

Morphologically, these amphorae refer to an Aegean production.

- The second group (II) consists of two samples of raw materials (MP-01 and MP-02), referring samples (MATRICE PH and LAT A), fragments of bricks gathered from the site of *Phoinike* and amphora fragments. This group can be defined as locally produced, for the reason that the referring samples had been suggested by both the archaeological survey and by the subsequent archaeometrical investigations on the local production of black glazed pottery [12].

Chemically, the products are characterized by SiO₂ content of about 52 wt%, some variability of the contents of CaO, and also show a strong enrichment in Cr (about 450-500 ppm) and high Ni contents (300-350 ppm). Mineralogically, the samples are characterized by the presence of quartz, discrete content of feldspars, the plagioclase in greater quantities than K-feldspars, discreet presence of clinopyroxenes, with the exception of the samples PH-27 and PH-28, that do not present these mineral phases, but since they are bricks, they could have been cooked at low firing temperatures (700-800°C) which did not lead to the formation of these mineral phases. In almost all the exemplars calcite is present in amounts ranging from discreet to abundant, and finally in almost all the samples traces of hematite can be seen. Cooking temperatures stood between 800-850°C.

The archaeometrical analysis conducted on two samples (PH-04 and PH-11) of Corinthian B amphorae showed the local origin of this type. It's interesting, however, to notice that in the Adriatic, Northern and Central, the vast majority of Corinthian B amphorae show the clear mixture common to those here analyzed, a factor that leads to draw two conclusions:

1. the substantial feature of “closed system” of the Adriatic-Ionian basin, from the early hellenistic period, in which the trades take place mainly between the two sides;
2. the central role, in the commercial context of the time, of the island of Corcyra.

In addition, two samples of Hellenistic Corinthian B amphorae found in *Phoinike* (PH-02 and PH-25) appear to have a local origin.

- The third group (III) is composed by only two samples; they have a slightly higher Al₂O₃ content than the previous group (about 17 wt%) content and lower Ni and Cr (250 ppm and 200 ppm). Mineralogical level fragments are composed of a discrete quantity of feldspars (K-feldspars and plagioclase) and a low amount of clinopyroxene. The sample PH-12 has a low amount of gehlenite, while the PH-08 sample shows a low amount of calcite. Both show evidence of hematite. The sample PH-12 did not only reveal any similarity with the remaining samples of *Phoinike* and of its territory, but neither with the other referring samples of the Adriatic sites: this discrepancy suggested therefore the possibility of an area of supply of raw materials not covered from the test samples, such as the region of the southern Greece (Lakonia). The amphora PH-08, although it was classified as a Corinthian A', presents peculiar characteristics, comparable with the “laconic” sample.

-The fourth group (IV), is composed by samples chemically characterized by medium-high contents of CaO, and Cr and Ni contents much lower than other groups. Mineralogically the group has a fair amount of k-feldspars (with the exception of the samples and PH-10 PH-05) and a good presence of plagioclase and clinopyroxenes. Only the sample PH-15 has the mineralogical phase gehlenite, indicating a high cooking temperature. All the samples show evidence of hematite. Only two specimens (PH-24 and PH-15) present

calcite.

The results of the archaeometrical analyses conducted on the Greek-Italic amphora samples, Dressel 6 and Lamboglia 2 from *Phoinike* and Matomara-SA109 (PH-06 and PH-24) have verified what has already emerged from the autoptical observation: the Adriatic provenance of the fabrics characterized the 95% of the exemplars found during the excavations. This data, related to the lack of stamps on the Greek-Italic amphoras of *Phoinike* and territory, suggests, in addition an absolute prevalence of the Adriatic products in *Phoinike*'s area, their provenance is mainly from the middle Adriatic region.

- The fifth group (V) is composed by amphorae which are distinguished from other since now analyzed for the high Al₂O₃ content, low contents of CaO with the exception of the sample PH-03, which has a content of about 8 wt%. High contents of V and Rb.

From a mineralogical point of view the samples have a low amount of k-feldspars (except for PH-29, which instead has a fair amount of plagioclase, while the remaining fragments show a small amount of that mineral phase). Only the sample PH-03 shows a discrete quantity of gehlenite, the samples PH-30 and PH-31 have a low amount of calcite; and finally the sample PH-31 has a fair amount of smectite, due to an incorrect cleaning of the surface layer of the exemplar.

It is therefore necessary to assume the feature of imported products for the Corinthian A amphorae from Matomara-SA109.

This macroscopic difference of the fabrics was also reflected by the archaeometrical analyses, which showed the relation of the examined samples with different families: while PH-03 is similar to individuals of Corinthian A amphoras, PH-08, as we have just seen, has a good familiarity with the sample of laconic amphora PH-12.

The results of both autoptic and archaeometrical analyses thus led to hypothesize a number of production centers and trade routes, which flank the main trade coming from Corinth. This data is essentially able to verify what has already been supposed by Rita Auriemma [16].

The cluster is closed by the remaining samples of raw materials MP-03 and MP-04. These samples differ completely from any other sample because of their high content of CaO (about 45 wt%), the low SiO₂ content (30 wt%) and the absence of Zr; in mineralogy, calcite is the main component; moreover, they present a small amount of chlorite, of feldspars, and finally in the sample MP-03 a low amount of clinopyroxenes is noticeable.

Looking at the Ni vs Cr binary diagram (Fig. 3) the different origins of the samples of the group IV is confirmed (group which falls at the bottom of the diagram) in relation with the other analyzed exemplars. In fact, the group IV, composed by Adriatic amphorae, shows Cr and Ni contents much lower than other products, while high values of these factors confirm various Greek production [17, 18, 19].

The Al₂O₃ vs Ni diagram (Fig. 4) shows, as in the previous diagram, the Adriatic production, characterized by a depletion in Ni. In this figure stands out clearly the group of locally produced amphorae from the remaining groups of Greek production. Note the excellent separation of the group of Corinthian amphora, with a high content of Al₂O₃.

Conclusions

From the examination of the gathered mineral-geochemical data and on the basis of the archaeological information, the following considerations can be made:

- the amphorae PH-14 and PH-17, mineralogically characterized by the presence of phases such as clinopyroxenes and gehlenite, have achieved high cooking temperatures (900°C), indicating a very effective manufacturing technique.
- 6 amphorae found in the site of *Phoinike* and in the satellite-site of Matomara-SA109 appear to be locally produced. This was demonstrated by the mineralogical and geochemical similarities found both with the referring samples LAT A and MATRICE PH, and with samples of raw materials taken from a modern quarry used for the manufacture of bricks (MP-01 and MP-02). Moreover, into this group (II) also fall the fragments of bricks and the fragment of *dolium* taken from the site of *Phoinike*. The local production is characterized by a good enough technology (for the cooking temperatures reached), demonstrated by the presence, inside the ceramic body, of moderate amounts of clinopyroxenes, phases of high temperature, which show that the temperature reached at least

800-850°C; the concomitant presence of calcite may be due to re-carbonation during cooling or burial processes.

- The sample PH-08, although presenting a morphology similar to the type Corinthian A', differs completely from the others, and shows familiarity with the sample PH-12, which is assumed to come from Laconia. The lack of reliable data leaves uncertain the possibility of a provenance from southern Greece.
- Is confirmed the hypothesis (on the basis of the archaeological data) of a huge import activity of Greek-Italic, Dressel 6 and Lamboglia 2 amphorae from the western Adriatic region. It is evident from the archaeometrical data, showing a strong depletion of chemical elements such as Cr and Ni, normally present in high quantities in the productions from Greece. The territory of Chaonia represents a privileged area of consumption of wine from the Italic Adriatic coast, which, between the III and the II century BC, begin to juxtapose those coming from the Corinthian and local areas. The Italic-Adriatic products will overcome, in the balance of imports, all the other imported goods in shipping containers.

The different provenance of the Corinthian amphorae from Matomara-SA109 has been highlighted, which fell into the group V; from the point of view of the different location within the cluster, the sample of Corinthian A' amphora (PH-08) document the variety of production centers and trade routes, which flanked the main provenance, coming from Corint.

REFERENCES

- [1]. Grillini G.C., Gurini E., and Minguzzi V., 2007, Caratterizzazione minero-petrografica del materiale lapideo utilizzato nelle costruzioni di età ellenistica e romana. *Phoinike IV Rapporto preliminare sulle campagne di scavi e ricerche 2004-2006*, a cura di S. De Maria e Sh. Gjongecaj, AnteQuem, Bologna, 213-222.
- [2]. Gamberini A. 2008, Le ceramiche a vernice nera di Phoinike (Albania meridionale). Aspetti cronologici ed economico-produttivi, *RCRF* **40**, 45-53.
- [3]. Boschi F. 2005, L'edificio a portico del quartiere a terrazze. I materiali e le funzioni dei vani, *Phoinike III 2005. Rapporto preliminare sulle campagne di scavi e ricerche 2002-2003*, a c. di S. De Maria e Sh. Gjongecaj, AnteQuem, Bologna, 46-50.
- [4]. Koehler C.G. 1981, Corinthian developments in the study of trade in the Fifth Century, *Hesperia* **50**, 4, 449-458.
- [5]. Riley J.A. 1979, Coarse pottery from Berenice, *Libya Antiqua*, Suppl. V (Excavations at Sidi Khrebish Bengazhi, Berenice), 91-467.
- [6]. Whitbread, I. K., 1995, *Greek transport amphorae. A petrological and archeological Study*, Fitch Laboratory Occasional Paper **4**, The British School at Athens, Athens.
- [7]. Will E.L. 1982, Greco-italic amphoras, *Hesperia* **51**, 338-356.
- [8]. Pesavento Mattioli S. 1992 (a c.), Anfore romane a Padova: ritrovamenti della città, Panini, Modena.
- [9]. Pesavento Mattioli S. 2000, Anfore: problemi e prospettive di ricerca. *Produzione ceramica in area padana tra il II secolo a.C. e il VII secolo d.C.: nuovi dati e prospettive di ricerca*, Atti del Convegno Internazionale (Desenzano del Garda, 8-10 aprile 1999), a cura di G.P. Brogiolo, G. Olcese, SAP, Mantova.2000, 107-120.
- [10]. Buora M. 2003, Sui rapporti tra alto Adriatico e costa albanese (I secolo a.C.-I secolo d.C.). *Progetto Durrës. L'indagine sui beni culturali albanesi dell'antichità e del medioevo: tradizioni di studi a confronto*, «AAAD» **LIII**, a cura di M. Buora, S. Santoro, Editreg, Trieste, 39-56.

- 1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
- [11]. Piastra, S., 2010, The Linkage between land Reclamation and Dictatorial Ideology. Case-studies from Europe dating to the 20th Century, *Land reclamations:geo-historical issues in a global perspective*, 57-76.
- [12]. Minguzzi, V., Nannetti, M.C., and Zantedeschi, E., 2008, Le ceramiche a vernice nera di Phoinike (Albania)- Studio minero-geochimico a fini archeometrici, *Rei Cretarieriae Romanae Acta* **40**, 55-62.
- [13]. Maggetti, M., 1994, Mineralogical and petrographical methods for the study of ancient pottery. *1th European workshop of archaeologic ceramics*. Roma- Burrayato, Grubessi, Lazzarini Editros, 23-35.
- [14]. Veniale, F., 1994, Raw materials and manufacturing processes in ancient ceramic artefacts, *1th European workshop of archaeologic ceramics*. Roma- Burrayato, Grubessi, Lazzarini Editros, 55-72.
- [15]. Minguzzi V., Morandi N., NannettiI M.C., Trentini P., Mattioli C., Marchesi M., Trocchi T. - 1995. Caratterizzazione minero-geochimica di varie tipologie di "concolato" di età etrusca (Marzabotto, BO). *Miner. Petrogr. Acta*, **38**, 219-227.
- [16]. Auriemma R. 2004, Salentum a salo. Porti, approdi, merci e scambi lungo la costa adriatica del Salento, I, Edipuglia, Bari 2004.
- [17]. Jones, R. E., 1986, *Greek and Cypriot pottery. A review of scientific studies*, Fitch Laboratory Occasional Paper **1**, The British School at Athens, Athens.
- [18]. Barone, G., Ioppolo, S., Majolino, D., Migliardo, P., Sannino, S., Spagnolo, G., and Tigano, G., 2003, Contributo delle analisi archeometriche allo studio delle ceramiche provenienti dagli scavi di Messina. Risultati preliminari, in *Da Zancle a Messina. Un percorso archeologico attraverso gli scavi* (eds. G. M. Bacci and G. tigano), vol. II, 2, 87-142, Messina.
- [19]. Barone, G., Crupi, V., Galli, S., Longo, F., Majolino, D., Mazzoleni, P., and Spagnolo, G., 2004, Archaeometric analyses on 'corinthian B' transport amphorae found at Gela (Sicily, Italy), *Archaeometry* **46**, 553-568.

Captions for figures:

Figure 1. Localization of the archaeological site of *Phoinike* (and of the Chaonian region) in Albania (top-left), the hill on which the ancient city of *Phoinike* is located (“città alta” and “città bassa”, top-right) and the commercial routes connecting the territory of *Phoinike* with the main ports: Onchesmos-Saranda and Butrint and with the Drinos valley (below).

Figure 2. Dendrogram of the cluster analysis.

Figure 3. Figure Binary diagram Ni vs Cr.

Figure 4. Figure Binary diagram Ni vs Al₂O₃.

Tables with titles:

Table 1. Table of the samples taken into consideration during the analyses.

Table 2. Semiquantitative mineralogical analysis obtained by XRD of amphorae, raw materials and referring samples.

(Qz=quartz; K-feld=K-feldspars; Plg=plagioclase; Cpx=clinopyroxene; Geh=gehlenite; Hem=hematite; Ill=illite; Cal=calcite; Dol=dolomite; Sm=smectite; Chl= chlorite.

xxxx=very abundant quantity; xxx=abundant; xx=significant; x=modest; tr=traces)

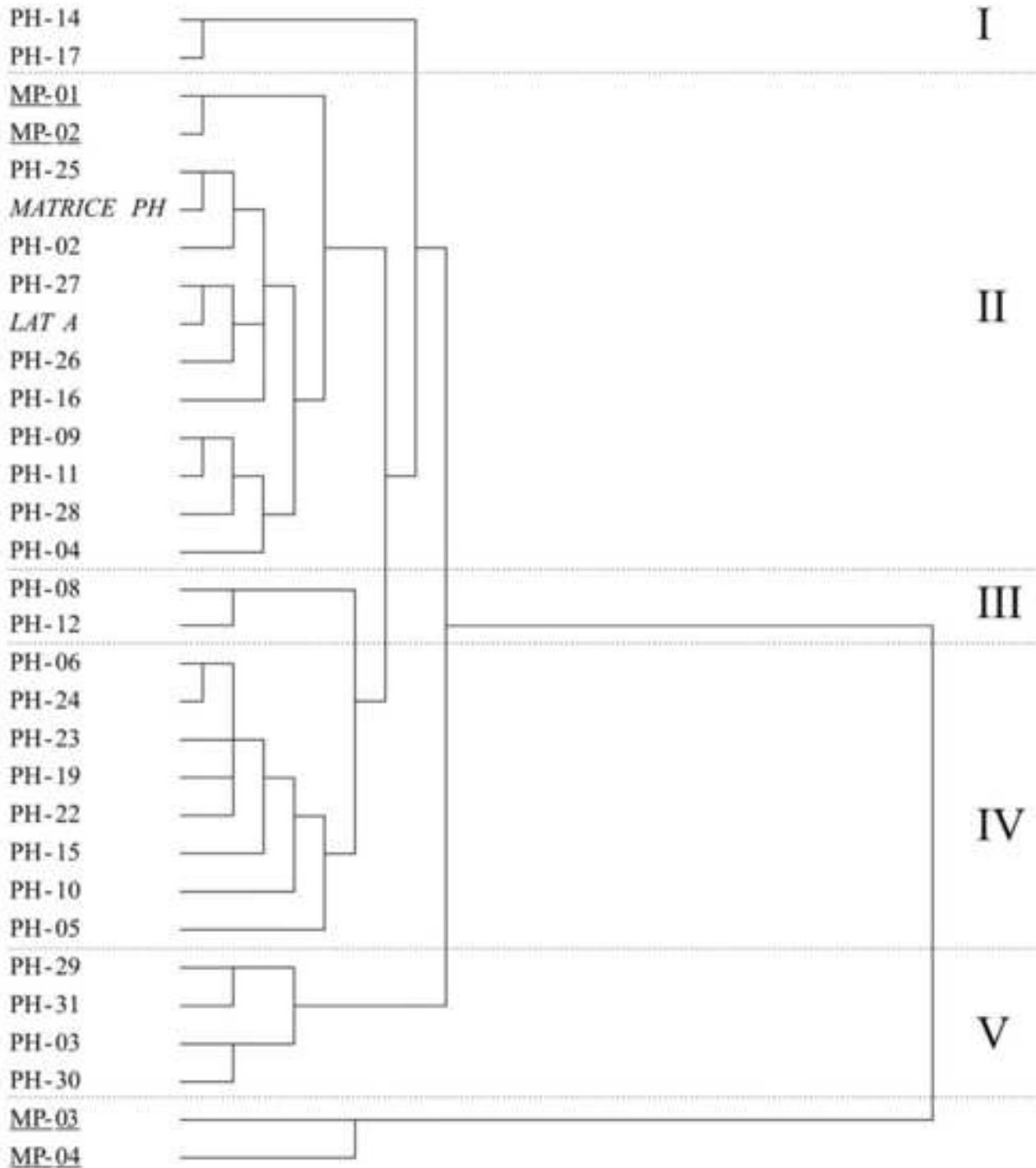
Table 3. Chemical analyses of the amphorae, raw materials and referring samples (major elements expressed in oxides wt%, and trace elements expressed in ppm).

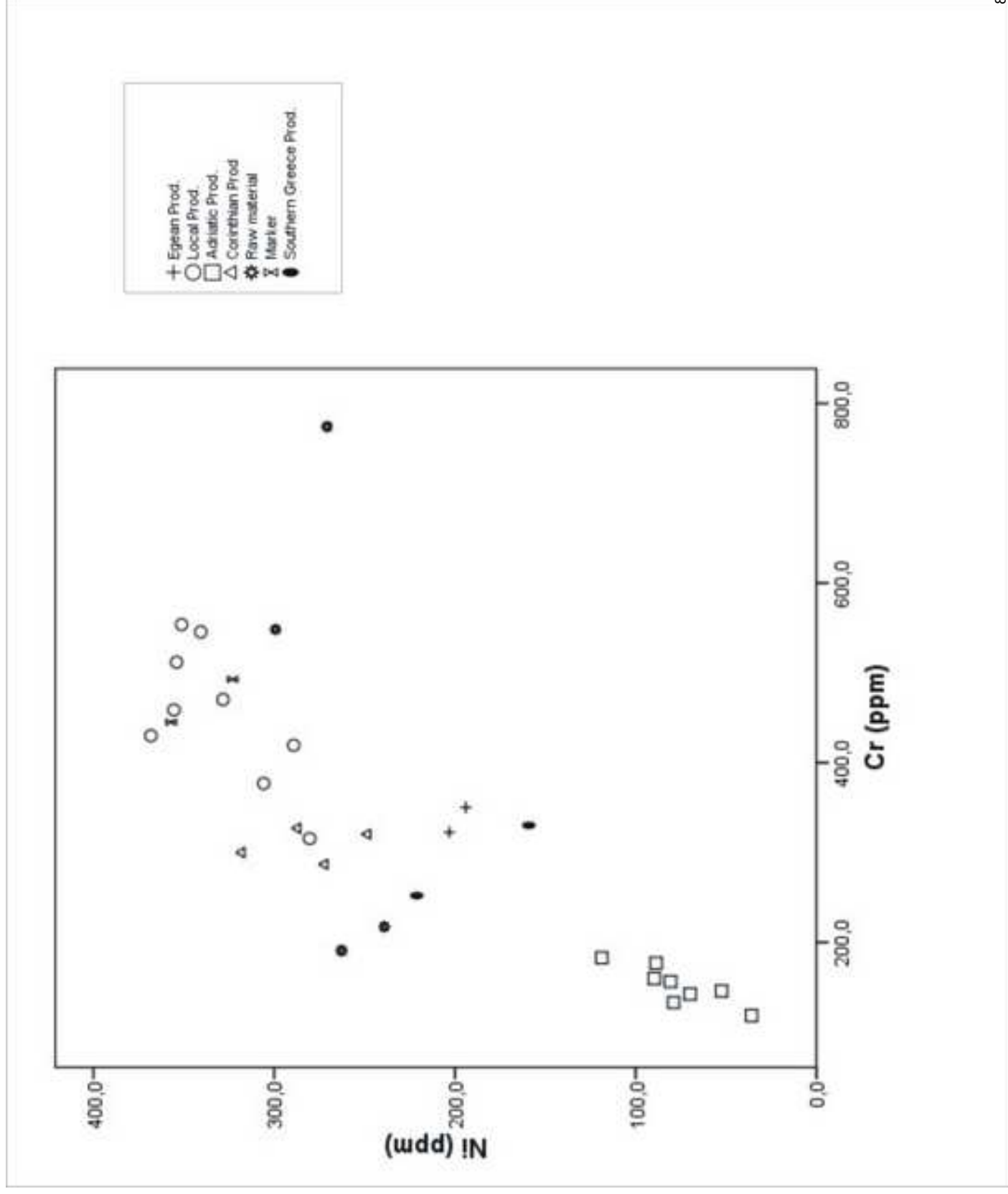


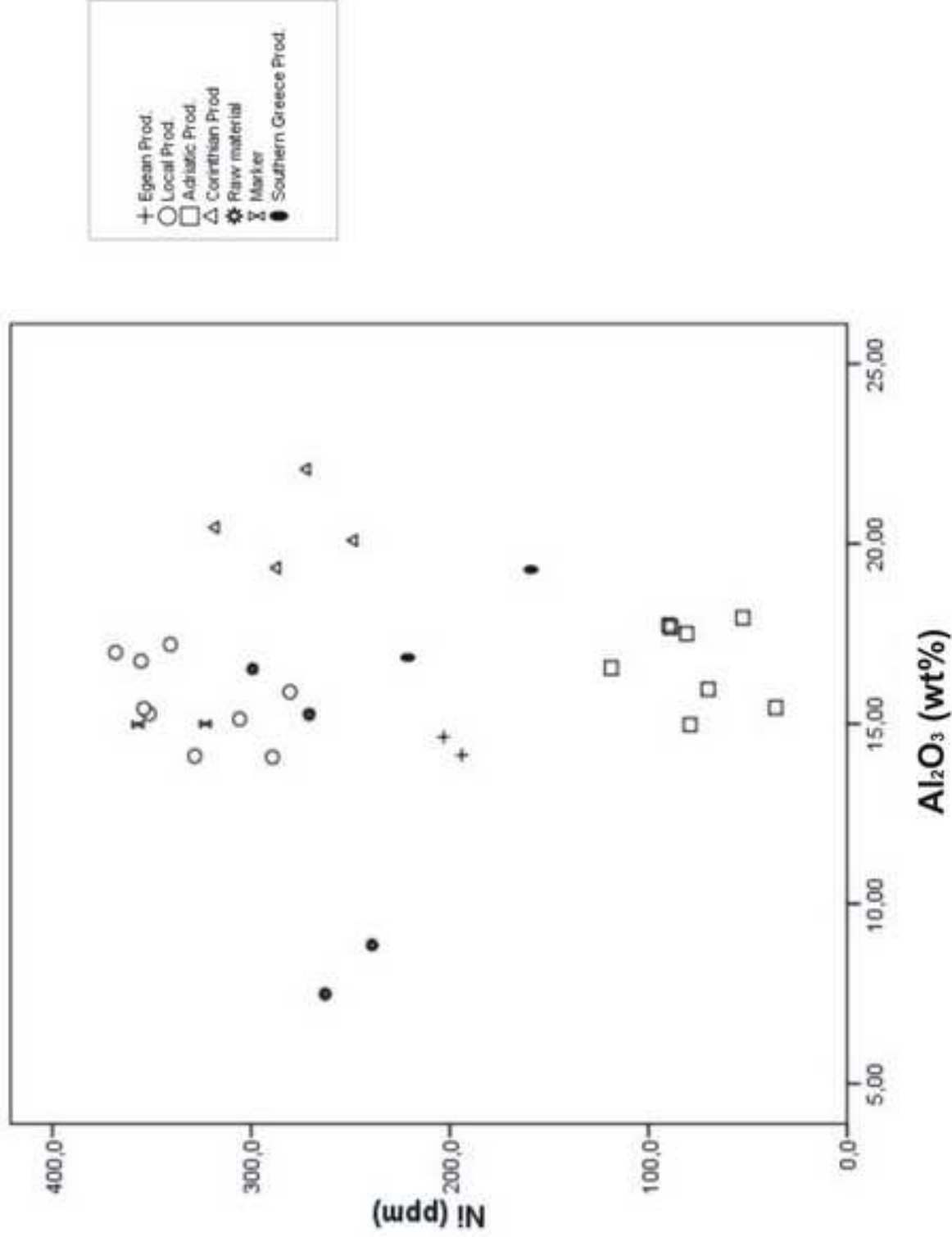
HIERARCHICAL CLUSTER ANALYSIS

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)

Rescaled Distance Cluster Combine







Nr. analysis (see <i>cluster analysis</i>)	Inventory Number	Description
PH-02	PH06 C1 204 1085	Hellenistic Corinthian B
PH-03	SA109 08 34 83 = SA109 08 26 65	Corinthian A'
PH-04	SA109 08 26 66	Corinthian B
PH-05	SA109 08 26 67	Western Greek
PH-06	SA109 07 25 423	Greek-Italic (Adriatic provenance)
PH-08	SA109 07 25 422	Corinthian A'
PH-09	SA109 07 25 424	Stemped handle
PH-10	PH06 A22 11 1246	Spatheion
PH-11	SA109 08 16 12	Corinthian B
PH-12	SA109 08 31 148	"Laconic"
PH-14	PH00 608	Aegean
PH-15	PH00 438	Dressel 6A
PH-16	PH01 C10 147 668	Small amphora (local production)
PH-17	PH00 559	Cypriot
PH-19	PH01 C10 109 33	Lamboglia 2
PH-22	PH01 C10 166 820	Doubtful shape (Adriatic provenance)
PH-23	PH02 C10 212 48	Greek-Italic/ Lamboglia 2 (Adriatic provenance)/
PH-24	PH02 C10 212 58	Greek-Italic
PH-25	PH02 C10 212 51	Hellenistic Corinthian B
PH-26		<i>Dolium</i>
PH-27		Brick
PH-28		Brick
PH-29	SA109 08 41 584	Corinthian A
PH-30	SA109 07 23 540	Corinthian A
PH-31	SA109 08 22 678	Corinthian A

Sample	Qtz	Kfs	Pl	Cpx	Gehl	Hem	Ill	Cal	Dol	Sm	Chl
PH-02	XXXX	XX	XX	XXX		X		XX			
PH-03	XXXX	X	X	XX	XX	X	tr				
PH-04	XXXX	X	X	XX			tr				
PH-05	XXXX		XXX	XX		XX					
PH-06	XXXX	XX	XX	XX		tr					
PH-08	XXXX	XX	XX	X		X		X			
PH-09	XXXX	XX	XX	XXXX		tr					
PH-10	XXXX		XX	tr		X					
PH-11	XXXX	X	X	X		tr					
PH-12	XXXX	X	X	X	X	tr	tr				
PH-14	XXXX	X	X	XX	X	X		XX			
PH-15	XXXX	X	X	X	X	tr	tr	XX			
PH-16	XXXX	XX	XX	X		X		X			
PH-17	XXXX	X	X	XX	XX	X		XXX			
PH-19	XXXX	XX	XX	XX		tr	tr				
PH-22	XXXX	XXX	XXX	XXX		X					
PH-23	XXXX	XX	XXX	XXX		X					
PH-24	XXXX	XX	XX	X		tr	tr	X			
PH-25	XXXX	X	XX	X	X	tr	tr	X			
PH-26	XXXX	XX	XX	XX		X		XX			
PH-27	XXXX	X			tr	tr	X	XXX	tr		
PH-28	XXXX	X	X		tr	tr	tr	XX			
PH-29	XXXX		XX	XX			X				
PH-30	XXXX	X	X				X	X			
PH-31	XXXX	X	X			tr	X	X		XX	
MP-01	XXXX	XX	XX	X			X	X		X	
MP-02	XXXX	X	XX	X			X				
MP-03	XXXX	tr	X	X			X	XXXX			X
MP-04	XX	tr	X					XXXX			tr
MATRICE PH	XXXX	X	X	X		tr	X	X			
LATA	XXXX	X	XXX	tr		tr	tr	XX	tr		

Sample	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	LOI	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ba	La	Ce
PH-02	52.14	0.80	14.07	8.07	0.16	5.91	12.17	1.17	2.47	0.35	2.69	32	89	419	26	289	40	102	117	379	31	153	12	752	34	48
PH-03	50.84	0.89	20.09	10.13	0.15	4.55	8.09	0.50	2.44	0.26	2.05	34	153	320	39	248	104	167	129	300	31	133	16	779	53	71
PH-04	50.62	0.82	15.27	8.77	0.16	6.42	12.60	0.71	1.16	0.72	2.74	25	117	554	29	351	52	109	29	251	21	164	23	542	34	53
PH-05	52.33	1.01	17.94	8.49	0.12	2.83	12.78	1.05	1.82	0.34	1.29	32	143	146	21	53	36	119	57	401	26	239	27	557	43	86
PH-06	54.35	0.83	17.50	7.48	0.15	4.32	10.13	1.19	2.35	0.35	1.35	31	113	157	21	81	43	119	86	293	29	244	19	640	44	83
PH-08	53.82	0.88	16.84	8.45	0.22	3.26	9.70	0.66	1.66	0.61	3.89	30	86	252	32	221	69	116	55	242	32	174	15	769	40	87
PH-09	50.67	0.90	16.74	9.33	0.18	6.36	11.71	0.90	1.98	0.34	0.89	36	123	459	37	355	68	146	58	338	24	140	12	630	22	56
PH-10	66.14	0.85	15.45	6.84	0.08	2.33	4.35	0.57	2.54	0.07	0.78	22	129	119	20	36	26	98	101	246	24	233	19	320	42	76
PH-11	52.19	0.87	17.20	8.98	0.20	6.18	7.70	0.79	1.80	0.46	3.62	25	95	546	33	341	43	116	49	215	23	190	16	667	26	56
PH-12	56.60	0.92	19.28	8.83	0.22	1.76	6.78	0.43	1.38	0.53	3.26	21	104	330	27	159	48	109	54	223	35	284	24	981	44	94
PH-14	41.13	0.77	14.13	7.49	0.13	3.12	19.63	0.34	0.97	0.48	11.80	38	98	350	22	194	53	91	41	358	19	136	17	1771	32	88
PH-15	46.02	0.74	14.97	6.69	0.15	3.41	15.86	0.64	2.29	0.62	8.62	36	103	133	18	79	45	119	101	342	27	143	19	1604	35	82
PH-16	57.12	0.84	15.42	8.43	0.20	4.87	7.55	1.11	2.00	0.42	2.03	26	107	512	35	354	65	137	98	158	39	211	20	464	34	68
PH-17	41.08	0.80	14.63	7.88	0.13	3.07	19.76	0.33	0.97	0.44	10.90	32	95	323	21	203	57	93	42	350	18	154	19	1731	49	65
PH-19	52.12	0.86	17.67	7.66	0.16	5.83	9.90	0.81	2.34	0.25	2.40	26	106	177	20	89	40	112	93	299	33	199	26	1148	39	90
PH-22	52.43	0.80	17.74	7.46	0.15	5.87	9.99	1.09	2.52	0.28	1.66	26	102	160	20	90	45	140	104	261	26	155	16	816	24	77
PH-23	50.41	0.83	16.55	7.73	0.19	4.59	13.52	1.04	2.36	0.25	2.53	29	117	183	22	119	60	124	120	450	35	195	17	778	46	55
PH-24	59.44	0.78	15.96	6.62	0.13	2.64	8.52	1.29	2.39	0.24	1.97	29	102	143	21	70	38	102	117	234	37	248	20	838	47	75
PH-25	52.76	0.79	14.10	8.40	0.17	5.67	10.49	0.85	2.33	0.41	4.04	29	121	470	30	328	51	115	96	299	25	139	14	1584	24	51
PH-26	51.91	0.76	15.13	7.87	0.21	3.58	11.52	0.69	1.85	0.40	6.09	26	105	377	28	306	59	158	95	313	32	138	13	1909	30	68
PH-27	52.20	0.81	15.88	7.92	0.18	3.69	8.60	0.47	2.12	0.15	7.97	21	100	316	31	280	69	141	82	189	32	157	17	1215	46	59
PH-28	51.08	0.87	16.98	9.00	0.21	4.52	7.97	0.57	1.96	0.24	6.59	31	95	430	37	368	60	142	34	120	31	86	9	991	34	44
PH-29	52.62	0.84	19.33	8.99	0.14	4.56	6.56	0.39	2.01	0.32	4.24	21	174	327	40	287	50	137	97	261	19	113	9	1135	41	64
PH-30	54.10	1.01	22.07	9.41	0.20	2.91	1.92	0.47	2.70	0.45	4.77	25	156	287	35	272	78	190	126	130	39	181	18	1358	48	76
PH-31	56.23	0.81	20.45	8.56	0.20	3.86	2.38	0.43	2.56	0.20	4.31	22	158	300	35	318	86	175	127	129	15	100	11	1426	28	60
MP-01	63.01	0.86	16.52	7.25	0.17	5.68	2.76	1.16	2.44	0.13	0.00	18	133	548	29	299	34	97	77	93	20	147	10	442	37	43
MP-02	67.35	0.78	15.26	6.73	0.14	4.80	1.31	1.28	2.26	0.11	0.00	16	114	774	26	271	34	81	73	90	20	169	15	393	24	43
MP-03	35.71	0.59	8.85	5.54	0.23	3.42	43.08	0.58	1.95	0.06	0.00	47	86	217	16	239	462	131	75	777	14	0	12	442	34	55
MP-04	29.56	0.54	7.49	5.55	0.26	3.17	51.13	0.47	1.74	0.07	0.00	55	86	191	16	263	98	134	64	923	7	0	8	467	21	43
MATRICE PH	57.02	0.82	15.00	7.88	0.13	4.92	7.37	1.16	1.84	0.48	3.40	17	118	493	26	323	27	101	76	213	28	169	15	1062	31	52
LAT A	49.71	0.79	14.97	7.77	0.22	5.36	10.98	0.74	1.71	0.31	7.45	17	100	445	36	357	55	117	70	146	33	147	13	857	36	67

Elisa Esquilini
Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali
Alma Mater Studiorum Università di Bologna
p.za di Porta S. Donato 1,
40126 Bologna, Italia
tel: +39 051 2094930
e-mail: elisa.esquilini2@unibo.it

4 November 2010

I would like to submit the manuscript, “Amphorae from *Phoinike* (Albania): an integrated archaeometrical and archaeological approach”, co-authors Erika Vecchietti, for consideration for possible publication in Journal of Cultural Heritage.

This paper has not been published or accepted for publication. It is not under consideration at another journal.

The aim of this study which represents the first application of archaeometric analysis to amphorae collected in Albania, is to define their provenance with specific attention to local provenance.

Thank you for your consideration of our work. Please address all correspondence concerning this manuscript to me.

Sincerely,

Elisa Esquilini

CAPITOLO 6

PAPER: Greek Italic amphorae in the Adriatic basin

(E. Esquilini, V.Minguzzi, M.C. Nannetti, J. Perez-Arantegui submitted to Archaeometry)

Poiché uno degli obiettivi di questo progetto di ricerca è stato il tentativo di ricostruire le rotte commerciali in area adriatica, è stato sottomesso un articolo riassuntivo di tutte le evidenze fin qui emerse dallo studio dei vari siti. Per fare ciò è stato necessario determinare la provenienza delle anfore rinvenute in ogni singolo sito: dei 183 reperti presi in esame, ben 106 anfore sono risultate essere di provenienza adriatica certa.

Nell'articolo presentato nelle pagine seguenti vengono sintetizzate le caratteristiche mineralogiche e geochimiche delle anfore adriatiche. Elaborando statisticamente i dati geochimici relativi a queste 106 anfore si è potuto confermare alcune ipotesi archeologiche formulate in questi anni e delineare alcune probabili rapporti commerciali fra i siti presi in esame.



GREEK ITALIC AMPHORAE IN THE ADRIATIC BASIN

Journal:	<i>Archaeometry</i>
Manuscript ID:	Draft
Manuscript Type:	Original Article
Date Submitted by the Author:	n/a
Complete List of Authors:	Esquilini, Elisa; University of Bologna, Earth and Geo-Environmental Sciences Minguzzi, Vanna; University of Bologna, Earth and Geo-Environmental Nannetti, Maria Carla; University of Bologna, Earth and Geo-Environmental Perez-Arantegui, Josefina; University of Zaragoza, Analytical Chemistry
Keywords:	PROVENANCE ADRIATIC BASIN, GREEK ITALIC AMPHORAE, ITALY, ALBANIA

SCHOLARONE™
Manuscripts

INTRODUCTION

This paper concerns mineralogical, petrographical and geochemical studies relating different types of ceramic archeological finds coming from excavation sites, both Italian and foreign.

In particular, this project focuses on the study of the production and circulation of Greek-Italian amphorae in the Adriatic area.

Ceramics is one of the most used archaeological marker for dating and individuating the commercial routes and economical situation of the sites, as well as for understanding the technological level of the ancient societies. In addition, ceramic artefacts is one of the most documented find in the archeological sites.

In the Roman culture, amphorae represented the most used shipping containers and were considered as an “index fossil” for the commercial routes.

The study of amphorae in terms of their production and selling is fundamental for historical-archeological research works and in particular for:

- The identification of local productions through the archeometric comparison between ceramic samples and raw materials;
- The understanding of the technical and technological procedures for the production of amphorae (raw materials, supplying sites);
- The individuation of the ancient commercial routes and the movements of goods through the different territories of the Roman world, both on large and intra-regional scale;
- The understanding of the socio-economical mechanisms of the ancient world through the analysis of amphora stamps.

The archeological sites Fig.1 considered represent a positive expression of the main production of amphorae within the Adriatic region, on both sides: Adria (Veneto), Cattolica, Rimini, Spina (Emilia-Romagna), *Suasa* (Marche) and *Phoinike* (Saranda region, Albania). The Adriatic context represents a different and remarkable example, also for the presence, in many of the sites taken into consideration, of places where raw materials could be sourced.

SAMPLING

The analysis were carried out on 106 amphorae coming from the above mentioned sites. Previous studies had established that the amphorae taken into consideration came from the Adriatic regions (Esquilini, 2008; Morandi et al.,2000).

Cattolica –The archeological site of Cattolica was discovered in June 2004: the archeological excavations have brought to light a wide dumping of ceramic materials.

The dumping consisted of a quadrangular storage site in the clay, with irregular sides and perfectly vertical walls. The dumping was homogenously filled with different types of ceramic materials such as: a wide number of amphorae (about 848), parts of cylindrical *dolia*, bricks, many fragments of common ceramics (amongst which seem to prevail trays and mortars), a good percentage of decks, a high number of *concolato* rests and refractory mudbricks.

The amphorae, all of Greek-Italic type, present two different kinds of mixture: a pink-beige, featured by a high presence of reddish spots, occurring as mid to small grains locally elongated with an aspect similar to the *chamotte*; a second featured by a grey-greenish colour, without the presence of *chamotte* but with large grey globules.

Rimini –The finds subjected to archeometric analysis were chosen among a very large number of amphorae brought to light from several archeological excavations in the city. The choice of the samples was based on the kinds of mixtures which characterize the amphorae. The chosen greek amphorae contain numerous reddish stripes *chamotte*-like.

Two mixture type were identified: the first is beige-reddish with middle-small roundish red or dark red clasts (*chamotte*); the second is orange-reddish with a large number of roundish red clasts (*chamotte*).

Phoinike –This site is placed about 8 km far from the modern city of Saranda, which is located on the south coast of Albania, and about 20 km far from the Greek's border. During the Hellenic age, between the III and II century B.C., this was certainly the most representative city of this region. The development of the inhabited centre dates back between the IV century B.C, and the XV century A.C.

The finds come from a great quantity of materials consisting in about 1800 types of amphorae sourced both from the city of *Phoinike* and Matomara, which is of on the centres of its territory.

The amphorae identified as coming from the Adriatic area are several types (Lamboglia 2, Dressel 6A and Italic Greek) (Vecchietti, 2010) and feature beige and pink mixtures with included roundish red spots (*chamotte*).

Suasa –The site of Suasa is placed in the medium valley of the river Cesano, in the inland of Senigallia, on a valley floor terrace on the right of the river which is today called Pian Volpello, located in the village of Castelleone di Suasa (Ancona). Its development as small agglomerate is linked to the individual deductions decided by Rome in 232 B.C., to become later an autonomous center during the I century B.C. The Greek-Gothic war (VI century A.C.) and its terrible consequences determined the end of Suasa.

A part of the studied samples (stamped amphorae) comes from an archeometric study undertaken during the past years (Morandi et al., 2000). New finds were collected, mainly characterized by the presence of the production stamp. The finds represent a collection of the amphora types (Lamboglia 2, Dressel 6A, from Brindisi and small amphoras with flat base) which were possibly available within the Adriatic basin between the III century B.C. and the IV century A.C. These stamps allowed for the certain identification of some finds, while for the finds without stamp was possible to carry out only an uncertain morphologic identification. The amphorae feature different types of mixture whose colours range from red and pink to beige, while it is possible to notice the presence of reddish materials commonly called *chamotte*.

Spina –The site of Spina is placed about 4,5 km far from Comacchio, near the mouth of the Po Spinetico. This site was an important receiving and sorting centre for the goods imported from the Mediterranean to the Po inland. The culture of this area was greatly influenced by the contacts and trading with Greece. The story of Spina took place during three centuries. Established at the end of the VI century B.C. at the mouth of the river Po, it reached its upmost economical development between the second half of the V century and the first half of the IV century B.C., to finally decade during the III century B.C due to the raids of the Celtic tribes which broken up the structure of the northern Etruria. The amphorae are of the Italic-Greek type and feature two different kinds of mixture: the first shows a reddish colour and the presence of inclusions and dark reddish stripes of varying sizes (*chamotte*); the second is beige with a large number of red inclusions (*chamotte*).

Adria –Established around the VI century B.C. as a commercial area, and representing a meeting point for large route traffics between the Mediterranean and the continental Europe, Adria soon played a role of international importance as attested by the numerous finds of high value materials. The decline, presumably due to several factors, primarily the burial of the port, apparently causes a cessation of activity in mid-late imperial era.

The amphorae, of the Italic-Greek type, show either red mixtures with black inclusions, or beige mixtures with abundant of red inclusions of different sizes which presumably are *chamotte*.

ANALYTICAL TECHNIQUES

From all of the selected ceramic finds to be studied, portions were cut of such a dimensions to allow for petrographic, mineralogical and geochemical analysis. The surface of this portion was carefully cleaned with a diamond file in order to remove rests of possible soil residuals.

Thin sections of some samples were prepared for the observation with the polarizing optical microscope, while some particularly relevant samples were analyzed by Scanning Electron Microscopy (SEM), at the Dept Analytical Chemistry, Faculty of Sciences, University of Zaragoza, Spain. The SEM was equipped with a system for Energy Dispersive X-ray Analysis, EDXA (Oxford Instruments, INCA x-sight). Cross-section

1
2
3 preparations were obtained by cutting with a diamond saw the samples embedded in an epoxy resin. Samples
4 were prepared as polished ceramic cross-sections and were carbon-coated afterwards for quantitative
5 analysis, or just directly monitored for the observation of the surface characteristics.

6 Once cleaned, the samples were pulverized and underwent a mineralogical analysis through X-ray diffraction
7 analysis (Philips PW1710 diffractometer, radiation using a $\text{CuK}\alpha$ radiation at a voltage of 40 kV and an
8 intensity of 40 mA. The area was scanned between 2° and $60^\circ 2\theta$). Only for the raw materials oriented
9 samples were used, which were obtained by spreading a mixture of powder and deionized water on a slide, in
10 order to show better the clayey phases.

11 The data relative to the chemical composition of major and minor elements (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO ,
12 MgO , Na_2O , K_2O , and P_2O_5) and trace elements (Sc, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, La, Ce)
13 were obtained through X-rays fluorescence (Philips PW1480 spectrometer) from compressed powder
14 compounds on a support of boric acid. Additional analysis for Na, Mg, Al, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Sr and Ba
15 were obtained by ICP-AES using a Thermo Elemental Iris Intrepid Radial spectrometer at Dept Analytical
16 Chemistry, Faculty of Sciences, University of Zaragoza, Spain.

17 Samples from Rimini, Cattolica and Suasa were analysed by both to XRF and ICP. The latter, which is not
18 subject to matrix effects has been used to attest to the goodness of the data obtained by XRF.

19 Finally, the samples underwent a thermal analysis (TG, DTG, DTA), with room temperature up to 1000°C ,
20 CO_2 atmosphere, and with a heating speed of 20°C for minute, through a SETARAM LABSYS thermal
21 equipment. This analysis allowed for the individuation of the weight loss percentage (LOI) of the sample
22 according to different temperatures, along with the content of carbonate phases, even when in minimum
23 quantity. In calculating the LOI used for processing of chemical data was used the loss of between 200° -
24 1000°C .

25 Later the chemical data obtained were statistically treated through Q-Q plot, ANOVA (analysis of variance)
26 integrated with the Bonferroni test and then discriminant analysis (Vitali & Franklin, 1986), in order to
27 underline the geochemical similitude of the samples and identify their provenance.

28 29 30 31 32 RESULTS AND DISCUSSION

33 34 35 -Mineralogical composition

36 The mineralogical composition of the amphorae is connected to both the origin of the raw material and the
37 temperatures achieved during the firing process.

38 The charts in Fig.2 represent the different quantities of the mineralogical phases observed in the diverse sites
39 taken into consideration. Quartz is not plotted, since it is present as predominant phase in all of the samples
40 of the six sites.

41 Also feldspars (K-feldspar and plagioclase) are mineralogical phases present in almost all of the samples.

42 In particular, the fig shows that the plagioclases are more abundant than the K-feldspars, in particular in the
43 site of *Suasa* where in about half of the samples K-feldspars is lacking.

44 Most of the samples contain clinopyroxenes (indicators of high firing temperature if not already present in
45 the raw material) in quantities ranging from moderate to large and very large in the sites of Cattolica and
46 Adria. By contrast, clinopyroxenes are not present in a few samples from Suasa and in single samples from
47 Rimini and Adria sites.

48 Another mineralogical phase indicating high firing temperatures is the gehlenite, which is present in diverse
49 quantities of some finds in Rimini, *Suasa*, Adria and *Phoinike*, but it is not present in the samples of the sites
50 in Cattolica and Spina.

51 Calcite is present in almost all of the samples, although in very different quantities, ranging from traces to
52 very abundant amounts noticed in a sample coming from Adria and another one from Rimini.

53 Dolomite, instead, is present in low quantities in a few number of samples coming from all of the sites,
54 except for the site of *Phoinike* where dolomite is absent.

55 Almost all of the samples contain traces of hematite and illite.

56 Besides the phases observed in all of the amphorae, it is underlined the presence of accessory phases which
57 were not plotted since they are present only some samples from the different sites:

- analcime, only in a few samples coming from the sites of Cattolica, Adria and Rimini, in variable quantities ranging from moderate to very abundant (one sample from Cattolica) (Esquilini, 2008);
- tremolite, only in a few samples from Adria, in quantities ranging from moderate to traces;
- gypsum, only in the site of Spina and in one sample from Adria, in quantities ranging from moderate to traces; only one sample from Spina presents a relevant quantity of this mineralogical phase.

In order to quantify the gypsum a thermal analysis was carried out. The data collected show that the values are equal to 1% c.a.: these poor quantities do not influence the chemical composition of the samples.

-Petrographic composition

Petrographic analyses were carried out on sections of amphorae coming from the sites of Adria, Rimini, Suasa and Cattolica. Later, only the samples from Cattolica were studied with the electronic microscope (SEM) to examine in details the features of the compound of the amphorae.

The amphorae from Adria have a framework constituted by quartz, feldspar and phyllosilicates: white mica of the muscovite type and brown mica of the biotite type. The matrix is made of clayey phases which are in some points vitrified. The most part of the samples show a large quantity of calcite clots or recrystallized calcite within framework bioclasts. The imprints of the bioclasts are filled either with calcite, as we have just stated, or with framboidal pyrite. Moreover, the observed thin sections present lithic fragments (flint, calcarenites) and *cocciopesto* (*chamotte*).

Only two samples from Rimini were analyzed, since they present high calcite contents. The optical study revealed that the matrix is rich in oxides and clayey phases, sometimes vitrified. The calcite is always present and reveals the presence of bioclasts, whose inner part is filled either with calcite or framboidal pyrite. The framework is made of quartz and feldspars, with the presence of phyllosilicates (white mica and biotite) and lithic fragments (flint, calcarenite) and *cocciopesto*. The presence of polycrystalline components (volcanic rock) occurs in one sample.

The samples from Suasa present different mineral phases such as: quartz; feldspars; clinopyroxenes; mica and Fe-oxides. Almost all of the sections present large quantities of quartz in single crystals with different dimensions. Quartz grains have sharp edges and mainly angular shape. In addition, less abundant feldspars in single crystals were individuated. In most cases plagioclases can be observed. Some samples display rare fragments of medium- to fine-grained clinopyroxenes with stubby shape and grain contours changing from sharp to vague. In addition, thin lamellas of white mica occur with vague contours and extremely fine grain, along with fine-grained eudedral micas, probably of the biotite type, of dark red colour.

Among the opaque minerals, fragments of Fe-oxides are present, having different shapes, clear contours and granulometry ranging from fine to very fine.

The following rock fragments are identified:

- Quartzite.
- Arenite: the fragments contain crystals of quartz, white mica and iron oxide; the samples containing the arenite fragments show a coarse grain size, while only some samples have are fine grained.
- Marl.

As regards the samples coming from Cattolica which underwent the optical analysis due to the characteristics of their composition, the following was noticed:

- the first mixture was made of grey-pink clay featuring both quartz-feldspar and bioclastic components (foraminifera and bivalva); the bioclastic cavities were filled either with pyrite or carbonate calcium in the form of concentric radial fibrous aggregates;
- the second mixture, on the other hand, featured a reddish colour, due to the high presence of minerals rich in Fe (hematite) and phyllosilicates.

The groundmass presents a clayey component which probably underwent a vitrification process during the firing processes.

Due to the different plasticity of the two mixtures, the artifacts bodies were particularly homogenous in terms of chromaticity, thanks to red "flames" in a pink-grey matrix, wrongly identified as *chamotte*.

Only some samples seem to display a different ceramic body the matrix has a dark grey colour and the above mentioned "flames" are not present but, instead, globules which were interpreted as *chamotte*.

1
2
3 The samples coming from Cattolica were later examined with the scanning electron microscope (SEM) for
4 better studying the types of mixtures used for producing the amphorae and to confirm the presence of
5 analcime detected with diffractometrical analysis. In particular:

- 6 – The mixture, which presents a pink-grey colour, is constituted by a quartz-feldspar component and
7 fossil traces filled by Ca-pyroxene.
- 8 – The second mixture, which presents a darken reddish colour due to the presence of hematite, it is
9 made of a quartz-feldspar component without bioclasts. It is also visible the presence of Ti-oxides,
10 zircon and rare earth elements minerals.
11

12 13 -Chemical composition

14
15 The Table 1 reports the expected values and standard deviations of the samples compositions determined by
16 XRF and expressed in weight percentage values (wt%) for the main elements and in parts per million (ppm)
17 for the elements present in trace amounts. Values obtained by ICP are not reported here as these data are
18 perfectly comparable with those obtained by XRF.

19
20 In the above mentioned chart no reference is made to the percentage values related to the weight loss
21 recorded in thermal analysis (LOI) referred to the range 200-1000 °C (on which the analysis were
22 calculated) and to the values of P₂O₅, as they could not be applied in the statistics processing because
23 influenced by alteration processes (Lemoine, C. et al.,1982; Freestone, 2001). From the chart it is clear that
24 the samples belonging to every site show a good homogeneity of contents except for those belonging to the
25 *Phoinike* site. The samples of this latter site show fairly high standard deviations of various chemical
26 elements, suggesting high heterogeneity of the mixing components of the discovered amphorae.

27 On the whole chemical data are consistent with the previous mentioned mineralogical composition.
28

29 30 -Statistical elaboration

31 To examine closely the geochemical differences highlighted in the XRF analysis this study has considered
32 the variation coefficient preceded by Q-Q plot. All elements analyzed through Q-Q plot show a regular
33 pattern, here are specifically enclosed two charts representing this distribution on the ideal line: Fe₂O₃ for the
34 main elements (Fig. 3) and Cu for the elements present in trace (Fig. 4). Later ANOVA has been employed
35 to examine the value of every chemical element present on the sites. This analysis has proved that the
36 majority of the chemical elements shows a significant result except for MgO and Fe₂O₃ among the main
37 ones and La among the elements present in trace. This statistical elaboration has been integrated applying
38 Bonferroni test (Hochberg, 1988), to compare sites pairs for every chemical element. The values $p \leq 0,05$
39 of the chemical elements which had proved to be significant in the variation analysis are reported in the Table
40 2.

41 The discriminant analysis reported on the graphic (Fig. 5) and related table (Tab. 3) has been employed to
42 confirm the various chemical features highlighted on each site.

43 The statistical elaboration demonstrates that the samples from Cattolica and those from *Phoinike* and *Adria*
44 form separate groups. Conversely, the samples from Spina, Rimini and *Suasa* define a group with partial
45 superpositions: three samples from Rimini belong to the *Suasa* group while a sample from Spina and one
46 from Suasa plot within the *Adria* group.

47 Subsequently, some values of reference materials have been introduced to verify the provenance of the
48 majority of the samples:

- 49 – three clay samples from the Cattolica site, because the dumping had originally a different use and
50 probably served as clay gathering and detritus tank;
- 51 – a spacer ring found on the site of Suasa and already employed (Nannetti et al, 1995; Mazzeo
52 Saracino et al, 1997; Morandi et al, 1998) as marker for the determination of a local production.

53 After, repeating the discriminant analysis (Fig. 6 and Tab. 4) including the new samples it is evident that
54 the clays can be traced back to the group of Cattolica, whereas the spacer ring belongs to the Suasa group
55 and therefore the local origin is confirmed.
56
57
58
59
60

CONCLUSIONS

The petrographical, mineralogic and geochemical study of the samples deriving from the sites examined has allowed the formulation of hypothesis regarding the origin of the amphorae. The diffractometrical analysis has allowed the characterization of the artefacts which have a mineralogical composition constituted by a very significant occurrence of quartz, feldspar, hematite and illite.

Besides, the presence of prograde phases (pyroxene and gehlenite) indicates a high firing temperatures for the majority of the samples. As indicated in the petrographical analysis, the clinopyroxenes occurring in the samples from Suasa are partially connected to the raw material. On all sites significant quantities of clinopyroxenes are present, especially on the sites of Cattolica, Adria and Suasa whereas only on some sites (Adria, Rimini, Phoinike and Suasa) the presence of gehlenite can be traced.

The calcite found in variable quantity on each site can be connected to either recarbonation processes or/and post-firing settling (secondary phases), or linked to the abundance of medium-sized clasts in the raw material, which has not reacted during the firing process (relict phases) (Maggetti, 1994; Veniale, 1994).

Geochemical studies have allowed the formulation of hypotheses regarding local productions or possible trading interactions among sites.

The archaeological hypothesis of a local production can be confirmed for the Cattolica site, where all amphorae were discovered inside a dump together with various types of artefacts and stove rejects. Further evidence of the local origin is given by the result of the second discriminant analysis which proves familiarity among the clays collected on the sites and samples of the amphorae. This group is chemically characterized by the presence of high quantities of CaO e Sr.

The artefacts found in Adria show no interaction with other sites, thus suggesting the existence of a local production. At present, however this hypothesis can not be confirmed due to the lack of reference samples belonging to verified local production.

The majority of the samples deriving from the site of Rimini may suggest a local production; the hypothesis, already assumed in previous studies (Mazzeo et al, 2000; Morandi et al, 2000) of the existence of a trading connection with the site of Suasa can be herewith confirmed thanks to the identification of three amphorae belonging the area of Rimini, but found within the group of Suasa. The samples referred to as local are characterized by the presence of high quantity of CaO e Sr.

The presence of a local production for the majority of the amphorae from the site of Spina can be suggested; this, however, cannot be proved due to the lack of a production marker. A possible existence of a trading connection with the site situated in Adria is hypothesized as two amphorae found in Spina can be traced back to the samples group of Adria, according to the discriminant analysis.

As previously indicated, the finds discovered in the site of Phoinike, not belonging to the local production, are not to be traced back to the other sites herewith analysed currently it is not possible to make any certain hypothesis regarding the production origin of these Adriatic amphorae.

The samples are chemically characterized by the presence of low quantities of SiO₂, CaO e Sr and, from a mineralogical point of view, they present a few amounts of carbonatic phases.

As regards the samples from Suasa, a local production for almost all the examined samples is confirmed, even enough three amphorae could be traced back to the site of Rimini. A possible trading connection with the site of Adria is assumed, since the discriminant analysis has highlighted a significant familiarity with the Adria group.

On the whole, the comparison and the integration of the results, together with the existing stratigraphical, chronological and epigraphical data have originated, in most cases, a significant progress of the available information related to the production and distribution of most amphorae of the Adriatic basin. This study has contributed to the solution of some archeological problems, mainly regarding the provenance and the possible existence of local production.

A deeper investigation which may extend the present study to other sites situated in the Adriatic area will definitely improve the whole picture.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are extremely grateful to Archaeological Superintendence of Emilia-Romagna, in particular Dr. Paola Desantis and Dr. Luisa Stoppioni, Archaeological Superintendence of Veneto and Department of Archaeology of the University of Bologna for giving us free access to the archaeological materials and for granting us permission to select samples for analyses.

REFERENCES

Esquilini E. (2008) : Studio minero-petrografico e geochimico dei reperti ceramici. *Quaderni di Archeologia dell'Emilia Romagna*, **23**, 183-188, All'insegna del Giglio, Firenze.

Hochberg Y. (1988). A sharper Bonferonni procedure for multipletests of significance. *Biometrika*, **75**, 800–803.

Freestone, I.C. (2001): Post-depositional changes in archaeological ceramics and glasses. In “Handbook of Archaeological Sciences”, 615-625, Brothwell D.R. and Pollard A.M., John Wiley and Sons Ltd., New York.

Lemoine, C. & Picon, M. (1982): La fixation du phosphore par les céramiques lors de leur enfouissement et ses incidences analytiques. *Revue d'Archéométrie*, **6**, 101-112.

Maggetti, M., 1994, Mineralogical and petrographical methods for the study of ancient pottery. *1th European workshop of archaeological ceramics*, 23-35, Burragato, Grubessi, Lazzarini Editors, Roma.

Mazzeo Saracino L., Morandi N., Nannetti M.C., Vergari M., 1997, Una produzione di ceramiche da cucina da Suasa (AN): esame tipologico e studio archeometrico per la definizione della funzione. *Atti I Giornata di archeometria della ceramica*, Bologna 28 febbraio 1997, University Press Bologna, 200-213.

Mazzeo L., Morandi N., Nannetti M.C., 2000, “Ceramica a vernice nera di Ariminum: produzione locale, rapporti produttivi e commerciali in base allo studio morfologico e archeometrico”- *Atti del Convegno “produzione ceramica in area padana tra il II e il VII secolo d. C.*, 25-39, S.A.P., Desenzano

Morandi N., Nannetti M.C., Tampellini C.- 1998- Archaeometry of roman ceramics from Suasa (Italy) . Evidences of local and foreign production. *Proceeding of 2nd Mediterranean Clay Meeting*, Aveiro 1998, **1**, 66-77.

Morandi N., Nannetti M.C., Mazzeo Saracino L., Montironi G., 1998, Ceramiche a pareti sottili di Suasa (AN): definizione archeometrica attraverso analisi minero-geochimiche. *V Giornata “ Scienze della Terra e Archeometria”*, Bari, 21 febbraio 1998, 57-68, Patron, Bologna.

1
2
3 Morandi N., Nannetti M.C., Mazzeo L., 1999, "Ricerche archeometriche su ceramiche a vernice nera di
4 Suasa (AN)"- Atti del Convegno "6° Giornata Le Scienze della Terra e l'Archeometria" Este (PD), febbraio
5 99, 87-96, Grafica Atestina, Este (PD).
6
7

8
9 Morandi N., Nannetti M.C., Sabetta T., 2000, "Studio minero-geochimico del rivestimento a "vernice nera"
10 delle ceramiche romane di Suasa (AN) e di Rimini per ricostruire le tecniche di produzione".- *Atti del I*
11 *Congresso Nazionale di Archeometria*, 363-373, Patron, Verona.
12

13
14 Nannetti M.C, Minguzzi V, Morandi N., Mazzeo L., 1995, Parametri mineralogici e geochimici utili per la
15 caratterizzazione e la distinzione in gruppi di provenienza di "terre sigillate" di Suasa (AN). *Museologia*
16 *scientifica*, **12**, 399-417.
17

18
19 Vecchietti E. 2010, Aspetti economici e direttrici commerciali in Caonia: le anfore di *Phoinike*, Albania e del
20 territorio. Unpublished Ph.D. thesis, University Bologna, 1-180.
21
22

23
24 Veniale, F., 1994, Raw materials and manufacturing processes in ancient ceramic artefacts, *1th European*
25 *workshop of archaeological ceramics*, 55-72, Burragato, Grubessi, Lazzarini, Roma.
26
27

28
29
30
31
32
33 Vitali, V. & Franklin, U.M., 1986, New approaches to characterisation and classification of ceramics on the
34 basis of their elemental composition. *Journal of Archaeological Science*, **13**, 161-170.
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

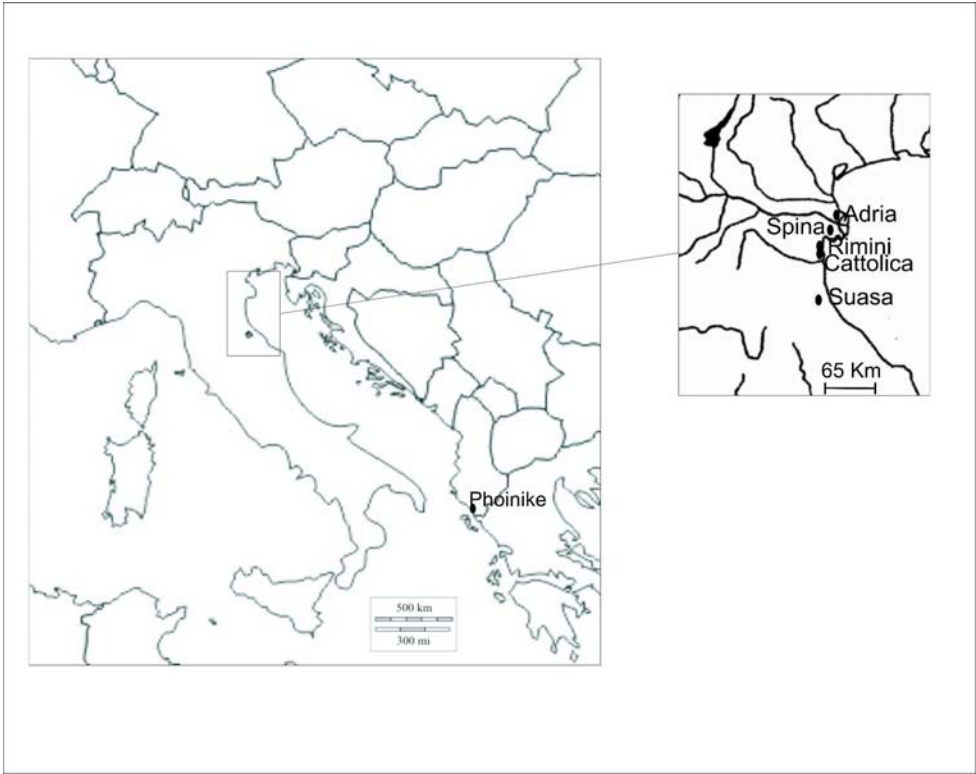


Figure 1: Geographic location of Italian sites (Cattolica, Adria, Rimini, Spina, Suasa) and of Phoinike site (Albania).

Review

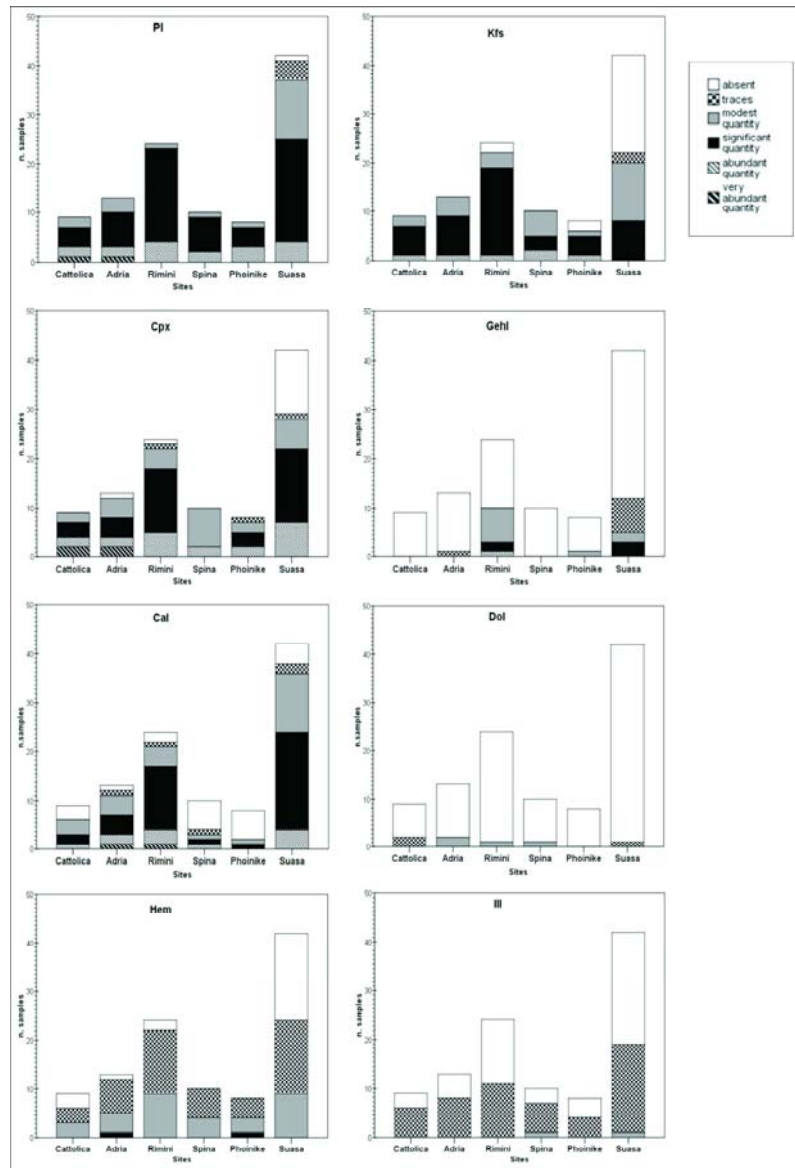


Figure 2: Figure showing the different quantities of the mineralogical phases observed in the diverse sites.
 Abbreviations: Qz=quartz; K-feld=K-feldspars; Plg=plagioclase; Cpx=clinopyroxene; Geh=gehlenite; Hem=hematite; Ill=illite; Cal=calcite; Dol=dolomite.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

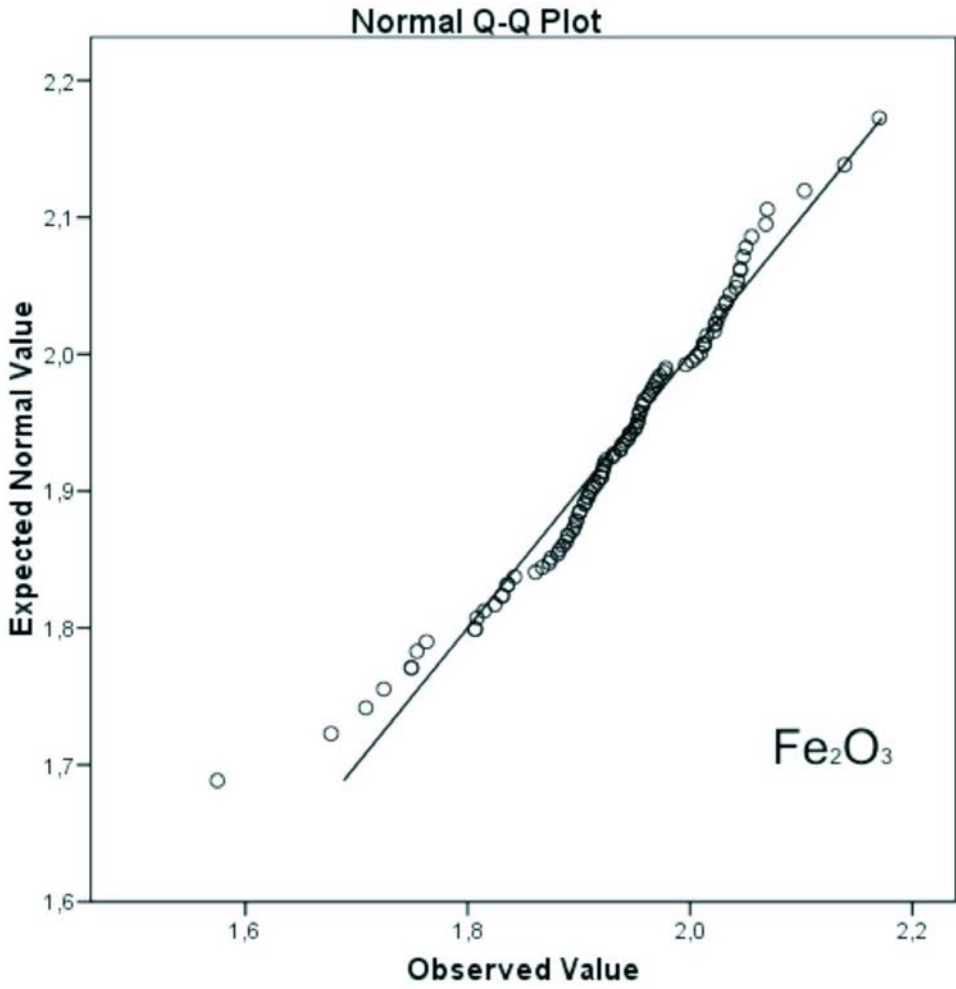


Figure 3: Q-Q plot of Fe₂O₃.

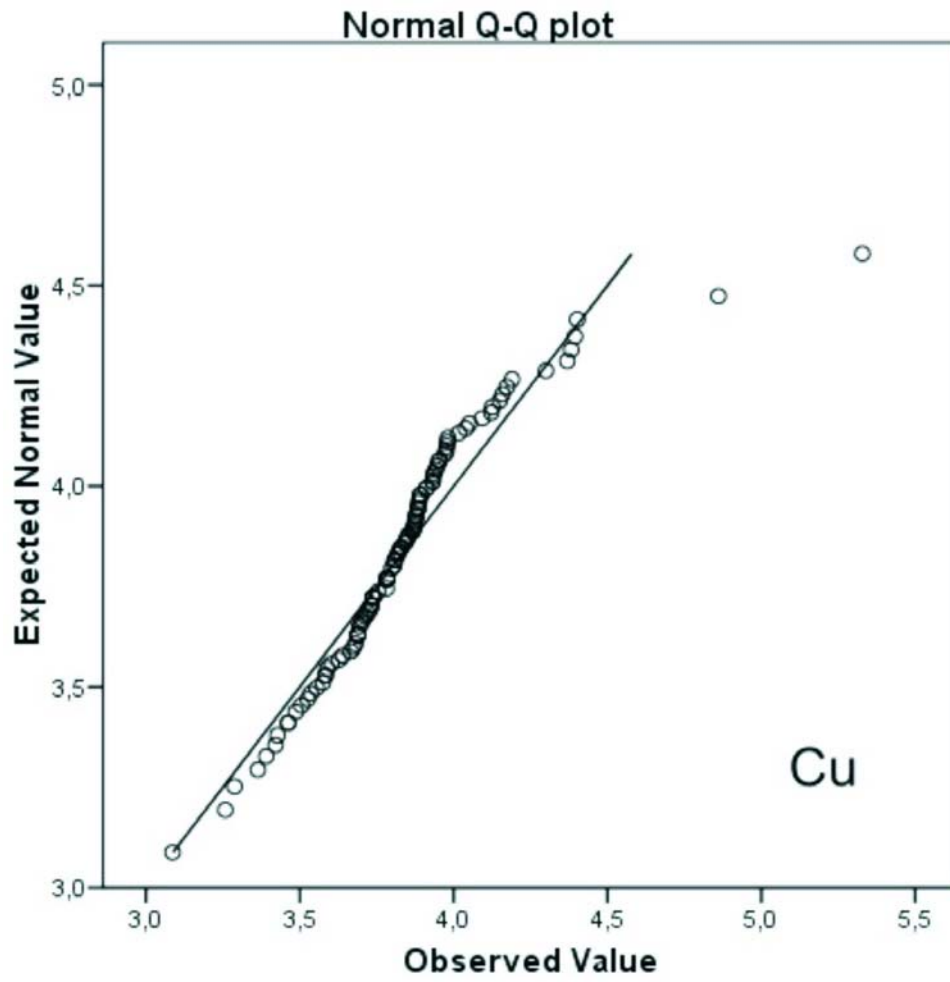


Figure 4: Q-Q plot of Cu.



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

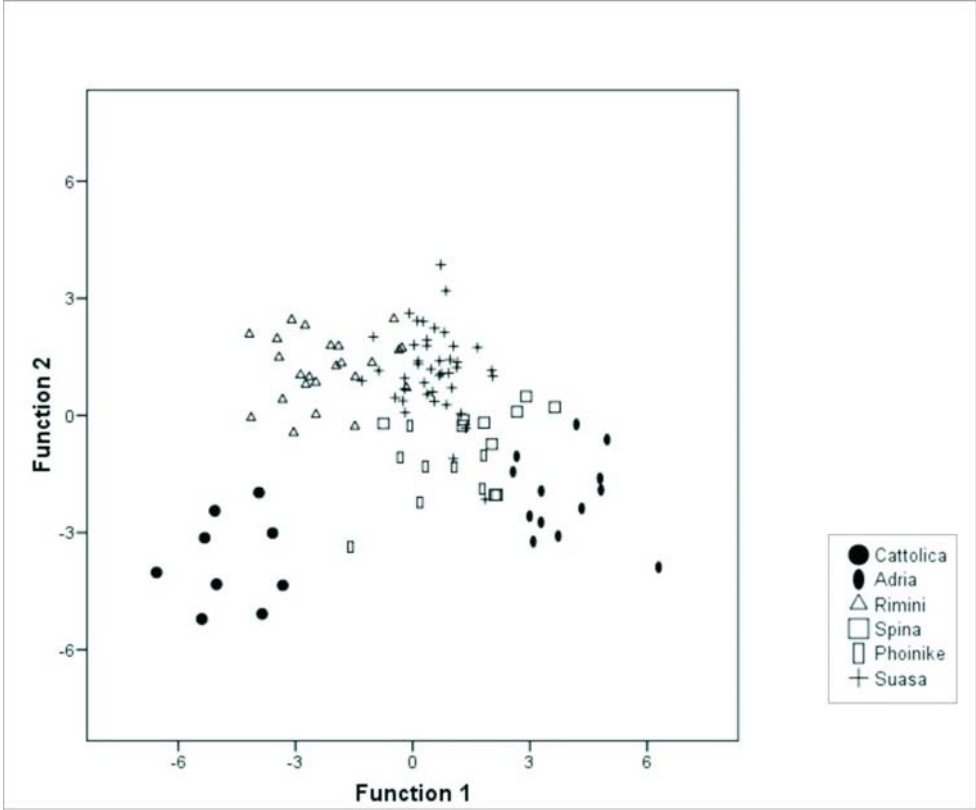


Figure 5: Diagram of the canonic functions of discriminant analysis of amphorae (function 1: 44,5 % of variance, canonic correlation 0,922; function 2: 23,0 % of variance, canonic correlation 0,863).

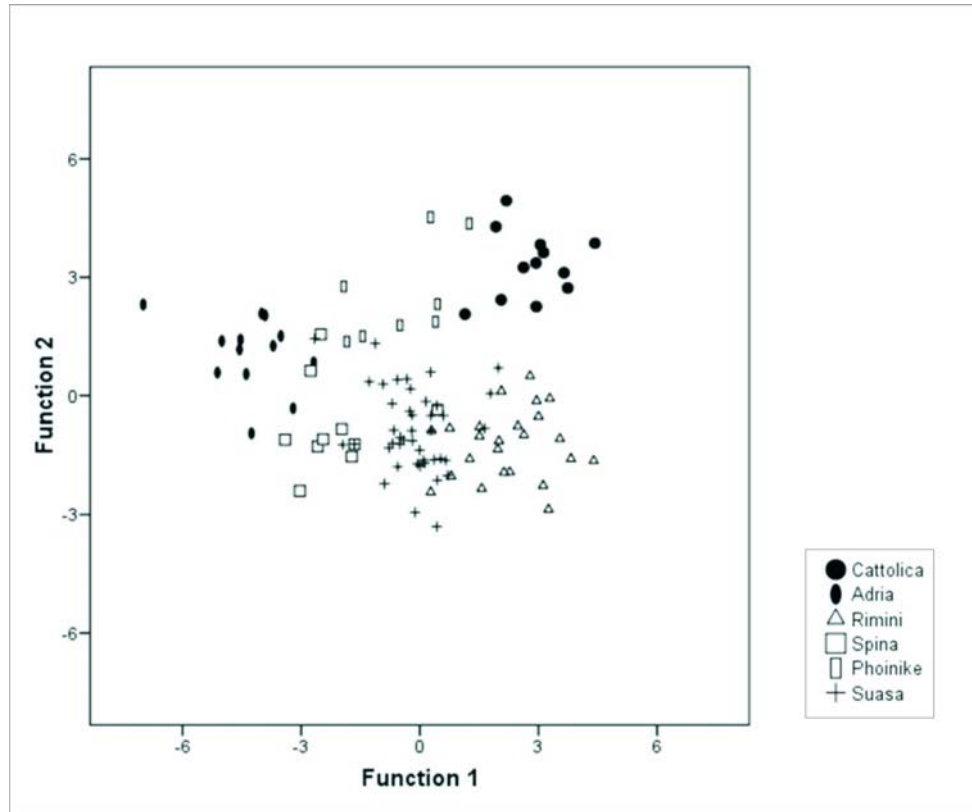


Figure 6: Diagram of the canonic functions of discriminant analysis of amphorae, raw materials of Cattolica and archaeological marker of Suasa (function 1: 43,3 % of variance, canonic correlation 0,911; function 2: 23,4 % of variance, canonic correlation 0,851).

Sites		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Sc	V	Cr	Co	Ni
Cattolica	M	53.20	0.81	15.38	7.02	0.17	3.32	12.52	1.29	2.15	24	105	151	20	120
	Sd	3.96	0.04	1.15	0.46	0.03	0.40	2.53	0.71	0.53	3	13	13	3	13
Adria	M	50.94	0.82	17.83	7.13	0.15	3.95	10.69	1.05	2.07	21	108	179	22	110
	Sd	7.28	0.06	1.39	0.61	0.03	0.66	5.07	0.34	0.34	4	17	38	3	30
Rimini	M	50.02	0.74	15.50	6.68	0.20	3.42	13.36	1.10	2.72	26	108	140	19	103
	Sd	5.24	0.06	1.47	0.68	0.10	0.74	4.68	0.25	0.41	8	14	17	3	26
Spina	M	55.49	0.83	17.77	6.96	0.12	3.66	6.99	1.33	2.52	17	120	164	20	88
	Sd	3.64	0.05	1.33	0.39	0.02	0.31	3.76	0.16	0.28	3	11	22	2	16
Phoinike	M	48.54	0.75	15.01	6.60	0.13	3.57	9.87	0.87	2.10	26	103	138	18	70
	Sd	17.78	0.27	5.24	2.40	0.05	1.79	3.99	0.36	0.71	9	37	48	6	31
Suasa	M	49.68	0.80	16.38	7.29	0.14	3.68	12.26	0.90	2.44	18	96	149	18	96
	Sd	1.89	0.04	0.80	0.41	0.02	0.40	1.46	0.17	0.30	2	9	20	3	5

For Peer Review

	Cu	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ba	La	Ce
1										
2										
3	46	97	103	619	33	184	15	578	40	78
4	7	15	18	145	3	17	2	66	5	8
5	46	97	80	309	27	165	16	489	41	83
6	16	19	21	104	4	39	4	38	4	8
7	59	117	136	488	32	168	16	838	39	70
8	27	18	17	190	5	45	3	417	7	12
9	34	100	115	256	32	221	17	428	39	81
10	11	14	19	111	4	23	4	31	6	13
11	38	105	89	293	27	186	19	748	36	71
12	14	36	32	99	9	72	7	454	13	24
13	45	102	108	333	26	165	17	664	39	73
14	5	10	18	64	6	17	3	241	5	12
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										
32										
33										
34										
35										
36										
37										
38										
39										
40										
41										
42										
43										
44										
45										
46										
47										
48										
49										
50										
51										
52										
53										
54										
55										
56										
57										
58										
59										
60										

For Peer Review

	Ct vs Ad	Ct vs Rn	Ct vs Sp	Ct vs Ph	Ct vs Su	Ad vs Rn	Ad vs Sp	Ad vs Ph	Ad vs Su	Rn vs Sp	Rn vs Ph	Rn vs Su
SiO ₂					0.05		0.03			0.02		
TiO ₂		0.02				0.00			0.01	0.00	0.00	
Al ₂ O ₃	0.00		0.00			0.00			0.00	0.00		
MnO						0.02				0.00	0.01	0.00
CaO			0.01					0.03		0.00		
Na ₂ O					0.01							
K ₂ O		0.00				0.00	0.01		0.00			0.04
Sc			0.02					0.00		0.00		0.00
V												
Cr						0.00			0.00			
Co									0.00			
Ni			0.03	0.00	0.00			0.01	0.01			
Cu										0.03		
Zn		0.00				0.00				0.00		0.00
Rb	0.05	0.00				0.00	0.00		0.00		0.00	
Sr	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00			0.03	0.00	0.01	
Y	0.00				0.00	0.01						0.00
Zr					0.04		0.00	0.00		0.00	0.03	
Nb				0.00				0.00			0.01	
Ba						0.01	0.00					
Ce									0.05			

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Sp vs Ph	Sp vs Su	Ph vs Su
	0.00	0.02
	0.00	0.00
	0.00	
	0.00	
	0.00	
	0.00	
0.00		0.00
	0.00	
	0.00	0.00
		0.03
0.03	0.00	
	0.01	

For Peer Review

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

		Classification Results(a)						
		Predicted Group						
		cattolica	adria	rimini	spina	phoinike	suasa	
Original	Count	cattolica	9	0	0	0	0	0
		adria	0	13	0	0	0	0
		rimini	0	0	21	0	0	3
		spina	0	1	0	9	0	0
		phoinike	0	0	0	0	8	0
		suasa	0	1	0	0	0	41
	%	cattolica	100	0	0	0	0	0
		adria	0	100	0	0	0	0
		rimini	0	0	87.5	0	0	12.5
		spina	0	10	0	80	0	0
		phoinike	0	0	0	0	100	0
		suasa	0	2.4	0	0	0	97.7

a 95,3% of original grouped cases correctly classified

Peer Review

1	
2	
3	
4	<hr/> <hr/> Total
5	cattolica
6	9
7	13
8	24
9	10
10	8
11	42
12	<hr/>
13	100
14	100
15	100
16	100
17	100
18	100
19	100
20	100
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	
41	
42	
43	
44	
45	
46	
47	
48	
49	
50	
51	
52	
53	
54	
55	
56	
57	
58	
59	
60	

For Peer Review

		Classification Results(a)						
		Predicted Group						
Original	Count	cattolica	adria	rimini	spina	phoinike	suasa	
	cattolica	12	0	0	0	0	0	
	adria	0	13	0	0	0	0	
	rimini	0	0	21	0	0	3	
	spina	0	2	0	8	0	0	
	phoinike	0	0	0	0	8	0	
	suasa	0	1	0	0	0	42	
	%	cattolica	100	0	0	0	0	
		adria	0	100	0	0	0	
		rimini	0	0	87.5	0	12.5	
		spina	0	20	0	80	0	
		phoinike	0	0	0	100	0	
		suasa	0	2.3	0	0	97.7	

(a) 94,5% of original grouped cases correctly classified

Peer Review

1	_____
2	_____
3	=====
4	_____
5	Total
6	12
7	13
8	24
9	10
10	8
11	43
12	_____
13	100
14	100
15	100
16	100
17	100
18	100
19	100
20	100
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	
41	
42	
43	
44	
45	
46	
47	
48	
49	
50	
51	
52	
53	
54	
55	
56	
57	
58	
59	
60	

For Peer Review

CAPITOLO 7

Conclusioni

Il presente studio può essere considerato preliminare ad una ricerca archeologica più approfondita: infatti tutti i dati raccolti tramite le analisi archeometriche sono una valida ed insostituibile base per lo studio archeologico volto ad approfondire le conoscenze su ogni sito preso in esame e sulle rotte commerciali in area adriatica.

Attraverso l'analisi mineralogica, petrografica e geochimica effettuata sui reperti in esame e grazie alle elaborazioni statistiche applicate ai dati geochimici, è stato possibile tracciare alcune ipotesi sulle caratteristiche produttive dei vari siti rispetto alle anfore greco italiche.

- Per le anfore rinvenute a Suasa si è potuto confermare le ipotesi archeologiche che distinguevano alcuni gruppi di reperti in base alla loro ipotizzata provenienza. Per esempio si sono riscontrate provenienze africane, rodiesi e adriatiche. Per quanto riguarda queste ultime, allo stato attuale delle conoscenze non si è però potuta individuare con maggiore precisione la distribuzione delle diverse aree di produzione. Si è appurato però con certezza che per la foggatura del corpo e delle anse veniva usato lo stesso tipo di impasto ceramico.
- Per le anfore ritrovate a Rimini, una prima analisi effettuata sui reperti ha evidenziato differenze composizionali (sia su base geochimica che mineralogica) tra gruppi di campioni: ciò porta ad ipotizzare una probabile diversa provenienza di alcuni di essi rispetto agli altri attribuiti alla produzione anforaria del sito.
- Il ristretto numero di anfore prelevate dallo scavo di Spina messe a disposizione dalla Sovrintendenza E.R. e la mancanza tra i campioni da analizzare di reperti considerabili marker di produzione locale, non ha prodotto risultati univoci sulla provenienza dei campioni stessi. Si è rilevato un differente chimismo in due manufatti, caratterizzati da una colorazione di impasto differente rispetto agli altri reperti: ciò fa supporre un diverso luogo di produzione o di approvvigionamento di materia prima rispetto alle restanti anfore ritenute spinesi.
- In quasi tutti i campioni analizzati provenienti dal sito di Adria è presente un impasto composto per metà da una matrice argillosa e per metà da uno scheletro quarzo-feldspatico, ad eccezione di un campione che presenta un'elevata percentuale di matrice rispetto allo scheletro. Come per l'appena citato caso di Spina, la scarsità del numero dei campioni messi

a disposizione e la mancanza di reperti di sicura produzione locale non permette di avvalorare con certezza le ipotesi archeologiche di produzione locale di questi manufatti.

- Per le anfore di Cattolica si è riconosciuto che l'impasto dei manufatti è composto da due diversi tipi di argille (una ricca ed una povera in calcite) mai completamente omogeneizzate tra loro nell'impasto. La roccia vulcanica ritrovata nello scavo non è stata sicuramente utilizzata per la fabbricazione dei ceramici, ma probabilmente, com'era in uso all'epoca, si ipotizza sia stata utilizzata per sigillare le anfore.
- Per alcune delle anfore rinvenute nel sito di Phoinike si è potuto confermare l'ipotesi archeologica di una produzione locale, grazie all'utilizzo e al confronto di campioni di riferimento sicuramente locali. Per quanto concerne gli altri campioni si conferma l'ipotesi di un'attività di importazione di anfore vinarie (greco-italiche, Lamboglia 2 e Dressel 6) dalle coste orientali dell'Adriatico, ipotesi confermata dal diverso chimismo di queste anfore rispetto ad anfore fabbricate in Grecia, solitamente caratterizzate da alti contenuti in Cr e Ni.

Il presente studio di dottorato ha avuto come scopo anche quello di tentare di ipotizzare una ricostruzione delle tratte commerciali in area adriatica. Per questo dei 183 manufatti ceramici analizzati e caratterizzati, sono stati scelti i 106 di riconosciuta certa provenienza adriatica e di tipologia prevalentemente greco italiana. I dati geochimici ottenuti su queste 106 anfore sono stati elaborati attraverso analisi statistiche multivariate (analisi della varianza, analisi discriminante) ed i risultati hanno permesso di affermare che:

- le anfore rinvenute nello scavo di Cattolica sono state prodotte in loco;
- l'ipotesi di una possibile produzione locale per le anfore appartenenti al sito di Adria ha una certa validità; questa ipotesi si potrà definitivamente confermare solo quando si riusciranno ad analizzare campioni di riferimento di produzione locale certa;
- per la maggior parte delle anfore riminesi si ipotizza una produzione locale, inoltre si può tentare l'ipotesi, già avanzata in precedenti studi (Mazzeo et al, 2000; Morandi et al, 2000), di un rapporto commerciale con il sito di Suasa;
- per la quasi totalità delle anfore riportate alla luce nello scavo di Spina si ipotizza una produzione locale non confermabile per l'assenza di campioni di riferimento. Inoltre si ipotizza un possibile rapporto commerciale con Adria;
- per le anfore adriatiche ritrovate a Phoinike si esclude una provenienza dagli altri siti presi in esame, ma allo stato attuale delle conoscenze non è possibile avanzare ipotesi sull'area di produzione di queste anfore, poiché lo studio archeometrico dovrà essere esteso ad altri siti del medio-basso Adriatico ;

- per i campioni del sito di Suasa si riconosce una sicura produzione locale. Una possibile relazione commerciale con il sito di Adria potrebbe essere ipotizzata sulla scorta delle evidenze tratte per un campione dall'analisi discriminante, mentre rimangono aperte le ipotesi di provenienze picene ed apule, per mancanza di riferimenti certi.

Appendice A

SUASA- ELENCO DEI TIPI ANFORICI NEI QUALI RIENTRANO LE ANFORE ANALIZZATE

ANFORE DI PRODUZIONE ITALICA: Area Adriatica

Lamboglia 2

Anfore vinarie prodotte nel versante adriatico, tra la fine del II e la fine del I secolo a.C. Spesso, quando la parte conservata si limita all'orlo, possono essere confuse con le "Dressel 6 A", che le sostituiscono agli inizi del I secolo d.C.

N campione	Descrizione
SU-39	Puntale
SU-55	Orlo
SU 56	Orlo (Lamb. 2/ Dr 6 A)
SU-57	Orlo (Lamb. 2)
SU-63	Orlo con bollo APICI
SU-69	Orlo (Lamb. 2/Dr 6 A) con bollo MARC
SU-75	Orlo con bollo MARA
SU-77	Orlo con bollo FE
SU-78	Orlo con bollo ATHE
SU-79	Orlo con bollo)OIL
SU-80	Orlo (Lamb 2/Dr 6 A) con bollo AGA
SU-81	Orlo con bollo TIM
SU-85	Orlo
SU-89	Orlo
SU-104	Orlo con bollo SOS(
SU-105 a	Orlo con bollo (A)RT
SU-105 b	Ansa pertinente a 105 a
SU-106	Orlo con bollo A(..)
SU-107	Orlo con bollo ART

Brindisine

Anfore olearie prodotte lungo la costa meridionale, ed in particolare nella penisola salentina, fra la fine del II e la fine del I secolo a.C.

N. CAMPIONE	DESCRIZIONE
SU-70	Ansa con bollo VE(..)
SU-72	Ansa con bollo DIOD
SU-76	Ansa con bollo AHOEMC

Dressel 6 A

Anfore vinarie prodotte nel versante adriatico, nel I secolo d.C. Spesso, quando la parte conservata si limita all'orlo, possono essere confuse con le "Lamboglia 2", dalle quali derivano.

N. CAMPIONE	DESCRIZIONE
SU-51	Orlo
SUB-62	Orlo con bollo VICARI
SUB-67	Orlo con bollo TROPO(FE)
SUB-68	Orlo con bollo SAFI P
SUB-71	Orlo con bollo BARNANE
SUB-73	Orlo con bollo SAFINIAE PICE(NTIS)
SUB-74	Orlo con bollo (VI)CARI
SUB-82	Orlo con bollo TROPOFE
SUB-83	Orlo con bollo ()OMV()
SUB-84	Orlo con bollo VICARI

Anfore a fondo piatto /fondo ad anello

Anfore vinarie prodotte in diverse regioni dell'area adriatica (area romagnola, probabilmente Marche) e centro-italica (valle del Tevere, valle dell'Arno, Sannio), venendo a sostituire gradualmente le Dressel 2-4 e le Dressel 6 A a partire dalla fine del I secolo d.C., fino alla metà del III secolo d.C.

N. CAMPIONE	DESCRIZIONE
SU-4	Orlo
SU-7	Orlo
SU-26	Orlo
SU-27	Fondo
SU-93	Fondo
SU-96	Orlo
SU-97	Orlo
SU-98	Orlo
SU-99	Orlo
SU-101	Orlo

Anfore greco-italiche tarde

Anfore derivanti dalle cd. greco italiche antiche, così definite perché considerate l'anello di congiunzione tra la produzione greca e quella romana. Venivano prodotte verosimilmente in Magna Grecia (sud italia) e Sicilia, ma le fornaci che le producevano sono state trovate finora solo in Etruria e in Campania. Periodo di produzione: fine III- II secl. a. C.

N. CAMPIONE	DESCRIZIONE
SU-91	Orlo

Dressel 2-4

Anfore vinarie prodotte in area centro-meridionale tirrenica (ma anche in Puglia, a Fellingine) tra la seconda metà del I secolo a.C. (secondo alcuni studiosi anche a partire dal II secolo a.C.) e la fine del I secolo d.C., caratterizzate da anse a gomito a doppio bastoncino.

N. CAMPIONE	DESCRIZIONE
SU-95	Orlo/collo/attacco ansa
SU-108	Parete da anf. intera

ANFORE DI PRODUZIONE AFRICANA

Fra i campioni uno solo è riferibile ad una forma. Gli altri, tutti riferibili a pareti, sono riferibili alla produzione africana sulla base dell'osservazione macroscopica degli impasti (argille rosse) e delle prime analisi effettuate:

Esemplari analizzati:

N. CAMPIONE	DESCRIZIONE
SU-2	Parete
SU-12	Parete
SU-13	Ansa
SU-14	Parete
SU-21	Parete
SU-23	Parete
SU-24	Parete
SU-92	Parete (collo)

Africana I (africana piccola)

Anfore olearie prodotte in area tunisina fra la metà del II e la fine del IV -inizi del V secolo d.C.

Esemplari analizzati a Suasa:

N. CAMPIONE	DESCRIZIONE
SU-100	Orlo

ANFORE DI PRODUZIONE ORIENTALE

ANFORE DI PRODUZIONE EGEO

Anfore prodotte nelle isole dell' Egeo a partire dal IV secolo a.C. e per tutta l'epoca imperiale e tardo imperiale. Dei tre esemplari databili al II secolo a.C. e comunque non oltre la prima metà del I secolo a.C., due sono riferibili con certezza alla produzione rodia, mentre uno (Sub-60) sembra essere stato prodotto a Coo (vd forma), per quanto il bollo sia ben noto a Rodi.

N. CAMPIONE	DESCRIZIONE
SUB-60	Ansa bollata

Anfore rodie

Anfore prodotte sull'isola di Rodi e generalmente bollate. Il bollo, situato sulle anse, spesso comprende anche la rosa, simbolo dell'isola, la cui presenza consente un'identificazione certa della provenienza dell'anfora da Rodi. Gli esemplari analizzati sono riferibili al II secolo a.C. Un esemplare (Sub-60), certamente egeo, è probabilmente attribuibile alla produzione rodia, su base epigrafica, essendo però morfologicamente affine alla produzione di Coo. Anch'esso databile nell'ambito del II secolo a.C.

N. CAMPIONE	DESCRIZIONE
SUB-59	Ansa bollata
SUB-61	Ansa bollata

Contentori monoansati

Contentori probabilmente prodotti nelle regioni orientali del Mediterraneo fra il I sec. a.C. e il VI sec. d.C. gli esemplari rinvenuti a Suasa si datano fra il II e il III secolo d.C.

N. CAMPIONE	DESCRIZIONE
SU-88	Parete

ANFORE “TARDE”

Rientrano in questa definizione le anfore databili genericamente ad età tardoantica e prodotte nelle aree orientali del mediterraneo. Due esemplari analizzati sono avvicinabili alle “Late roman 1” (LR1), prodotte lungo le coste della Siria e della Cilicia, in Caria, a Rodi e a Cipro. Degli altri, pertinenti ad anse e ad una parete, si suppone l’identificazione sulla base dell’osservazione macroscopica degli impasti.

N. CAMPIONE	DESCRIZIONE
SU-30	Ansa
SU-47	Ansa
SU-87	Parete costolata
SU-102	Parete (da forma definta: LR1)
SU-103	Parete (da forma definta: LR1)

ANFORE DI PRODUZIONE IBERICA

I tre esemplari analizzati, che morfologicamente sono riconducibili con certezza ad alcune produzioni della penisola iberica, sembrano avere argille differenti: una nella cluster è isolata dagli altri esemplari analizzati, mentre due rientrano nei gruppi 1 (assieme a numerosi esemplari africani) e 4 (gruppo delle italiche/adriatiche).

Beltran 2 A / Dressel 38 / Pelichet 46

Anfore da pesce prodotte nella Betica (Spagna meridionale) fra il I e gli inizi del II secolo d.C.

N. CAMPIONE	DESCRIZIONE
SU-86	Orlo

Almagro 51 C

Anfore prodotte nella Lusitania (Portogallo) fra il III e la prima metà del V secolo d.C.



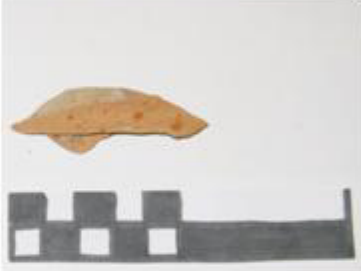


N. CAMPIONE	DESCRIZIONE
SU-53	Orlo (parete che attacca con orlo)
SU-54	Orlo bollato, con bollo SEXTI






ANFORE DI INCERTA IDENTIFICAZIONE






N. CAMPIONE	DESCRIZIONE
SU-40	Parete
SU-52	Orlo
SU-58	Parete (puntale)
SU-64	Parete da ansa bollata ICA
SU-90	Orlo
SU-94	Orlo






Appendice B



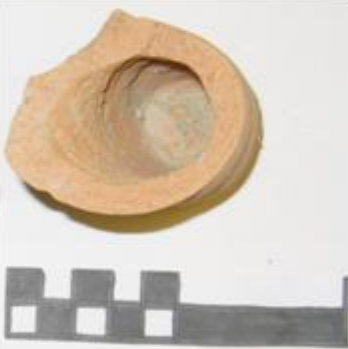

RIMINI- ELENCO DEI TIPI ANFORICI NEI QUALI RIENTRANO
LE ANFORE ANALIZZATE

Campione	Descrizione	Foto
RN-1	Greco italica	
RN-2	Greco italica	
RN-3	Greco italica	
RN-4	Greco italica	
RN-5	Greco italica	

Campione	Descrizione	Foto
RN-6	Greco italica	
RN-7	Greco italica	
RN-8	Greco italica	
RN-9	Greco italica	
RN-10	Greco italica	






Campione	Descrizione	Foto
RN-11	Greco italica	
RN-12	Greco italica	
RN-13	Greco italica	
RN-14	Greco italica	
RN-15	Greco italica	






Campione	Descrizione	Foto
RN-16	Greco italica	
RN-17	Greco italica	
RN-18	Greco italica	
RN-19	Greco italica	
RN-20	Greco italica	

Campione	Descrizione	Foto
RN-21	Greco italica	
RN-22	Greco italica	
RN-23	Greco italica	
RN-24	Greco italica	

Appendice C





SPINA- ELENCO DEI TIPI ANFORICI NEI QUALI RIENTRANO
LE ANFORE ANALIZZATE

Campione	Descrizione	Foto
SP-01	Greco italica	
SP-02	Greco italica	
SP-03	Greco italica	
SP-04	Greco italica	
SP-05	Greco italica	






Campione	Descrizione	Foto
SP-06	Greco italica	
SP-07	Greco italica	
SP-08	Greco italica	
SP-09	Greco italica	
SP-10	Greco italica	

Appendice D

ADRIA- ELENCO DEI TIPI ANFORICI NEI QUALI
RIENTRANO LE ANFORE ANANLLIZZATE





Campione	Descrizione	Foto
AD-01	Greco italica	
AD-02	Greco italica	
AD-03	Greco italica	
AD-04	Greco italica	





Campione	Descrizione	Foto
AD-05	Greco italica	
AD-06	Greco italica	
AD-07	Greco italica	
AD-08	Greco italica	



Campione	Descrizione	Foto
AD-09	Greco italica	
AD-10	Greco italica	
AD-11	Greco italica	
AD-12	Greco italica	
AD-13	Greco italica	






Appendice E







CATTOLICA- ELENCO DEI TIPI CERAMICI NEI QUALI RIENTRANO I MANUFATTI ANALIZZATI







Campione	Descrizione	Foto
CT-6	Roccia vulcanica	
CT-8 (int. est.)	Framm. di laterizio	
CT-18	Framm. di laterizio	
CT-10	Grumo vetrificato	

Campione	Descrizione	Foto
CT-11	Elemento da forno	
CT-12	Elemento da forno	
CT-13	Elemento da forno	
CT-14	Elemento da forno	

Campione	Descrizione	Foto
CT-21	Framm. di anfora greco italica	
CT-22	Framm. di anfora greco italica	
CT-23	Framm. di anfora greco italica	
CT-24	Framm. di anfora greco italica	
CT-25	Framm. di anfora greco italica	

Campione	Descrizione	Foto
CT-26	Framm. di anfora greco italica	
CT-27	Framm. di anfora greco italica	
CT-42	Framm. di anfora greco italica	
CT-43	Framm. di anfora greco italica	
CT-44	Framm. di vernice nera	






Campione	Descrizione	Foto
CT-32	Framm. di ceramica comune	
CT-50	Framm. di ceramica comune	
CT-54	Framm. di ceramica comune	
CT-38	Framm. di ceramica rozza	
CT-39	Framm. di ceramica rozza	
CT-45	Framm. di piede modanato	

Campione	Descrizione	Foto
CT-46	Framm. di piede modanato	
CT-47	Framm. di bacile	
CT-48	Framm. di ansa	
CT-49	Framm. di grande forno	
CT-51	Framm. di vaso	
CT-52	Framm. di fondo di coppa	

Appendice F






PHOINIKE- ELENCO DEI TIPI ANFORICI NEI QUALI RIENTRANO
LE ANFORE ANALIZZATE

Campione	Descrizione	Foto
PH-02	Parete di Corinzia B (ellenistica)	
PH-03	Parete di Corinzia A'	
PH-04	Parete di Corinzia B	
PH-05	Parete di Africana	

Campione	Descrizione	Foto
PH-06	Orlo di Greco-italica	
PH-08	Orlo di Corinzia A'	
PH-09	Ansa con bollo D	
PH-10	Collo di <i>Spatheion</i> (africana)	
PH-11	Parete	

Campione	Descrizione	Foto
PH-12	Collo di Ionica	
PH-14	Orlo di anforetta	
PH-15	Parete di Dressel 6A	
PH-16	Parete (prod. locale??)	
PH-17	Parete di Anfora egea	

Campione	Descrizione	Foto
PH-19	Orlo di Lambogia 2	
PH-22	Orlo di Anf. Adriatica	
PH-23	Orlo di Greco-italica/ Lamb.2	
PH-24	Parete di Greco-italica	
PH-25	Parete di Corinzia B ellenistica	
PH-26	Dolio	

Campione	Descrizione	Foto
PH-27	Laterizio	
PH-28	Laterizio	
PH-29	Orlo di Corinzia A	
PH-30	Orlo di Corinzia A	
PH-31	Parete di Corinzia A	

Appendice G

Grafico Q-Q Normale di SiO₂

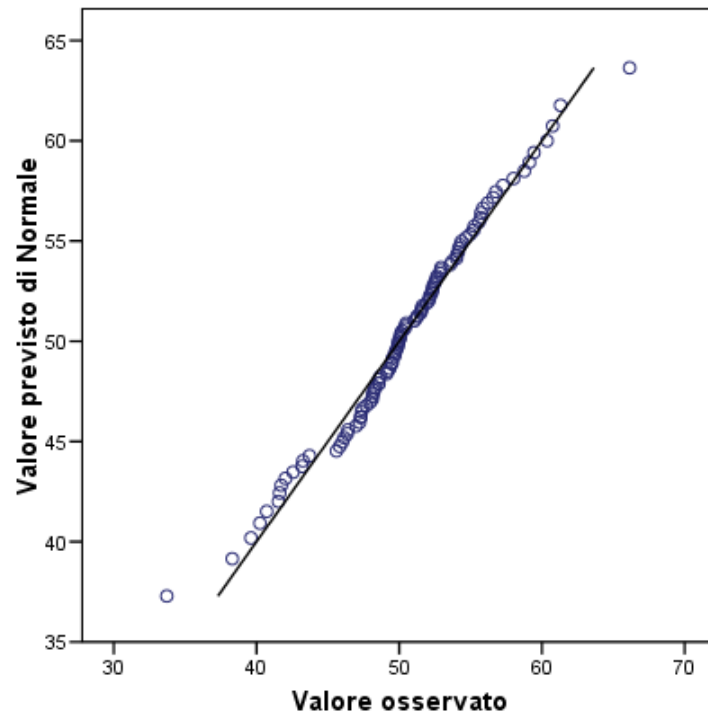


Grafico Q-Q Normale di TiO₂

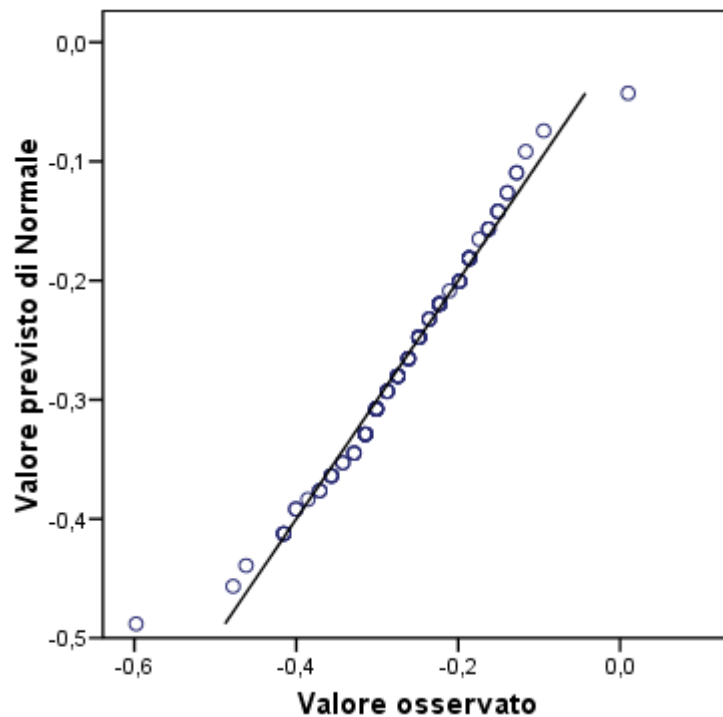


Grafico Q-Q Normale di Al₂O₃

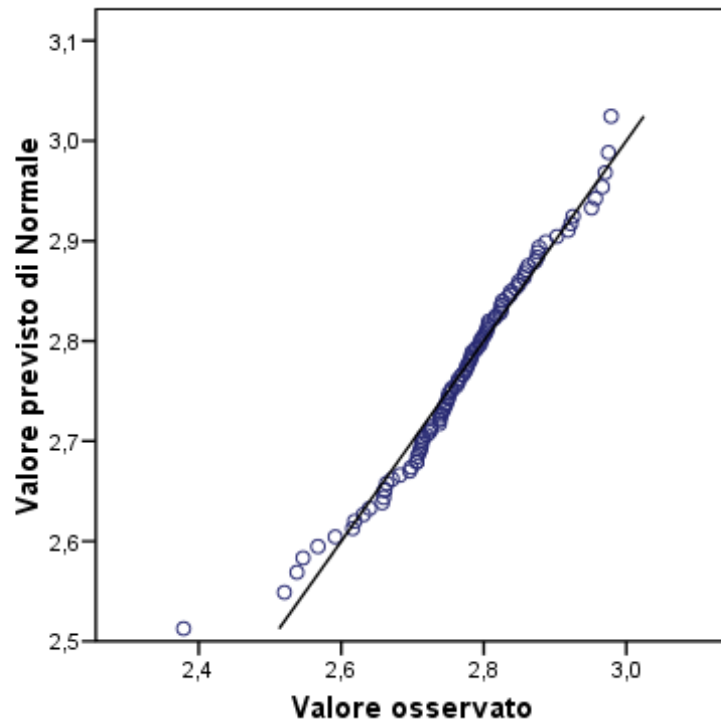


Grafico Q-Q Normale di MnO

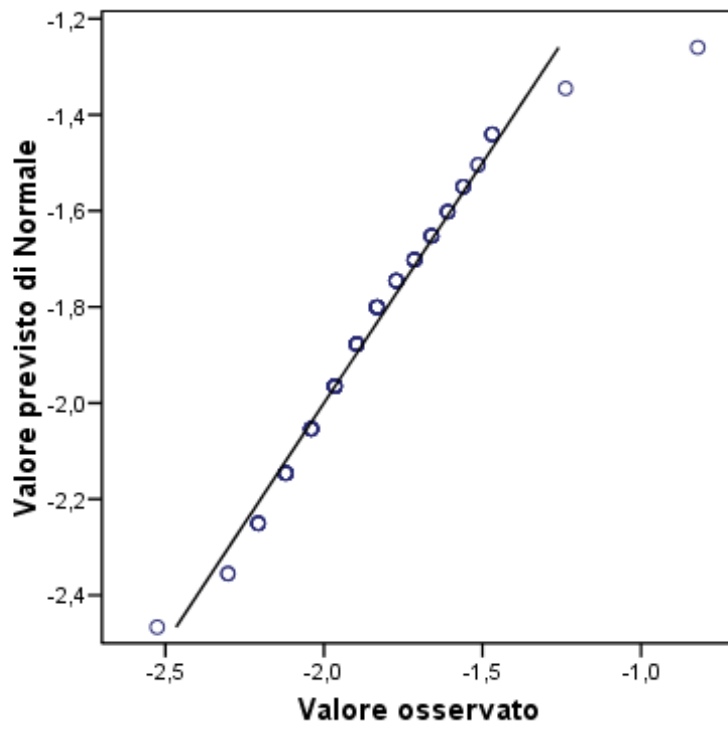


Grafico Q-Q Normale di MgO

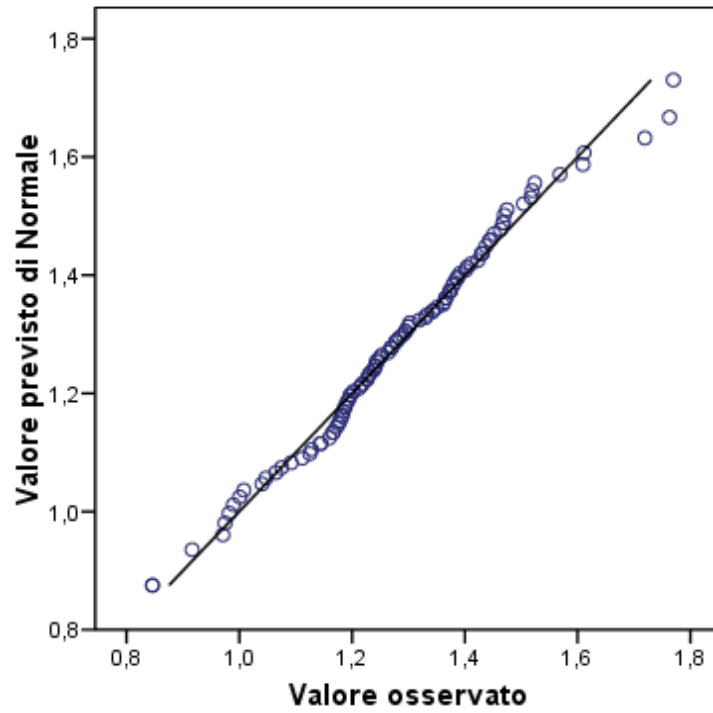


Grafico Q-Q Normale di CaO

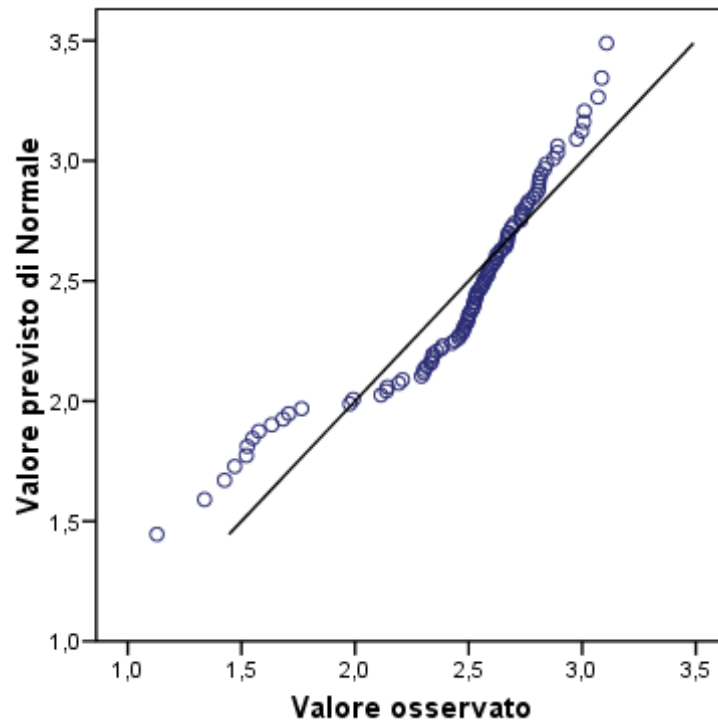


Grafico Q-Q Normale di Na₂O

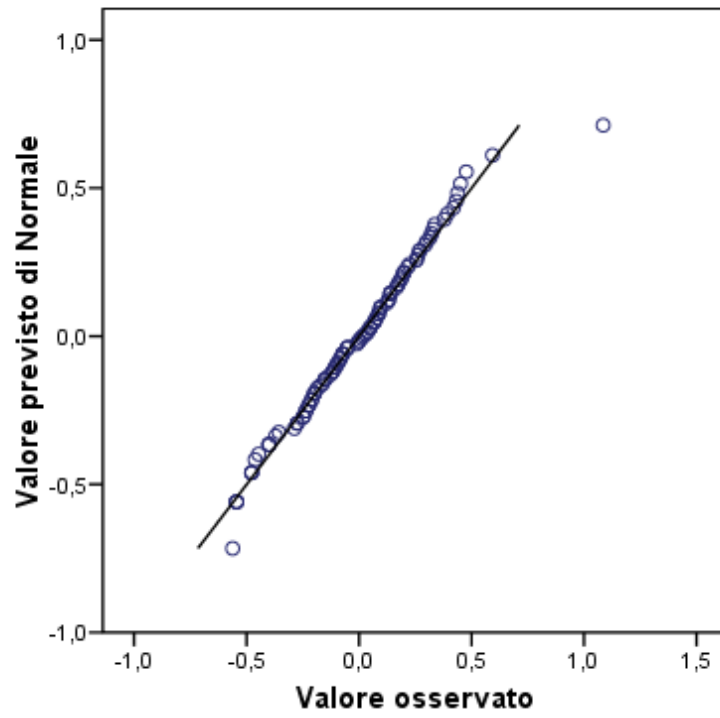


Grafico Q-Q Normale di K₂O

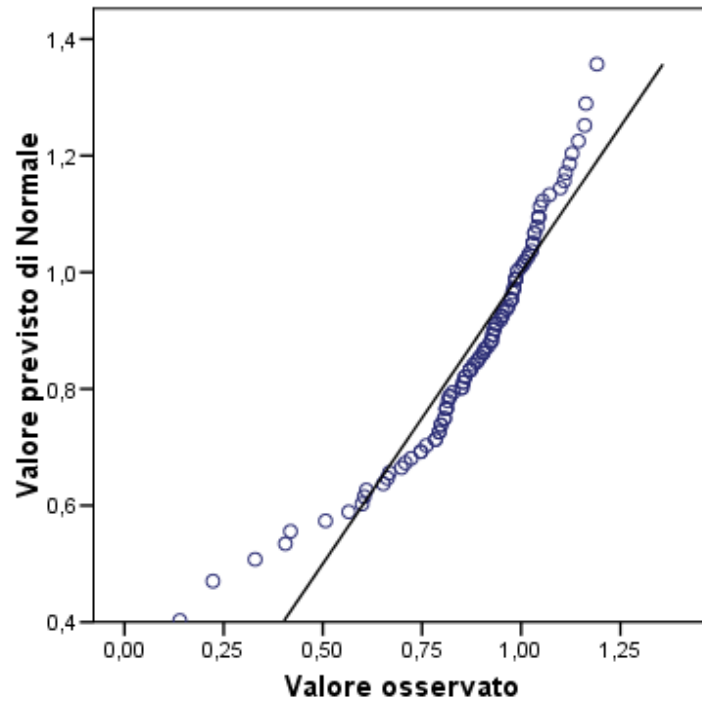


Grafico Q-Q Normale di Sc

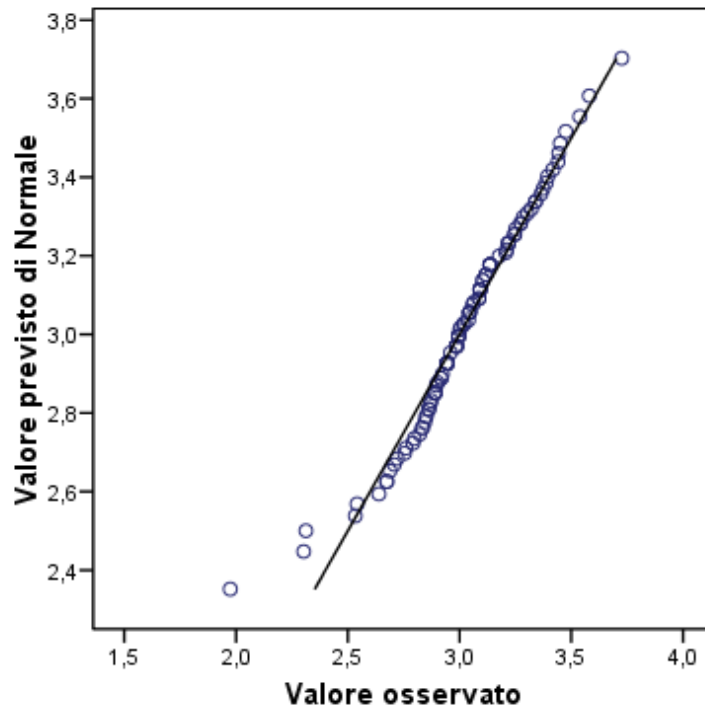


Grafico Q-Q Normale di V

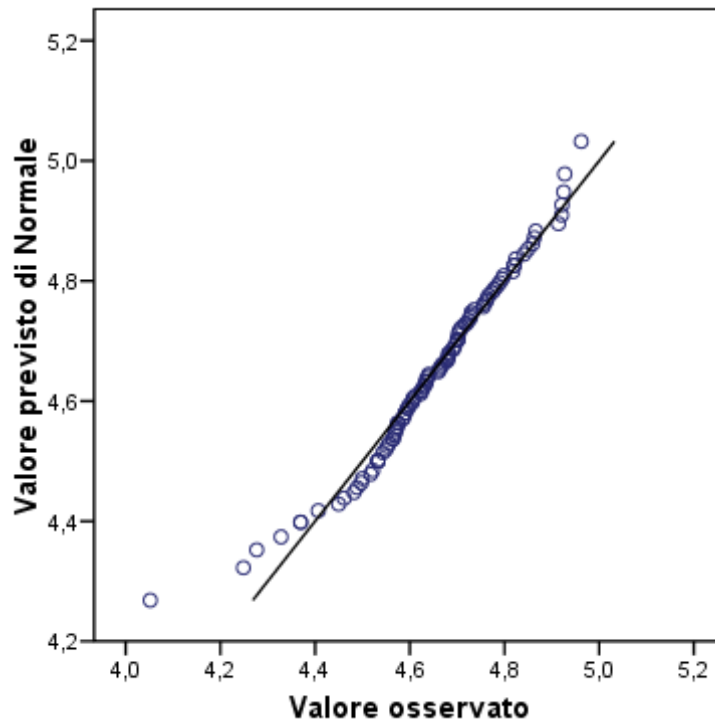


Grafico Q-Q Normale di Cr

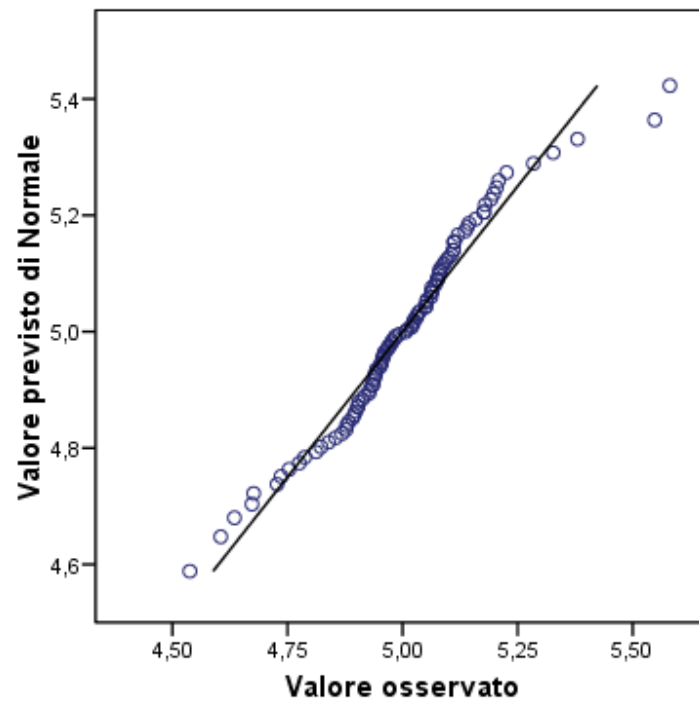


Grafico Q-Q Normale di Co

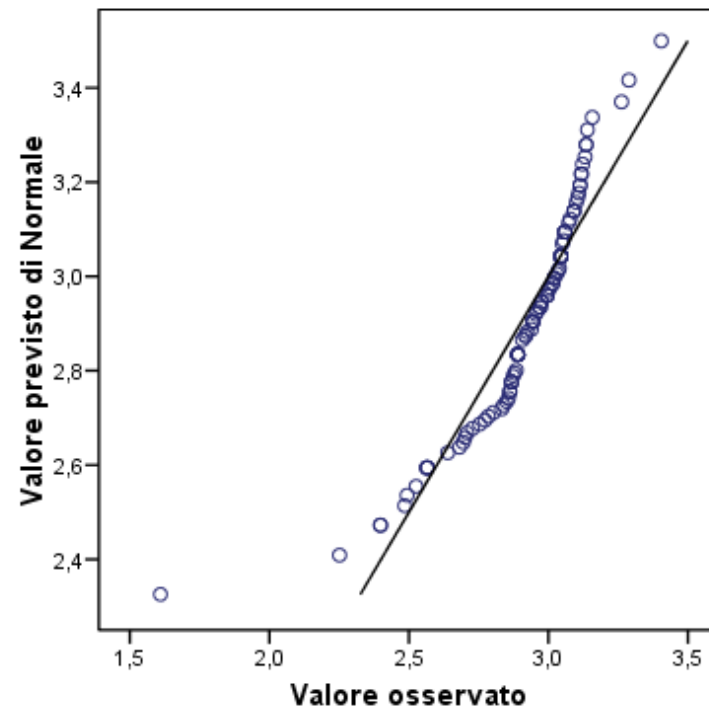


Grafico Q-Q Normale di Ni

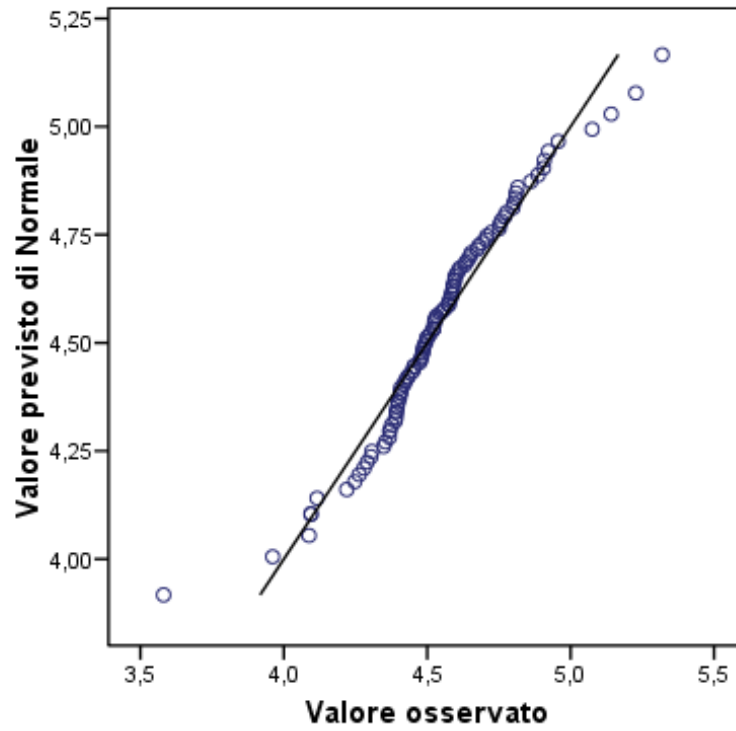


Grafico Q-Q Normale di Zn

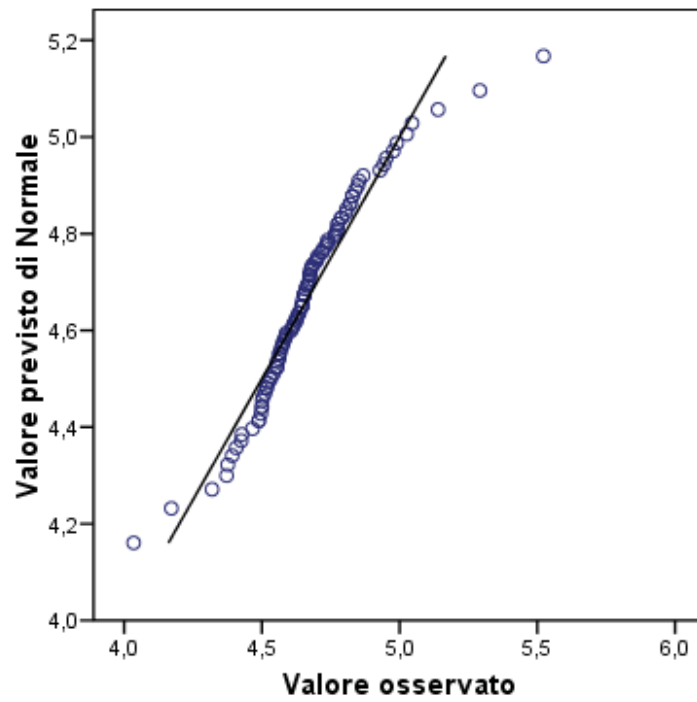


Grafico Q-Q Normale di Rb

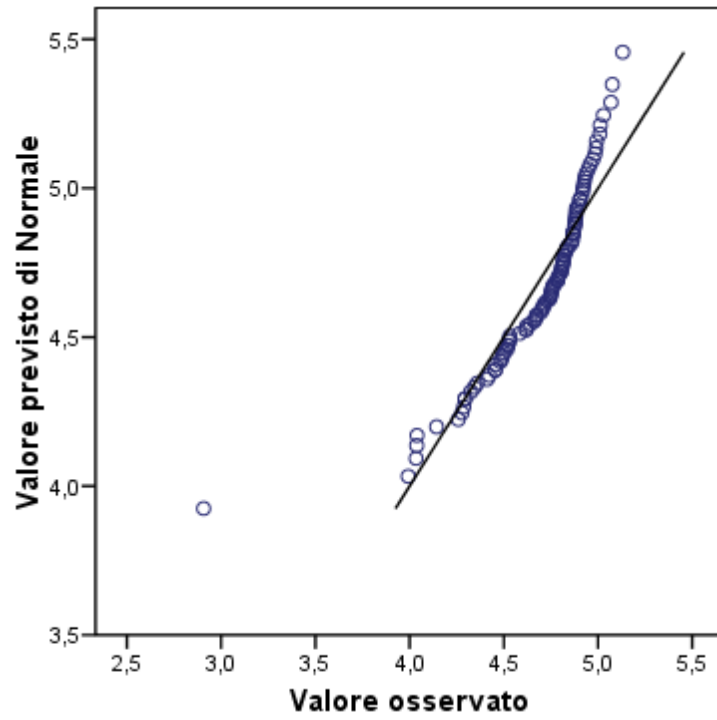


Grafico Q-Q Normale di Sr

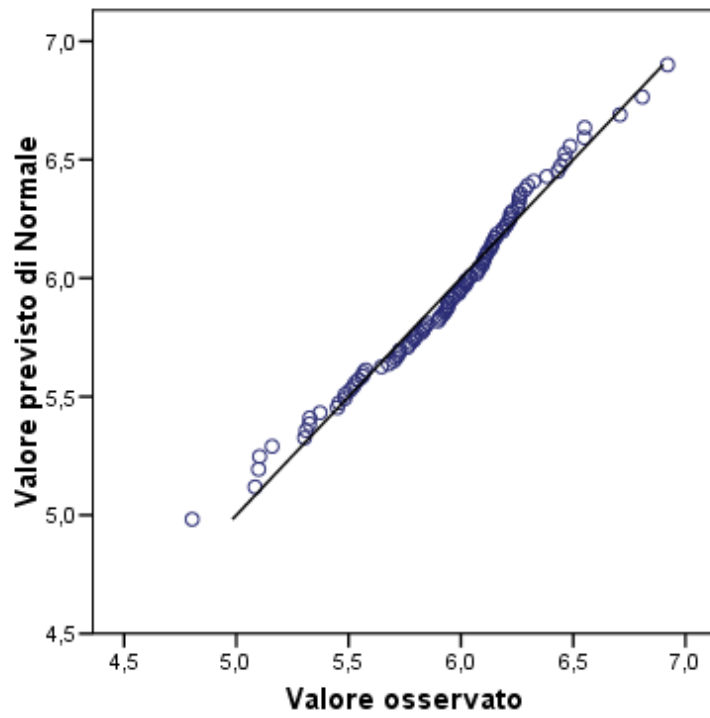


Grafico Q-Q Normale di Y

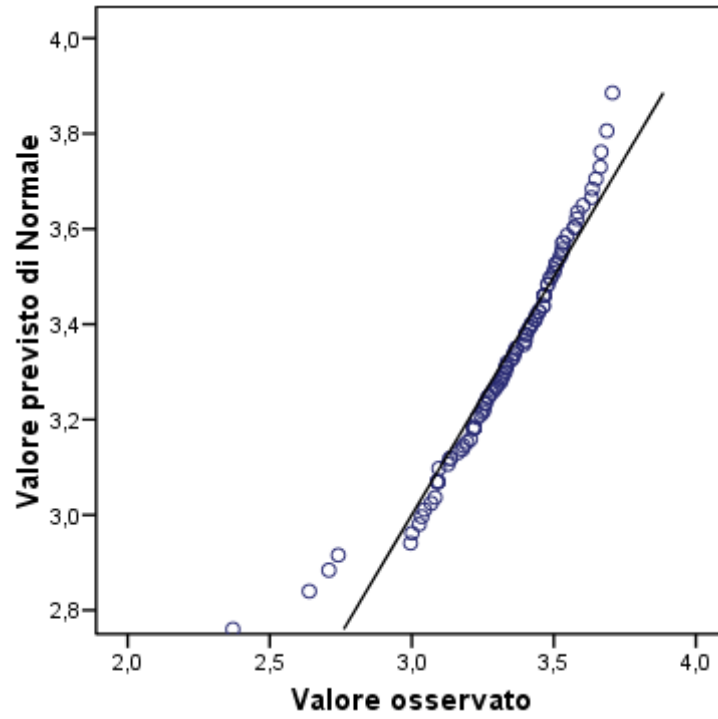


Grafico Q-Q Normale di Zr

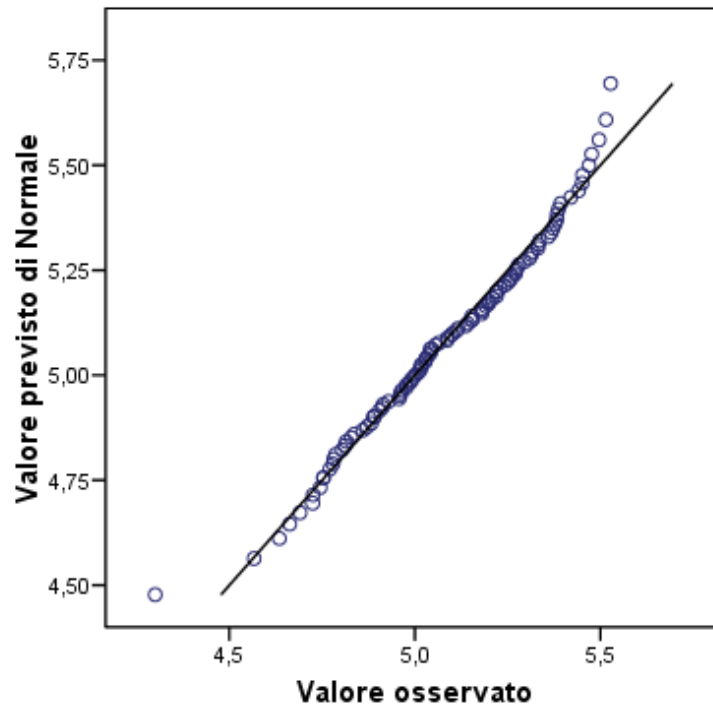


Grafico Q-Q Normale di Nb

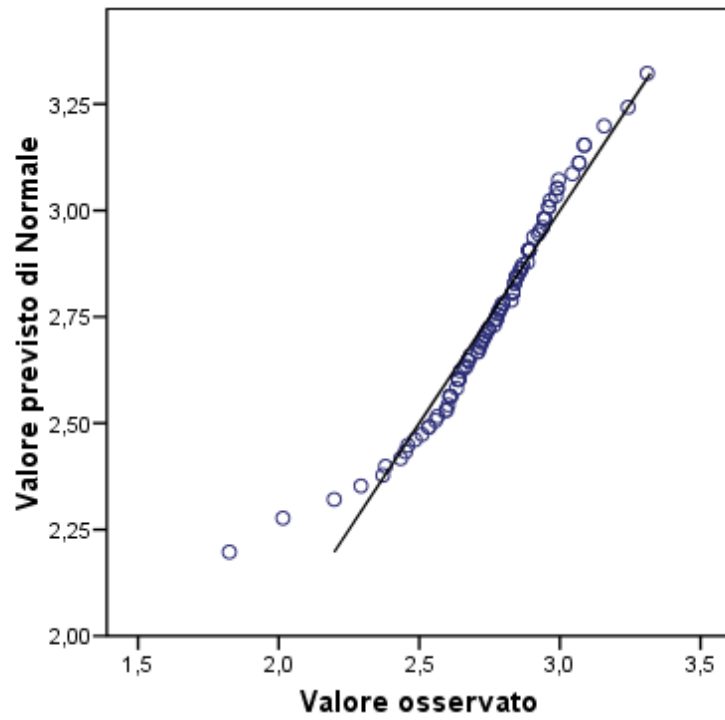


Grafico Q-Q Normale di Ba

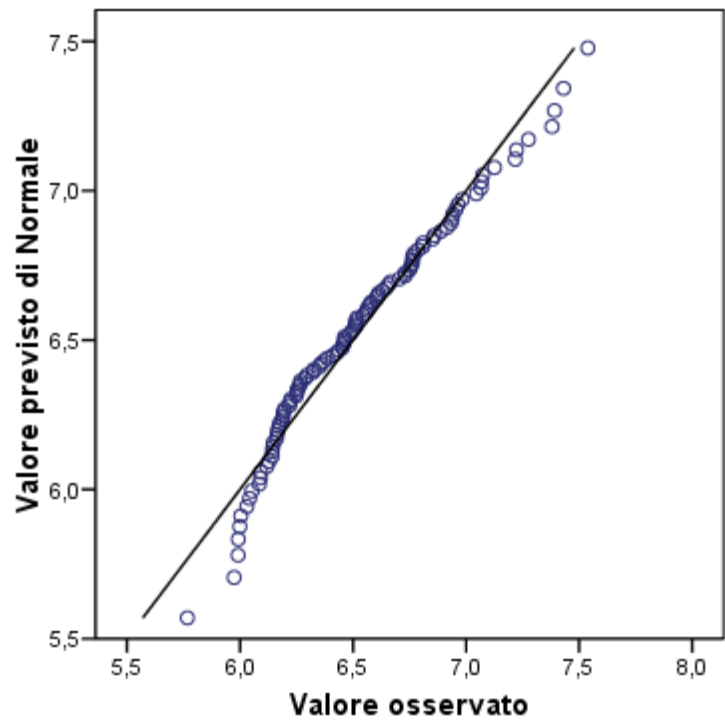


Grafico Q-Q Normale di La

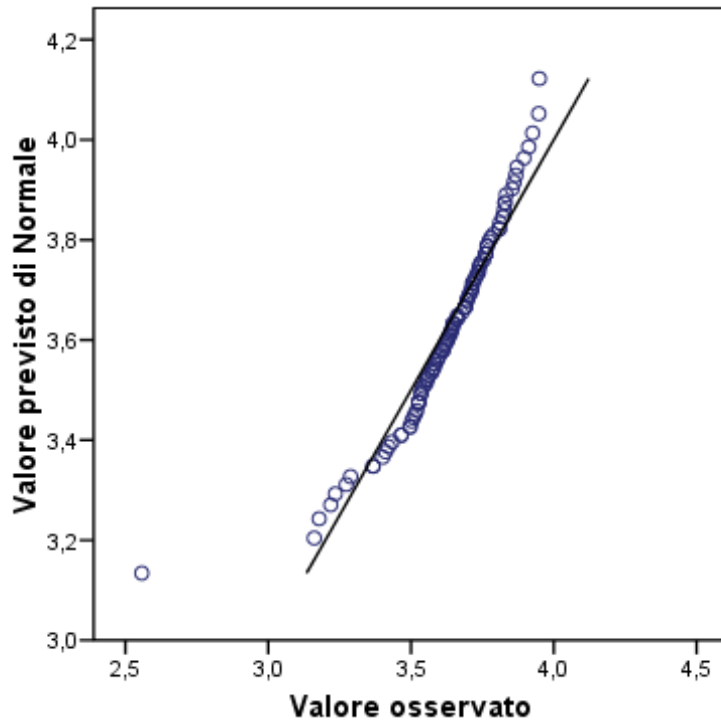
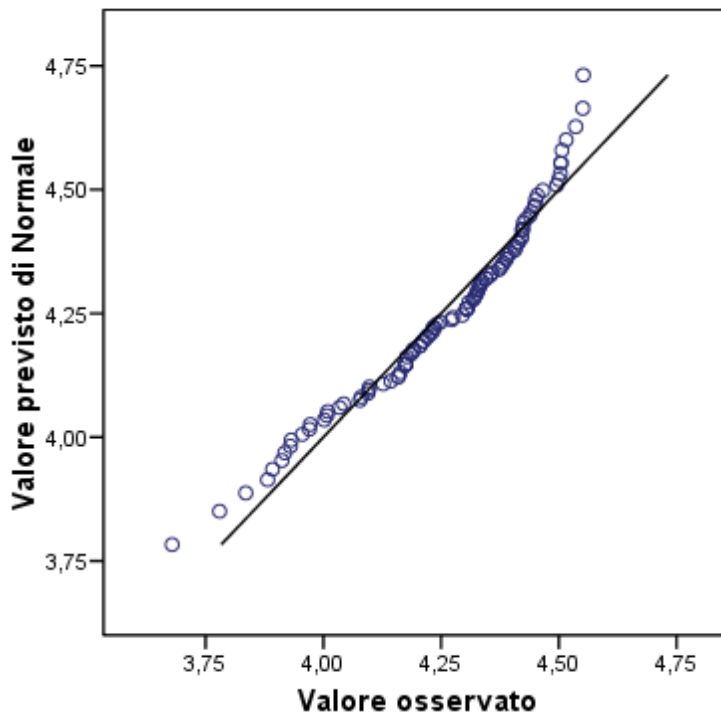


Grafico Q-Q Normale di Ce



BIBLIOGRAFIA

ARTIOLI et al. (2000) – Studio spettroscopico della tecnologia di cottura di ceramiche etrusche dagli scavi di Tarquinia. Atti del I Congresso Nazionale di Archeometria, Verona, 2-4 Dicembre 1999, 335-350.

BAXTER M. J. (1999) - Detecting multivariate outliers in artefact compositional data. *Archaeometry*, 41, 321-338.

BIANCHIN CITTON E., LECI S. T. e MAGRINI M. (1999) – Osservazioni archeometriche sul vasellame di scarto della prima età del ferro di Montebelluna (TV) – Via Monte Civetta. Atti VI Giornata Scienze della Terra e Archeometria, D'Amico e Tampellini (Eds.), 31-38.

CULTRONE G., RODRIGUEZ-NAVARRO C., SEBASTIAN E., CAZALLA O. e DE LA TORRE M.J. (2001) - Carbonate and silicate phase reactions during ceramic firing, *European Journal of Mineralogy*, 13, 621-634.

CUOMO DI CAPRIO N. e VAUGHAN S. (1993) – An experimental study in distinguishing grog (chamotte) from argillaceous inclusions in ceramic thin sections. *Archaeomaterials*, 7, 21-40.

CUOMO DI CAPRIO N (2008) - *Ceramica in archeologia 2: antiche tecniche di lavorazione e moderni metodi di indagine*. L'Erma di Bretschneider, Roma.

DE LUCA DE MARCO S. (1979) – Le anfore commerciali della necropoli di Spina. In *MEFRA*, 91, 2, 571-600.

DESANTIS P. (1991-1992) – Le anfore commerciali della necropoli di Spina-Valle Trebba, Ferrara 157-180.

DUMINUCO P., MESSIGA B. e RICCIARDI M.P. (1998) – Firing process of natural clay. Some microtextures and related phase compositions. *Termochim. Acta.*, 321, 185-190.

EVERITT B.S (1979) - Unresolved Problems in Cluster Analysis, *Biometrics*, 35, 169-181.

FABBRI B. (1996b) – Application of SEM/EDS analysis for studying ceramic materials of archaeological interest. In: *Advances in Clay Minerals, Proceedings of the Spanish-Italian Meeting, Granada, Spain, 19-21 Settembre 1996*, M. Ortega-Huertas, A. Lopez-Galindo and I. Palomodelgado (Eds.), *Sociedad Espanola de Arcillas*, 1996, 284-286.

FONQUERLE D. (1973) - Découverte d'un dispositif de signalisation de la navigation antique, in *Archeologia*, Paris, 64, 67-70.

FRANZINI M., LEONI L., SAITTA M. (1972) - A simple method to evaluate the matrix effects in X-ray fluorescence analysis. *X-Ray Spectrometry* 1, 151-154.

FRANZINI M., LEONI L., SAITTA M. (1975) - Revisione di una metodologia analitica per fluorescenza X basata sulla correzione completa degli effetti di matrice. *Rend. Soc. It. Miner. Petrol.*, 31(2), 365-378.

FREESTONE I.C. e MIDDLETON A.P. (1987) - Mineralogical applications of the analytical SEM in archaeology, *Mineralogical Magazine*, 51, 21-31.

GIULIANI C. F. (2006) - *L'edilizia nell'antichità*, Carrocci, Roma 2006

HARTIGAN J. A. (1975) - *Clustering Algorithms*. Wiley, New York.

HOCHBERG Y. (1988) - A sharper Bonferonni procedure for multiple tests of significance. *Biometrika*, 75, 800-803.

JOHNSON S.C. (1967) - Hierarchical clustering schemes, *Psychometrika*, 32, 241-254.

KILIKOGLU, V., MANIATIS, Y., e GRIMANIS, A. P. (1998) - The effect of purification and firing of clays on trace element provenance studies, *Archaeometry*, 30, 37-46.

LAUBENHEIMER F. (1991) - Les vides sanitaires et les amphores de la Porte d'Orée à Fréjus (Var), in *Gallia*, 48, 229-265.

LEONI L. e SAITTA M. (1976) - X-ray fluorescence analysis of 29 trace elements in rock and mineral standard. *Rend. Soc. It. Miner. Petrol.*, 32 (2), 479-510.

LEONI L., MENICHINI M., SAITTA M., 1986 - Determination of S, Cl and F in silicate rocks by X-ray fluorescence analyses. *X-Ray Spectrometry* 11, 156-158.

MAGGETTI M. (1982) - *Phase Analysis and its Significance for Technology and Origin*. *Archaeological Ceramics*, Smithsonian Institution, Washington, 121-133.

MARITAN L. (2002) – Studio archeometrico di ceramiche di tipo etrusco-padano dell'area veneta: indagini petrografiche, chimico fisiche e confronto con I risultati ottenuti da prove sperimentali di cottura di materiali argillosi. PhD Thesis, Padova University, 232 pp.

MARITAN L., NODARI L., MAZZOLI C., MILANO A. e RUSSO U. (2006) – Influence of firing conditions on ceramic products: Experimental study on clay rich in organic matter. *Appl. Clay Sci.*, 31, 1-15.

MAZZEO L., MORANDI N., NANNETTI M.C. (2000) - Ceramica a vernice nera di Ariminum: produzione locale, rapporti produttivi e commerciali in base allo studio morfologico e archeometrico- Atti del Convegno “produzione ceramica in area padana tra il II e il VII secolo d. C., 25-39, S.A.P., Desenzano

MINGUZZI V., MORANDI N., NANNETTI M.C., TRENTINI P., MATTIOLI C., MARCHESI M., TROCCHI T. (1995) - Caratterizzazione minero-geochimica di varie tipologie di "concotto" di età etrusca (Marzabotto, BO). *Miner. Petrogr. Acta*, 38, 219-227.

MIRTI P. (2000) – X-ray microanalysis disclose the secrets of ancient Greek and Roman potters. *X-ray Spectrometry*, 29, 63-72.

MORANDI N., NANNETTI M.C., MINGUZZI V., MONTI S., MARCHESI M., MATTIOLI C., DE SALVO F. (1996a) - Ceramics from etruscan city of Marzabotto: geochemical-mineralogical approach for identification of the origin and treatment techniques of the now material. *Advances in Clays Min.*, 292-294.

MORANDI N., NANNETTI M.C., MINGUZZI V., MONTI S., MARCHESI M., MATTIOLI C., DESALVO F. (1996b) - Ceramics from the etruscan city of Marzabotto: geochemical-mineralogical approach and connections with raw materials. *Miner. Petrogr. Acta*, 39.

MORANDI N., NANNETTI M.C., SABETTA T. (2000) - Studio minero-geochimico del rivestimento a “vernice nera” delle ceramiche romane di Suasa (AN) e di Rimini per ricostruire le tecniche di produzione. Atti del I Congresso Nazionale di Archeometria, 363-373, Patron, Verona.

MOSCATI P. (1987) - *Archeologia e Calcolatori*, Giunti Barbera, Firenze, 75-108.

NANNETTI M.C, MINGUZZI V, MORANDI N., MAZZEO L. (1995) - Parametri mineralogici e geochimici utili per la caratterizzazione e la distinzione in gruppi di provenienza di "terre sigillate" di Suasa (AN). *Museologia scientifica*, 12, 399-417.

NANNETTI M.C., SABETTA T. (2003) Le lucerne a canale di Suasa (Ancona). Primi risultati delle indagini archeometriche. *OCNUS*, 11, 25-34

OLCESE G. (1992) - Il contributo delle analisi di laboratorio allo studio e alla classificazione della ceramica in archeologia. In: *Archeometria della ceramica. Problemi di metodo. Atti VIII SIMCER*, Rimini.

OLCESE G. (1992) - Ceramica e archeometria:alcune riflessioni alla luce della situazione italiana. *Atti del I Congresso Nazionale di Archeometria, Verona, 2-4 Dicembre 1999*, 351-361.

PASQUINUCCI M. e MENCHELLI S. (1999) – The Landscape and Economy of the territories of Pisae and Volaterrae (coastal North Etruria). In: *Journal of Roman Archaeology*, 12, 1999, 122-141.

PETERS T. J. e IBERG R. (1978) – Mineralogical changes during firing of calcium-rich brick clays. *Am. Ceram. Soc. Bull.*, 57, 503.

PICON M. (1973) - Introduction à l' Etude technique des céramiques sigillées de Lezoux, Centre de recherches sur les techniques gréco-romaines, Lyon, 1-135.

RICCIARDI M.P., DUMINUCO P. e VECCHI L. (1978) – La ceramica comune nell'antica "Clastidium": studio archeometrico di corredi tombali della necropoli romana dell'area Pleba (fine I-III sec. D.C.). *Atti I Giornata Archeometria della Ceramica: Il contributo delle analisi archeometriche allo studio delle ceramiche grezze e comuni*, Bologna, Santoro e Fabbri (Ed.), 156-161.

RICCARDI M. P., MESSIGA B., e DUMINUCO P. (1999) – An approach to the dynamics of clay firing. *Appl. Clay Sci.*, 15, 393-409.

RODRIGUEZ-ALMEIDA E. (1974) – Sobre el uso del anforisco Cucurbitula, in *Mélanges de l'Ecole française de Rome. Antiquité*, 86, 813-818.

STIEVIANO L., BERTELLE M., FABBRI B. e CALOGERO S. (1996) – ⁵⁷Fe Mossbauer study of the firing temperature of Renaissance ceramics from Faenza. *Science and Technology for Cultural Heritage*, 5, 37-46.

STOPPIONI M. L. (2007) – Lo scavo di un impianto produttivo di anfore greco-italiche a Cattolica (RN): relazione preliminare. In *Le fornaci e le anfore di Albinia. Primi dati su produzioni e scambi dalla costa tirrenica al mondo gallico. Atti del seminario internazionale (Ravenna 2006)*, a cura di D. Vitali, Bologna, 189-198.

STOPPIONI M. L. (2008) – Anfore greco-italiche. In: *Vetus Litus Archeologia della foce*, a cura di Malnati L, Stoppioni M. L.- All'insegna del Giglio ed., *Quaderni di Archeologia dell'Emilia Romagna*, 22, 131-151.

TITE M. S. (1992)- The impact of electron microscopi on ceramic studies. In New developmentes in archaeological science. Pollard ed., Proceedings of the British Academy, 77, 111-131.

TITE M. S. e MANIATIS Y (1975) – Examination of ancient pottery using the scanning electron microscope. Nature, 257, 122-123.

TONIOLO A (2000) – Le anfore di Adria(IV - II secolo a. C.), Sottomarina.

VENIALE F. (1994) - Raw materials and manufacturing processes in ancient ceramic artefacts, 1th European workshop of archaeologic ceramics , Burrigato, Grubessi, Lazzarini, Roma, 55-72.

VITALI V. e FRANKLIN U.M. (1986) - New approaches to characterisation and classification of ceramics on the basis of their elemental composition. Journal of Archaeological Science, 13, 161-170.