



Associazione Italiana di Archeometria  
Metodi Scientifici per i Beni Culturali

in collaborazione con



Università degli Studi  
di Ferrara

TekneHub 

Tecnopolo di Ferrara  
Laboratorio TekneHub



INFN  
Sezione di Ferrara

Atti del

Convegno

La Scienza

per l'Arte

Contemporanea

Ferrara, Castello Estense, 1 - 4 Marzo 2011

a cura di Ferruccio Petrucci

Pàtron Editore  
Bologna



Associazione Italiana di Archeometria  
Metodi Scientifici per i Beni Culturali



Ferrara University

in collaboration with



Technopole of Ferrara  
TekneHub Laboratory



INFN  
Section of Ferrara

Proceedings of the  
Meeting  
Science  
for  
Contemporary  
Art

Ferrara, Castello Estense, 1<sup>st</sup> - 4<sup>th</sup> March 2011

editor Ferruccio Petrucci

Pàtron Editor  
Bologna, Italy

## Scientific committee

*Mauro Bacci*, IFAC-CNR, Firenze

*Gian Luca Garagnani*, University of Ferrara

*Anna Gueli*, University of Catania

*Marco Martini*, University of Milano - Bicocca

*Isabella Memmi Turbanti*, University of Siena

*Franco Palla*, University of Palermo

*Ferruccio Petrucci*, University and INFN - Ferrara

*Marcello Picollo*, IFAC-CNR, Firenze

*Sara Santoro*, University of Parma

*Elisabetta Starnini*, MiBAC - Archaeological Superintendence of Liguria

## Organizing committee

### *Coordination*

Ferruccio Petrucci

## Meeting secretary

Archaeometry Laboratory

Physics Department

Ferrara University

Via Saragat, 1

44122 Ferrara, Italy

E-mail [aiar2011@fe.infn.it](mailto:aiar2011@fe.infn.it)

Web page: [www.fe.infn.it/aiar2011](http://www.fe.infn.it/aiar2011)

### *Meeting Secretary – Ferrara University*

Fauzia Albertin

Lara Boselli

Eva Peccenini

Virginia Pellicori

Flavia Tisato

### *Web page*

Andrea Donati - INFN Ferrara

### *Cover graphic*

from a graphic idea by Luca Gavagna

[www.leimmagini.it](http://www.leimmagini.it)

### *Contact with companies*

Daide Tonet  CENTRO SERVIZI  
ARCHEOMETRIA

with the sponsorship of



with the involvement of



with the support of



Università degli Studi di Ferrara  
Dipartimento di Fisica



Comune  
di Cento



Provincia  
di Ferrara



Città di  
Ferrara



Comune di  
Comacchio



Fondazione  
De Chirico



Associazione per  
la Formazione



# TABLE OF CONTENTS

Preface

*F. Petrucci*

## INTRODUCTORY LECTURES

The Remo Brindisi House Museum

Il Museo Alternativo di Remo Brindisi

*L. Ruffoni*

Image diagnostics on some paintings of the Remo Brindisi collection

*E. Albertin, L. Boselli, E. Peccenini, V. Pellicori, F. Petrucci, F. Tisato*

**Keynote lecture:**

Plastics in modern and contemporary art: new materials, new approaches

*T. van Oosten*

## SCIENTIFIC PAPERS

Radiocarbon dating for contemporary art

*L. Caforio, M. E. Fedi, F. Petrucci*

**Session 3: Materials and artistic techniques**

Nanotechnology for the conservation of contemporary art

*A. Colombo, R. Simonutti, C. Beccaria, V. Mombrini*

**Session 4: Monitoring, maintenance and restoration**

Spettroscopia ottica non-invasiva per l'analisi di materiali plastici nell'arte contemporanea: il caso del polistirolo nell'opera "Cartoline" di Stefano Arienti.

*M. Bacci, L. Bigazzi, C. Cucci, M. Picollo*

**Session 2: Archaeometry of new art forms**

Aquazol 500. A possible "eco-compatible" alternative to animal glue fillers for restoration of polychrome painted objects. Stability tests – Part 2

*R. Calore, L. Frizza, M. Jaxa-Chamiec, L. Rizzonelli, N. Stevanato, F. Tisato*

**Session 4: Monitoring, maintenance and restoration**

Monitoring the degradation of plastic artifacts by dielectric spectroscopy

*R. Olmi, C. Cucci, S. Pieri, S. Priori*

**Session 4: Monitoring, maintenance and restoration**

Image spectroscopy for conservation and diagnostics of contemporary painting materials

*F. Albertin, L. Boselli, E. Peccenini, V. Pellicori, F. Petrucci, F. Tisato*

**Session 4: Monitoring, maintenance and restoration**

Ageing studies of modern paint materials by PY-GC/MS doubleshot technique

*V. Pintus, S. Wei, M. Schreiner*

**Session 4: Monitoring, maintenance and restoration**

A contribution to the identification of phthalocyanine pigments by non invasive analyses, with some note on hansa yellows

*S. Caglio, G. Poldi, S. Bruni*

**Poster Session 3: Materials and artistic techniques**

Caratterizzazione spettroscopica dei pastelli di Giorgio Kienerk

*S. Bracci, M. Picollo, A. Salvini, M. Sassoli, M. Vervat*

**Session 3: Materials and artistic techniques**

Polymers used as art materials as a source of volatile and semi volatile organic compounds (VOCS/SVOCS) in the environment of cultural institutions

*P. Schossler, T. Salthammer, M. Bahadir*

**Session 3: Materials and artistic techniques**

The palette of Columbano Bordalo Pinheiro (1857-1929): characterization of oil paint colors from his tubes

*A. M. Silva, D. Sanches, C. Montagner, M. Vilarigues, M. João Melo, M. Picollo*

**Session 3: Materials and artistic techniques**

The Semilunette in the Galleria Vittorio Emanuele II in Milan: an open study

*I. Marelli, M. Fratelli, C. Salsi, A. Tibiletti, M. Carozzi, V. Fossati, M. Fuggini, D. Morosi, A. Splendore, D. Fazzari, A. Traversi, G. Albanese, A. Leo, P. Cremonesi, A. Finozzi, D. Riggiardi, E. Signorini, A. Tumminello, S. Volpin, M. R. Massafra, M. Romanò, M. Bacci, M. Picollo, F. Petrucci, F. Tisato*

**Session 4: Monitoring, maintenance and restoration**

## CASE REPORTS

Pixe measurement on a painting by Pier Paolo Pasolini

*L. Caforio, M. E. Fedi, A. Migliori, D. Kunzelman*

**Poster Session 3: Materials and artistic techniques**

Non-invasive investigations of Filippo Franzoni's easel paintings

*G. Cavallo, F. Piquè, R. Carazzetti, E. Cattori*

**Session 2: Archaeometry of new art forms**

I materiali dell'architettura del Novecento. Studi e tecniche per la conservazione.

*R. Fabbri, K. Ambrogio, V. Balboni, G. Battistini, L. Bissi, A. Conforti, L. Rocchi*

**Poster Session 1: Diagnostics and conservation of contemporary architecture**

Contemporary persian *Haft rangi* tiles from technical view

*P. Holakooei, M. Mishmastnehi, C. Vaccaro, F. C. Petrucci*

**Poster Session 1: Diagnostics and conservation of contemporary architecture**

The murals of Calvi dell'Umbria, a painted town in central Italy. Analysis of the painting materials and preservation problems

*P. Baraldi, E. Della Monica, C. Pelosi*

**Session 2: Archaeometry of new art forms**

Fiemme Valley's graffiti: artistic expression in a pastoral landscape

*L. Toniutti, M. Bazzanella, F. Deflorian, A. Miotello, L. Pisoni*

**Poster Session 2: Archaeometry of new art forms**

Technical investigation on persian *Haft rangi* tiles in Safavid era

*P. Holakooei, F. C. Petrucci, R. Tassinari, M. Verde, C. Vaccaro*

**Poster Session 5: Architectural materials**

Analysis of the materials and authentication of a polychrome wood mask from Papua New Guinea

*P. Baraldi, A. Lo Monaco, F. Ortenzi, C. Pelosi, F. Quarato, L. Rossi*

**Poster Session 7: Other archaeometric activities**

Le anfore puniche di Entella (Sicilia centro-occidentale): analisi archeometriche finalizzate alla determinazione di provenienza

*G. Montana, A. M. Polito, M. Quartararo*

**Poster Session 6: Archeology**

Caratterizzazione microstrutturale di serie monetali appartenenti al Tesoretto di Alberone (sec. XV-XVI)

*C. Soffritti, S. Pepi, G. L. Garagnani, C. Vaccaro, M. T. Gulinelli*

**Poster Session 7: Other archaeometric activities**

Analisi archeometriche su un pavimento maiolicato del XV secolo (Ospedale dei trovatelli, Messina)

*G. Montana, L. Randazzo, M. F. La Russa*

**Poster Session 5: Architectural materials**

Identification of an unknown commercial black pigment in standard fresco using chemometry and instrumental chemical methods

*L. Campanella, T. Gatta, V. Mambro, M. Tomassetti, G. Visco*

**Poster Session 3: Materials and artistic techniques**

Study of conservative conditions of "great graffito" made by Rosario Murabito in Villa Ottolenghi (Acqui Terme, Alessandria - Italy)

*S. Bruni, M. R. Bovolenta, V. Finoli, M. Leis, C. Vaccaro, L. Volpe*

**Poster Session 3: Materials and artistic techniques**



# LE ANFORE PUNICHE DI ENTELLA (SICILIA CENTRO-OCCIDENTALE): ANALISI ARCHEOMETRICHE FINALIZZATE ALLA DETERMINAZIONE DI PROVENIENZA

G. Montana<sup>1</sup>, A. M. Polito<sup>1</sup>, M. Quartararo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dipartimento di Chimica e Fisica della Terra (C.F.T.A.) - Università degli Studi di Palermo

<sup>2</sup> Scuola di Specializzazione in Archeologia - Università degli Studi di Firenze

[giuseppe.montana@unipa.it](mailto:giuseppe.montana@unipa.it)

## 1. Introduzione

In questo lavoro vengono presentati i risultati ottenuti dalla caratterizzazione archeometrica di 21 anfore fenicio - puniche rinvenute nell'area abitativa dell'antico sito di Entella, nel territorio comunale di Contessa Entellina, PA (Fig. 1).

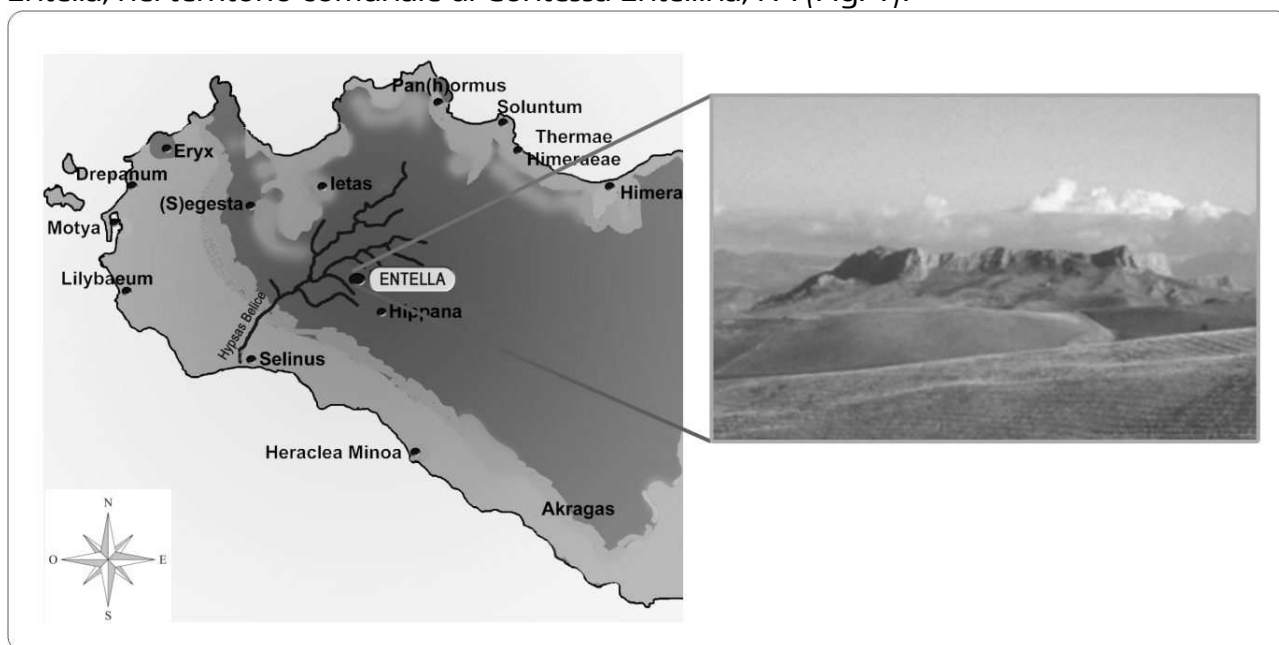


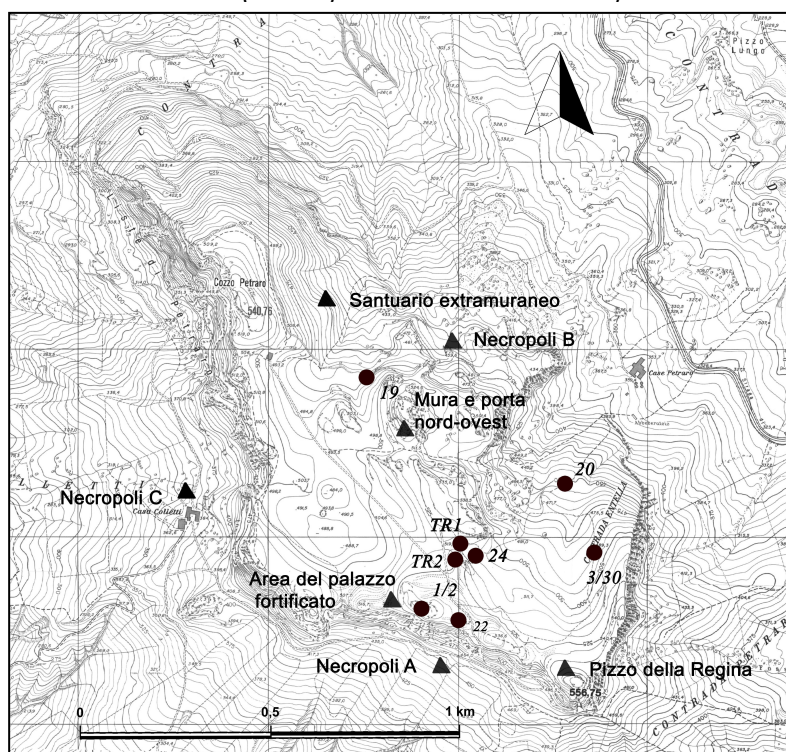
Fig. 1 Vista panoramica di Entella nel quadro della Sicilia occidentale.

Questa selezione è stata già oggetto di una più ampia analisi archeologica, applicata a tutti i materiali fenici, punici e di tradizione punica di differenti classi (con «ceramica di tradizione punica» intendiamo l'insieme di manufatti ceramici che si collocano cronologicamente dopo il 241 a. C.), alcuni dei quali presentano un corpo confrontabile con produzioni della Sicilia occidentale di centri fenicio - punico e che hanno morfologia "ibrida", ossia derivata dal contatto con le produzioni ceramiche greche (Toti 2002; Bechtold 1999). Le anfore oggetto di studio sono state enucleate dai materiali relativi agli scavi (Fig. 2) effettuati nella città tra il 1983 e il 2001 dal Laboratorio di Storia Archeologia e Topografia del Mondo Antico della Scuola Normale Superiore di Pisa LSATMA (De Vido et al., 2001; Quartararo c.d.s.).

La città, collocata su un rilievo gessoso a 557 m s. l. m. (Gennusa 1993) nell'area dei Monti Sicani, a est del ramo sinistro del fiume Hypsas (Belice) navigabile ancora alla fine del 1500 secondo Tommaso Fazello (T. Fazello 1558), ebbe nei secoli una grande importanza legata a tale posizione dominante sia sul sistema viario della parte occidentale della Sicilia,

sia sui collegamenti tra la costa settentrionale e meridionale della stessa, sia sui percorsi di comunicazione tra la parte orientale e occidentale dell'isola.

L'occupazione del sito dall'Eneolitico fino al 1245 d. C., sia pure con alcuni periodi di abbandono (De Vido, 2001; De Vido, 1993) e il suo essere uno dei più importanti centri indigeni della Sicilia occidentale (Spatafora, 1996), è documentato dai risultati delle indagini sistematiche condotte, a partire dagli anni ottanta e tutt'oggi in corso dal Laboratorio della Scuola Normale Superiore di Pisa (LSATMA) in collaborazione con la Soprintendenza BB.CC.AA. della Provincia di Palermo sia nell'abitato che nel territorio, e dalla sola Soprintendenza relativamente al Thesmophorion (Spatafora, 2004; Spatafora et al., 2003) in Contrada Petrarò (per gli anni successivi vedi "AA. VV. Annali Scuola Normale Superiore di Pisa", Classe di Lettere (ASNP) 2002, 2004 e 2010).



**Fig. 2** Aree di scavo su Rocca d'Entella. Sono indicati con "●" i saggi interessati dal rinvenimento di materiali anfóricos fenicio - punici rinvenuti tra il 1983 e il 2001; con "▲" il resto delle aree di scavo sottoposte ad indagine a partire dagli anni ottanta, alcune delle quali sono ancora in corso di scavo.

Lo studio archeometrico che si è intrapreso ha lo scopo di implementare non solo la banca dati già esistente sui centri di produzione della Sicilia centro - occidentale, ma anche di incrementare le informazioni sui rapporti economici e commerciali dei siti fenicio - punici presenti nell'isola.

In questo quadro Solunto (Alaimo et al., 1998; Alaimo et al., 2003; Alaimo et al., 2005; Montana et al., 2005), Mothya (Alaimo et al., 1997; Alaimo et al., 1998; Iliopoulos et al., 2002) e marginalmente Selinunte (Azzaro et al., 2006) sono i principali punti di riferimento come maggiori produttori di anfore in quel periodo, ma non esauriscono il panorama delle possibilità che altre città siciliane possano essere state, seppure in misura minore, centri di produzione.

## 2. Descrizione tipologica dei campioni analizzati e metodologie analitiche utilizzate

Il lavoro è stato articolato in diverse fasi: a) preliminare studio tipologico dei reperti, relativa analisi autoptica degli impasti e conseguente selezione dei campioni da sottoporre ad analisi di laboratorio b) studio minero - petrografico e chimico dei suddetti campioni.

La prima divisione in famiglie d'impasto è avvenuta mediante analisi macroscopica di tutti i reperti, osservati in frattura fresca. Per la lettura è stata utilizzata inizialmente una lente d'ingrandimento semplice per evidenziare le caratteristiche macroscopiche della pasta e in un secondo momento un microscopio (Leica MS5), con livelli di ingrandimento: x 10; 0.63; 1.6; 2.5; 4.0. (Orton et al., 1993 per il metodo di definizione e la descrizione del tessuto; Munsell, 2000 per la definizione del colore). Ciò è stato fatto al fine di individuare all'interno di tali famiglie esemplari di riferimento a cui poi riconnettere frammenti con caratteristiche d'impasto simili. Pur coscienti di quanto l'affidabilità di questo approccio sia fortemente influenzata dall'esperienza dell'osservatore e da un ineludibile grado di soggettività nel riconoscere tali somiglianze, è ormai condivisibile considerarlo a buon diritto uno step indispensabile a ogni successiva selezione delle ceramiche per analisi di laboratorio. I risultati della classificazione archeologica degli impasti e quelli tratti dalle analisi archeometriche sono da vedersi, dunque, come due approcci differenti ma complementari e ugualmente importanti.

Contestualmente a tale analisi, come di norma, è stato affrontato lo studio prettamente archeologico dei reperti. Nella tabella seguente (Tab. 1) si presenta un quadro tipologico e cronologico riassuntivo relativo agli esemplari oggetto di questo studio. Il corpus anforico preso in considerazione nella sua interezza, consiste di 105 frammenti di orli, puntali e anse, da cui sono stati poi selezionati i 21 campioni ritenuti più significativi per sottoporli alle presenti analisi.

Campioni	Tipologia Ramon - Docter	Cronologia su base tipologica
ANF 001	T-1.4.4.1.	V sec. a. C.
ANF 002	T-4.2.1.2.	IV sec. a. C.
ANF 003	T-4.2.1.7.	fine V- inizio IV sec. a. C.
ANF 004	T-3.1.1.2.	seconda metà dell'VIII sec. a. C. - ultimo terzo VII sec. a. C.
ANF 005	T-4.2.1.5.	IV- prima metà III sec. a. C.
ANF 006	T-4.2.2.7.	IV- III sec. a. C.
ANF 012	T-2.2.1.2./1.	fine V- prima metà IV sec. a. C.
ANF 013	T-1.4.5.1.	V sec. a. C.
ANF 020	T-1.4.4.1.	V sec. a. C.
ANF 026	T-4.2.2.7.	IV - III sec. a. C.
ANF 040	T-4.2.1.2./4.2.1.5./4.2.1.7	fine V- prima metà III sec. a. C. (±)
ANF 055	T-2.2.1.2./1.	fine V- prima metà IV sec. a. C.
ANF 061	T-4.2.2.7. (?)	IV - III sec. a. C.
ANF 067	T-1.4.5.1 o 4.2.2.6/7	V - III sec. a. C.
ANF 069	T-7.3.1.1.	fine III (?) - prima metà II sec. a.C.
ANF 074	T-2.2.1.2./1.	fine V- prima metà IV sec. a. C.
ANF 084	T-7.4.2.1/3.1.	prima metà II sec. a.C.
ANF 085	T-4.2.2.6.	fine V- prima metà IV sec. a. C.
ANF 087	Karthago 1A2/A3-Karthago 2	VI sec. a. C.
ANF 100	T-7.4.2.1/3.1. (?)	prima metà II sec. a.C.
ANF 103	T-2.2.1.2./1.	fine V- prima metà IV sec. a. C.

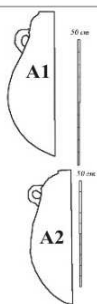
Tab. 1 Tabella referenziale con identificativo campione, referenza tipologica e indicazione cronologica su base tipologica.

I dati relativi alla morfologia e alla cronologia dei tipi sono stati espressi in accordo con alcune delle più recenti pubblicazioni a riguardo (Ramon Torres, 1995; Docter, 2007). La nomenclatura proposta da J. Ramon Torres, pur non essendo particolarmente recente, è molto usata dagli archeologi perché permette un'immediata correlazione dei reperti anche tra siti differenti. Inoltre la struttura aperta della classificazione tipologica di Ramon permette un facile e continuo aggiornamento con l'inserimento di nuovi tipi (come nel caso del T-4.2.2.7).

Di seguito vengono sinteticamente descritte le caratteristiche dei tipi anforici in cui rientrano i campioni analizzati (Fig. 3). Per i dati di diffusione ci si è riferiti, a titolo d'esempio, ad alcuni tra i più recenti contributi presenti nel volume di J. Ramon (Bechtold 2008 a e b; Bechtold 2011; Castiglione-Oggiano c.d.s.; Carbonara 2005).

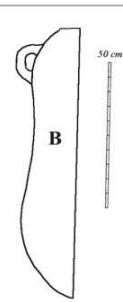
**Karthago 1 A2-A3/ Karthago 2 (A1, A2)**

Sotto questa nomenclatura ricadono molti tipi Ramon (Docter, 2007), accomunati da orlo a corto labbro verticale con faccia interna rigonfia ed esterna abbastanza verticale; collo assente. Le caratteristiche morfologiche del frammento campionato lo avvicinano forse di più al tipo T-10.2.1.2. Prodotto secondo Ramon a Cartagine (?) e qui diffuso (?).



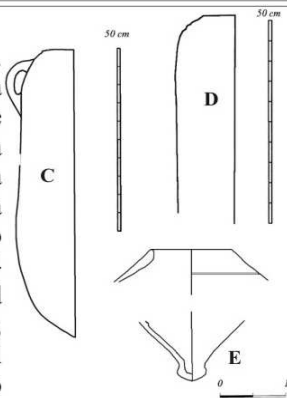
**T-1.4.4.1. (B)**

Anfore a corpo biconvesso con orlo ingrossato, inclinato verso l'interno, derivato dall'ispessimento della spalla ma distinto da questa; fondo tendenzialmente ogivale; anse subcircolari. Prodotte secondo Ramon in Sardegna. Diffuse in Sicilia occidentale e Sardegna meridionale.



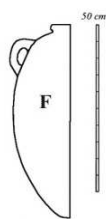
**T-1.4.5.1. (C); T-4.2.2.6. (D)/T-4.2.2.7. (E)**

I tipi 6 e 7 della serie 4 si considerano evoluzione morfologica del tipo 1 della serie 1. Quest'ultimo ha corpo convesso su fondo ogivale, orlo molto inclinato verso l'interno, a sezione ovoidale poco allungata, labbro esternamente ribattuto non molto ampio; anse subcircolari. Prodotto secondo Ramon a Mozia (?). Diffuso in Sicilia, in Tunisia e a Corinto. Il T-4.2.2.6 si distingue dal precedente per l'orlo con labbro più allungato, a faccia esterna ribattuta molto più ampia. Il tipo è già stato rinvenuto ad Entella (Corretti-Capelli 2003). Prodotto secondo Ramon in Sicilia occidentale. Qui diffuso oltre che sulla costa tirrenica della penisola, nel sud della Sardegna e a Corinto. Il T-4.2.2.7. (Greco 1997) se ne distingue per l'orlo con labbro a faccia esterna  $\pm$  concava ed interna convessa molto allungato verso l'alto; un netto solco lo distingue dalla spalla; fondo a volte cilindrico, altre a semplice appendice semicircolare e rare volte piano. Il tipo è già noto ad Entella (Corretti-Capelli 2003). Prodotto secondo C. Greco a Solunto ed esportato in Sicilia occidentale e sulla costa tirrenica della penisola.



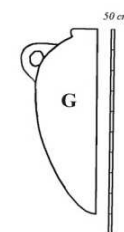
**T-2.2.1.2./1. (F)**

Anfore a corpo ovoidale con orlo verticale a sezione arrotondata o leggermente squadrata, impostato sul corpo o su un corto collo a profilo convesso; anse  $\pm$  subcircolari. Piede ovale o a profilo aperto. Prodotte secondo Ramon in Tunisia, Sicilia occidentale e Malta (?). Diffuse nel Mediterraneo centrale e in Spagna.



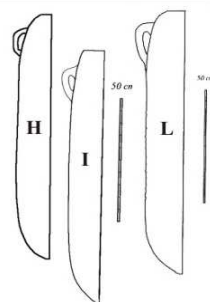
**T-3.1.1.2. (G)**

Anfore a corpo ovoide su fondo ovale; orlo rigonfio e arrotondato impostato sulla spalla convessa con lieve scanalatura a separarlo da essa; anse subcircolari. Prodotte secondo Ramon a Mozia e Cartagine (?). Diffuse nel Mediterraneo centrale e nel sud della Spagna (Toscanos).



**T-4.2.1.2. (H)/ 4.2.1.5. (I)/ 4.2.1.7. (L)**

Anfore a corpo cilindrico; orlo rientrante derivato dall'ingrossamento della spalla; la parte superiore del labbro può avere profili variabili; anse a profilo semicircolare; piede a sagoma arcuata e aperta. Prodotte secondo Ramon in Sicilia occidentale e Tunisia. Qui diffuse oltre che in Sardegna meridionale, sulle coste nord del Mediterraneo e in Spagna.



**T-7.3.1.1, 7.4.2.1/3.1. (M)**

Anfore con corpo a siluro, a pareti leggermente concave, orlo definibile "a tromba"  $\pm$  svasato; collo corto o medio alto a profilo convesso verso la spalla; piede conico a pareti a profilo dolcemente concavo. Prodotte secondo Ramon a Cartagine e forse altrove in Tunisia. Esportati in tutto il Mediterraneo centro-occidentale fino alla costa dell'Andalusia.

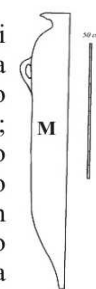


Fig. 3 Descrizione tipologica, morfologia, cronologica dei tipi anforici analizzati in questo studio.

Dopo la selezione, i campioni anforici sopraccitati, sono stati sottoposti ad analisi di laboratorio allo scopo di determinarne le caratteristiche sia petrografiche che chimiche.

L'analisi mineralogico - petrografica è stata effettuata in microscopia ottica su sezioni sottili trasversali utilizzando un microscopio polarizzatore (Leica DM LSP) equipaggiato con sistema di acquisizione di immagini digitali. Le osservazioni microscopiche sono servite a classificare petrograficamente i campioni, rilevando le caratteristiche tessiturali del degrassante sabbioso (distribuzione, addensamento, classazione e dimensioni con l'ausilio delle tavole comparatrici), la sua composizione mineralogica e la natura della massa di fondo. Inoltre sulla base delle analisi microscopiche i campioni aventi caratteristiche diagnostiche simili sono stati riuniti in "impasti" mentre i campioni che presentano caratteristiche uniche sono stati definiti "single".

L'analisi chimica è stata effettuata con uno spettrometro XRF Rigaku Zx. I campioni sono stati preventivamente ridotti in polvere, con l'ausilio di un mortaio d'agata; la polvere così ottenuta è stata, successivamente, pressata a 3000 Kg/cm<sup>2</sup> (con pressa idraulica) su un supporto in alluminio e acido borico (HBO<sub>3</sub>). Infine le analisi chimiche degli elementi maggiori e minori sono state rapportate a standards internazionali di riferimento (SOIL 7, BCR-1 e G2), mentre per la stima delle concentrazioni dei costituenti maggiori e minori, sotto forma di % in peso degli ossidi, sono state riportate a 100 con il dato della perdita a fuoco, L.O.I (cioè la quantità di H<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub> in peso persa dal campione trattato termicamente per 6 ore alla temperatura di 1050 °C).

### 3. Risultati

Lo studio petrografico effettuato sui reperti ceramici di Entella ha consentito di individuare, in base alle caratteristiche minero - petrografiche, tre "impasti", contraddistinti da aspetti composizionali e tessiturali conformi. Inoltre solo un campione (ANF003), con peculiarità petrografiche tali da non poter essere incluso nei precedenti "impasti", è stato considerato "single" (Fig. 4). In tutti gli impasti risulta predominante il quarzo monocristallino, mentre varia il contenuto della componente carbonatica che da comune passa a sporadica.

#### Impasto 1 (ANF006; ANF067; ANF026; ANF085; ANF013; ANF055; ANF061)

L'impasto 1 (fig. 4a) presenta una tessitura omogenea ed un addensamento pari a circa il 15% (area). Il degrassante è caratterizzato da dimensioni che ricadono, prevalentemente, tra la sabbia molto fine e la sabbia fine (0.06-0.2 mm). Il quarzo monocristallino risulta essere il componente principale. Da comuni a sporadici i microfossili calcarei e/o i *micritic clots* (Cau et al., 2002). Da sporadici a rari quarzo policristallino, K-feldspato, selce quarzarenite e mica.

#### Impasto 2 (ANF040; ANF012; ANF002; ANF004; ANF103; ANF074)

L'impasto 2 (fig. 4b) è caratterizzato da una tessitura relativamente omogenea con un addensamento pari a circa il 25% (area). Il degrassante è contraddistinto da granuli con dimensioni che vanno dalla sabbia fine, alla sabbia media e grossolana (0.125-0.5 mm). Il costituente più abbondante in tutte le classi dimensionali è il quarzo monocristallino. Comuni microfossili e/o frammenti litici calcarei e i *micritic clots*. Da comuni a sporadici quarzo policristallino, selce, litici arenitici e K-feldspato. Rara la mica.

Impasto 3 (ANF069; ANF 84; ANF087; ANF100; ANF005)

L'impasto 3 (fig. 4c) presenta una tessitura omogenea. L'addensamento è compreso tra il 20-30% (area). Le dimensioni del degrassante ricadono prevalentemente nella sabbia fine, media e nel silt grossolano (0.06-0.25 mm). Il costituente principale è il quarzo monocristallino. Frequenti risultano i litici carbonatici, i *micritic clots* e i microfossili derivanti dalla decomposizione termica dei microfossili carbonatici. Da comuni a sporadici K-feldspato, plagioclasio, selce quarzo policristallino. Da sporadici a rari i frammenti di quarzarenite.

Impasto 4 (ANF020; ANF083)

L'impasto (fig. 4d) presenta tessitura omogenea. Le dimensioni del degrassante ricadono prevalentemente nel silt grossolano, sabbia molto fine e fine (0.06-0.2 mm). L'addensamento è pari a circa il 5% (area). Prevale il quarzo monocristallino con frammenti da angolosi a subangolosi. Da comune a sporadica la mica, il feldspato (K-feldspato e plagioclasio) e microfossili calcarei parzialmente decomposti. Raro il quarzo policristallino, selce e la quarzarenite a cemento ferruginoso.

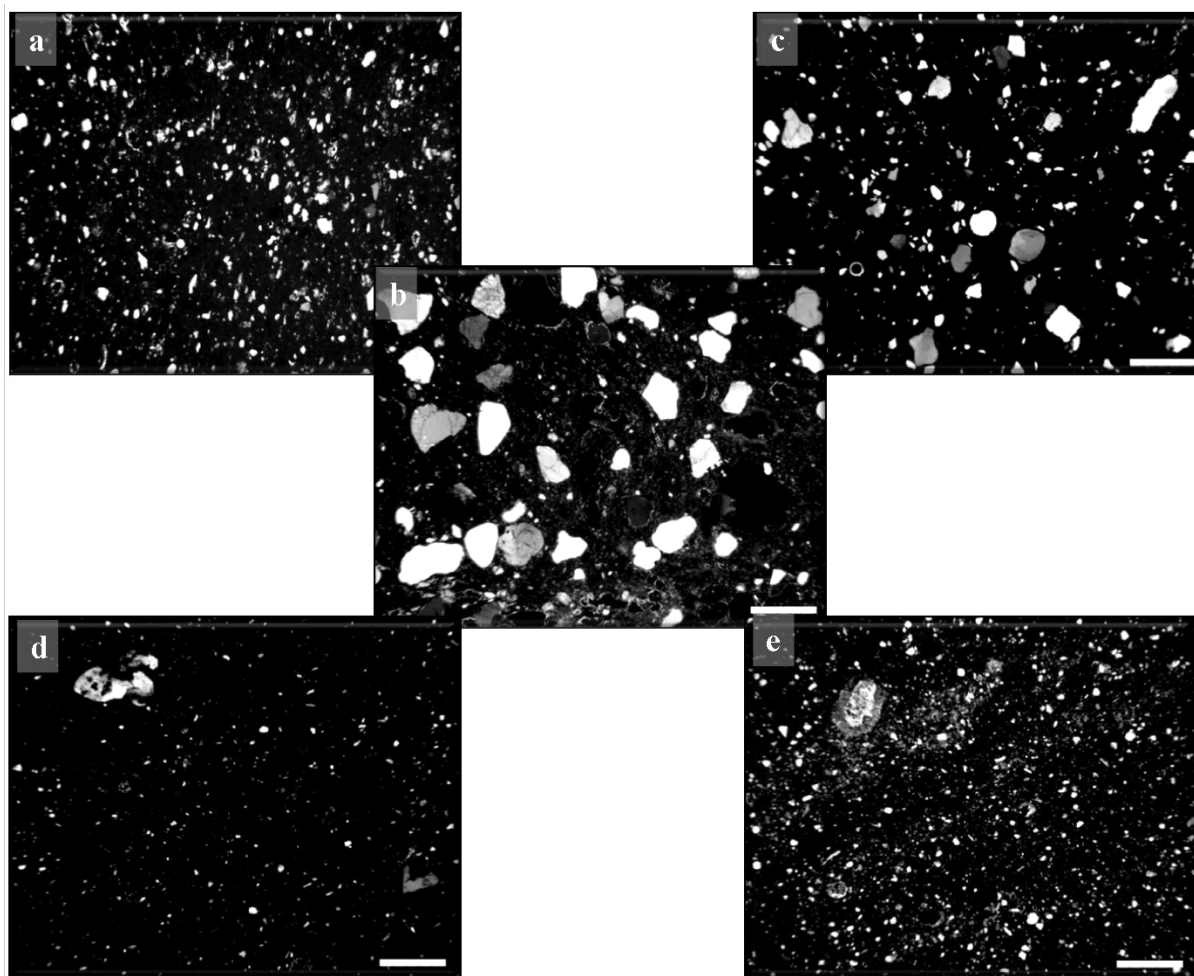


Fig. 4 Microfotografia rappresentativa degli impasti e/o single (barra dimensionale=0.5 mm; nicols incrociati).

ANF003

L'ANF003 (fig. 4e) presenta tessitura omogenea ed un addensamento pari a circa il 10% (area). Il degrassante ha le dimensioni del silt grossolano e sabbia molto fine (0.06-0.2

mm). La frazione siltosa grossolana e quella sabbiosa fine sono costituite in prevalenza da quarzo monocristallino e subordinati i microfossili calcarei; da sporadici a rari K-feldspato e mica. La frazione più grossolana (peraltro sporadica o rara) cioè i granuli con diametro maggiore di 0.2 mm sono quasi elusivamente rappresentati da microfossili e/o litici carbonatici più o meno decomposti dal processo di cottura. Raro il quarzo policristallino.

I risultati delle analisi chimiche di fatto corroborano quanto emerge dalle osservazioni al microscopio polarizzatore. In linea di massima si differenziano abbastanza chiaramente gli impasti 1, 2, 3 e 4. Infatti la rielaborazione, dei dati chimici con metodi statistici, come ad esempio l'analisi delle Componenti Principali (PCA) ha permesso di evidenziare le relazioni che esistono tra i diversi gruppi di impasto individuati. Per tale elaborazione sono stati quindi considerati gli elementi maggiori come:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ .

L'analisi delle componenti principali evidenzia alcuni interessanti elementi di discussione. In primo luogo, osservando il grafico di figura 5, nello spazio delimitato dalle prime due componenti (C1 e C2, che rappresentano l'84% della varianza totale) si nota come l'impasto 1 e l'impasto 2 si dispongono nella parte positiva della Componente 2; ciò è dovuto al carico positivo esercitato sulla componente C2 dal  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e  $\text{TiO}_2$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Inoltre alla destra del grafico si trovano gli impasti che hanno un elevato contenuto in manganese. Da notare che i campioni appartenenti all'impasto 3 formano un gruppo lievemente disomogeneo in quanto si separano sugli score negativi della componente C2 a causa del carico negativo esercitato da  $\text{CaO}$  e da  $\text{MnO}$ .

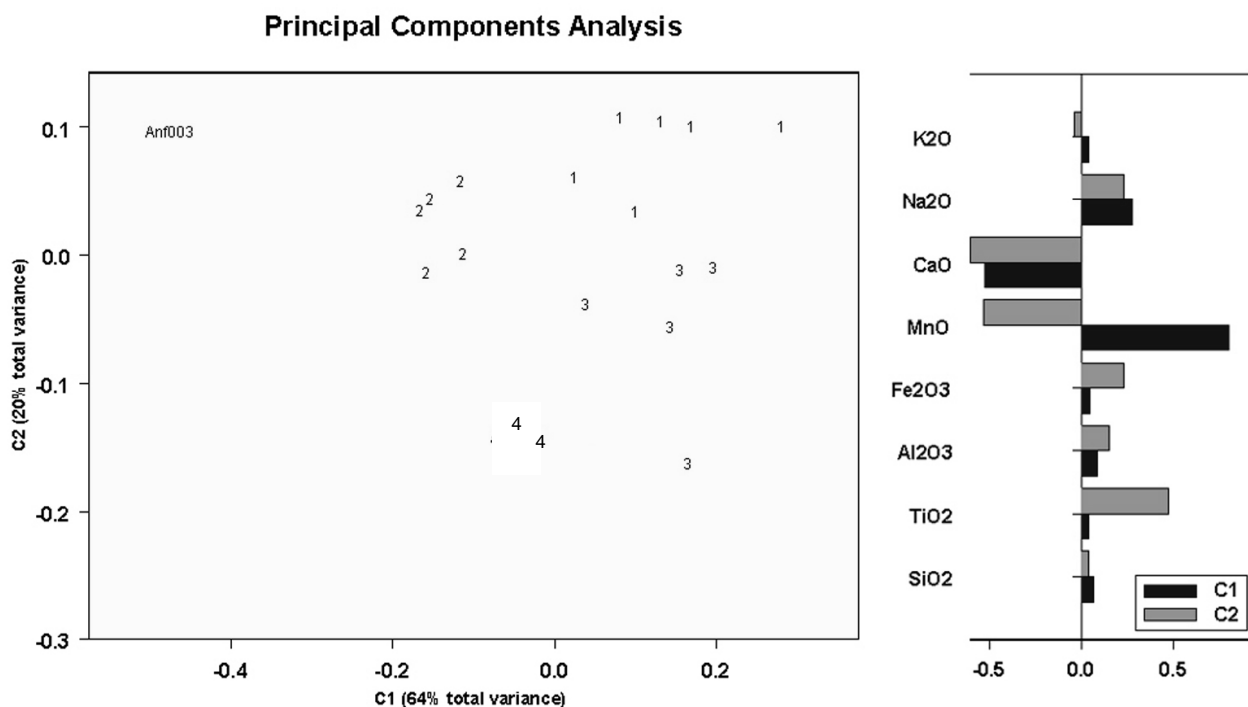


Fig. 5 Analisi delle componenti principali (PCA).

#### 4. Confronto e ipotesi di provenienza

Le analisi petrografiche e chimiche hanno consentito di caratterizzare le anfore di Entella e di individuare "impasti" differenti nella natura dello scheletro e nel materiale

argilloso con il quale sono stati prodotti. Questo primo risultato è stato utilizzato per ottenere utili informazioni allo scopo di individuare, con un certo margine di sicurezza, i centri di produzione. A tal fine i dati relativi all'analisi archeologia e quelli ottenuti dalle sopraccitate analisi di laboratorio, sono stati confrontati con quelli ottenuti dallo studio archeometrico (Fig. 6) effettuato sulle materie prime e sulle anfore provenienti da Solunto (Alaimo et al., 1998; Alaimo et al., 2003; Alaimo et al., 2005; Montana et al., 2005), Mothya (Alaimo et al., 1997; Alaimo et al., 1998; Iliopoulos et al., 2002) e Selinunte (Azzaro et al., 2006).

Il confronto minero - petrografico ha permesso di individuare con un certo margine di sicurezza delle analogie tra gli impasti rintracciati ad Entella e le produzioni certe di Solunto, Mothya e Selinunte. Infatti da un punto di vista petrografico è emerso che i campioni appartenenti all'impasto 1 trovano peculiari similitudini in termini di degrassante sabbioso, addensamento e distribuzione con gli impasti prodotti a Solunto in età classica ed ellenistica. L'impasto 2 corrisponde in base alle caratteristiche petrografiche all'impasto che è stato riconosciuto come produzione Moziese.

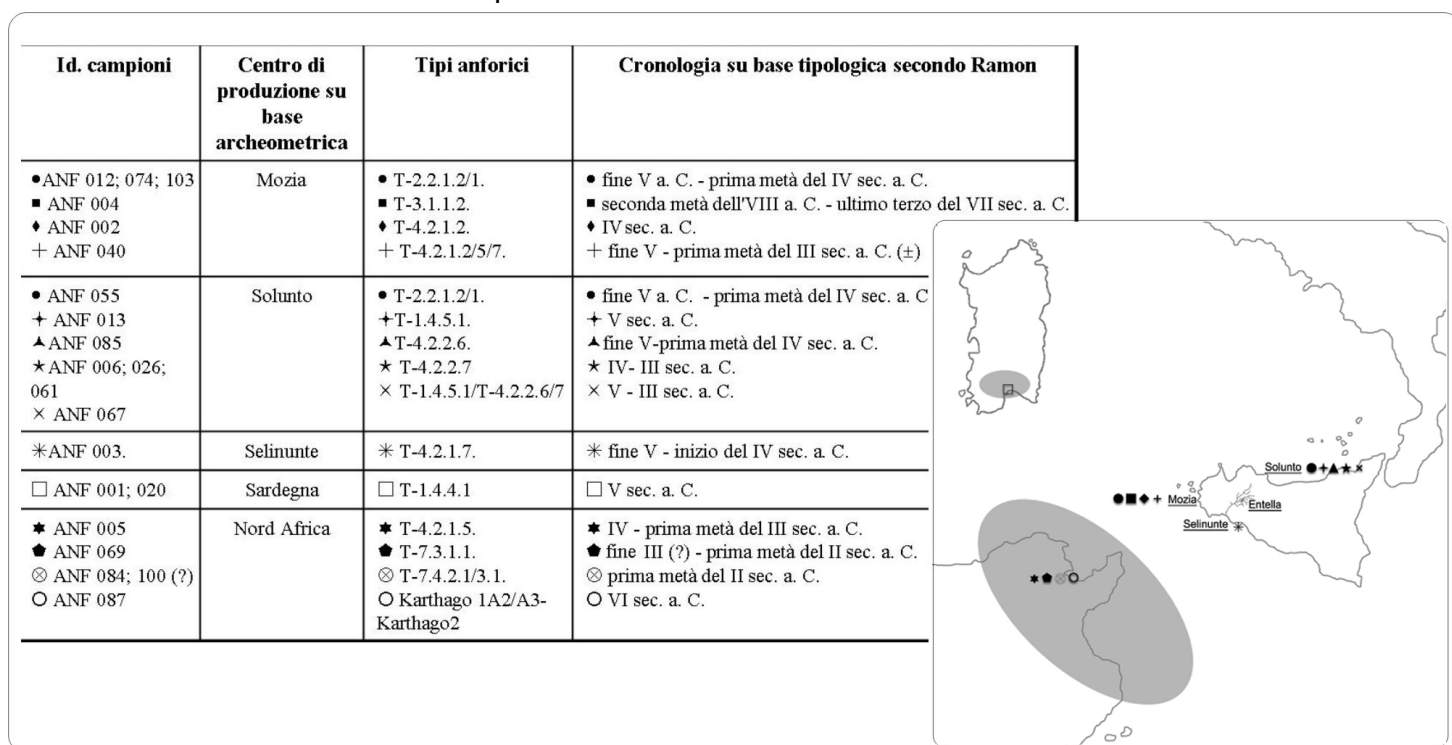


Fig. 6 Centri di produzione su base archeometrica.

Infine il single ANF 003 potrebbe trovare delle corrispondenze petrografiche con la produzione classico - ellenistica di Selinunte (Fig. 7).

Anche il confronto chimico tra gli impasti riscontrati ad Entella e i gruppi chimici riferibili ai sopraccitati centri di produzione ha permesso di confermare quanto riscontrato dal confronto petrografico. L'impasto 1 risultata essere chimicamente compatibile con la composizione delle anfore prodotte a Solunto; l'impasto 2, è chimicamente correlato con la produzione di Mothya. Il single ANF003, infine, sembra essere conforme alle produzioni di Selinunte.



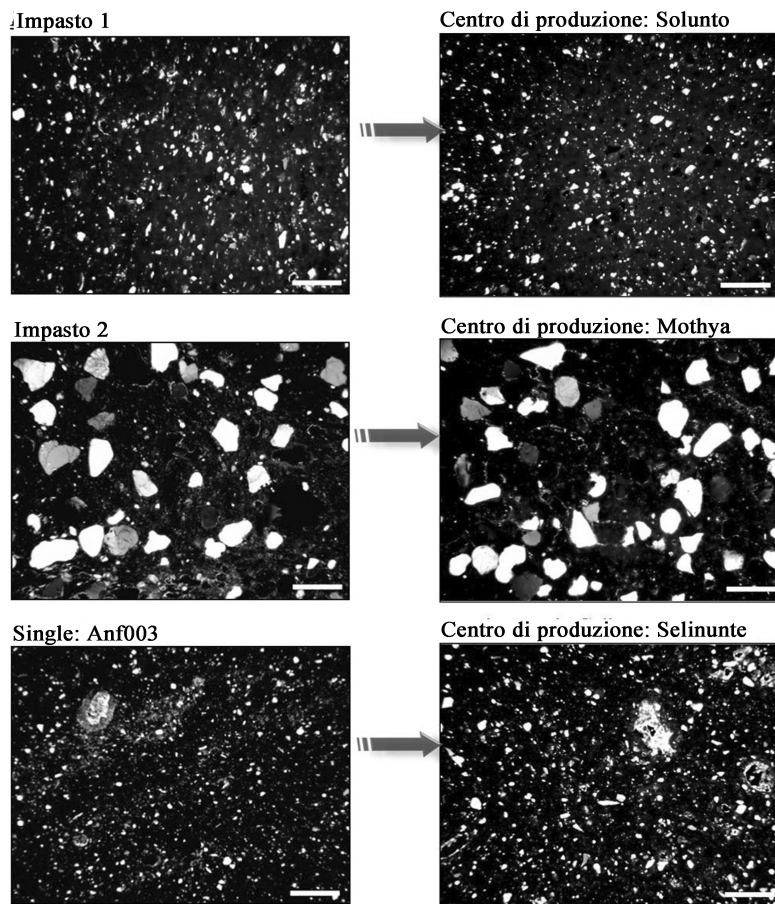


Fig. 7 Confronto petrografico tra gli impasti "entellini" e le "produzioni siciliane".

Infatti, dall'analisi dei grafici binari ( $\text{SiO}_2\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{-CaO}$ ) di figura 8, dove vengono confrontati i materiali analizzati con le già affermate produzioni siciliane, è ben evidente che gli impasti 1-2 e il singolo ANF003 sono a loro volta compatibili con le produzioni corrispondenti locali.

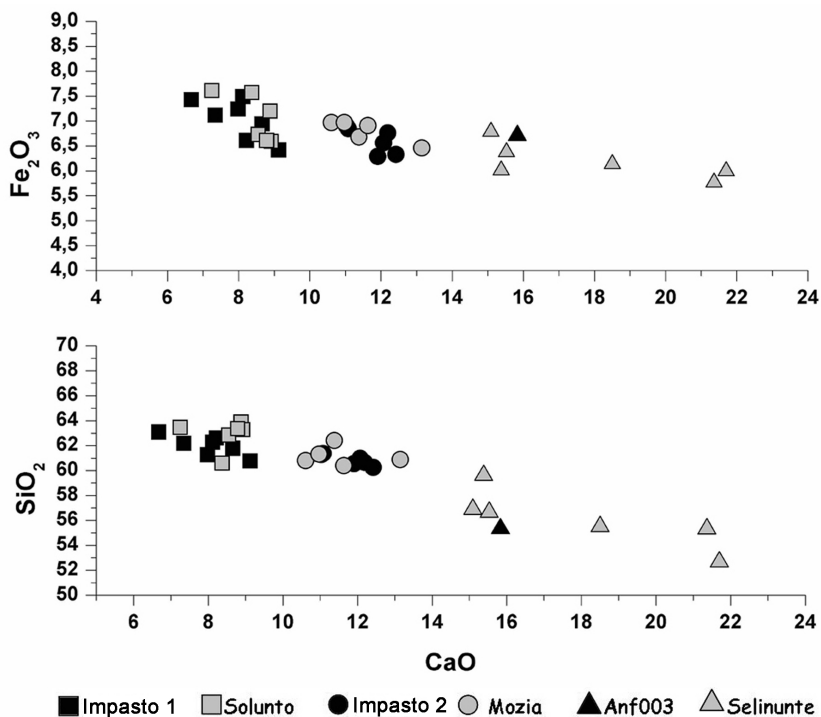


Fig. 8 Diagrammi binari ( $\text{SiO}_2\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{-CaO}$ ).

Inoltre questo studio ha consentito di individuare, tra il materiale analizzato, oltre alle produzioni insulari, anche manufatti di importazioni extrainsulare. Infatti l'impasto 3 (Fig. 9) in base alle caratteristiche petrografiche (composizione mineralogica, dimensioni e tessitura del degrassante sabbioso) potrebbe essere paragonabile alle produzioni nord africane (Cartagine).

Mentre per ciò che riguarda l'impasto 4 (Fig. 9), secondo recenti studi etno-archeometrici svolti presso CETRAWEM Sardegna nell'ambito del progetto europeo, il centro di produzione potrebbe essere individuato a sud della Sardegna (Cagliari/Assemini zona).

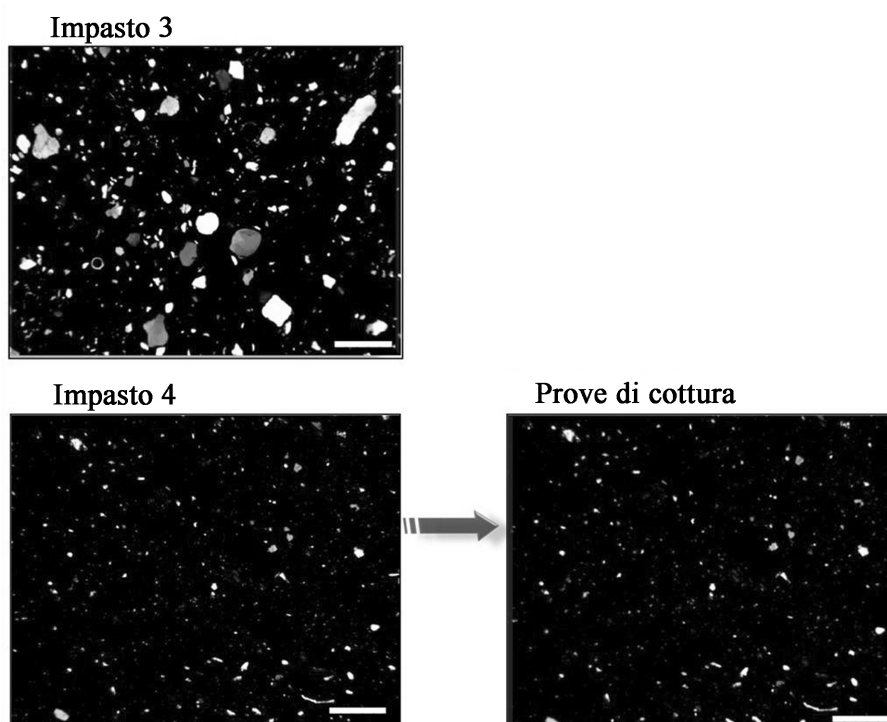


Fig. 9 Microfotografia dei manufatti di importazione extrainsulare.

## 5. Conclusioni

Dalla caratterizzazione composizionale dei reperti archeologici e dal loro confronto con le produzioni fenicio - puniche siciliane, già oggetto di numerosi studi precedenti, che hanno interessato anche le argille locali, emergono elementi sufficienti per affermare che il sito di Entella sia stato esclusivamente un centro di consumo. Attraverso il confronto petrografico e chimico è stata rilevata una più che accettabile "familiarità" con le produzioni insulari di Solunto, Mozia e Selinunte ed extrainsulari come Karel (Cagliari) e Cartagine o altri siti nord africani. Pertanto, gli studi saranno continuati incrementando sia il numero dei campioni ceramici che delle materie prime argillose extrainsulari. Questo risultato conferma la partecipazione di Entella agli scambi commerciali che interessarono la Sicilia occidentale, il sud della Sardegna e il nord Africa.

In questa prospettiva è stato previsto l'incremento dei materiali da analizzare coinvolgendo altri siti archeologici fenicio - punici in Sicilia e fuori dall'isola. Ampliare in parallelo l'archivio di dati archeometrici e archeologici, in questo campo di ricerca, porterà certamente ad una migliore conoscenza delle reti di commercio in cui Entella venne coinvolta nell'antichità.

## Bibliografia

1. AA.VV. "Relazioni preliminari degli scavi e delle ricognizioni ad Entella (Contessa Entellina, PA; 2000-2004)", ASNP, (2002), 431-567
2. AA.VV. "Relazioni preliminari degli scavi a Entella (Contessa Entellina, PA; 2000-2002, 2003, 2005)", in: AA.VV. Relazioni preliminari degli scavi a Segesta (Calatafimi-Segesta, TP; 2002-2003; 2005-2006), Entella (Contessa Entellina, PA; 2000-2002, 2003, 2005), Calatamauro (Contessa entellina PA: 2006), Roca Vecchia (Melendugno, LE 2002-2006), (2004), 399-582
3. AA.VV. "Relazioni preliminari degli scavi a Entella (Contessa Entellina, PA; 2007-08)", in: AA.VV. Relazioni preliminari degli scavi a Segesta (Calatafimi-Segesta, TP; 2007-08), Kaulonia (Monasterace, RC; 2006-08). Ricerche recenti a Roca (Melendugno, LE), (2010), 54-102
4. Alaimo R., Montana G., Palumbo V. "La ceramica punica di Mozia (Trapani): natura delle materie prime e tecnologia di cottura dei reperti della Zona K (VI-V secolo a.C.)", *Mineralogica et Petrographica Acta*, XL, (1997), 11-23
5. Alaimo R., Greco C., Iliopoulos I., Montana G. "Le produzioni ceramiche di Solunto e Mozia (VII-IV s a.C.): un confronto compositivo tra le materie prime, fabric e chimismo dei prodotti finiti", *Mineralogica et Petrographica Acta*, XLI, (1998), 287-306
6. Alaimo R., Montana G., Iliopoulos I. "Le anfore puniche di Solunto: discriminazioni tra produzioni locali ed importazioni mediante analisi al microscopio polarizzatore", in: AA.VV., Quarte Giornate Internazionali di Studi sull'area Elima, A. Corretti (ed.), Pisa (2003), 2-18
7. Alaimo R., Montana G., Iliopoulos I. "Contribution of mineralogical, petrographic and chemical analyses in the characterisation of the ceramic productions of Mozia and Solunto (Sicily)". *Atti del V Congresso Internazionale di Studi Fenici e Punici*, A. Spano Giammellaro (ed), Palermo, (2005), 705-713
8. Azzaro E., Barone G., Belfiore C., Mazzoleni P., Montana G., Pezzino A. "Caratterizzazione mineralogica petrografica e chimica della produzione ceramica selinuntina di età classica ed ellenistica". *Atti del congresso nazionale di archeometria-AIAR* (Caserta, febbraio 2005). Patron Editore, Bologna; (2006), 145-153
9. Bechtold B. "La necropoli di Lilybaeum", Trapani (1999)
10. Bechtold B. "Observations on the amphora repertoire of Middle Punic Carthage", *Carthage Studies* 2, (2008a)
11. Bechtold B. "Anfore puniche", in: Segesta III: il sistema difensivo di Porta di Valle, Mantova, (2008b), 539 - 580
12. Bechtold B. "Amphorae production in Punic Sicily 7th-3<sup>rd</sup> Centuries B.C.E. An overview, <[http://facem.at/img/pdf/Amphorae\\_in\\_Punic\\_Sicily\\_06\\_06\\_2011.pdf](http://facem.at/img/pdf/Amphorae_in_Punic_Sicily_06_06_2011.pdf)> (06/06/2011)
13. Carbonara V., "Anfore", in: F. Di Mario (ed.) con la collaborazione di L. Ceccarelli, *Ardea: il deposito votivo di Casarinaccio*, Roma (2005), 301-314
14. Castiglione M., Oggiano I. "Anfore fenicie e puniche in Calabria e Lucania: i dati e i problemi", in: Fenici e Italici, Cartagine e la Magna Grecia. Popoli a contatto, culture a confronto (secoli VII - II a.C.), *Atti del Convegno internazionale di studi* (Cosenza 27-28 maggio 2008), c.d.s.
15. Cau Ontiveros M.A., Day P.M., Montana, G. "Secondary calcite in archeological ceramics: evaluation of alteration and contamination processes by thin section study", in: *Modern Trends in Scientific Studies on Ancient* (2002)
16. Corretti A., Capelli C. "Entella. Il granaio ellenistico (sas 3). Le Anfore", in: Quarte giornate internazionali di studi sull'area elima (Erice, 1-4 dicembre 2000), Pisa (2003), 287-351
17. De Vido S. "Fonti letterarie", in: *Alla ricerca di Entella*, G. Nenci (ed.), Pisa (1993), 15-26
18. De Vido S. "Entella: fonti antiche e medievali", in: *Da un'antica città di Sicilia. I decreti di Entella e Nakone*, Catalogo della Mostra, Pisa, (2001), 141-145
19. De Vido S., Gulletta I., Nenci G. "Bibliografia Topografica della Colonizzazione Greca in Italia e nelle Isole Tirreniche", fondata da G. Nenci, G. Vallet, diretta da C. Ampolo, Pisa - Roma - Napoli, vol XVI, Pisa, (2001), 235 - 276
20. Docter R. F. "Archaische Transportamphoren", in: Niemeyer, H. G., Docter, R. F., Schmidt, K., Bechtold, B. et al., *Karthago Die Ergebnisse der Hamburger Grabung unter dem Decumanus Maximus (Hamburger Forschungen zur Archäologie 2)*, Mainz, (2007), 616-662
21. Fazello, T. "De rebus siculis decades duae", Panormi, (1558)
22. Gennusa I. "Geomorfologia di Rocca d'Entella", in: *Alla ricerca di Entella*, G. Nenci (ed.), Pisa (1993), 125-146
23. Greco C. "Materiali della necropoli punica di Solunto: studi preliminari. Anfore puniche", in: AA. VV., *Archeologia e Territorio*, Palermo (1997), 57-69.
24. Iliopoulos I., Alaimo R., Montana G. "Analisi Petrografica degli impasti delle anfore fenicie e puniche", in: *Mozia: Gli scavi nella "Zona A" dell'abitato*, M.L. Famà (Ed.). Centro Internazionale di Studi Fenici, Punici e Romani, Edipuglia, Bari, (2002), 355-363

25. Montana G., Azzaro E., Polito A. M., Lavore A.T., Vassallo S. "Analisi petrografica e chimica di anfore puniche dagli scavi di Himera (Sicilia nord-occidentale)". Atti del congresso nazionale di archeometria-AIAR (Caserta, febbraio 2005), Patron Editore, Bologna, (2006), 145-153
26. Munsell A. H. "Munsell Soil Color Charts", New York (2000)
27. Orton C., Tyres P., Vince A. "Pottery in: Archaeology", Cambridge, (1993)
28. Quartararo M. "Materiali fenici, punici e di tradizione punica da Rocca d'Entella (PA). Un bollo e due graffiti, in: Agora, foro e istituzioni politiche in Sicilia e nel Mediterraneo antico", Atti delle settime giornate internazionali di studi sull'area elima e la Sicilia occidentale nel contesto mediterraneo (Erice, 12-15 ottobre 2009)
29. Ramon J.T. "Las anforas fenicio-punicas del Mediterraneo central y occidental", Barcellona, (1995)
30. Spatafora S. "La ceramica indigena a decorazione impressa e incisa nella Sicilia occidentale: diffusione e pertinenza etnica", in: Sicilia Archeologica, XIX, 90-92, (1996), 91-110
31. Spatafora S. Ruvituso A., Montali G. "Entella: un santuario ctonio extra moenia", in: Quarte Giornate Internazionali di studi sull'area elima, Erice 1-4 dicembre 2000, Pisa (2003), 1189-1201
32. Spatafora S. "Entella. Lo scavo di contrada Petrarò", in: Relazioni preliminari degli scavi a Segesta (Calatafimi-Segesta, TP: 2002-2003, 2005-2006), Entella (Contessa Entellina, PA: 2000-2001, 2003, 2005), Calatamauro (Contessa Entellina, PA: 2006), Roca Vecchia (Melendugno, LE: 2002-2006), ASNP, s. IV, IX, 2, (2004), 513-526
33. Toti M. P. "Alcune considerazioni sulla produzione vascolare di officine dell'isola di Mozia", in: Da Byrgi a Mozia, Roma, (2002), 555-565