

Italo M. Muntoni, Giorgio Trojsi, Vincenzo Tiné

4.4. Analisi archeometriche sulle strutture A, D, E, F, G

La grande abbondanza di frammenti di intonaco di capanna (2.002,1 kg), rinvenuti sin dalle prime campagne di scavo nell'insediamento di Favella, ha motivato un particolare interesse per lo studio archeologico e l'analisi archeometrica di questa categoria di manufatti. Per ragioni connesse alla storia delle ricerche nel sito i campioni provenienti dalle diverse strutture indagate (A, D, E, F e G) sono stati oggetto di indagine da parte di vari gruppi di ricerca in momenti diversi.

Le prime analisi su un campione di intonaco dalla struttura A furono condotte nel 1996 da Giovanni Boschian del Dipartimento di Scienze Archeologiche dell'Università di Pisa, che per primo riconobbe, mediante osservazione microscopica, la concordanza nella litologia e nell'aspetto superficiale dei granuli tra il campione di intonaco e un campione di sedimento sabbioso locale.

Successive analisi archeometriche, più sistematiche, sono state condotte — nei laboratori delle Università di Bari, Genova e Napoli Suor Orsola — su materiali dalle strutture D, E, F e G, per un totale complessivo di 16 campioni di intonaco e/o concotto e 5 campioni di sedimento. In un solo caso sono state effettuate anche analisi granulometriche per setacciatura su alcuni campioni dagli strati di riempimento della struttura G. I risultati di queste analisi sono dettagliatamente descritti nei paragrafi seguenti.

Dal loro confronto emergono alcune inevitabili differenze nelle strategie di campionamento e nelle metodiche analitiche, prevalentemente mineralogico-petrografiche, utilizzate dalle diverse *équipes*. Solo i campioni di intonaco o concotto delle strutture D, E ed F sono stati oggetto anche di analisi chimica per XRF con determinazione per tutti degli elementi maggiori e minori (*wt%*) e per alcuni di essi anche degli elementi in traccia (*ppm*). Solo su tre campioni di sedimento, inoltre, è stata eseguita la separazione granulometrica con conseguenti determinazioni mineralogiche e chimiche distinte per frazioni (sabbiosa, siltosa e argillosa).

Tutti i dati ottenuti risultano, comunque, piuttosto concordi dal punto di vista dei principali risultati. In tutti i casi è stato riconosciuto l'utilizzo, come materia prima, dei locali sedimenti sabbiosi, in cui le strutture neolitiche sono state scavate con evidenti intenti estrattivi del sedimento stesso. Concordanti appaiono, anche, le indicazioni relative alle basse temperature di esposizione al fuoco per questi intonaci, compatibili con l'incendio delle strutture lignee a cui aderivano. Solo per i campioni dalla struttura F sono stati dedotti valori più elevati, connessi al suo probabile utilizzo come struttura di combustione, caratterizzata da ripetute fasi di riscaldamento.

Alcune divergenze emergono, invece, tra i diversi campioni e strutture per quanto riguarda le componenti dell'impasto. L'aggiunta sistematica di smagrante, quale *chamotte*, è stata riconosciuta in un unico campione di intonaco dalla struttura D (Fav 02). Nei campioni dalla struttura D e in quelli provenienti dal livello 3A della struttura E è stata ipotizzata l'aggiunta intenzionale di una componente vegetale; tale presenza non è stata invece riconosciuta nei campioni di intonaco dalla stessa struttura E contenuti, però, nel livello 3B.

Tali differenze sembrano suggerire una possibile molteplicità di scelte nel processo di realizzazione dell'intonaco utilizzato per la copertura delle strutture lignee delle capanne di Favella. Paglia e *chamotte* (forse derivata dal riciclo di intonaci di strutture defunzionalizzate) potevano o meno essere aggiunti ad un impasto che era in tutti i casi composto dai locali sedimenti sabbiosi, lavorato con aggiunta di acqua e posto in opera a crudo su un'intelaiatura lignea di cui restano le impronte sugli intonaci stessi. L'incendio sistematico delle strutture abitative ha determinato la conservazione di questo particolare record strutturale, che è anche l'unica traccia indiziaria delle modalità architettoniche nel sito.

Strutture D, E e F

Claudia Conti, Giorgio Trojsi

Campionamento e procedure di analisi

Sono stati analizzati alcuni manufatti archeologici provenienti dai livelli del Neolitico antico delle strutture D, E e F, inerenti a concotti (fig. 1) e intonaci (fig. 2) ed un campione del sedimento incassante della struttura E, al fine di una caratterizzazione geo-chimica e mineralogico-petrografica (tab. 1).

La caratterizzazione dei campioni archeologici è stata eseguita con le seguenti metodologie¹:

- *Stereomicroscopia*: le osservazioni sono state effettuate mediante stereomicroscopio Leitz Wild M420 per una prima caratterizzazione morfologica-tessiturale, preliminarmente alle altre analisi.
- *Microscopia ottica su sezione sottile*: le analisi sono state condotte mediante osservazione di sezioni sottili con microscopio petrografico in luce polarizzata Nikon Eclipse E 400 Pol secondo le indicazioni dei documenti Normal 10/82 e 14/83.
- *Diffrazione a raggi X (XRD)*: le analisi sono state condotte su campioni in polvere (preventivamente macinati in mortaio d'agata), mediante un diffrattometro a raggi X Philips PW 3710, equipaggiato con goniometro PW 3020; gli spettri sono stati registrati tra 3° e 80° usando una radiazione Cu K α ; il generatore nelle condizioni di 40kV (tubo) e 40mA (corrente fornita al filamento), secondo le indicazioni dei documenti Normal 15/84 e 34/91.
- *Fluorescenza a raggi X (XRF)*: le analisi sono state condotte in automatico con la scansione degli elementi dal fluoro all'uranio su pastiglie pressate a 40 t con spettrometro Philips PW 1480 a dispersione di lunghezza d'onda con un tubo scandio-molibdeno.

Analisi petrografiche su sezione sottile

L'analisi petrografica condotta su sezioni sottili ha fornito interessanti risultati, sia per quanto riguarda la conoscenza dei materiali impiegati, sia per un confronto tra i diversi campioni evidenziandone analogie e differenze. Oltre alle diverse tipologie di concotto è stato analizzato anche un campione del sedimen-

Nr. analisi	Numero inventario	Descrizione
Fav 01	Fav 1996 str. D 028+1086	intonaco
Fav 02	Fav 1996 str. D 1116+256	Intonaco
Fav 03	Fav 1996 str. D 1122	Intonaco
Fav 04	Fav 2002 F forno	concotto/forno
Fav 05	Fav 2002 str. E fossa US 20 US Liv 5	sedimento locale
Fav 06	Fav 2002 str. E fossa US 10 US Liv 3	intonaco
Fav 07	Fav 2002 str. E fossa US 20 US Liv 3 A	intonaco
Fav 08	Fav 2002 str. F piano cottura	concotto/forno
Fav 09	Fav 2002 str. F B1 piano forno	concotto/forno

Tabella 1 - Denominazione e descrizione dei campioni analizzati.



Figura 1 - Campione di concotto Fav 04.



Figura 2 - Campione di intonaco Fav 03.

¹ Cfr. Documenti Normal 1982: *Descrizione petrografica dei materiali lapidei naturali* (10/82), CNR-ICR, Roma; Documenti Normal 1983: *Sezioni sottili e lucide di materiali lapidei: tecnica di allestimento* (14/83), CNR-ICR, Roma; Documenti Normal 1994: *Analisi di materiali argillosi mediante XRD* (34/91), CNR - ICR, Roma; Documenti Normal 1985: *Manufatti e aggregati a matrice argillosa: schema di descrizione* (15/84), CNR - ICR, Roma.

to locale terrazzato, proveniente dall'area della struttura E, allo scopo di definire la provenienza della materia prima utilizzata per i manufatti in questione.

Intonaci e concotti

Tramite l'osservazione di sezioni sottili al microscopio petrografico è stato possibile individuare affinità tra i campioni provenienti dal sito, come il tipo di aggregato, interamente silicatico e la natura non carbonatica dell'argilla utilizzata come legante. I frammenti analizzati, infatti, non presentano traccia di carbonato di calcio o di magnesio cristallino (calcite spatica, microcristallina o dolomite), né di aggregati litici carbonatici (frammenti di calcari, travertini o marmi). Tutti i campioni presentano cristalli intensamente fratturati di quarzo, K-feldspati sericitizzati e a diverso grado di maturità morfologica (che nei campioni Fav 01, Fav 02 e Fav 08 costituiscono la fase principale), lamel-

le di muscovite, biotite alterata con fenomeni di cloritizzazione osservabili lungo i bordi dei cristalli, ed in percentuale minore plagioclasti, olivina, ossidi di ferro e titanio, anfiboli e pirosseni (figg. 3-4). La frazione litica aggiunta con lo scopo di conferire maggiore resistenza al manufatto, è rappresentata da numerosi frammenti di rocce metamorfiche quarzose, quarzoso-micacee e scistose (figg. 5-6). Inoltre nei campioni Fav 01 e Fav 09 sono stati osservati dei frammenti di rocce vulcaniche basiche a tessitura pseudofluidale.

Tuttavia i campioni evidenziano alcune diversità, in quanto si differenziano per la colorazione della pasta di fondo, per la granulometria e per il grado di addensamento dei cristalli. I reperti Fav 06 e Fav 07 sono contraddistinti da una matrice molto scura, tendente al nero, un alto grado di addensamento, scarsa classazione e una granulometria variabile (fig. 7).

Il campione Fav 02 presenta una matrice con colorazione marrone-brunastra e forte presenza di *chamotte*, volontariamente

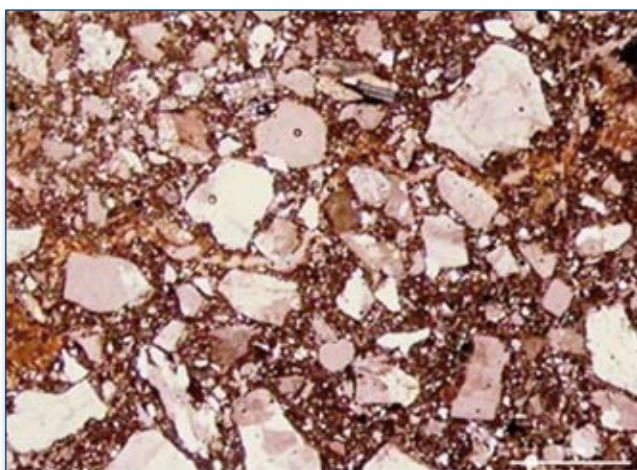


Figura 3 - Immagine al microscopio a luce polarizzata del campione Fav 08, N//.

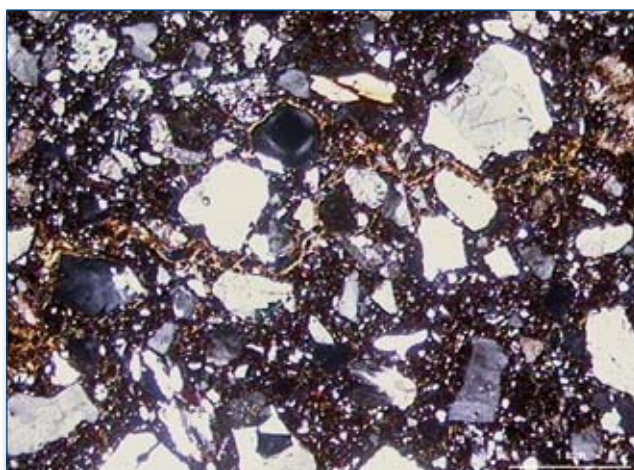


Figura 4 - Immagine al microscopio a luce polarizzata del campione Fav 08, N+.

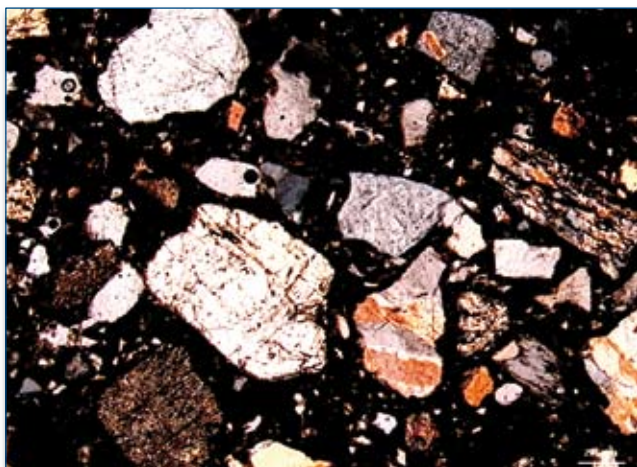


Figura 5 - Immagine al microscopio a luce polarizzata del campione Fav 07, N+.

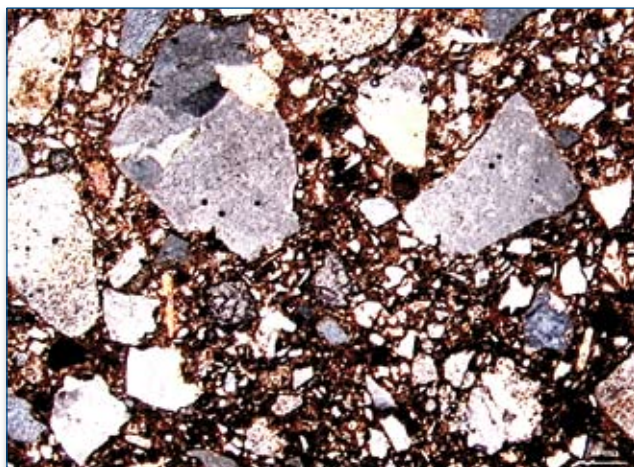


Figura 6 - Immagine al microscopio a luce polarizzata del campione Fav 09, N+.

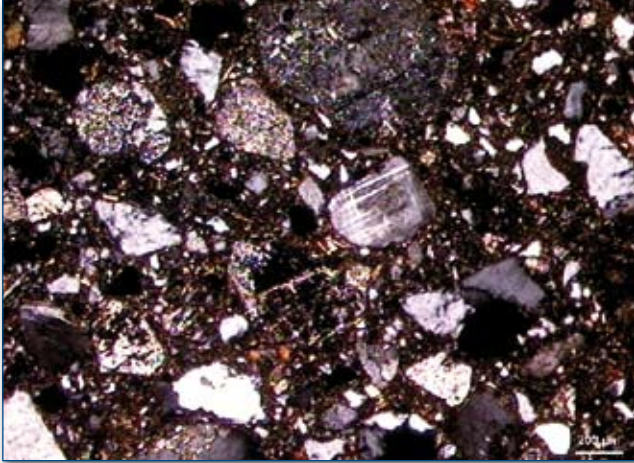


Figura 7 - Immagine al microscopio a luce polarizzata del campione Fav 06, N+.

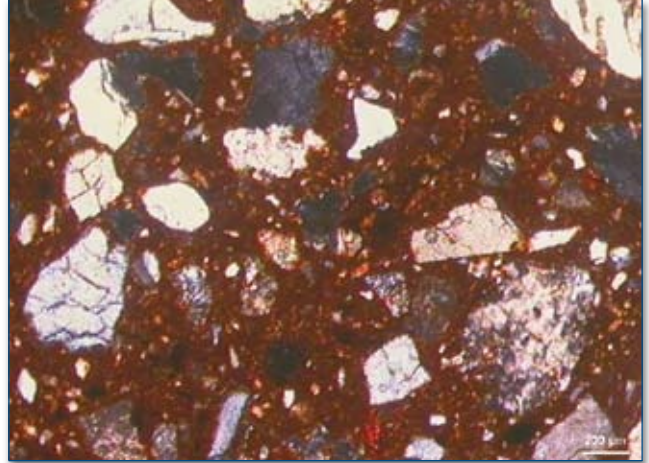


Figura 8 - Immagine al microscopio a luce polarizzata del campione Fav 03, N+.

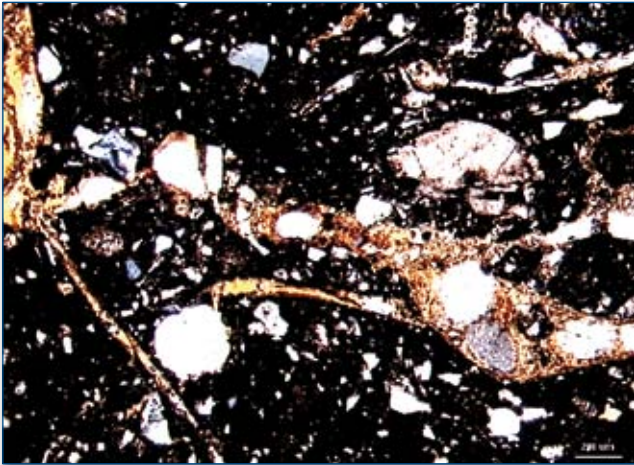


Figura 9 - Immagine al microscopio a luce polarizzata del campione Fav 02, N+.

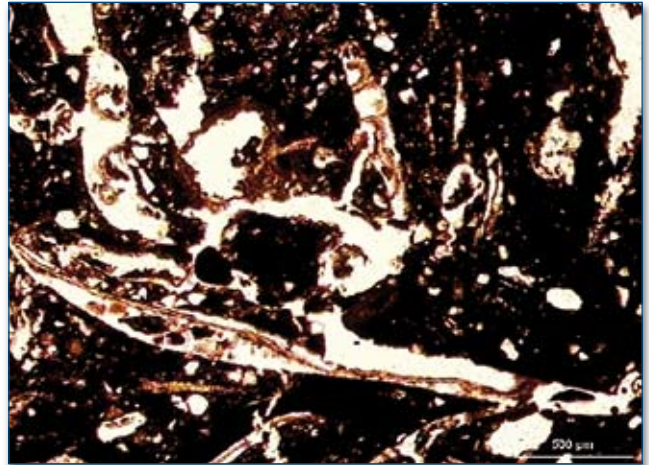


Figura 10 - Immagine al microscopio a luce polarizzata del campione Fav 07, N//.

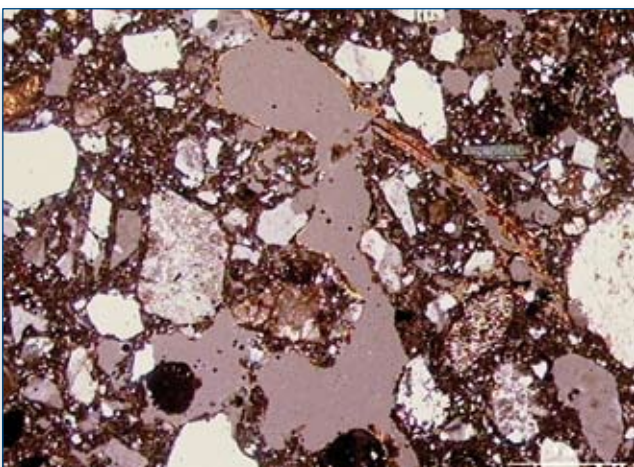


Figura 11 - Immagine al microscopio a luce polarizzata del campione Fav 01, N//.

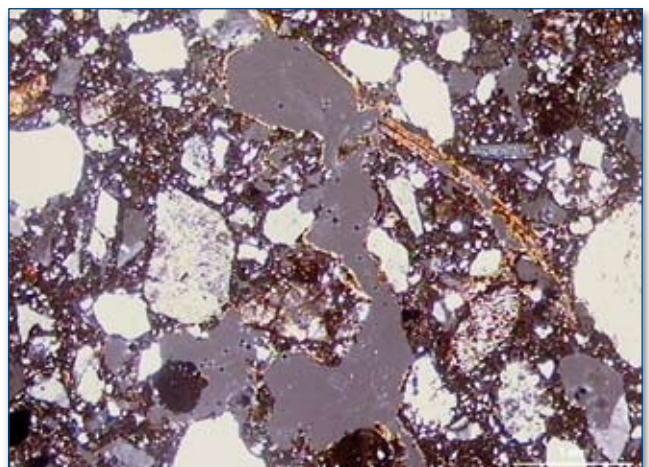


Figura 12 - Immagine al microscopio a luce polarizzata del campione Fav 01, N+.

te aggiunta per conferire maggiore idraulicità all'impasto che appare scarsamente lavorato; infatti si rinvennero chiaramente numerosi grumi di colore marrone scuro, ed altri di colore marrone

giallastro a conferma della scarsa miscelazione fra due tipi di argilla. Il grado di addensamento è basso e la granulometria dei cristalli è minore rispetto ai precedenti.

I campioni Fav 01, Fav 03, Fav 08 e Fav 09 presentano una matrice di colore marrone chiara, alto addensamento e classazione medio-grossolana (fig. 8).

Il campione Fav 04 presenta diverse tonalità nella pasta di fondo, facendo supporre una disomogeneità nella temperatura di cottura raggiunta. L'osservazione al microscopio ha permesso di riconoscere nella maggior parte dei campioni (Fav 01-03, 06-07) una quantità variabile di impronte circolari ed allungate, sia in sezione trasversale che longitudinale, di una componente vegetale aggiunta e ormai bruciata, che conferisce all'impasto una marcata porosità (figg. 9-12). Si tratta di paglia, normalmente utilizzata per fornire uno scheletro di supporto al materiale e per ritardare l'indurimento, in quanto, assorbendo acqua in fase di impasto, permette di mantenere umido il composto più a lungo.

I frammenti che contengono paglia mostrano una porosità medio-alta, mentre nel resto dei campioni è decisamente più bassa; i pori presentano morfologie prevalentemente allungate ed in alcuni casi ospitano cristalli di calcite di origine secondaria, probabilmente formata per precipitazione da acque ricche in carbonati venute a contatto con i manufatti. All'interno dell'impasto del campione Fav 08 si nota una gradazione sia nella quantità che nella granulometria del degrassante, che decresce dall'interno del frammento verso la superficie esterna e che potrebbe essere correlabile al tipo di lavorazione. La superficie esterna dei campioni appare leggermente brunita e, nel caso dei frammenti Fav 01 e Fav 06 è presente in alcuni punti un sottile strato di colore bruno-rossastro, riferibile probabilmente ad uno strato superficiale di finitura.

Sedimento locale

Al fine di risalire alla provenienza del materiale utilizzato per la preparazione degli intonaci è stato prelevato un campione del suolo incassante della struttura E. Al microscopio petrografico questo campione presenta cristalli silico-alluminatici (quarzo e feldspati) della stessa natura dei minerali presenti nei campioni descritti precedentemente, ed è caratterizzato da scarsa classazione, alto addensamento, grado di porosità medio alto, e da una notevole presenza di frammenti di origine metamorfica quarzifera e di frammenti scistosi (figg. 13-14).

Analisi in diffrazione a raggi X (XRD)

I dati mineralogici rivelano un buon accordo, visto che le fasi mineralogiche principali sono rappresentate, perlopiù, da quarzo e feldspati. I risultati diffrattometrici sono riportati in tabella 2.

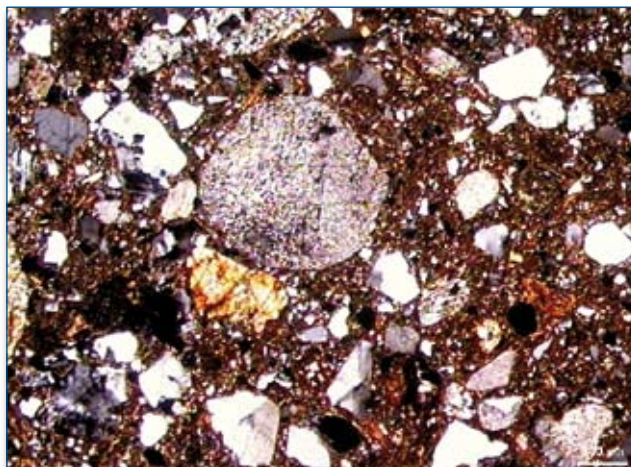


Figura 13 - Immagine al microscopio a luce polarizzata del campione Fav 05, N+.

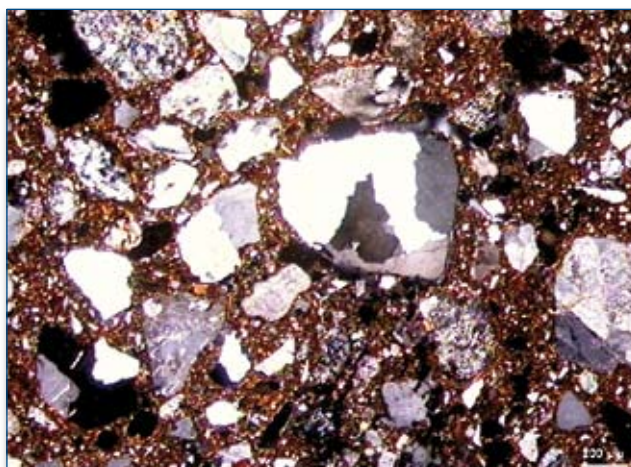


Figura 14 - Immagine al microscopio a luce polarizzata del campione Fav 05, N+.

Le analisi mineralogiche hanno messo in evidenza in tutti i campioni, mediamente, la presenza del quarzo (SiO_2) come minerale principale, dei plagioclasti (anortite $\text{Ca}_2\text{Na}(\text{AlSi})_2\text{Si}_2\text{O}_8$) e feldspati potassici (perlopiù sanidino e ortoclasio KAlSi_3O_8), di miche (muscovite $\text{KAl}_2(\text{OH},\text{F})_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}$), anfiboli (orneblenda $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{Mg}_2\text{Fe}_3\text{Si}_6\text{O}(\text{OH})_2$), clorite ($\text{Mg},\text{Fe}_3\text{Al}(\text{AlSi}_3)\text{O}_{10}$) eccezion fatta per i campioni del forno, e ossidi di ferro (ematite Fe_2O_3) in minore percentuale.

La stima della temperatura di cottura di un impasto argilloso non carbonatico tramite diffrazione a raggi X risulta complessa, vista la scarsa reattività all'aumentare della temperatura delle fasi presenti. Al contrario, la presenza di calcite in un impasto carbonatico, reagendo con i minerali argillosi a determinate temperature, porta alla formazione di minerali come gehlenite ($\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$) e diopside ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$) che in questo modo indicano il grado di cottura raggiunto. Negli impasti non carbonatici come nei casi esaminati, l'unica fase indice di alte temperature di cottura è rappresentata dalla mullite (Al_4SiO_9); la sua

Campione	Quarzo	Plagioclasi	K-Feldspati	Miche	Anfiboli	Clorite	Ossidi Fe
Fav 01	++++	++	+++	+	+	+	+
Fav 02	++++	++	+	+	-	+	+
Fav 03	++++	++	+	+	-	+	+
Fav 04	++++	++	+	+	-	-	+
Fav 05	++++	++	++	+	+	+	+
Fav 06	++++	++	++	+	+	+	+
Fav 07	++++	++	++	+	+	+	+
Fav 08	++++	++	+++	+	+	-	+
Fav 09	++++	++	+	+	-	-	+

Tabella 2 - Risultati delle analisi in diffrazione a raggi X (++++ molto abbondante; +++ abbondante; ++ poco abbondante; + scarso; ± tracce).

Campione	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂
Fav 01	2,20	1,40	15,50	70,60	0,30	o	2,90	1,60	0,80
Fav 02	2,20	1,50	14,60	71,20	0,90	tr	2,90	1,70	0,85
Fav 03	2,30	1,60	14,50	71,10	1,00	tr	2,80	1,70	0,90
Fav 04	2,30	1,50	14,40	71,40	1,00	tr	2,90	1,80	0,80
Fav 05	2,00	1,60	15,00	69,80	0,90	o	2,70	2,30	0,80
Fav 06	1,95	1,65	15,05	70,30	0,90	tr	2,75	2,20	0,70
Fav 07	1,95	2,05	15,70	67,60	0,85	tr	2,80	2,80	0,75
Fav 08	1,90	1,60	16,20	67,90	0,90	o	3,30	1,50	0,90
Fav 09	2,25	1,55	14,60	71,20	0,90	tr	2,80	1,70	0,85

Campione	V ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Rb ₂ O	SrO	ZrO ₂	BaO	SUM
Fav 01	tr	0,10	o	4,40	tr	tr	tr	0,10	99,90
Fav 02	tr	0,10	o	3,85	tr	tr	tr	0,10	99,90
Fav 03	tr	0,10	o	3,80	tr	tr	tr	0,10	99,90
Fav 04	tr	0,10	o	3,80	tr	tr	tr	0,10	100,10
Fav 05	tr	0,10	0,10	4,70	tr	tr	tr	0,10	100,10
Fav 06	tr	0,10	tr	4,25	tr	tr	tr	0,10	99,95
Fav 07	tr	0,10	tr	5,20	tr	tr	tr	0,10	99,90
Fav 08	tr	0,10	o	5,50	tr	tr	tr	0,10	99,90
Fav 09	tr	0,10	o	3,90	tr	tr	tr	0,10	99,95

Tabella 3a-b - Risultati delle analisi in fluorescenza a raggi X (dati percentuali rispetto al peso del campione).

assenza nei campioni analizzati testimonia una cottura avvenuta al di sotto di 1.000°C, confermata dal fatto che in sezione sottile non sono stati osservati fenomeni di vetrificazione. Inoltre la presenza di muscovite in tutti i campioni indica una temperatura di cottura degli impasti inferiore agli 850°C, oltre la quale avviene il collasso del reticolo cristallino della muscovite. Le fasi orne-

blenda e clorite, presenti in tutti i frammenti tranne che nei campioni del forno, testimoniano inoltre una temperatura di cottura molto bassa ($\leq 700^\circ\text{C}$).

In generale, i campioni si trovano in buono stato di conservazione, come si desume sia dall'osservazione in sezione sottile in cui i pori appaiono soltanto in parte riempiti da minerali di ricri-

stallizzazione, che dall'analisi mineralogica, vista la totale assenza di minerali legati a processi di degrado come solfati e nitrati.

Analisi in fluorescenza a raggi X (XRF)

La composizione chimica dei campioni ottenuta tramite l'analisi in fluorescenza a raggi X (tab. 3a-b), ha permesso di ricavare informazioni riguardo al tipo di materiali impiegati per la realizzazione del manufatto ed evidenziare eventuali modifiche apportate all'impasto. I risultati relativi al chimismo dei campioni, così come quelli inerenti alla mineralogia, rivelano una sostanziale somiglianza tra il suolo locale e i manufatti in esame, con oscillazioni poco rilevanti tra le percentuali di alcuni ossidi. Si tratta di impasti non carbonatici visti i bassi tenori in CaO (<3%), con tenori medi di Fe₂O₃, valutabili intorno al 5% e da alti contenuti degli ossidi di silicio e alluminio.

Conclusioni

Sulla base delle analisi effettuate è possibile riconoscere una forte somiglianza tra i manufatti esaminati per quanto riguarda le materie prime inorganiche impiegate, mentre si differenziano per la tecnica esecutiva adottata.

Una prima considerazione riguarda la provenienza locale dei materiali impiegati per la realizzazione di tutti i manufatti in cotto. La stretta analogia composizionale con il suolo locale dimostra, infatti, in tutti i casi, un utilizzo delle risorse disponibili *in loco*².

Una differenziazione funzionale tra le due categorie di cotto esaminate (intonaci strutturali e concotto da struttura di combustione tipo forno a volta di terra) sembra, invece, segnalata dai risultati analitici sopra descritti. I campioni dalle strutture parabitative D-E sembrerebbero essere stati sottoposti ad una tecnica di lavorazione particolare per la presenza più o meno evidente di residui di materiale organico vegetale (paglia), che, al contrario non sono stati riscontrati nei reperti della struttura di combustione F.

Anche per quanto riguarda la temperatura a cui sono stati sottoposti i campioni, la presenza di alcuni minerali caratteristici (clorite, orneblenda) all'interno dell'impasto ceramico permette di ipotizzare delle temperature di cottura per i campioni di intonaco sempre al di sotto dei 700°C, mentre per i campioni della struttura F essa oscillano tra gli 800°C e i 900°C.

Strutture E e F

Pasquale Acquafredda, Rocco Laviano, Italo M. Muntoni

Il contesto geologico

Il villaggio di Favella è collocato sulla prima serie di terrazze fluviali di età pleistocenica, prospicienti a sud la vallata alluvionale del fiume Crati (GUERRICCHIO, MELIDORO 1975), da cui dista attualmente ca. 1,5 km (Fogli 221 e 229 della Carta Geologica d'Italia). Il sito è collocato su un lieve alto morfologico (a 20 m s.l.m.), in prossimità del fosso Scavolino, costituito da sedimenti fluviali con, dall'alto, sabbie poco cementate, ghiaie in matrice terrosa e sedimenti fini limoso-argillosi. La sequenza geologica prosegue (JONES *et al.* 1994, fig. 139a), come in generale per tutta la parte meridionale del bacino del Crati, con le argille marnose, talora siltose, del Calabriano, prevalentemente grigie con intercalati livelli sabbiosi, raramente ghiaiosi (DELL'ANNA, LAVIANO 1988), e le formazioni del massiccio paleozoico della Sila (MESSINA *et al.* 1994; TANSI *et al.* 2005), pertinenti alla serie dioritico-kinzigitica (micascisti a granato, gneiss a granato, biotite, sillimanite e cordierite, rocce intrusive a composizione variabile da gabbro sino a granodiorite). Le principali componenti mineralogico-petrografiche dei depositi sedimentari del bacino meridionale del Crati sono quindi, in quantità anche piuttosto variabili (CRITELLI, LE PERA 2003; LEVI *et al.* 1999, fig. 27-28, zone D ed E), rappresentate da quarzo e feldspati (sia plagioclasti, sia K-feldspati), granati, pirosseni e miche in granuli monomineralici; non mancano granuli polimineralici fra cui è possibile riconoscere anche rocce metamorfiche di medio-alto grado (scisti e gneiss) e rocce granitoidi (graniti, tonaliti e gabbri).

Campioni analizzati e obiettivi della ricerca

Nell'ambito delle diverse strutture d'abitato oggetto di indagini stratigrafiche, sono stati prelevati 5 campioni di intonaco (FAV 43-47) dal livello 3B della maggiore (US 20) delle tre fosse costituenti la struttura E (scavo 2001), localizzata nell'area nord-occidentale del sito. È stato inoltre analizzato un campione (FAV 48) dalla vicina struttura F (scavo 1998), interpretata quale piccolo forno semicircolare, prelevato al centro del piano di cotto omogeneo (US 10, zona β). In considerazione del notevole spessore, il blocco è stato suddiviso in 4 sotto-campioni e sono state analizzate separatamente la porzione pertinente alla superficie superiore (FAV 48 Alto), quella pertinente alla superficie inferiore (FAV 48 Basso) e le due intermedie (FAV 48 CentroAlto e FAV 48 CentroBasso).

² Cfr. oltre.

In relazione alle caratteristiche archeologiche dell'abitato ed alle problematiche connesse alle dinamiche di formazione del deposito archeologico, la ricerca si è focalizzata sui seguenti aspetti:

- Che tipo di materiali sono stati utilizzati per la realizzazione degli intonaci?
- Le materie prime hanno subito dei trattamenti particolari?
- A quale temperatura sono stati esposti durante l'incendio della capanna?
- Quali temperature si sono prodotte durante l'utilizzo della struttura F?

Metodologie analitiche

Ai fini di caratterizzare le materie prime utilizzate, le tecniche di realizzazione e le trasformazioni mineralogiche avvenute, i campioni di intonaco di capanna, analogamente a quelli di ceramica del Neolitico antico e recente e di sedimento³, sono stati sottoposti alle tradizionali metodiche analitiche di caratterizzazione archeometrica.

Sui campioni di sedimento sono state eseguite separazioni granulometriche relativamente alle frazioni sabbiosa ($>63\mu\text{m}$), siltosa ($2\div 63\mu\text{m}$) e argillosa ($<2\mu\text{m}$). Le frazioni psammitiche dei sedimenti sono state osservate al microscopio binoculare, mentre i campioni di ceramica e intonaco sono stati osservati al microscopio a luce polarizzata trasmessa (MO) su sezione sottile.

I campioni di ceramica, intonaco e sedimento (campioni *tout venant* e relative frazioni) sono stati poi sottoposti ad analisi mineralogiche per diffrazione di raggi X su polveri (PXRD) e chimiche per fluorescenza di raggi X (XRF) con determinazione degli elementi maggiori (wt%) e in traccia (ppm).

Le analisi mineralogiche mediante diffrazione di raggi X su polveri (PXRD) sono state eseguite con un diffrattometro Philips PW 1710, con radiazione $\text{CuK}\alpha$ filtrata con Ni. Le analisi chimiche per fluorescenza di raggi X (XRF) sono state eseguite con uno spettrometro automatico Philips PW 1480 (ACQUAFREDDA *et al.* 1985). Gli elementi maggiori (wt%) sono stati dosati utilizzando un tubo a raggi X con anodo di Cr alimentato a 70 kV, 30 mA; gli elementi in traccia (ppm) sono stati dosati utilizzando un tubo a raggi X ad anodo di Rh (per Rb, Sr, Y, Zr e Nb) e uno ad anodo di W (per Ce, La, Ba, Ni, Cr, V) alimentati a 80 kV, 35 mA. Le intensità di raggi X sono state convertite in concentrazioni mediante correzione matematica degli effetti di matrice (FRANZINI *et al.* 1972, 1975; LEONI, SAITTA 1976).

L'acqua è stata dosata come perdita alla calcinazione (L.O.I.) in muffola a 1.000°C per 12 ore; per tale parametro, pertanto, bisogna tenere conto del contributo di CO_2 dovuto alla dissociazione degli eventuali carbonati presenti nel campione. Le riprese diffrattometriche sono state ripetute dopo calcinazione a 1.000°C sugli stessi sedimenti (campioni *tout venant* e relative frazioni argillose), ceramiche ed intonaci.

Risultati delle indagini di laboratorio

Dal punto di vista petrografico i 9 campioni analizzati hanno evidenziato una certa omogeneità, sia composizionale sia tessitura. Per quanto riguarda la tessitura, si presentano generalmente con scarsi vacuoli e con una netta prevalenza dello scheletro sulla matrice (fig. 15). L'analisi in sezione sottile infatti ha evidenziato una tessitura inequigranulare (da $100\mu\text{m}$ a $1\text{-}2\text{ mm}$). Lo scheletro è costituito da quarzo, in cristalli spigolosi negli elementi più piccoli, ben arrotondati negli elementi di dimensio-

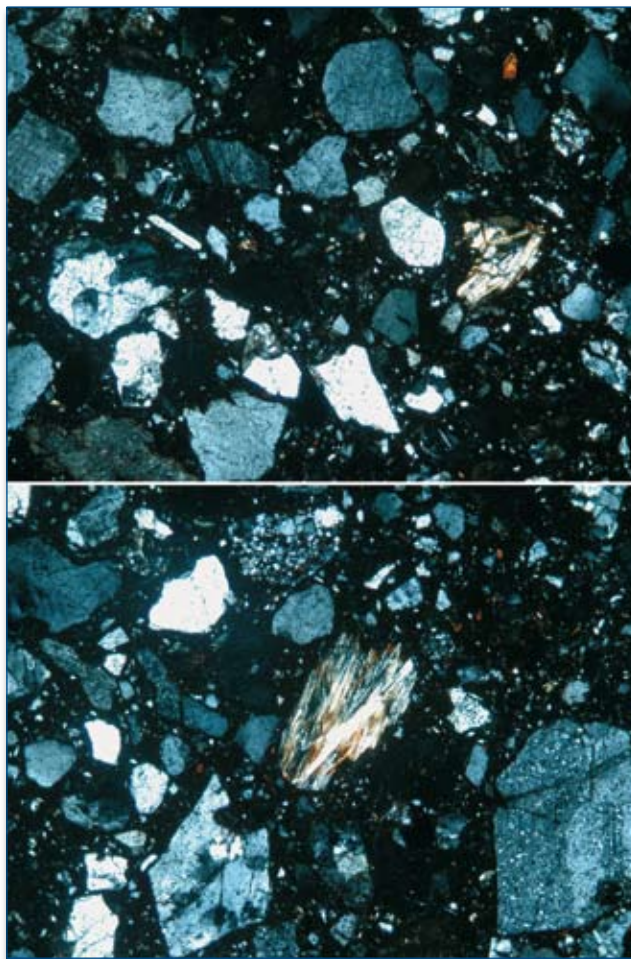


Figura 15 - Immagini in sezione sottile rappresentative dello scheletro degli intonaci di capanna (campione FAV 46, N+): in alto cristalli di quarzo, sillimanite e plagioclasio, in basso cristalli di quarzo e sillimanite (la base dei fotogrammi corrisponde ad una larghezza di 4 mm).

³ Cfr. cap. 6.2 e 15.2.

Campioni	C.M.	Chl	Micas	Qtz	Kfs	Pl	Amp	Hem
FAV 43	tr	tr	X	XXXXX	XXX	XX	tr	tr
FAV 44	tr	tr	XX	XXXXX	XXX	X	tr	tr
FAV 45	tr		tr	XXXXX	XXX	X	tr	tr
FAV 46	X	tr	XX	XXXXX	XXXX	X	tr	
FAV 47	X	tr	XX	XXXXX	XXXX	X	tr	
FAV 48								
FAV 48 Alto	X		XX	XXXXX	XX	X	tr	
FAV 48 CentroAlto	X		XX	XXXXX	XX	X	X	
FAV 48 CentroBasso	X		XX	XXXXX	XX	X	tr	
FAV 48 Basso	X		X	XXXXX	XX	X	X	

Tabella 4 - Composizione mineralogica per PXRD dei campioni di intonaco. C.M.: minerali argillosi; Chl: clorite; Micas: muscovite + biotite; Qtz: quarzo; Kfs: K-feldspato; Pl: plagioclasio; Amp: anfibolo; Hem: ematite (simboli come in KRETZ 1983); il numero di X è in relazione all'abbondanza della fase mineralogica; tr: tracce.

Campioni	Qtz	Kfs	Pl	Px	Hem
FAV 43	XXXXX	XXX	tr		X
FAV 44	XXXXX	XXX	X	tr	XX
FAV 45	XXXXX	XXX	X	tr	XX
FAV 46	XXXXX	XX	X	tr	XX
FAV 47	XXXXX	XXXX	X	tr	XX
FAV 48					
FAV 48 Alto	XXXXX	XXX	X	tr	XX
FAV 48 CentroAlto	XXXXX	XXX	X	tr	XX
FAV 48 CentroBasso	XXXXX	XXX	X	tr	XX
FAV 48 Basso	XXXXX	XXX	X	tr	X

Tabella 5 - Composizione mineralogica per PXRD dei campioni di intonaco dopo calcinazione a 1.000°C. Qtz: quarzo; Kfs: K-feldspato; Pl: plagioclasio; Px: pirosseno; Hem: ematite (simboli come in KRETZ 1983); il numero di X è in relazione all'abbondanza della fase mineralogica; tr: tracce.

ni maggiori, da feldspati (microclino e plagioclasio) spesso alterati, in granuli monomineralici o polimineralici, da sillimanite e da miche (sia muscovite, sia biotite). Presenti inoltre frammenti litici di quarzo policristallino, graniti, micascisti, micascisti con blastesi statica di biotite e gneiss a sillimanite. Tali componenti mineralogico - petrografiche sono strettamente confrontabili con quelle dai depositi sedimentari del bacino meridionale del Crati (CRITELLI, LE PERA 2003) in cui sono presenti frammenti di rocce intrusive e metamorfiche di medio-alto grado (gabbri, graniti, gneiss, scisti, filladi, ecc.).

L'analisi mineralogica per diffrazione di raggi X su polveri (tab. 4) ha confermato, in tutti i campioni, la presenza di quantità prevalenti di quarzo e di quantità leggermente variabili di K-feldspato (da medie ad abbondanti) e miche (da scarse ad abbondanti). Meno riconoscibili sono risultati i residui minerali argillosi (C.M.), soprattutto smectite, e la clorite (Chl), a cau-

sa del trattamento termico subito, mentre è stata riscontrata la presenza in quasi tutti i campioni di intonaco di tracce di anfiboli e, solo per alcuni, di ematite (Hem). Solo i campioni FAV48 non hanno evidenziato riflessi di diffrazione di raggi X relativi alla clorite, ma relativi solo a quarzo, feldspati (sia K-feldspato, sia plagioclasio) e miche, a causa presumibilmente delle più elevate temperature cui sono stati esposti durante l'utilizzo della struttura. L'analisi mineralogica per PXRD sugli stessi campioni dopo calcinazione a 1.000°C (tab. 5) ha confermato come il quarzo rimanga la fase predominante, mentre i feldspati migliorano la loro cristallizzazione. Si è assistito, inoltre in tutti i campioni, alla comparsa di tracce di pirosseni e di abbondante ematite o, laddove era già stata riscontrata, all'aumento delle sue quantità.

Alla luce dell'analisi chimica per XRF (tab. 6) tutti i 9 campioni di intonaco sono risultati classificabili come poveri in calcio (fig. 16), essendo costituiti prevalentemente da SiO₂ (\bar{x} = 67,5

Campioni	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	LOI
FAV 43	69,70	0,70	13,44	3,82	0,09	1,07	1,56	2,66	1,90	0,22	4,84
FAV 44	67,76	0,74	13,37	3,92	0,09	1,15	1,77	2,72	1,74	0,53	6,21
FAV 45	68,66	0,68	14,12	4,38	0,10	1,04	1,38	2,52	1,76	0,18	5,18
FAV 46	64,44	0,79	14,13	4,81	0,10	1,15	2,00	2,56	1,46	1,16	7,40
FAV 47	67,43	0,72	12,91	4,06	0,10	1,11	1,87	2,40	1,58	0,92	6,91
x	67,60	0,73	13,59	4,20	0,10	1,10	1,72	2,57	1,69	0,60	6,11
σ	1,97	0,04	0,53	0,40	0,01	0,05	0,25	0,12	0,17	0,43	1,09
FAV 48 Alto	67,28	0,90	14,03	4,53	0,08	1,28	1,59	2,82	1,86	0,49	5,14
FAV 48 CentroAlto	66,39	0,95	14,48	4,77	0,08	1,37	1,52	2,82	1,80	0,36	5,46
FAV 48 CentroBasso	67,93	0,92	14,07	4,42	0,09	1,26	1,46	2,69	1,94	0,16	5,06
FAV 48 Basso	68,04	0,85	13,82	4,21	0,10	1,21	1,46	2,69	1,90	0,16	5,56
x	67,41	0,91	14,10	4,48	0,09	1,28	1,51	2,76	1,88	0,29	5,31
σ	0,76	0,04	0,28	0,23	0,01	0,07	0,06	0,08	0,06	0,16	0,24

Tabella 6 - Composizione chimica (wt%) per XRF dei campioni di intonaco.

Campioni	Ba	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	V	Cr	Ni	La	Ce
FAV 43	472	91	193	28	210	20	64	76	19	36	64
FAV 44	579	91	218	25	195	18	59	84	22	37	61
FAV 45	457	99	183	28	206	22	63	72	23	38	68
FAV 46	748	75	219	21	167	18	66	84	27	40	72
FAV 47	629	96	275	29	226	21	64	78	22	36	64
x	577	90	218	26	201	20	63	79	23	37	66
σ	120	9	36	3	22	2	3	5	3	2	4
FAV 48 Alto	508	115	216	33	264	23	71	86	24	45	82
FAV 48 CentroAlto	513	118	221	34	302	24	76	75	25	46	79
FAV 48 CentroBasso	576	121	235	38	313	26	81	84	27	48	80
FAV 48 Basso	617	114	250	36	301	25	75	86	26	45	71
x	554	117	231	35	295	25	76	83	26	46	78
σ	52	3	15	2	21	1	4	5	1	1	5

Tabella 7 - Composizione chimica (ppm) per XRF dei campioni di intonaco.

wt%), Al₂O₃ (\bar{x} =13,8 wt%) e Fe₂O₃ (\bar{x} =4,5 wt%), con scarsissime quantità di CaO (\bar{x} =1,7 wt%). Tali valori sono strettamente confrontabili con la composizione chimica⁴ dei 2 campioni di sabbie (US 5) prelevati dal taglio della Struttura E (FAV 49-50), mentre appaiono ben distinguibili da quella del campione di sedimen-

to prelevato dal bordo del canale scolmatore (FAV 51). Anche i campioni FAV 48 hanno evidenziato, come era da aspettarsi, una composizione straordinariamente uniforme. Da notare è in particolare solo la diminuzione significativa della concentrazione di P₂O₅ dalla superficie superiore a quella inferiore: i valori più elevati nella parte posta a più diretto contatto con il livello di *humus* superficiale lasciano presupporre un incremento del fosforo, du-

4 Cfr. cap. 6.2.

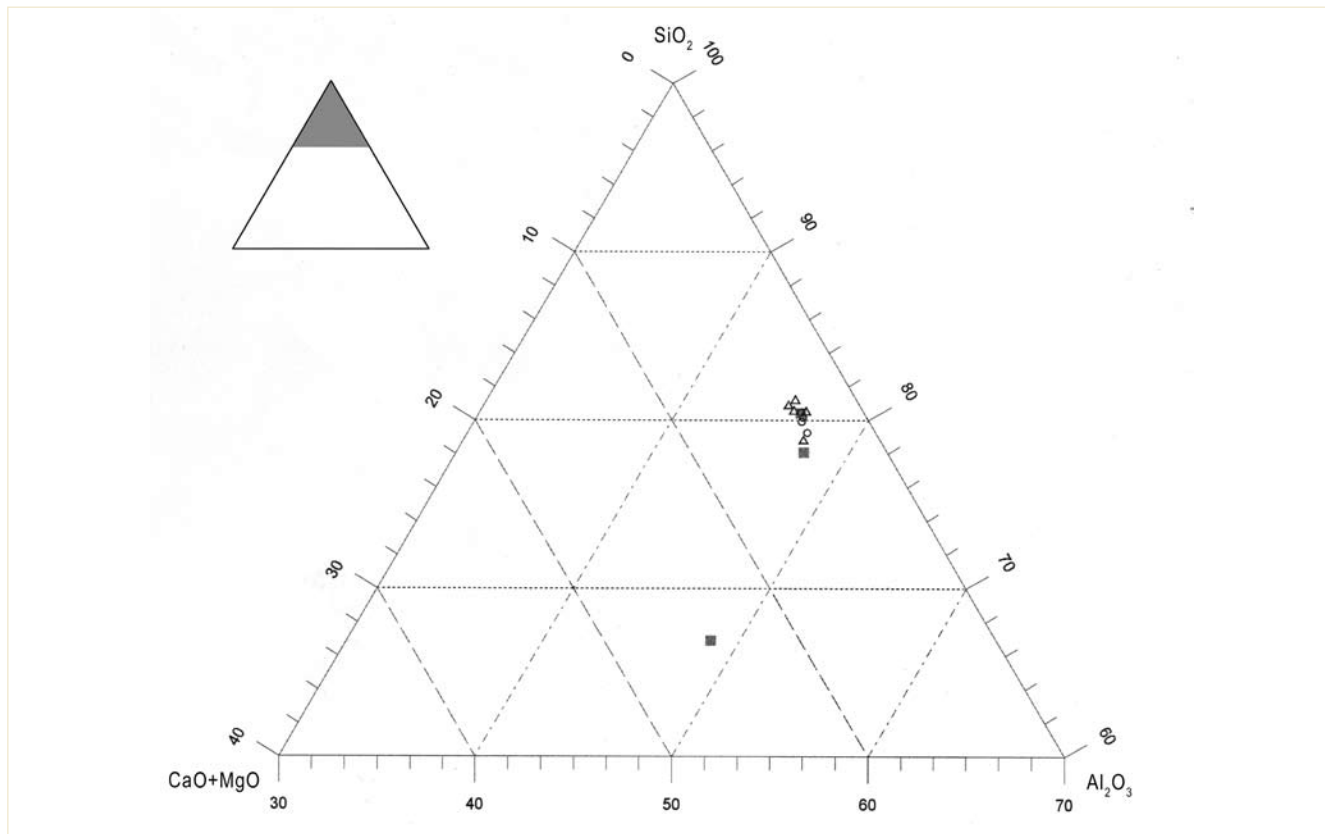


Figura 16 - Triangolo ceramico (CaO+MgO)-SiO₂-Al₂O₃ con distribuzione dei campioni di intonaco di capanna (triangoli neri), del forno (cerchi neri) e dei campioni di sedimento (quadrati grigi).

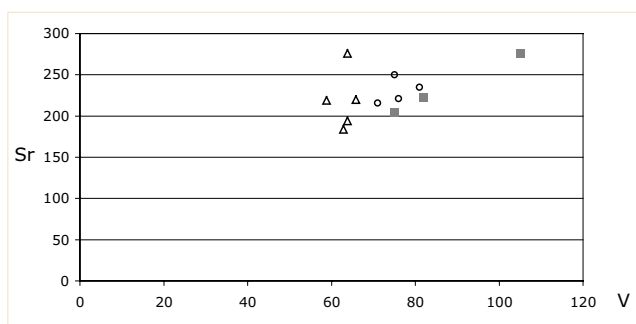


Figura 17 - Diagramma di correlazione Sr vs V con distribuzione dei campioni di intonaco di capanna (triangoli neri), del forno (cerchi neri) e dei campioni di sedimento (quadrati grigi).

rante il seppellimento, connesso alle moderne pratiche agrarie. Anche i dati degli elementi in traccia (tab. 7) confermano l'omogeneità tra i 9 campioni di intonaco. Alcune differenze nelle concentrazioni di alcuni elementi, quali Sr vs. V (fig. 17), sembrano confermare le affinità in particolare con i 2 campioni di sabbie (US 5) prelevati dal taglio della Struttura E (FAV 49-50).

Conclusioni

Alla luce dei dati analitici raccolti è possibile formulare le risposte alle domande da cui ha avuto origine la presente ricerca.

I campioni di intonaco di capanna di entrambe le strutture (E ed F) hanno evidenziato caratteristiche composizionali piuttosto simili e ricorrenti, riconducibili all'utilizzo delle locali sabbie fluviali quarzo-feldspatiche di origine ignea e metamorfica, caratterizzate dall'associazione di rocce granitoidi, di gneiss e scisti, presenti sia lungo il margine del massiccio della Sila sia nel bacino del Crati. In particolare i due campioni di sabbie (US 5) prelevati dal taglio della Struttura E (FAV 49-50) hanno evidenziato caratteristiche mineralogiche e chimiche del tutto analoghe, consentendo di identificare con precisione le materie prime utilizzate per la realizzazione degli intonaci di capanna e del forno. Non sono state per altro individuate differenze nella granulometria, né nel rapporto fra matrice e scheletro, tali da far ipotizzare che le materie prime possano aver subito, prima della messa in opera, trattamenti particolari di depurazione. L'assenza di una elevata porosità fa anche escludere l'aggiunta intenzionale di uno smagranante vegetale.

In relazione alle temperature di esposizione al fuoco dei campioni di intonaco, sulla base dell'associazione di fasi riscontrate, in particolare per la presenza dei picchi di maggiore intensità della smentite ($\approx 12-15\text{\AA}$) e della clorite ($\approx 7\text{\AA}$), e per lo scarso grado di sinterizzazione della matrice, si possono ipotizzare temperature non superiori a 600°C , prodottesi durante l'incendio della strut-

tura abitativa. Nel caso del forno l'assenza invece dei riflessi di alcuni minerali argillosi lascia presupporre temperature più elevate, ma non superiori a 700°C. Significativo è il fatto che tutte le parti del campione FAV 48, pertinenti sia alla superficie superiore, sia a quella inferiore, sia a quelle intermedie, abbiano evidenziato una analoga associazione di fasi, probabilmente a causa delle ripetute e prolungate esposizioni a calore del piano di cottura durante le fasi di funzionalità della struttura F.

Struttura G

Giulio Predieri, Sergio Sfrecola

Campione e metodi di analisi

La struttura G di Favella è rappresentativa di una serie di fosse appartenenti al Neolitico antico, in questo caso isolata, ma più spesso a grappolo, caratterizzate da dinamiche di riempimento in qualche modo ripetitive⁵.

Sono stati analizzati i seguenti campioni da suoli e altri contesti di riempimento di questa struttura:

- campione A: strato US 6;
- campione B: strato US 10 (base);
- campione C: sabbie substrato;
- campione D: strato US 8;
- campione E: strato US 4B;
- campione F: strato US 4A;
- campione G: campione sperimentale cottura in forno a legna di suolo locale;
- campione H: strato US 3A;
- campione I: campione intonaco.

Le indagini diagnostiche effettuate sono state le seguenti:

- analisi morfologico-tessiturale mediante microscopio ottico stereoscopico in luce riflessa;
- analisi mineralogico-petrografica in sezione sottile mediante microscopio mineralogico in luce polarizzata;
- analisi in diffrazione dei raggi X con il metodo "delle polveri";
- analisi granulometrica per setacciatura.

Dati analitici

I campioni di terra presentano caratteristiche macroscopiche tipiche dei materiali siltosi con colore tendente all'avana, aventi frattura irregolare, parzialmente concoide. Si differenziano per

colore e caratteristiche i campioni friabili G, H, I di colore rosso ocra, in particolare il campione G di riferimento ha subito, in base alle informazioni ricevute, un processo di cottura in forno a legna a 400-500°C circa.

Soprattutto per i campioni H ed I si è concentrata la ricerca al fine di comprendere la natura e le caratteristiche del materiale. A tal scopo, sui campioni, sono state eseguite una serie di indagini diagnostiche per comprendere le caratteristiche dei materiali.

Sono state condotte analisi granulometriche per setacciatura e mineralogiche qualitative e quantitative, relativamente all'intervallo dimensionale compreso tra 4 e 0,125 mm, escludendo le frazioni molto fini e siltose, in quanto non studiabili in microscopia ottica e non significative dal punto di vista sedimentologico, poiché anche i materiali dei campioni H ed I potrebbero aver subito, come il campione G, un parziale processo di cottura, trasformando alcuni minerali, soprattutto quelli argillosi.

I risultati delle analisi granulometriche (% in peso) riportate di seguito in figura 18, indicano con le percentuali delle diverse frazioni, intervalli di variazione sufficientemente ampi; i grafici evidenziano per i campioni curve con aspetto ed andamento simile, con diagrammi che indicano una distribuzione plurimodale. Le curve cumulative hanno un andamento parzialmente parabolico con concavità verso l'alto ed evidenziano inoltre una granulometrica tipica di una sabbia fluviale. In particolare le curve dei campioni B, F e C presentano una stessa forma e stessa cernita. Anche la curva del campione D presenta la stessa forma e cernita, ma la curva è spostata verso dimensioni maggiori.

Simili per forma, ma che differiscono per una cernita migliore, sono le curve dei campioni A ed E.

Per quanto concerne le curve dei campioni: G, H, I, esse differiscono per le dimensioni maggiori dei granuli, seppur mantengono lo stesso andamento e cernita delle altre curve; soprattutto simili fra loro sono le curve dei campioni G ed I.

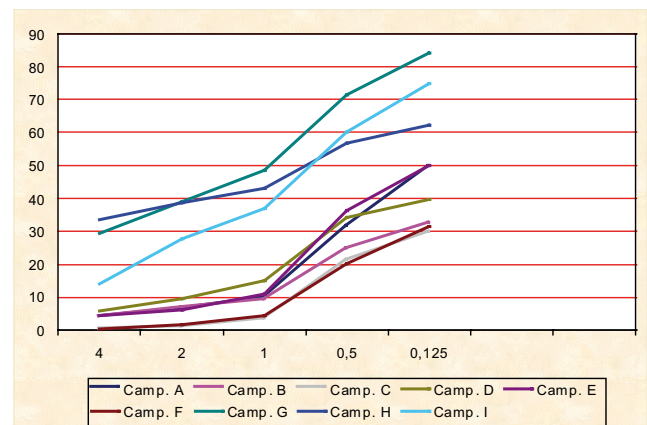
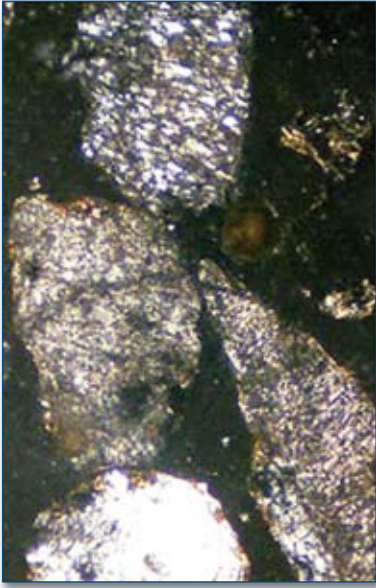


Figura 18 - Risultati delle analisi granulometriche (percentuali di peso).

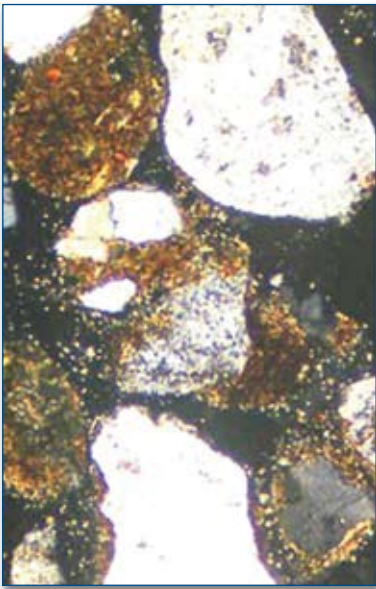
⁵ Cfr. cap. 4.2.



Campione C.



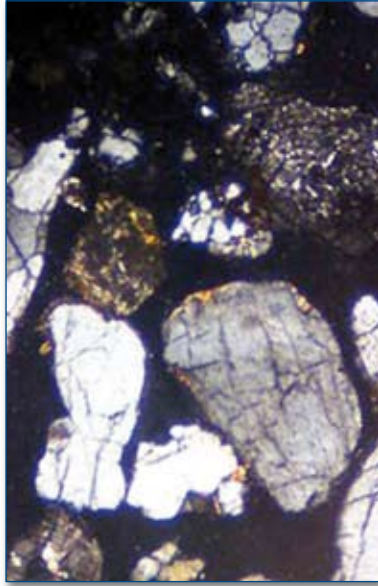
Campione B.



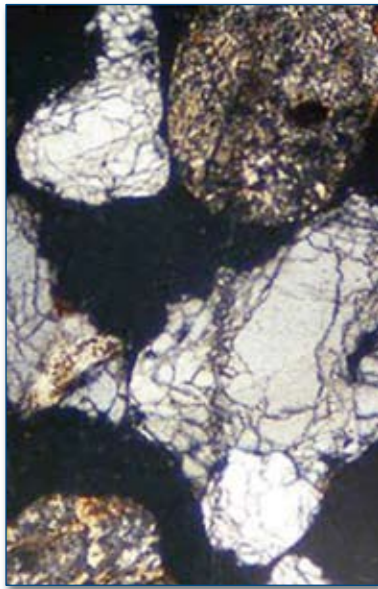
Campione A.



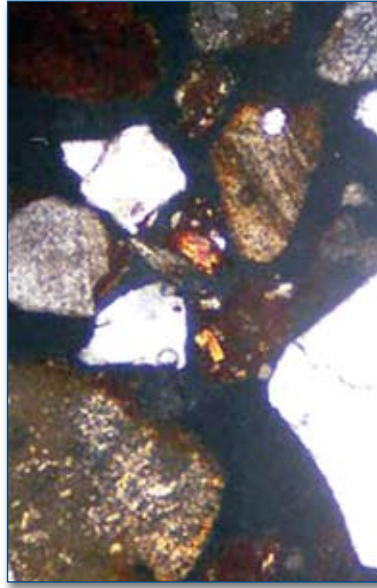
Campione F.



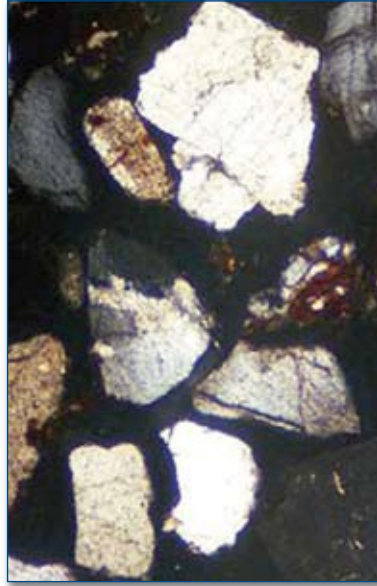
Campione E.



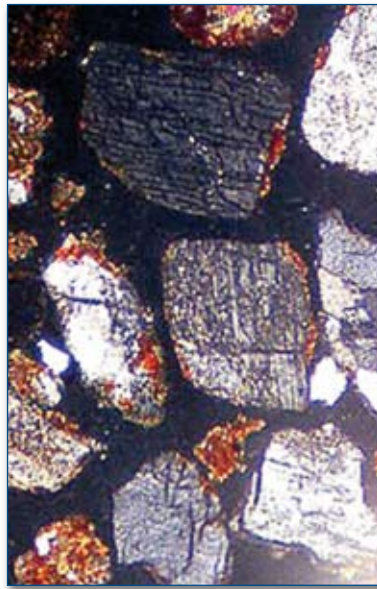
Campione D.



Campione I.

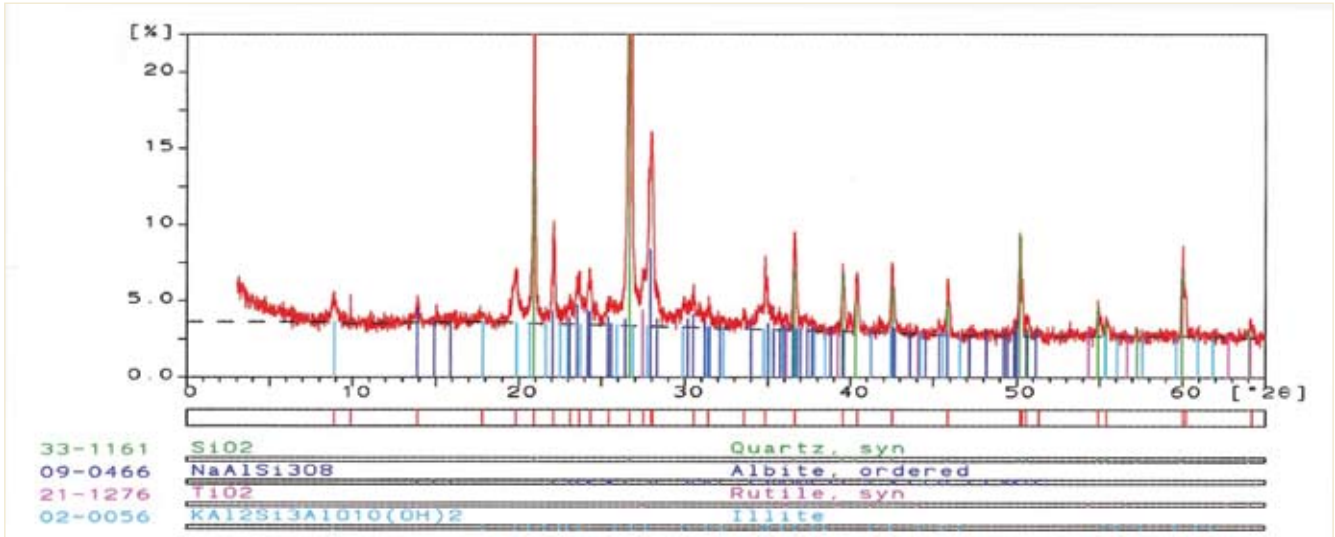


Campione H.

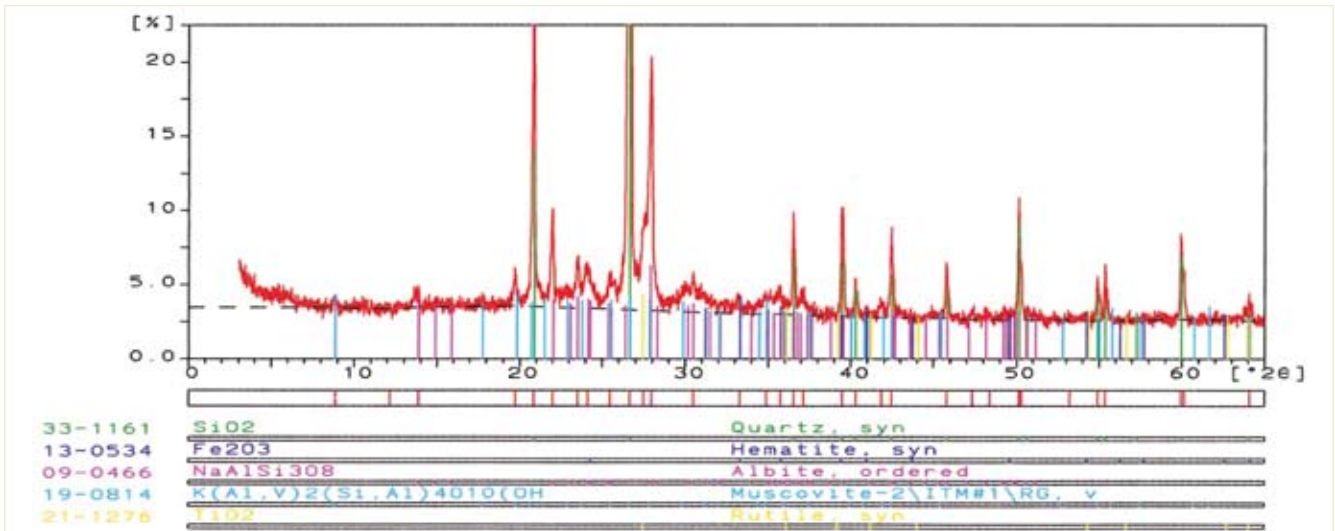


Campione G.

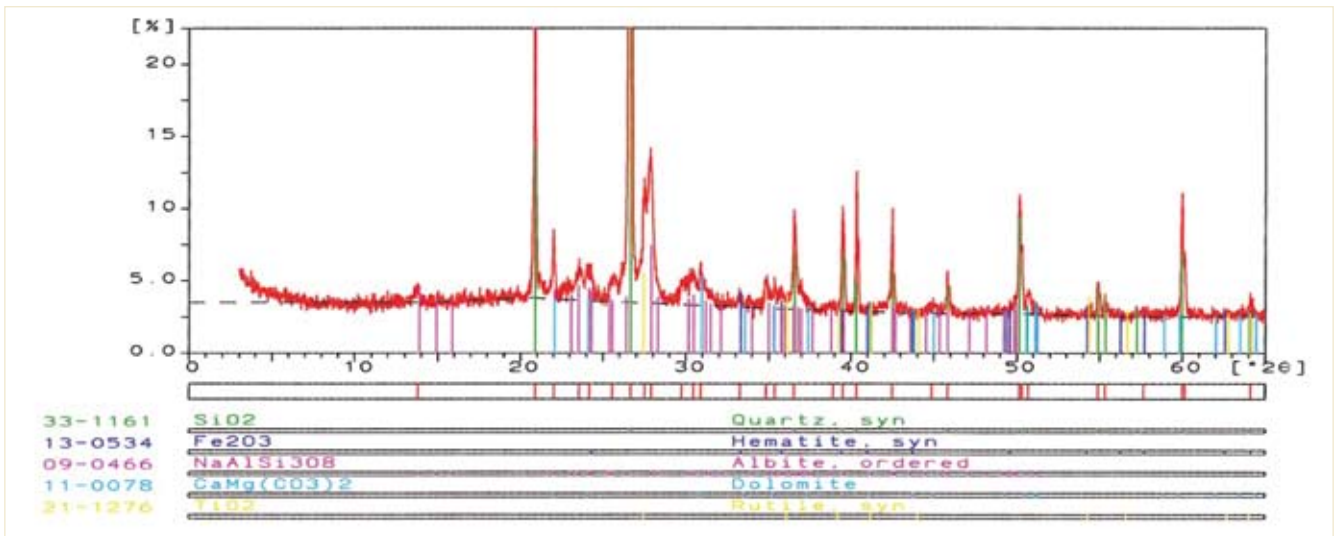
Figura 19. Immagini in sezione sottile al microscopio mineralogico a nicol incrociati (40x).



Campione G



Campione H



Campione I

Figura 20 - Diffattogrammi dei raggi X.

	Campione G	Campione H	Campione I
Quarzo SiO ₂	++	++	++
Albite NaAlSi ₃ O ₈	+	+	+
Rutilo TiO ₂	-	+	+
Muscovite KAl ₂ (OH,F) ₂ AlSi ₃ O ₁₀		-	
Illite KAl ₂ (OH) ₂ AlSi ₃ O ₁₀	+/-		
Ematite Fe ₂ O ₃		-	-
Dolomite CaMg(CO ₃) ₂			+/-

Tabella 8 - Risultati delle analisi in diffrazione dei raggi X (++ Dominante; + Accessorio; - Tracce).

È stata inoltre eseguita l'osservazione al microscopio binoculare al fine di valutare la forma e le caratteristiche mineralogiche dei clasti e soprattutto per consentire un confronto con il campione G di riferimento. Si è inoltre proceduto, per una maggior precisione dello studio qualitativo e morfologico degli elementi clastici, ad eseguire, per ogni campione setacciato ed opportunamente consolidato in camera sottovuoto, un'analisi in sezione sottile al microscopio petrografico (fig. 19).

I risultati ottenuti hanno permesso di riscontrare per i campioni una frazione sabbiosa simile, costituita prevalentemente da Quarzo, Feldspato (Plagioclasio, Microclino, Ortoclasio), Carbonati, Miche e subordinatamente, Pirosseni augitici, ed Anfiboli. Sono presenti inoltre frammenti derivanti da rocce acide, tra cui si distinguono relitti di probabili Graniti, scisti filladici e Paragneiss. Il sedimento è piuttosto maturo in quanto il quarzo è predominante. I minerali individuati hanno caratteristiche che, per morfologia (*habitus*, spigoli arrotondati o sub-arrotondati) e per composizione mineralogica (che richiede ambiente di formazione differenziati) sono riferibili a componenti detritici. I feldspati e le miche sono fortemente alterati, in particolare l'ortoclasio ed i plagioclasii hanno la superficie quasi completamente coperta da lamelle argillose, la muscovite ha la caratteristica di una idromica, la biotite infine è sempre più o meno alterata in clorite. Il quarzo poi presenta anche delle rigature ed è spesso rossiccio per impurezze. Circa i rapporti di abbondanza dei minerali più rappresentati si evidenzia (dalle analisi granulometriche) che mediamente i minerali argillosi e siltosi nel loro insieme prevalgono sul complesso degli altri minerali, ad eccezione dei campioni di colore rossastro G, H, I, nelle quali prevalgono le frazioni più grossolane. L'osservazione microscopica ha infatti rilevato in questi tre campioni la presenza di grumi rossi piuttosto consistenti, che cementano i minerali. Tale presenza può es-

sere messa in relazione ad un processo di trasformazione dei minerali argillosi, a causa soprattutto di un trattamento termico. Si è quindi proceduto ad eseguire su campioni non trattati (G, H, I) analisi in diffrazione dei raggi X con il metodo "delle polveri" per il riconoscimento ed il confronto delle fasi cristalline⁶ (tab. 8, fig. 20).

I risultati ottenuti hanno permesso di accertare per gli intonaci H, I ed anche per il campione G la scarsa presenza o l'assenza di minerali argillosi, a testimonianza che hanno subito un processo di trasformazione, infatti durante la cottura tali minerali vengono più o meno distrutti a seguito della perdita dell'acqua chimicamente legata all'interno delle loro strutture cristalline e per tale motivo è molto difficile trovarli. Il calore necessario a distruggere il reticolo cristallino dei minerali argillosi inizia a 450°C, dopo i minerali argillosi perdono la struttura lamellare e la possibilità di diventare plastici (argilloidi). I minerali argillosi dei depositi fluviali come nel nostro caso hanno inoltre occasione di fissare i composti colloidal di ferro che si liberano in cottura ossidante, conferendo il colore rosso. In particolare tra i 450°C ed i 600°C scompaiono le fasi cristalline relative alle distanze interplanari maggiori, perpendicolari alla struttura lamellare; questo è dovuto alla perdita dell'acqua di composizione, ma rimangono ancora tracce delle vecchie strutture (metacaolino, miche anidre), tra i 600°C ed i 900°C avviene la decomposizione degli eventuali carbonati di calcio e magnesio. Dopo gli 800°C inizia a diverse temperature la formazione di nuovi composti cristallini, in modo particolare silicati anidri di alluminio, calcio e magnesio.

Conclusioni

In conclusione si può affermare che tutti i campioni pervenuti in laboratorio sono simili, seppur con granulometrie e cernite lievemente differenti. Per quanto concerne i campioni H ed I, si differenziano in quanto hanno subito un processo di cottura in ambiente ossidante tra i 450°C ed i 600°C. In questo intervallo la trasformazione dei minerali argillosi non è completamente irreversibile, infatti in tempi molto lunghi si è osservata una debole reidratazione.

⁶ Ha collaborato e contribuito alla ricerca Antonino Cucchiara del DIP.TE. RIS dell'Università di Genova.