



REGIONE TOSCANA
DIREZIONE DIFESA DEL SUOLO E PROTEZIONE CIVILE
SETTORE GENIO CIVILE VALDARNO SUPERIORE

**Mitigazione del rischio idraulico per l'abitato di Firenze.
Sistemazione delle difese idrauliche esistenti nel
tratto dalla Nave a Rovezzano al Ponte S.Trinita.**

PROGETTO PRELIMINARE

DIRIGENTE RESPONSABILE DEL CONTRATTO
Ing. Gennarino Costabile

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
Ing. Simone Nepi

UFFICIO DI PROGETTAZIONE

PROGETTISTI

Geol Pierluigi BALLERINI
Ing. Francesca BARZAGLI
Geom. Francesco DEL VECCHIO
Geom. Luigi DI PACO
Geom. Gianluca GIOINO
Ing. Andrea NAVARRIA
Ing. Valentina NENCINI
Ing. Alessio PAOLETTI

ADEMPIMENTI AMMINISTRATIVI

Riccardo ROCCI
Sandra Gigli

OGGETTO ELABORATO

12 ANALISI MINERALOGICO PETROGRAFICHE

AGOSTO 2021

Firenze - Via San Gallo, 34/A - 50129 - Tel. 055/4622711



**INDAGINI MINERALOGICHE E PETROGRAFICHE SU CAMPIONI
ESTRATTI DA CAROTE PROVENIENTI DAI LUNGARNI FIORENTINI**

a cura di

Dott.ssa Emma Cantisani

Il Responsabile dell'ISPC – sezione Firenze
Ing. Cristiano Riminesi

Sede Secondaria di Firenze
Via Madonna del Piano, 10 / 50019 Firenze
Email segreteria.ispc@ispc.cnr.it – responsabile.firenze@ispc.cnr.it

Indice

Premessa	3
Campionamento	4
Metodologie analitiche.....	6
Descrizione dei campioni.....	9
Osservazioni e conclusioni	39

Premessa

In seguito all'affidamento da parte della struttura Difesa del Suolo e Protezione Civile del Genio Civile Valdarno Superiore dell'incarico per l'esecuzione di analisi mineralogiche e petrografiche per la caratterizzazione dei materiali lapidei naturali ed artificiali, l'Istituto di Scienze del Patrimonio Culturale del CNR ha effettuato un'indagine minero-petrografica su campioni estratti da carote provenienti dal Lungarno degli Acciaiuoli e delle Grazie in Firenze. Le analisi sono state condotte al fine di individuare materie prime e tecnologie impiegate nel confezionamento di questi materiali lapidei artificiali, individuare similitudini/differenze tra i materiali impiegati, determinare la presenza di fenomenologie di degrado.

Campionamento

L'estrazione delle carote dai lungarni fiorentini è stata realizzata dalla ditta Lauria Antonio e il materiale è stato depositato presso il laboratorio LAM del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze, al fine di eseguire le prove meccaniche. Da alcune carote, in accordo con i colleghi dell'Università, sono stati selezionati campioni per l'esecuzione delle prove mineralogiche e petrografiche

I campioni prelevati sono descritti nello schema in Tabella 1.

Tabella 1 – Descrizione e denominazione dei campioni prelevati.

ID Carota	Posizione carota	Descrizione dei campioni
F2	Lungarno degli Acciaiuoli, (169.00; 3.70) m *	Campione F2A : porzione fine ad una profondità di 80-85 cm nella carota (lunghezza totale: 190 cm)
F2BIS	Lungarno degli Acciaiuoli, (133.00; 5.40) m	Campione F2BIS : porzione fine ad una profondità di 2.50-2.55 m nella carota (lunghezza totale: 320 cm)
F3	Lungarno degli Acciaiuoli, (106.00; 4.46) m	Campione F3A : porzione fine ad una profondità di 1.30-1.35 m nella carota (lunghezza totale: 170 cm)
F5	Lungarno degli Acciaiuoli, (20.10; 3.37) m	Campione F5A : porzione fine ad una profondità di 50-55 cm nella carota (lunghezza totale: 180 cm) Campione F5B : porzione fine ad una profondità di 1.06-1.10 m nella carota
F6	Lungarno degli Acciaiuoli, (5.25; 5.05) m	Campione FA6 : porzione fine ad una profondità di 63-65 cm nella carota (lunghezza totale: 200 cm)
F7	Lungarno delle Grazie, (183.00; 2.65) m **	Campione F7B : porzione fine ad una profondità di 58-61 cm nella carota (lunghezza totale: 180 cm) Campione F7C : porzione fine ad una profondità di 1.16-1.18 m nella carota

F10	Lungarno delle Grazie, (122.00; 2.65) m	Campione F10A : porzione fine ad una profondità di 32-36 cm nella carota (lunghezza totale: 190 cm) Campione F10B : porzione fine ad una profondità di 53-55 cm nella carota Campione F10C : porzione fine ad una profondità di 1.00-1.02 m nella carota
F11	Lungarno delle Grazie, (90.00; 5.85) m	Campione F11A : porzione fine ad una profondità di 67-70 cm nella carota (lunghezza totale: 200 cm)
F13	Lungarno delle Grazie, (16.00; 5.60) m	Campione F13A : porzione fine ad una profondità di 30-36 cm nella carota (lunghezza totale: 200 cm) Campione F13B : porzione fine ad una profondità di 1.52-1.56 m nella carota

* (la misura sulla sinistra rappresenta la distanza dal centro foro alla superficie a destra: mensola in arenaria, lato ponte Vecchio; la misura sulla destra rappresenta la distanza dal centro foro al parapetto)

** (la misura sulla sinistra rappresenta la distanza dal centro foro alla superficie a destra: torretta dopo il condotto di scarico; la misura sulla destra rappresenta la distanza dal centro foro al parapetto)

Metodologie analitiche

I campioni prelevati sono stati preliminarmente osservati allo stereomicroscopio e successivamente inglobati in resina consolidante e tagliati perpendicolarmente alla stratigrafia in modo da ottenere sezioni lucide e sottili trasversali da osservare in microscopia ottica.

– Indagini allo stereomicroscopio

L'indagine stereomicroscopica si basa sull'osservazione dei campioni tal quale.

Tale tecnica consente di effettuare una descrizione macroscopica del materiale e di definirne lo stato di conservazione. Risulta particolarmente utile per indagare le caratteristiche macroscopiche e morfologiche, le caratteristiche cromatiche, le caratteristiche di adesione, coesione di un materiale lapideo naturale o artificiale, la presenza di strati sovrapposti, la presenza di biodeteriogeni, la presenza di elementi utili per una stima di massima sullo stato di conservazione del materiale in studio.

E' stato utilizzato uno stereomicroscopio marca Zeiss, modello Stemi 200 C corredato di telecamera ad elevata risoluzione per riprese fotografiche. Gli ingrandimenti utilizzati, in funzione delle dimensioni dei campioni, vanno da 1X a 4X.

– Indagini per microscopia ottica in luce trasmessa (OM)

I campioni relativi alla porzione fine delle carote sono stati ridotti ad uno spessore di circa 30 µm in modo da diventare trasparenti alla luce. Lo studio per microscopia in luce trasmessa è stato effettuato utilizzando un microscopio ottico in luce trasmessa polarizzata a nicol paralleli (//) e nicol incrociati (X), con ingrandimenti degli obiettivi da 2,5X a 40X.

La tecnica consente l'analisi dei principali parametri tessiturali-composizionali dei materiali lapidei naturali ed artificiali.

In particolare riguardo all'aggregato di una malta è possibile studiare i seguenti aspetti:

- composizione mineralogico-petrografica (si ottengono informazioni sulla provenienza dei materiali utilizzati);

- granulometria e forma (si possono trarre informazioni su possibile setacciatura o macinazione dell'aggregato);
- distribuzione all'interno del legante (indicazioni su accuratezza nella miscelazione dell'impasto);
- orientazione dei grani dell'aggregato (indicazioni sulla pressione esercitata durante la messa in opera degli intonaci).

Relativamente al legante si possono trarre indicazioni su:

- composizione e caratteristiche del legante (presenza di grumi e frammenti di pietra mal cotta che danno indicazioni sul materiale utilizzato per la preparazione della calce; presenza di fase cristalline caratteristiche di alcuni tipi di legante);
- tipologia della porosità primaria e/o secondaria (indicazioni sulla quantità di acqua di impasto utilizzata o eventuali problemi nella fase di presa dell'impasto a causa di un'asciugatura troppo rapida);
- rapporto legante/aggregato (per definire se l'impasto della malta è magro o grasso);
- presenza di fenomeni di ricristallizzazione del legante;
- stato di conservazione dell'impasto.

E' stato utilizzato un microscopio ottico luce riflessa/luce trasmessa Axioscope A.1 della Zeiss correlato di telecamera ad elevata risoluzione e di software Axiovision per la gestione delle immagini e la valutazione delle caratteristiche morfometriche dei materiali.

- Analisi diffrattometriche



La composizione mineralogica dei campioni è stata ottenuta su polveri aventi una granulometria inferiore a 125µm (verificata mediante setaccio a passante di luce 0,125 mm), utilizzando un diffrattometro a raggi X, modello X'Pert Pro della PANalytical con l'applicazione delle seguenti condizioni operative: radiazione Cu Kα1 ($\lambda=1,545 \text{ \AA}$), alimentazione tubo raggi X 40 KV, 30 mA, intervallo angolare $3^\circ < 2\theta < 70^\circ$. Lo strumento è corredato di software Highscore per la gestione e interpretazione dei diffrattogrammi.

L'analisi diffrattometrica effettuata sulle malte permette principalmente la determinazione della composizione mineralogica, senza però distinguere tra componenti appartenenti al legante e/o

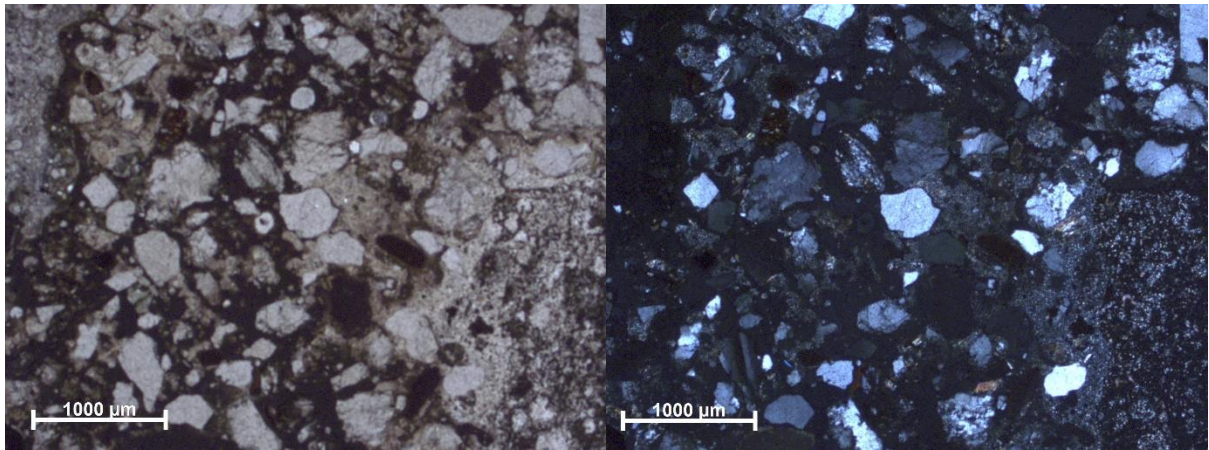
all'aggregato, ma fornendo una composizione totale, permette inoltre di identificare fasi di alterazione degrado degli impasti

Per semplicità espositiva i risultati analitici vengono espressi come schede sintetiche relative ad ogni campione.

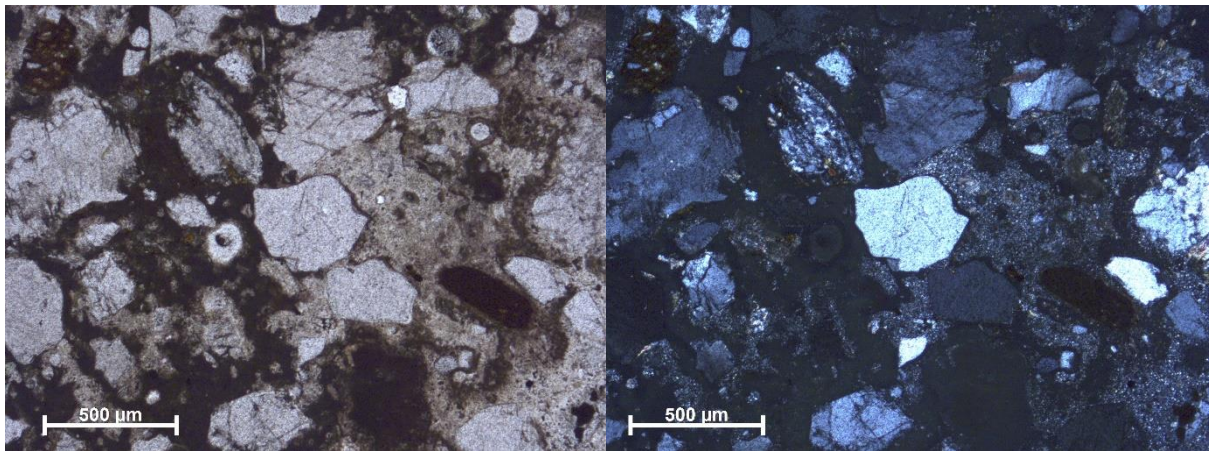
Nell'allegato 1 sono riportati i pattern di diffrazione ottenuti su tutti i campioni analizzati.

<i>ID carota:</i>	Carota F2
<i>ID campione</i>	F2A
<i>Descrizione del punto di prelievo:</i>	Lungarno degli Acciaiuoli
<i>Foto della carota e del campione:</i>	 <p>Generale</p>  <p>Dettaglio del campione analizzato</p>
<i>Descrizione del campione prelevato:</i>	porzione fine ad una profondità di 80-85 cm nella carota
<i>Composizione mineralogica</i>	Quarzo, plagioclasti, calcite, miche, minerali argillosi.

SEZIONE SOTTILE (luce trasmessa)



Immagini della sezione sottile del campione F2A (ingr2.5X; sx n//, dx n⊥)



Immagini della sezione sottile del campione F2A (ingr 5 X; sx n//, dx n⊥)

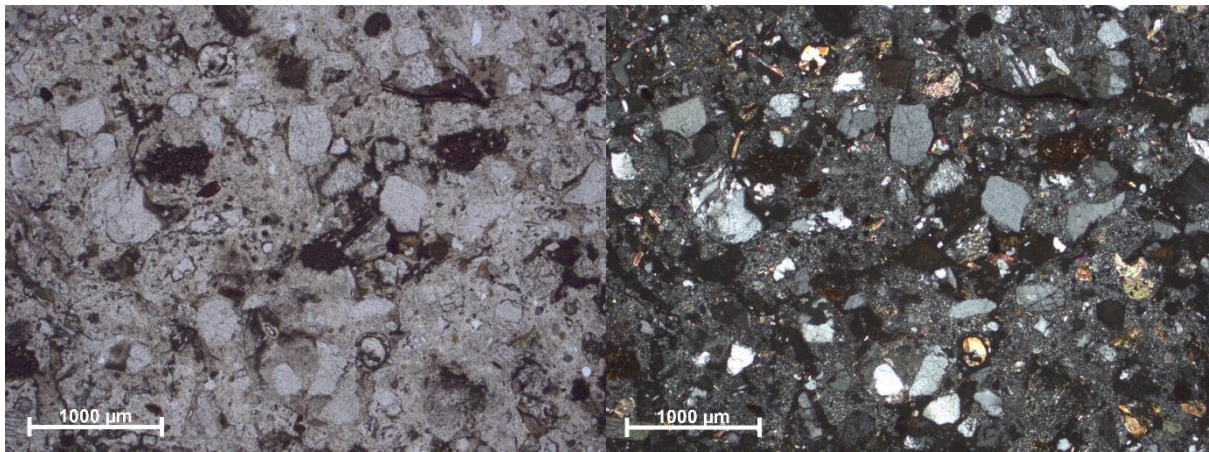
L'impasto è stato realizzato con un legante che presenta una struttura eterogenea con plaghe scure fino ad una tessitura microspartita. Sono presenti grumi, interpretabili come “fantasmi” della pietra da calce. Si nota la presenza di zone con evidente perdita di materiale legante e zone con riprecipitazione di carbonati.

L'aggregato è abbondante, il rapporto legante/aggregato è circa 1/3-1/4, è ben selezionato dal punto di vista granulometrico, ha una distribuzione quasi unimodale, a meno di qualche frammento di arenaria o di calcare marnoso di dimensioni superiori al millimetro e di forma allungata. La porzione più fine dell'aggregato ha una composizione prevalentemente silicatica, prevalgono quarzo mono e policristallino, plagioclasti, miche, derivanti dalla disgregazione di rocce silicatiche, pochi i frammenti di rocce carbonatiche e i frammenti di rocce pelitiche. I frammenti

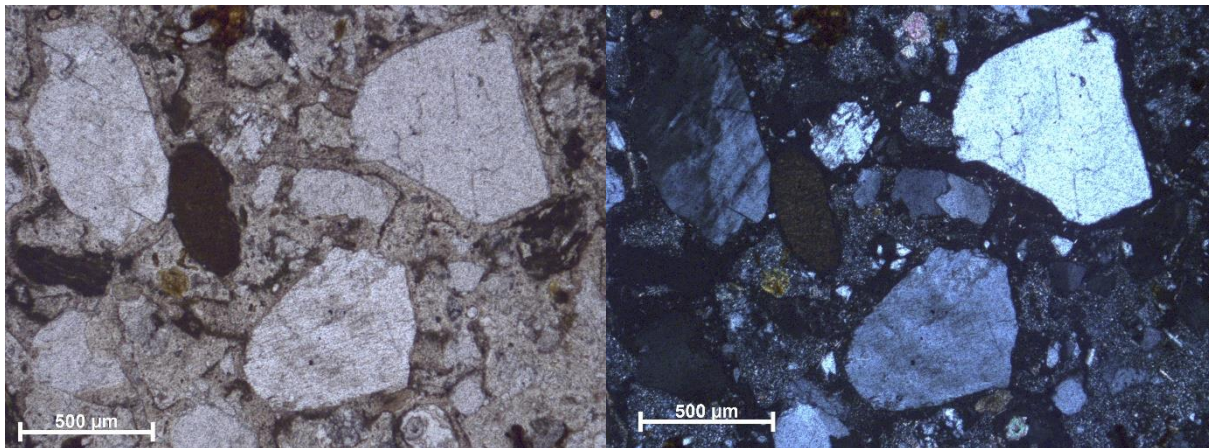
monomineralici hanno forma sub angolare. Le dimensioni medie dei granuli dell'aggregato sono pari a circa 300 μm . La macroporosità è medio alta ed è data da pori di forma irregolare dovuti alla perdita di porzioni di legante.

<i>ID carota:</i>	Carota F2 BIS
<i>ID campione</i>	F2bis
<i>Descrizione del punto di prelievo:</i>	Lungarno degli Acciaiuoli
<i>Foto della carota e del campione:</i>	 <p>Generale</p>  <p>Dettaglio del campione analizzato</p>
<i>Descrizione del campione prelevato:</i>	porzione fine ad una profondità di 2.50-2.55 m nella carota
<i>Composizione mineralogica:</i>	Quarzo, calcite, plagioclasti, k feldspati, miche, minerali argillosi

SEZIONE SOTTILE (luce trasmessa)



Immagini della sezione sottile del campione F2bis (ingr 2.5X; sx n//, dx n⊥)




Immagini della sezione sottile del campione F2bis (ingr 5 X; sx n//, dx n⊥)

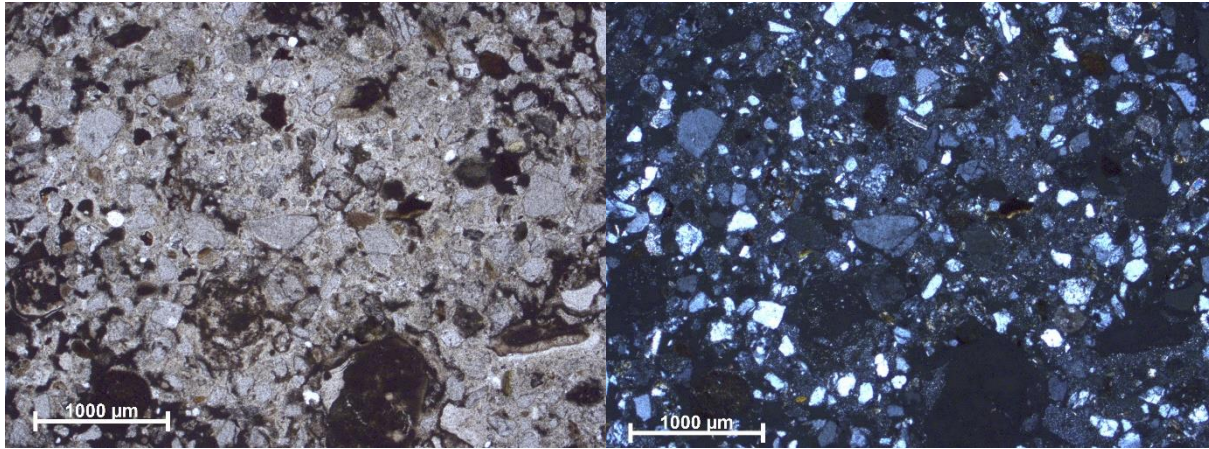
L'impasto è stato realizzato con un legante con tessitura disomogena, si passa da zone quasi estinte a zone microcristalline. Sono presenti numerosi grumi.

L'aggregato è molto abbondante, il rapporto legante/aggregato è circa 1/4, l'aggregato è mediamente selezionato dal punto di vista granulometrico, i granuli monomineralici hanno una dimensione media 500 µm, i frammenti di roccia hanno dimensioni plurimillimetriche. Si riconoscono numerosi frammenti di calcari marnosi, arenarie, pochi i calcari macrocristallini e i frammenti di calcite, possibile qualche frammento magmatico per la presenza di tracce di pirosseni, abbondanti i frammenti monomineralici di quarzo e feldspati, miche. I frammenti di roccia hanno forma subarrotondata e i frammenti monomineralici forma sub angolare.

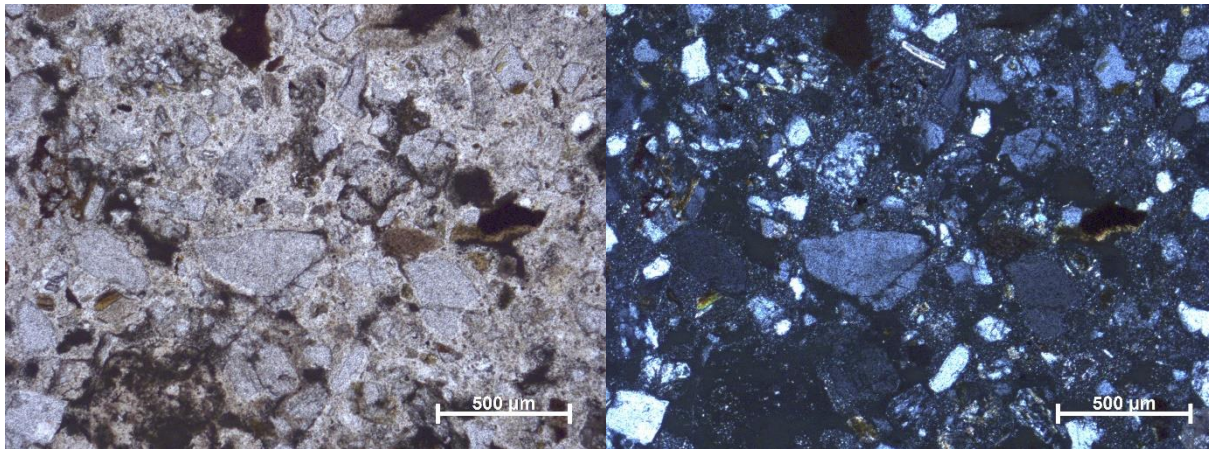
La macroporosità è medio alta ed è dovuta sia alla presenza di singoli macropori che alla presenza di microfessurazioni.

<i>ID carota:</i>	Carota F3
<i>ID campione</i>	F3A
<i>Descrizione del punto di prelievo:</i>	Lungarno degli Acciaiuoli
<i>Foto della carota e del campione:</i>	 <p>Generale</p>  <p>Dettaglio del campione analizzato</p>
<i>Descrizione del campione prelevato:</i>	porzione fine ad una profondità di 1.30-1.35 m nella carota
<i>Composizione mineralogica:</i>	Quarzo, plagioclasti, calcite, tracce di miche e di minerali argillosi

SEZIONE SOTTILE (luce trasmessa)



Immagini della sezione sottile del campione F3A (ingr 2.5X; sx n//, dx n⊥)



Immagini della sezione sottile del campione F3A (ingr 5 X; sx n//, dx n⊥)

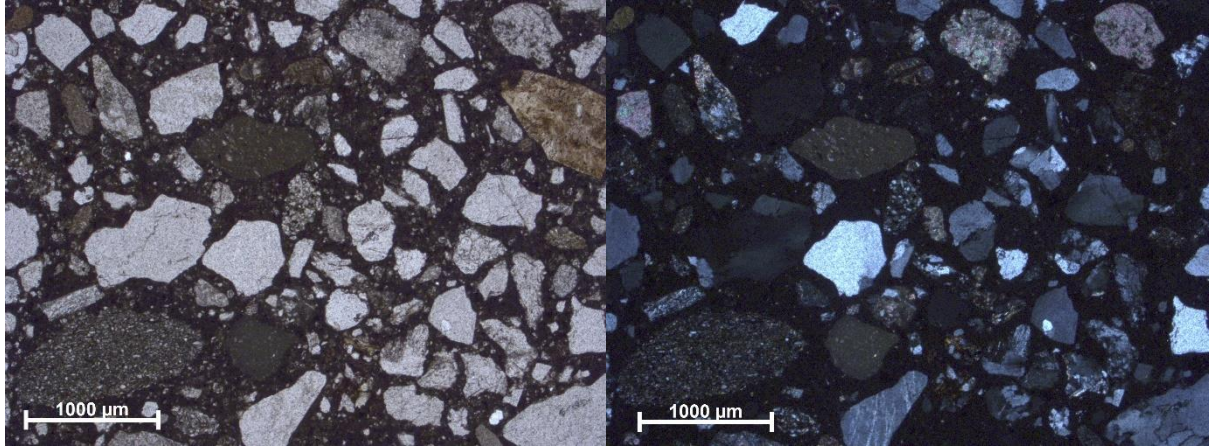
L'impasto è stato realizzato con un legante che presenta una struttura disomogenea, con una tessitura da fortemente ricristallizzata a quasi opaca.

L'aggregato è abbondante, il rapporto legante/aggregato è circa 1/3, a meno di resti plurimillimetrici di calcare Alberese, qualche frammento di arenaria e calcari macrocristallini, predomina la porzione fine, costituita da granuli monomineralici di quarzo, feldspati e miche di dimensioni comprese tra 150-200 µm.

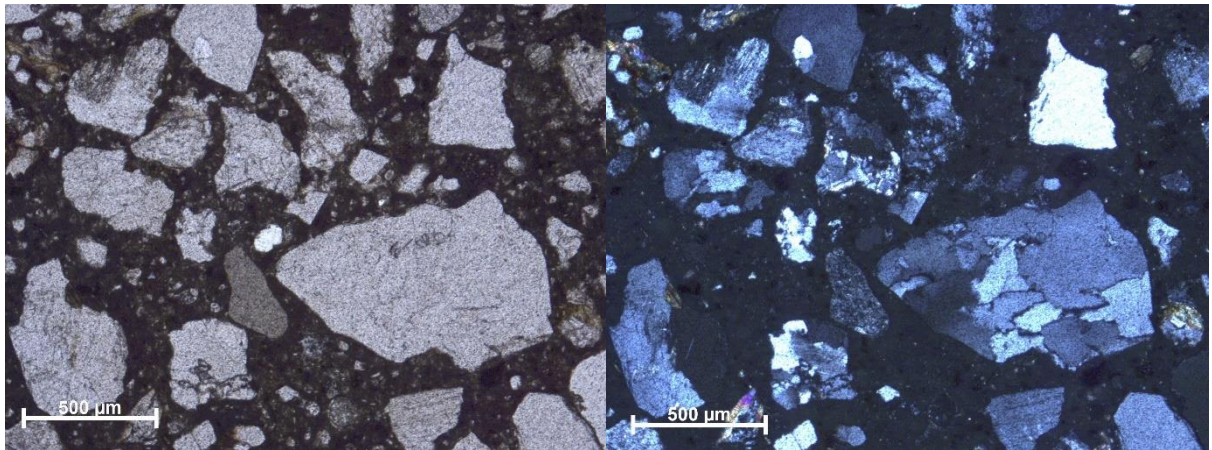
La macroporosità è medio alta ed è data da microfessure e da perdita di porzioni di materiale.

<i>ID carota:</i>	Carota F5
<i>ID campione</i>	F5A
<i>Descrizione del punto di prelievo:</i>	Lungarno degli Acciaiuoli
<i>Foto della carota e del campione:</i>	 <p>Generale</p>  <p>Dettaglio del campione analizzato</p>
<i>Descrizione del campione prelevato:</i>	porzione fine ad una profondità di 0.50-0.55 m m nella carota
<i>Composizione mineralogica:</i>	Quarzo, calcite, plagioclasti, tracce di muscovite e di gesso.

SEZIONE SOTTILE (luce trasmessa)



Immagini della sezione sottile del campione F5A (ingr 2.5X; sx n//, dx n⊥)



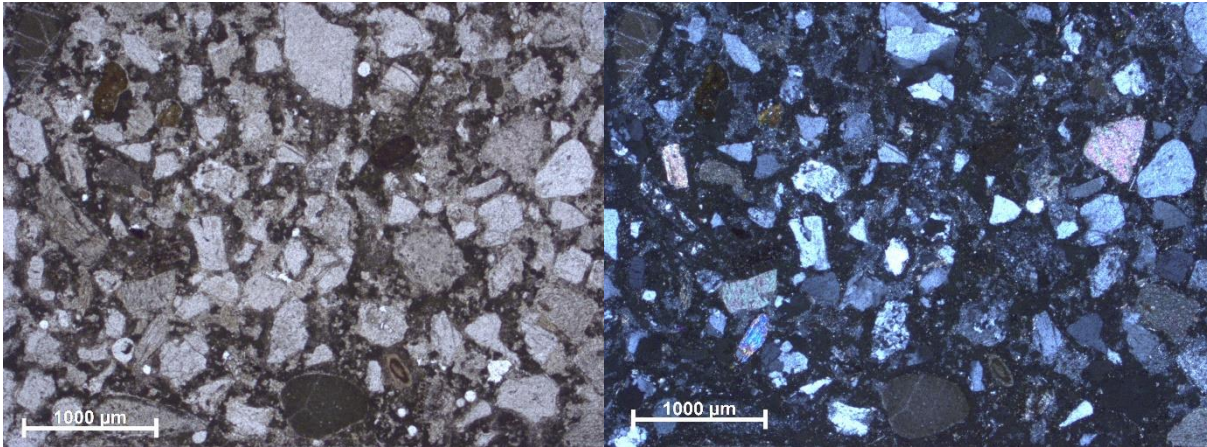
Immagini della sezione sottile del campione F5A (ingr 5 X; sx n//, dx n⊥)

L'impasto è realizzato con un legante idraulico.

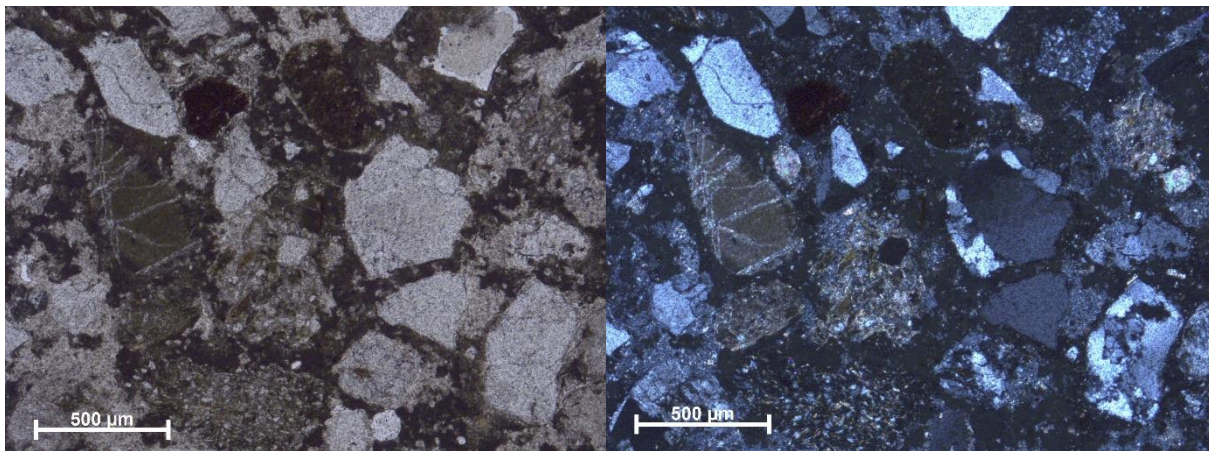
L'aggregato è abbondante, il rapporto legante/aggregato è circa 1/3, ha una distribuzione granulometrica tendenzialmente bimodale, rappresentata da due classi, quella maggiore di dimensioni tra 1-2 mm, comprendente frammenti di roccia, e una più fine tra i 500 e 800 µm costituita da frammenti monomineralici. La composizione dei granuli costituenti l'aggregato è in effetti molto eterogenea, si riconoscono calcari micritici, calcari marnosi, calcari fossiliferi, arenarie, frammenti di rocce magmatiche e metamorfiche, frammenti di quarzo mono e policristallino, feldspati, miche. La forma va da subangolare a subarrotondata. La macroporosità è scarsa ed è data da pori di forma tondeggianti e da pori di forma irregolare.

<i>ID carota:</i>	Carota F5
<i>ID campione</i>	F5B
<i>Descrizione del punto di prelievo:</i>	Lungarno degli Acciaiuoli
<i>Foto della carota e del campione:</i>	 <p>Generale</p>  <p>Dettaglio del campione analizzato</p>
<i>Descrizione del campione prelevato:</i>	porzione fine ad una profondità di 1.06-1.10 m m m nella carota
<i>Composizione mineralogica:</i>	Quarzo, plagioclasti, kfeldspati, calcite, muscovite, gesso

SEZIONE SOTTILE (luce trasmessa)



Immagini della sezione sottile del campione F5B (ingr2.5X; sx n//, dx n⊥)



Immagini della sezione sottile del campione F5B (ingr 5 X; sx n//, dx n⊥)

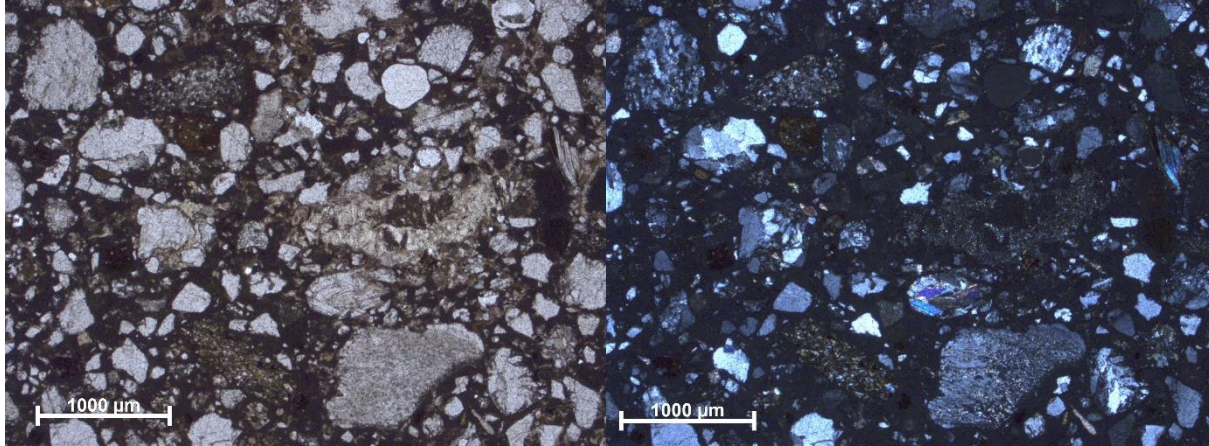
Questa porzione di carota differisce dalla porzione precedente per aspetto del legante e distribuzione dell' aggregato.

L'aggregato è molto abbondante, il rapporto legante/aggregato è circa 1/3-1/4, non è ben selezionato dal punto di vista granulometrico, sono presenti frammenti di roccia di dimensioni plurimillimetriche e frammenti di rocce e di granuli monomineralici con dimensioni variabili da 800 a 100µm.

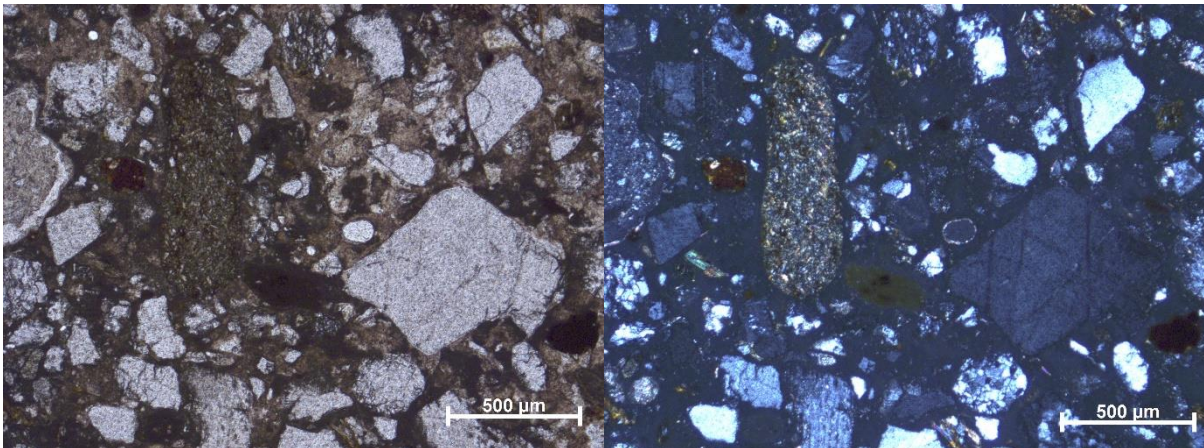
La composizione dei granuli costituenti l'aggregato è molto eterogenea, si riconoscono calcari micritici, calcari marnosi, calcari macrocristallini, calcareniti, arenarie, frammenti di quarzo mono e policristallino, feldspati, miche. La forma va da subangolare a subarrotondata. La macroporosità è scarsa ed è data da pori di forma tondeggianti

<i>ID carota:</i>	Carota F6
<i>ID campione</i>	F6A
<i>Descrizione del punto di prelievo:</i>	Lungarno degli Acciaiuoli
<i>Foto della carota e del campione:</i>	 <p>Generale</p>  <p>Dettaglio del campione analizzato</p>
<i>Descrizione del campione prelevato:</i>	porzione fine ad una profondità di 0.63-0.65 m m nella carota
<i>Composizione mineralogica:</i>	Quarzo, calcite, plagioclasti, tracce di miche e di minerali argillosi

SEZIONE SOTTILE (luce trasmessa)





Immagini della sezione sottile del campione F6A (ingr2.5X; sx n//, dx n⊥)



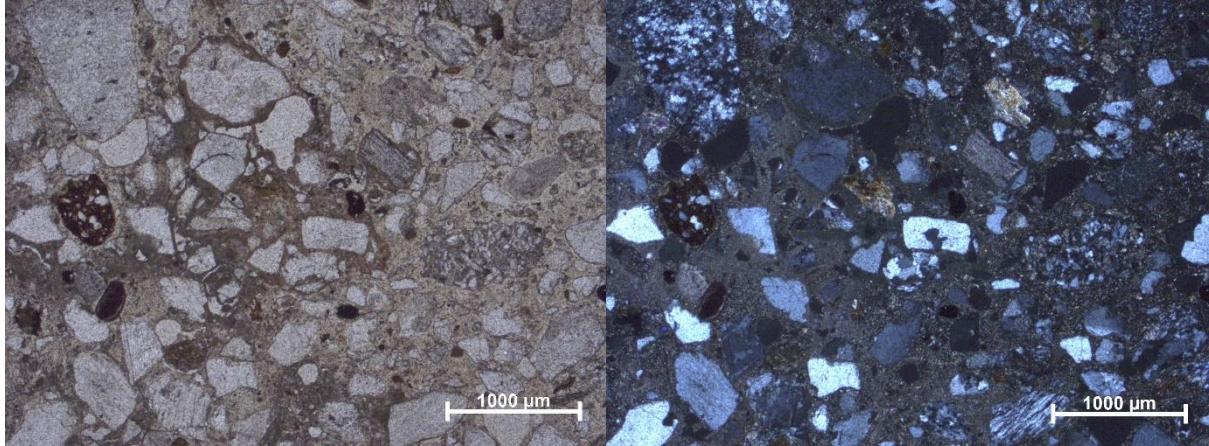
Immagini della sezione sottile del campione F6A (ingr 5 X; sx n//, dx n⊥)

Il legante dell'impasto ha un aspetto eterogeneo, da quasi opaco a microcristallino.

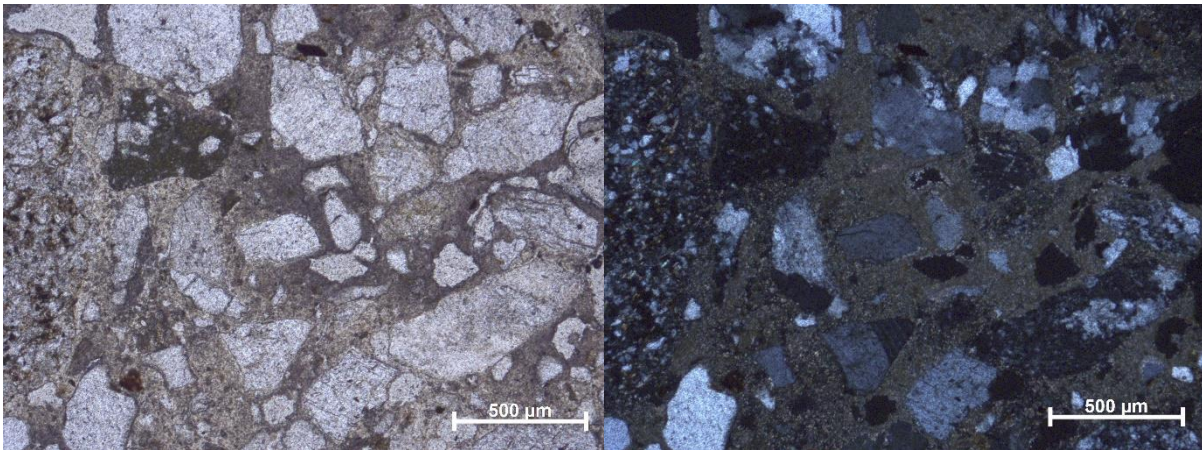
L'aggregato è molto abbondante, il rapporto legante/aggregato è circa 1/4, con distribuzione granulometrica eterogenea, in cui però prevale la grana fine. Le dimensioni dei granuli dell'aggregato vanno da 100 µm fino a 1.5 mm. Tra i frammenti di roccia, di dimensioni maggiori, si riconoscono arenarie, calcareniti, frammenti magmatici, calcari micritici. Tra i granuli monomineralici sono presenti quarzo, feldspati e qualche grosso singolo cristallo di calcite. I granuli hanno forma variabile, da subangolare a subarrotondata. La macroporosità è medio-alta, ed è data da pori di forma subarrotondata.

<i>ID carota:</i>	Carota F7
<i>ID campione</i>	F7B
<i>Descrizione del punto di prelievo:</i>	Lungarno delle Grazie
<i>Foto della carota e del campione:</i>	 <p>Generale</p>  <p>Dettaglio del campione analizzato</p>
<i>Descrizione del campione prelevato:</i>	porzione fine ad una profondità di 58-61 cm nella carota
<i>Composizione mineralogica:</i>	Quarzo, plagioclasti, calcite, tracce di miche e di minerali argillosi.

SEZIONE SOTTILE (luce trasmessa)





Immagini della sezione sottile del campione F7B (ingr 2.5X; sx n//, dx n⊥)




Immagini della sezione sottile del campione F7B (ingr 5 X; sx n//, dx n⊥)

Il legante ha un aspetto microspartito, tipico di quello ottenuto dalla cottura di Calcere Alberese, sono infatti presenti anche alcuni grumi che attestano la cottura di questa roccia per la produzione della calce.

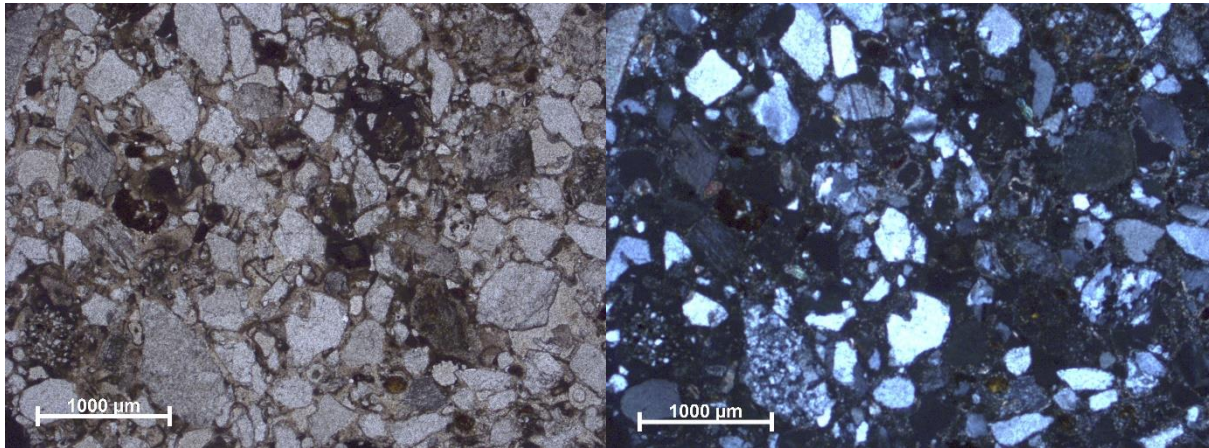
L'aggregato è abbondante, il rapporto legante/aggregato è pari a 1/3. La porzione più grossolana è rappresentata da frammenti di Calcere Alberese e da frammenti di arenaria, le cui dimensioni superano il millimetro e presentano forma allungata. Nella porzione più fine (grana media 300 µm) si riconoscono quarzo mono e policristallino, plagioclasti, ed alcuni frammenti arenacei, pochi i frammenti carbonatici. La porosità è intermedia ed è data da pori di forma irregolare.

<i>ID carota:</i>	Carota F7
<i>ID campione</i>	F7C
<i>Descrizione del punto di prelievo:</i>	Lungarno delle Grazie
<i>Foto della carota e del campione:</i>	 <p>Generale</p>  <p>Dettaglio del campione analizzato</p>
<i>Descrizione del campione prelevato:</i>	porzione fine ad una profondità di 1.16-1.18m nella carota
<i>Composizione mineralogica:</i>	Quarzo, calcite, plagioclasti, tracce di miche e di minerali argillosi.

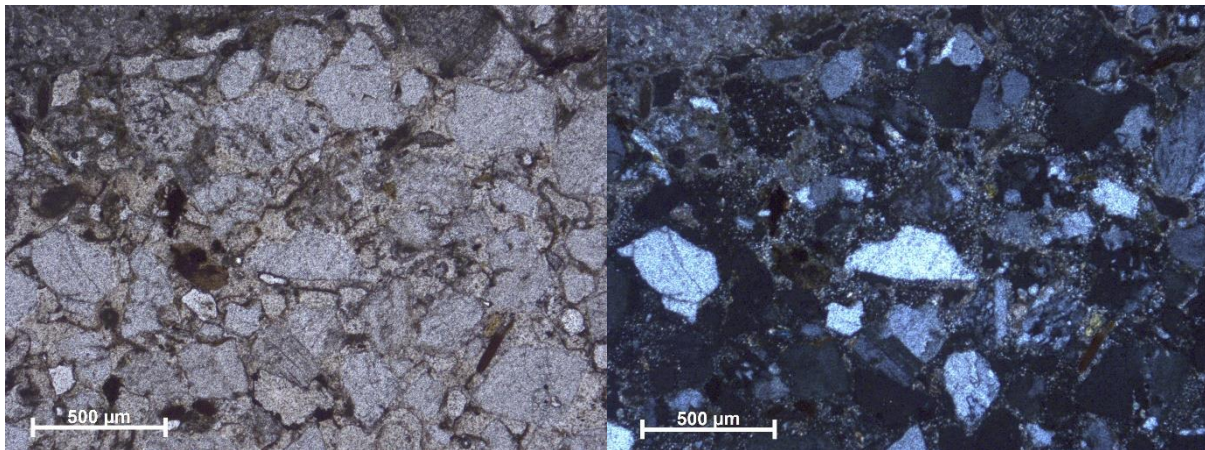
L'aspetto sia del legante che dell'aggregato differisce da quello della porzione di carota precedentemente descritta. Il legante ha un aspetto eterogeneo, da microspartito ad opaco. Appare comunque sempre ottenuto dalla cottura di calcari marnosi, poiché si individuano grumi relativi a frammenti di Calcere Alberese. A meno di qualche singolo frammento di roccia di dimensioni maggiori, l'aggregato è prevalentemente costituito da frammenti a grana medio-fine con dimensioni variabili da 700 a 100 μm , costituito da quarzo mono e policristallino, plagioclasti, calcari micritici, pochi singoli cristalli di calcite, miche. Il rapporto legante/aggregato è 1/4. La macroporosità è intermedia ed è data da pori di forma prevalentemente sub arrotondata.

<i>ID carota:</i>	Carota F10
<i>ID campione</i>	F10A
<i>Descrizione del punto di prelievo:</i>	Lungarno delle Grazie
<i>Foto della carota e del campione:</i>	 <p>Generale</p> <p>Dettaglio del campione analizzato</p>
<i>Descrizione del campione prelevato:</i>	porzione fine ad una profondità di 32-36 cm nella carota
<i>Composizione mineralogica:</i>	Quarzo, plagioclasti, calcite, tracce di miche e di minerali argillosi

SEZIONE SOTTILE (luce trasmessa)





Immagini della sezione sottile del campione F10 A (ingr 2.5X; sx n//, dx n⊥)

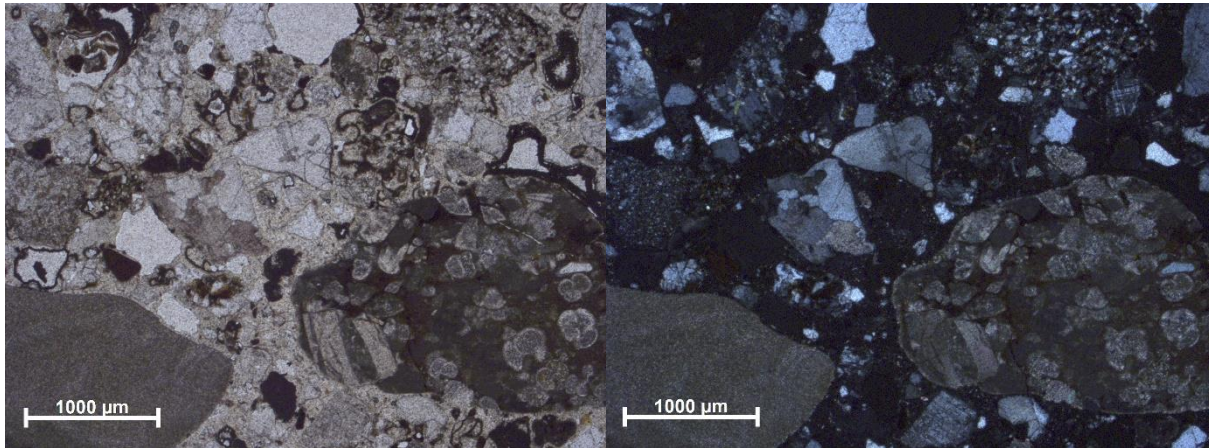


Immagini della sezione sottile del campione F10 A (ingr 5 X; sx n//, dx n⊥)

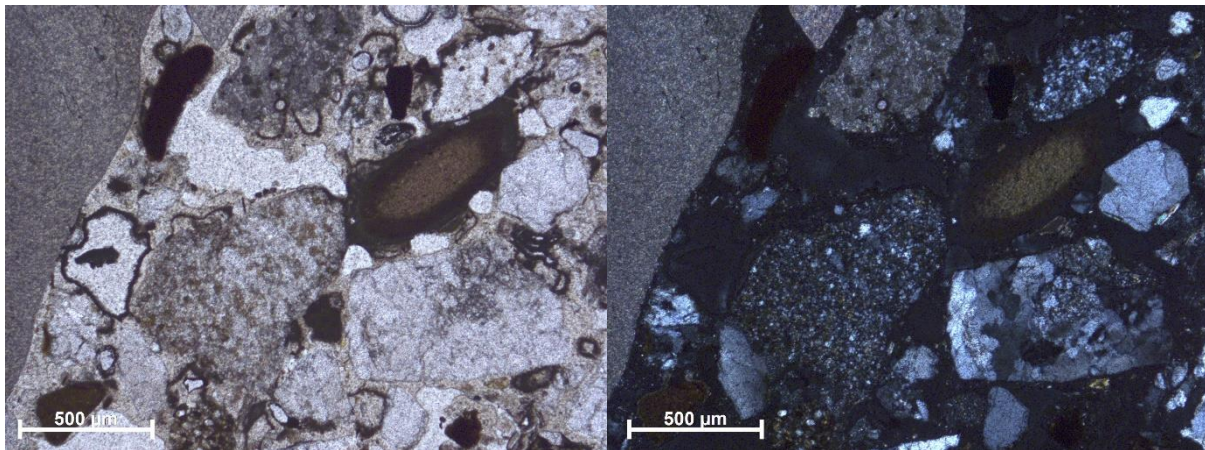
L'aspetto del legante è molto eterogeneo, si va da zone con struttura microcristallina a zone opache. L'aggregato è abbondante, il rapporto legante/ aggregato è circa 1/4, e a meno di qualche frammento di calcari marnosi e di arenarie di dimensioni plurimillimetriche, è costituito da una prevalente componente silicatica, data da quarzo mono e policristallino, plagioclasti, miche, pochi frammenti di roccia. Le dimensioni vanno da 700 a 100 µm, la classe granulometrica più rappresentata è compresa tra 300 e 400 µm. La forma dei granuli dell'aggregato va da allungata a sub arrotondata per i frammenti di roccia, a subangolare per i frammenti monomineralici. La macroporosità è medio alta ed è data da pori di forma irregolare.

<i>ID carota:</i>	Carota F10
<i>ID campione</i>	F10B
<i>Descrizione del punto di prelievo:</i>	Lungarno delle Grazie
<i>Foto della carota e del campione:</i>	 <p>Generale</p>  <p>Dettaglio del campione analizzato</p>
<i>Descrizione del campione prelevato:</i>	porzione fine ad una profondità di 53-55 cm nella carota
<i>Composizione mineralogica:</i>	Quarzo, plagioclasti, calcite, tracce di miche e di minerali argillosi

SEZIONE SOTTILE (luce trasmessa)





Immagini della sezione sottile del campione F10 B (ingr 2.5X; sx n//, dx n⊥)

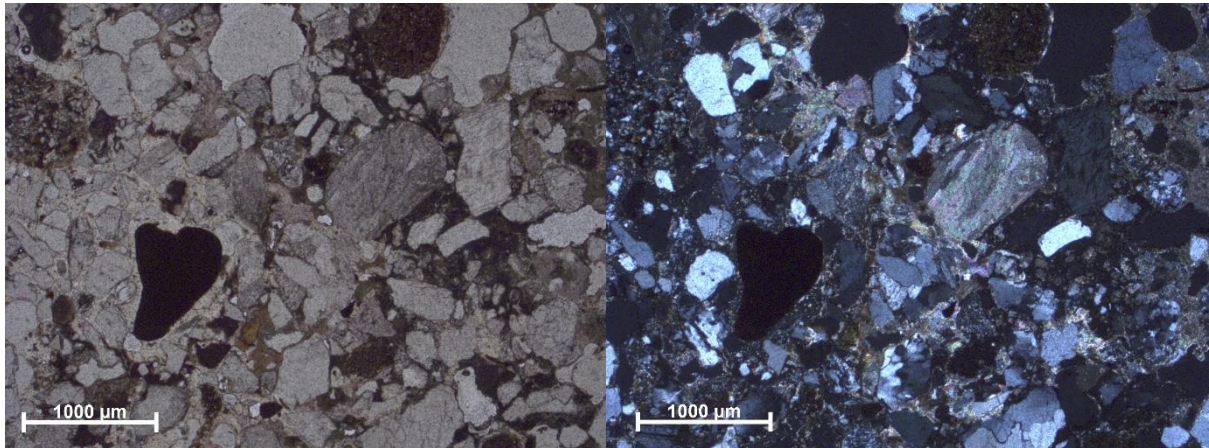


Immagini della sezione sottile del campione F10 B (ingr 5 X; sx n//, dx n⊥)

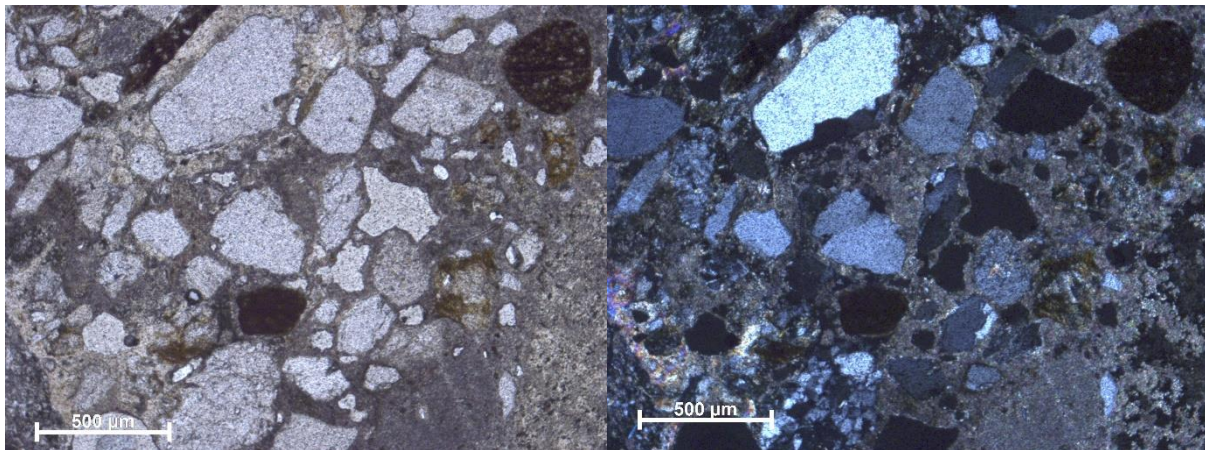
La seconda porzione della carota 10 ha un maggiore contenuto di aggregato a grana medio-grossolana. Si riconoscono soprattutto frammenti carbonatici di forma da subarrotondata ad allungata di calcari micritici e fossiliferi riferibili alla formazione del Calcare Alberese, vene di calcite ed arenarie di dimensioni plurimillimetriche. Nelle dimensioni minori si notano altri frammenti carbonatici, frammenti arenacei, quarzo mono e policristallino, plagioclasti, rari frammenti di cocciopesto, non utilizzati per conferire idraulicità all'impasto. Le dimensioni di questa porzione più fine di aggregato vanno da 800 a 400 µm. Il quantitativo di aggregato presente nell'impasto è molto elevato, rapporto L/A circa 1/4. La macroporosità è elevata ed è data dalla perdita di consistenti porzioni di legante.

<i>ID carota:</i>	Carota F10
<i>ID campione</i>	F10C
<i>Descrizione del punto di prelievo:</i>	Lungarno delle Grazie
<i>Foto della carota e del campione:</i>	 <p>Generale</p>  <p>Dettaglio del campione analizzato</p>
<i>Descrizione del campione prelevato:</i>	porzione fine ad una profondità di 1.00-1.02 m nella carota
<i>Composizione mineralogica:</i>	Quarzo, calcite, plagioclasti, k feldspati, miche, minerali argillosi

SEZIONE SOTTILE (luce trasmessa)



Immagini della sezione sottile del campione F10 C(ingr2.5X; sx n//, dx n.⊥)



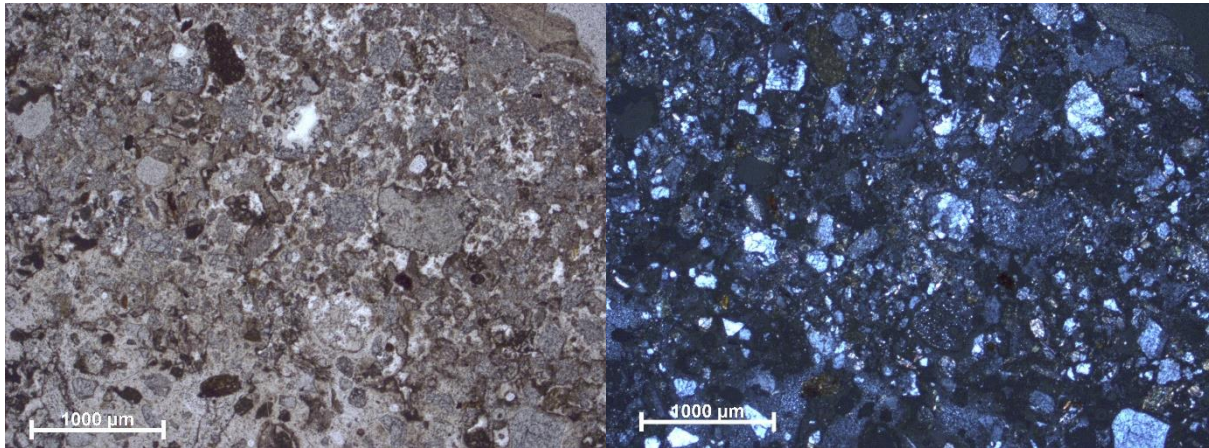
Immagini della sezione sottile del campione F10 C(ingr 5 X; sx n//, dx n.⊥)

Nella terza porzione della carota 10 si nota a livello del legante, la presenza di zone con ampie ricristallizzazioni, associate a zone in cui il legante ha un aspetto fortemente opaco. Nell'aggregato prevale la porzione medio-fine con una composizione eterogenea, in cui prevale la composizione silicatica (quarzo, plagioclasti e miche) rispetto ai frammenti di rocce carbonatiche e ai frammenti arenacei. L'aggregato è molto abbondante, il rapporto va da 1/3 a 1/4, la forma dei granuli va da sub angolare a sub arrotondata, le dimensioni variano da 600 a 100 µm. La distribuzione granulometrica è tendenzialmente unimodale.

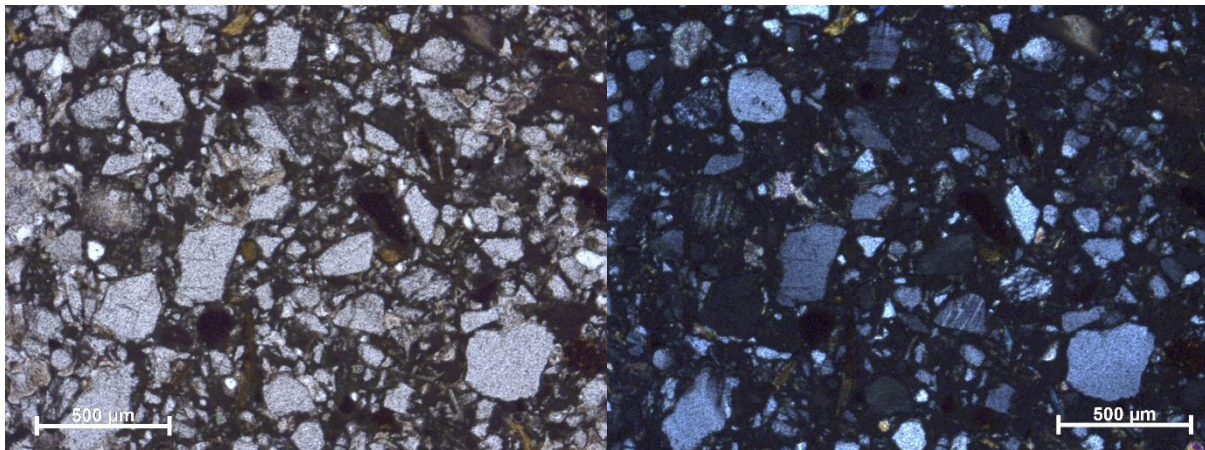
La macroporosità è elevata ed è data da pori di forma irregolare.

<i>ID carota:</i>	Carota F11
<i>ID campione</i>	F 11A
<i>Descrizione del punto di prelievo:</i>	Lungarno delle Grazie
<i>Foto della carota e del campione:</i>	 <p>Generale</p>  <p>Dettaglio del campione analizzato</p>
<i>Descrizione del campione prelevato:</i>	porzione fine ad una profondità di 67-70 cm nella carota
<i>Composizione mineralogica:</i>	Quarzo, calcite, plagioclasti, miche, minerali argillosi

SEZIONE SOTTILE (luce trasmessa)



Immagini della sezione sottile del campione F11A (ingr 2.5X; sx n//, dx n⊥)

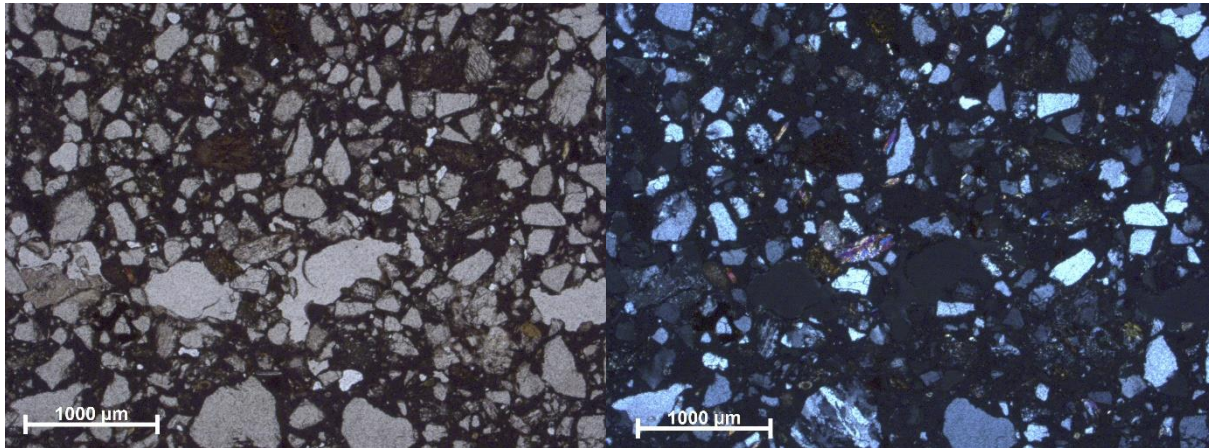


Immagini della sezione sottile del campione F11A (ingr 5X; sx n//, dx n⊥)

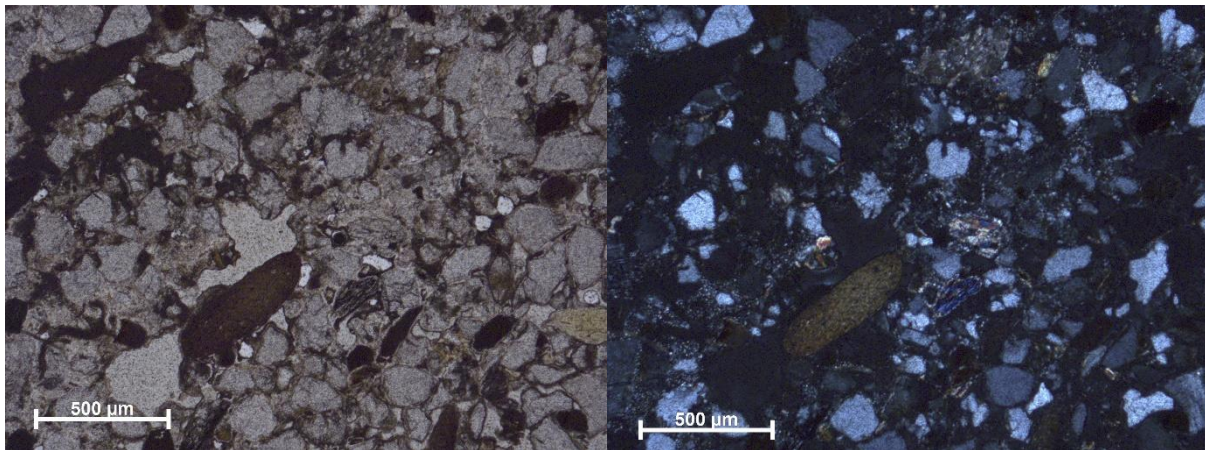
Legante di aspetto eterogeneo, da opaco a microspartico. L'aggregato è molto abbondante, il rapporto L/A è 1/4 con una caratteristica distribuzione granulometrica in cui prevale la porzione più fine. In generale è ben selezionato dal punto di vista granulometrico, le dimensioni vanno da 400 a 50 µm. La composizione è prevalentemente silicatica, cosuita da quarzo, plagioclasti, miche, pochi i frammenti carbonatici. La forma dei granuli dell'aggregato va da sub angolare a sub arrotondata. La macroporosità è intermedia ed è data da pori di forma irregolare.

<i>ID carota:</i>	Carota F13
<i>ID campione</i>	F 13A
<i>Descrizione del punto di prelievo:</i>	Lungarno delle Grazie
<i>Foto della carota e del campione:</i>	 <p>Generale</p>  <p>Dettaglio del campione analizzato</p>
<i>Descrizione del campione prelevato:</i>	porzione fine ad una profondità di 30-36 cm nella carota
<i>Composizione mineralogica:</i>	Quarzo, plagioclasti, calcite, miche, minerali argillosi

SEZIONE SOTTILE (luce trasmessa)





Immagini della sezione sottile del campione F13A (ingr 2.5X; sx n//, dx n⊥)



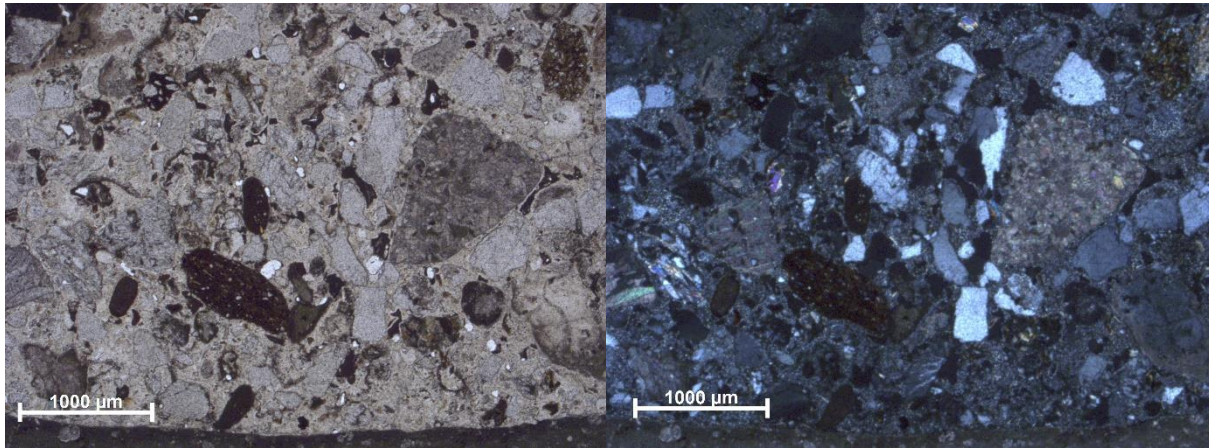
Immagini della sezione sottile del campione F13 A (ingr 5 X; sx n//, dx n⊥)

Legante con aspetto fortemente disomogeneo, da microspartitico ad opaco. L'aggregato è molto abbondante, il rapporto legante/aggregato è 1/4. La composizione è prevalentemente silicatica (quarzo, plagioclasti e miche), ridotta la frazione carbonatica. Dal punto di vista granulometrico prevale la granulometria fine (granulometria media 200 µm) e la distribuzione granulometrica è tendenzialmente unimodale. La forma dei granuli è subangolare.

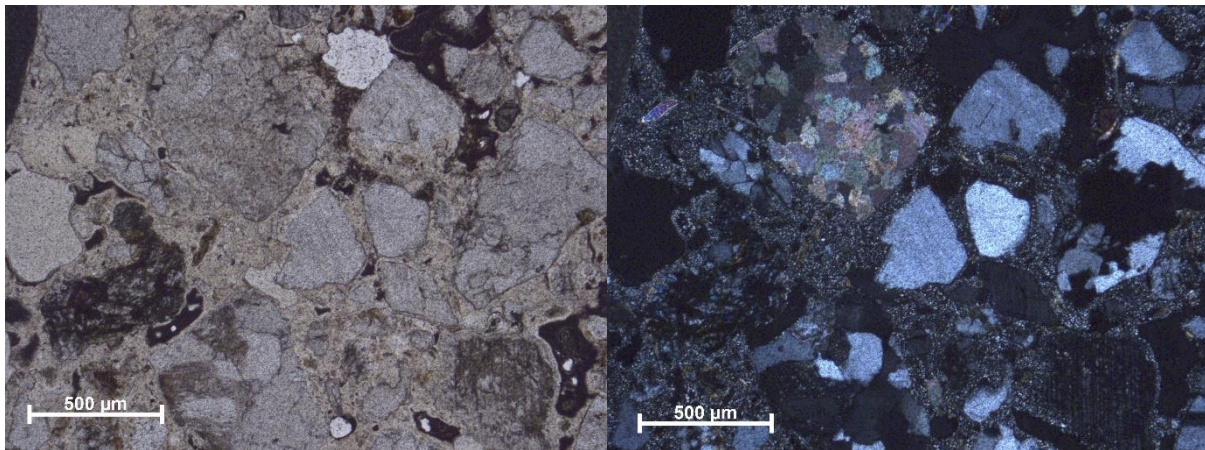
La macroporosità è medio alta per la presenza di pori di forma irregolare.

<i>ID carota:</i>	Carota F13
<i>ID campione</i>	F 13B
<i>Descrizione del punto di prelievo:</i>	Lungarno delle Grazie
<i>Foto della carota e del campione:</i>	 <p>Generale</p>  <p>Dettaglio del campione analizzato</p>
<i>Descrizione del campione prelevato:</i>	porzione fine ad una profondità di 1.52-1.56 nella carota
<i>Composizione mineralogica:</i>	Quarzo, plagioclasti, calcite, miche, minerali argillosi, silicati idrati di calcio

SEZIONE SOTTILE (luce trasmessa)



Immagini della sezione sottile del campione F13B (ingr 2.5X; sx n//, dx n⊥)



Immagini della sezione sottile del campione F13 B (ingr 5 X; sx n//, dx n⊥)

Questa porzione della carota differisce dalla precedente per aspetto del legante, per distribuzione e composizione dell'aggregato. Oltre a grossi frammenti di calcari micritici e marnosi, di dimensioni plurimillimetriche, si registra la presenza di calcari macrocristallini, di vene di calcite. La frazione silicatica è costituita non solo da singoli cristalli ma anche da frammenti di rocce silicatiche. La distribuzione granulometrica è eterogena, si va da dimensioni plurimillimetriche fino a dimensioni di 100 micron. I granuli dell'aggregato hanno forma variabile, da subangolare a subarrotondata. La porosità è scarsa.

Osservazioni e conclusioni

Le indagini minero-petrografiche condotte sulle porzioni fini delle carote estratte dai Lungarni degli Acciaiuoli e delle Grazie evidenziano similitudini e differenze composizionali e tessiturali tra le carote estratte e talvolta tra le stesse porzioni delle singole carote esaminate.

Secondo la normativa UNI 10924 del 2001 una malta è una miscela di leganti inorganici od organici, aggregati prevalentemente fini, acqua ed eventuali aggiunte e/o additivi organici e/o inorganici (o una miscela di solo legante ed acqua) in proporzioni tali da conferire all'impasto, allo stato fresco una opportuna lavorabilità ed allo stato indurito adeguate caratteristiche fisiche, meccaniche, di aspetto, di durabilità, ecc.

Con le indagini minero-petrografiche è possibile definire composizione, tessitura e microstruttura dei diversi costituenti di una malta.

L'analisi mineralogica della frazione fine delle carote evidenzia la presenza di fasi ascrivibili alla composizione della malta: la calcite (CaCO_3) è riferibile alla frazione legante e in alcuni campioni anche alla frazione dell'aggregato, questo è dovuto alla presenza di frammenti di rocce carbonatiche, quali calcari micritici, calcari marnosi, calcari cristallini e singoli cristalli di calcite che possono costituire l'aggregato della malta; il quarzo (SiO_2), i plagioclasti (serie $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ -- $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$, serie albite-anortite), i k feldspati (KAlSi_3O_8) e le miche (es. muscovite $\text{KA}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$) sono riferibili alla composizione della frazione aggregato, molto probabilmente ascrivibile a sabbie locali. Non si registra la presenza di sali o di fasi mineralogiche riferibili a processi di degrado di tipo chimico. Il gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) è stato registrato solo nei campioni estratti dalla carota 5.

Dal punto di vista petrografico è da evidenziare l'abbondanza di aggregato, si tratta infatti di malte molto magre, in cui il quantitativo di legante è ridotto e predomina la frazione dell'aggregato.

La presenza in alcuni campioni (es. chiaramente visibili nella carota F7) di grumi di Calcare Alberese fa ipotizzare l'uso di questo materiale come pietra da calce. È infatti noto come nel territorio fiorentino il Calcare Alberese sia stato ampiamente usato per la produzione della calce. I litotipi impiegati per la produzione di calce sono calcari marnosi compatti bianchi o giallonocciola molto chiari a grana abbastanza fine e frattura concoide, con contenuto di carbonato di calcio variabile dall'85% al 93%.

A seconda del contenuto di minerali argillosi presenti nel calcare di partenza, si ottengono calci sia per la produzione di malte di allettamento che per intonaci e rifiniture, definite rispettivamente

come *calcina forte e calcina dolce*, poiché caratterizzate da diverse proprietà fisico meccaniche. La presenza di minerali argillosi nella pietra da calce conferisce al legante ottenuto una particolare durezza e caratteristiche di idraulicità.

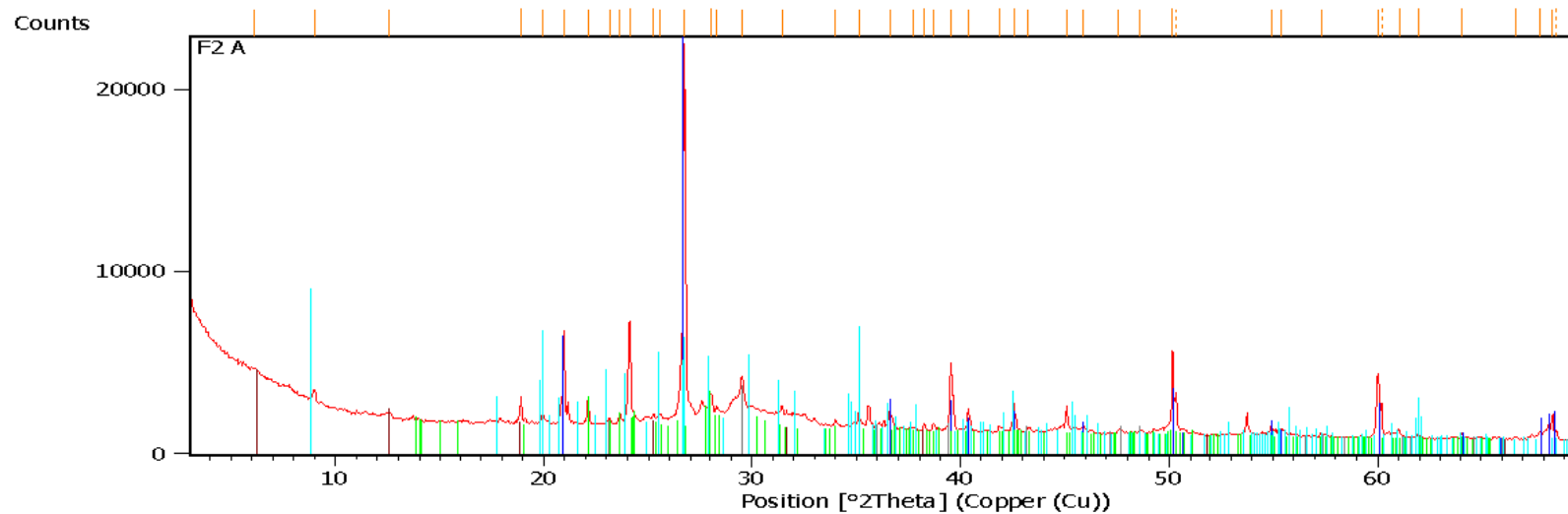
E' da sottolineare però che l'aspetto del legante in sezione sottile, tranne che per il campione 7B ottenuto dalla carota 7, non mostra le caratteristiche microstrutturali tipiche dei leganti ottenuti dalla cottura del Calcere Alberese, ma si presenta molto eterogeneo, con zone da opache a zone cristalline. Riteniamo che la presenza di umidità, la profondità delle carote siano fattori che abbiano influito sulle caratteristiche di cristallinità del legante ottenuto e che si siano formate fasi idrauliche idrate (es. carota F13). I campioni, sebbene presentino un certo grado di macroporosità, non manifestano però evidenti fenomeni di disgregazione.

Per quanto riguarda le carote estratte dal Lungarno degli Acciaiuoli, a parte la carota 5 riferibile ad un legante idraulico moderno, le altre carote appaiono realizzate a partire da un legante idraulico probabilmente naturale, ottenuto cioè dalla cottura di calcari marnosi con l'aggiunta di un aggregato di composizione prevalentemente silicatica, ben selezionato e con granulometria variabile da campione a campione.

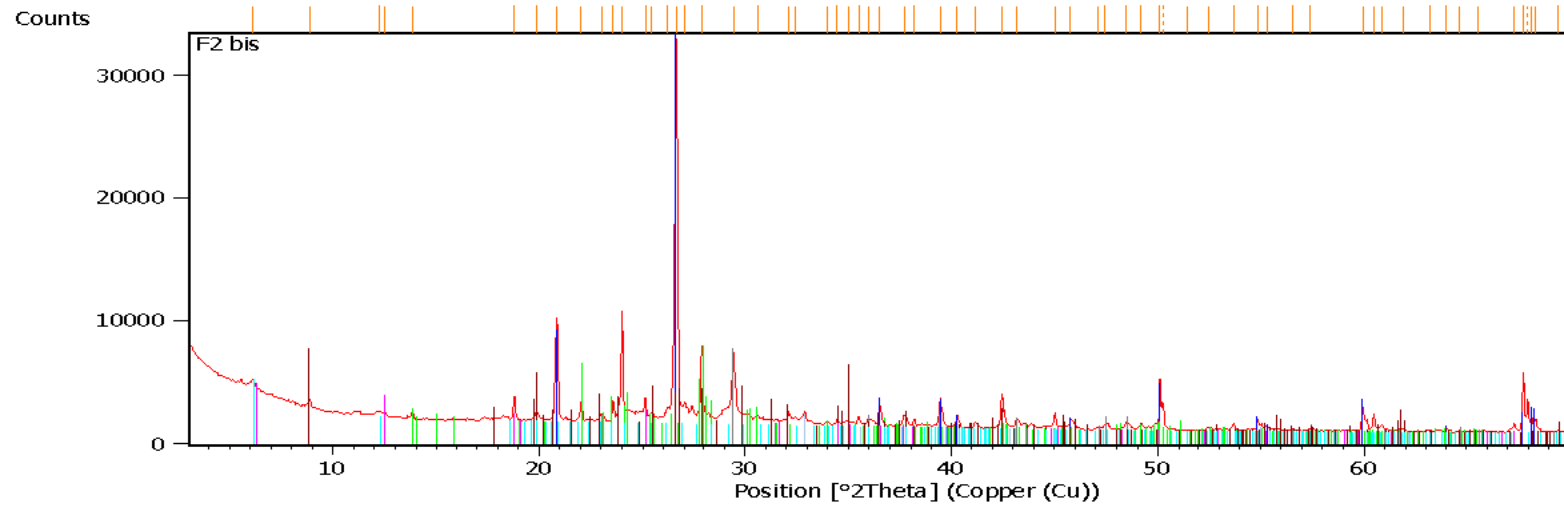
Per il Lungarno delle Grazie si nota la particolarità della prima porzione della carota 7 in cui si evidenzia la presenza di un legante con caratteristiche microstrutturali tipiche di un legante ottenuto dalla cottura di Calcere Alberese. Negli altri campioni l'aspetto del legante risulta fortemente eterogeneo, il rapporto legante/ aggregato è sempre elevato, da 1/3 a 1/4.

L'aggregato ha una composizione eterogenea, da silicatica a carbonatica, con frammenti di rocce e singoli granuli. Spesso nella stessa carota la composizione dell'aggregato e la sua granulometria variano notevolmente da una porzione all'altra. Questo aspetto potrebbe incidere sulle caratteristiche fisico meccaniche del materiale.

ALLEGATO 1



Peak List
01-086-1629; Quartz low; Si O ₂
01-084-0982; Albite low; Na (Al Si ₃ O ₈)
01-072-1651; Calcite; Ca C O ₃
00-052-1044; Chlorite-serpentine; (Mg , Al) ₆ (Si , Al) ₄ O ₁₀ (O H) ₈
01-086-1386; Muscovite 2\ITM#1\RG; K _{0.94} Al _{1.96} (Al _{0.95} Si _{2.85} O ₁₀) ((O H) _{1.744} F _{0.256})



Peak List

01-086-1560; Quartz low; Si O₂

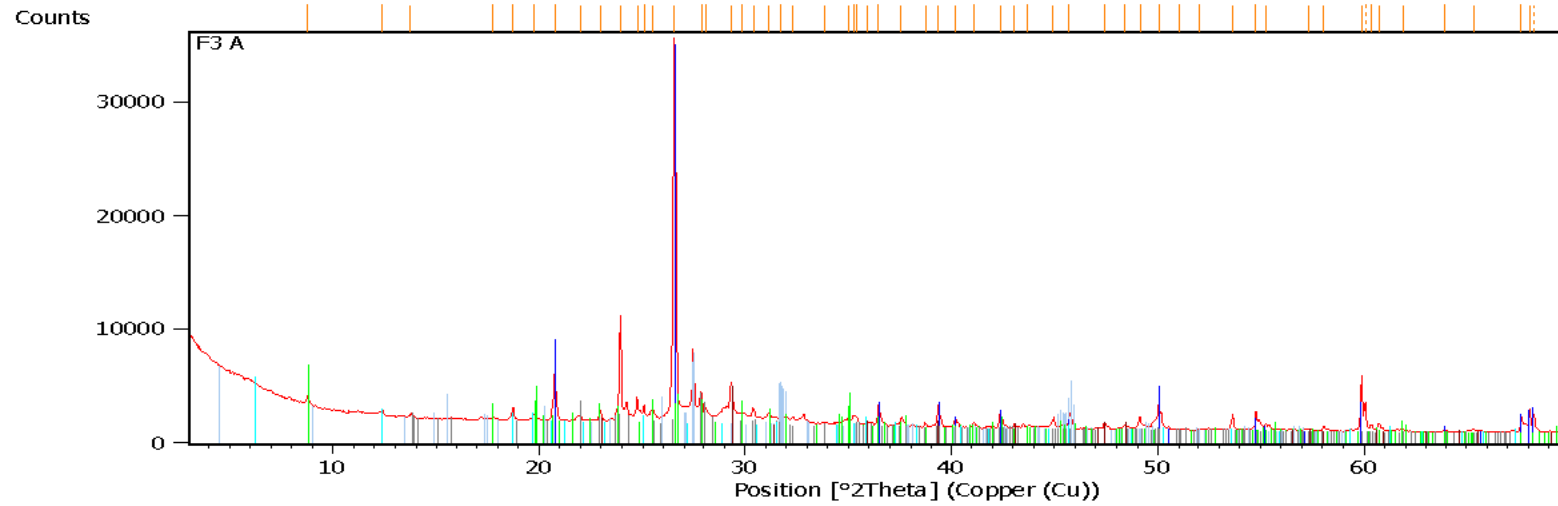
01-084-0752; Albite low; Na (Al Si₃ O₈)

01-086-2334; Calcite; Ca (C O₃)

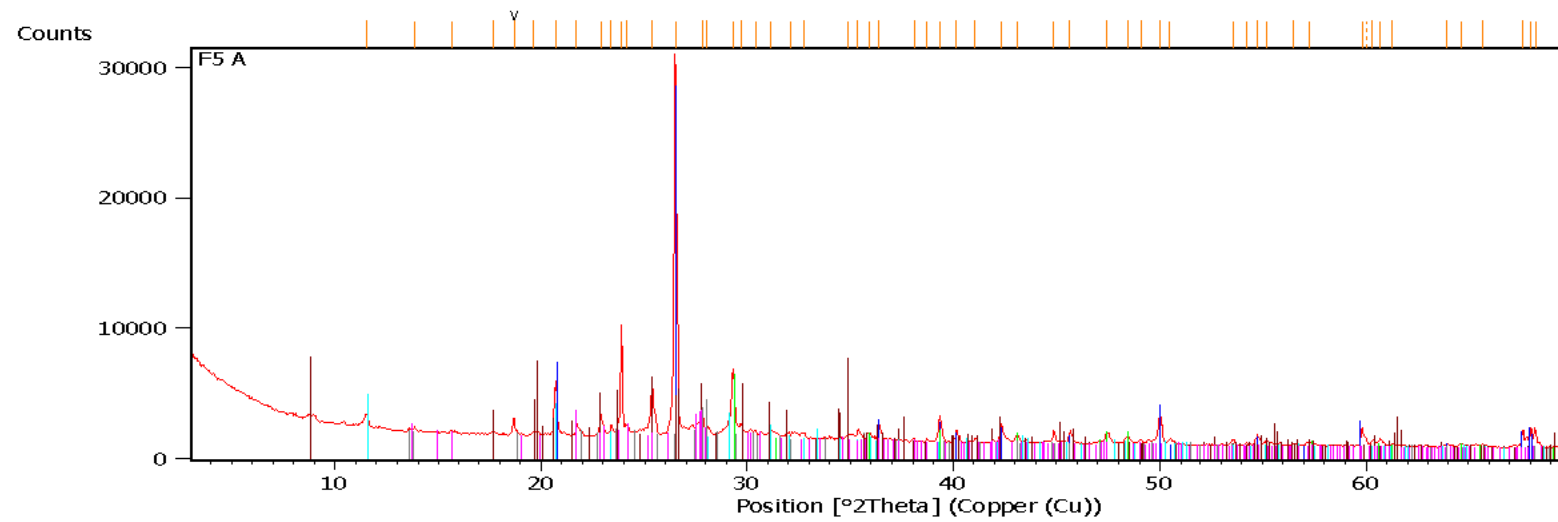
01-082-2450; Muscovite 2\ITM\RG#1; (Na_{0.07} K_{0.90} Ba_{0.01}) (Al_{1.84} Ti_{0.04} Fe_{0.07} Mg_{0.04}) (Si_{3.02}Al_{0.98}) O₁₀ (O H)₂

01-077-0022; Vermiculite 2\ITM\RG; (Mg_{2.36} Fe_{.48} Al_{1.16}) (Al_{1.28} Si_{2.72}) O₁₀ (O H)₂ (H₂ O)_{4.32}Mg_{0.32}

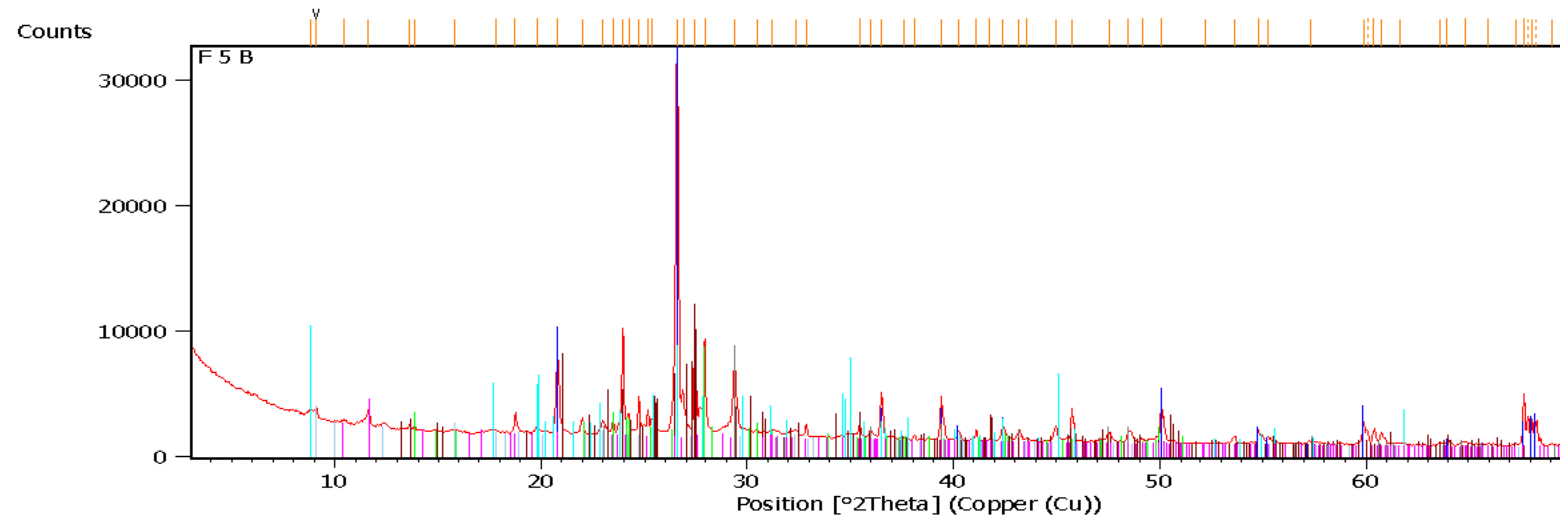
00-029-0701; Cl|hochlore-1\ITM\RG#I#I\IT#b\RG, ferroan; (Mg , Fe)₆ (Si , Al)₄ O₁₀ (O H)₈



Peak List
01-083-0539; Quartz; Si O ₂
01-089-6216; Muscovite-2\ITM\RG#1; (K _{0.727} Na _{0.170} Ca _{0.011}) (Al _{0.933} Fe _{0.016} Mg _{0.011}) ₂ (Si _{0.782} Al _{0.221} Ti _{0.005}) ₄ O ₁₀
01-078-1995; Albite intermediate; Na (Al Si ₃ O ₈)
01-072-1937; Calcite; Ca C O ₃
00-013-0003; Chlorite; Mg ₂ Al ₃ (Si ₃ Al) O ₁₀ (O) ₈



Peak List
01-089-8936; Quartz β -alpha; Si O ₂
01-072-1937; Calcite; Ca C O ₃
00-041-1481; Anorthite, sodian, disordered; (Ca, Na) (Si, Al) ₄ O ₈
01-084-1303; Muscovite 2\ITM\RG#1; K Al ₃ Si ₃ O ₁₀ (OH) ₂
00-033-0311; Gypsum, syn; Ca $\frac{1}{2}$ O ₄ 1 $\frac{1}{2}$ H ₂ O
01-076-0899; Albite low; Na (Al Si ₃ O ₈)



Peak List

01-083-0539; Quartz; Si O₂

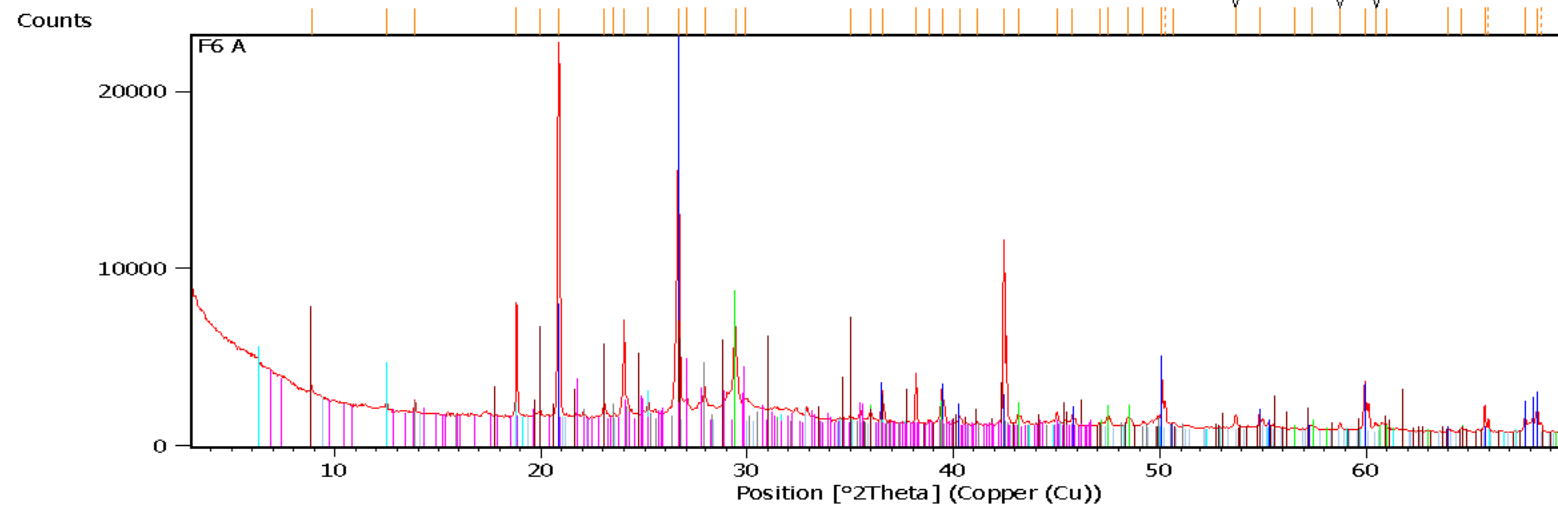
00-009-0466; Albite, ordered; Na Al Si₃ O₈

01-081-2027; Calcite, syn; Ca (C O₃)

01-076-0831; Microline maximum; K_{0.94} Na_{0.06} Al_{1.01} Si_{2.99} O₈

00-007-0032; Muscovite 2M1, syn; K Al₂ Si₃ Al O₁₀ (O H)₂

01-076-1746; Gypsum; Ca S O₄ (H₂ O)₂



Peak List

00-033-1161; Quartz, syn; Si O₂

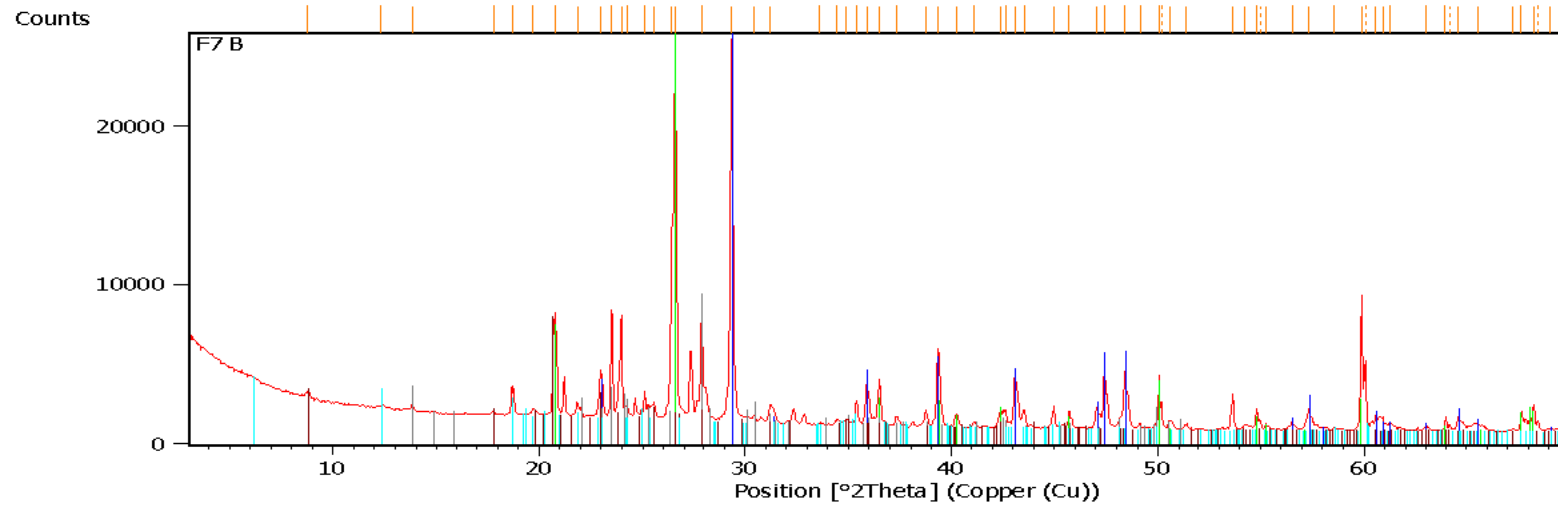
00-005-0586; Calcite, syn; Ca C O₃

00-009-0466; Albite, ordered; Na Al Si₃ O₈

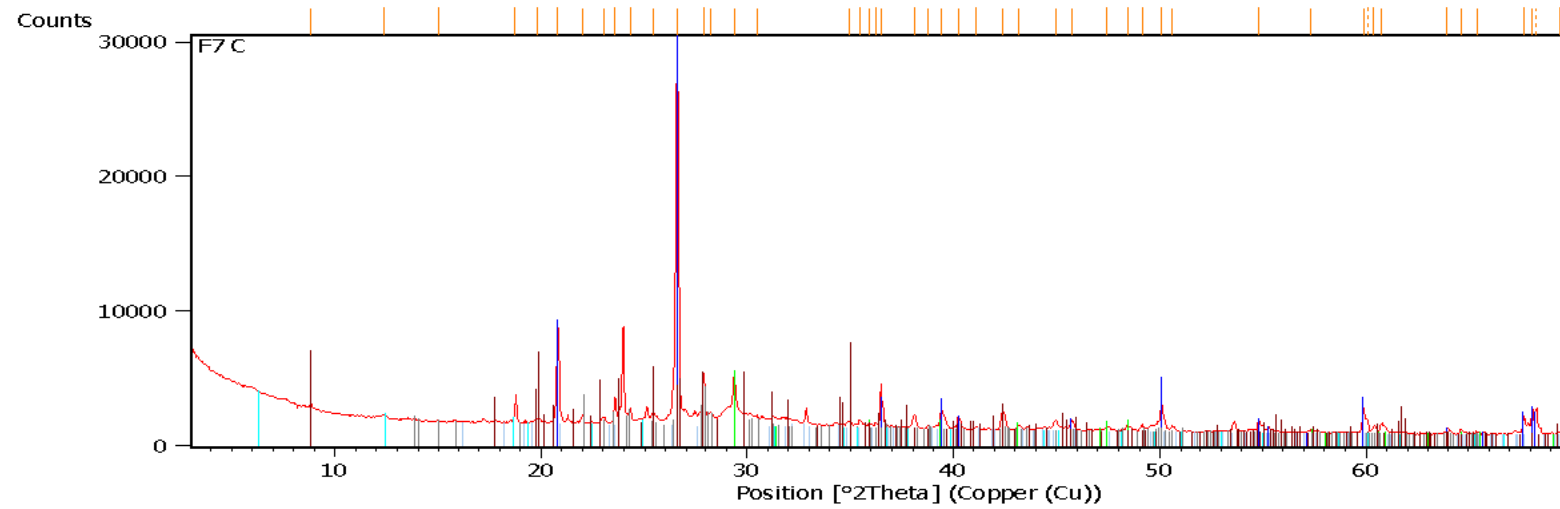
01-074-1107; Muscovite 3\ITT\RG; K (Al_{1.91} Fe_{0.09}) (Si₃ Al) O₁₀ (O H)₂

00-029-0701; Clinochlore-1\ITM\RG#I#I\IT#b\RG, ferroan; (Mg , Fe)₆ (Si , Al)₄ O₁₀ (O H)₈

01-084-0750; Anorthite; (Ca_{0.94} Na_{0.06}) (Al_{1.94} Si_{2.06} O₈)



Peak List
01-072-1937; Calcite; Ca C O3
01-089-8935; Quartz α ; Si O2
00-009-0466; Albite, ordered; Na Al Si3 O8
01-075-0948; Muscovite 2\ITM\RG#1; K Al3 Si3 O10 (O H)2
01-078-1997; Clinchlore-\IT#I#b\RG; (Mg4.715 Al.694 Fe.269 Fe.109 Cr.128 Ni.011) (Si3.056 Al.944)O10 (O H)8



Peak List

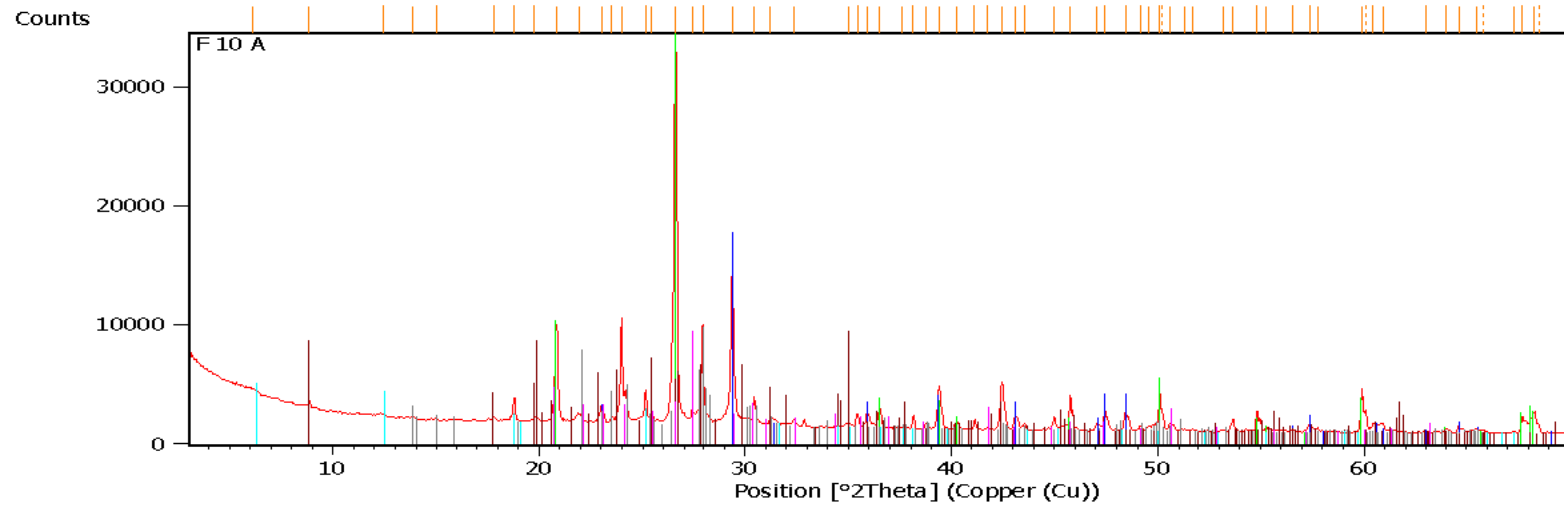
01-089-8935; Quartz β -alpha; Si O₂

01-072-1937; Calcite; Ca C O₃

01-076-0758; Albite low; Na Al_{1.09} Si_{2.91} O₈

01-072-1503; Muscovite; K Al₂ (Si₃ Al) O₁₀ (O H)₂

00-012-0185; Clinochlore; (Mg , Fe , Al)₆ (Si , Cr)₄ O₁₀ (O H)₈



Peak List

01-072-1937; Calcite; Ca C O₃

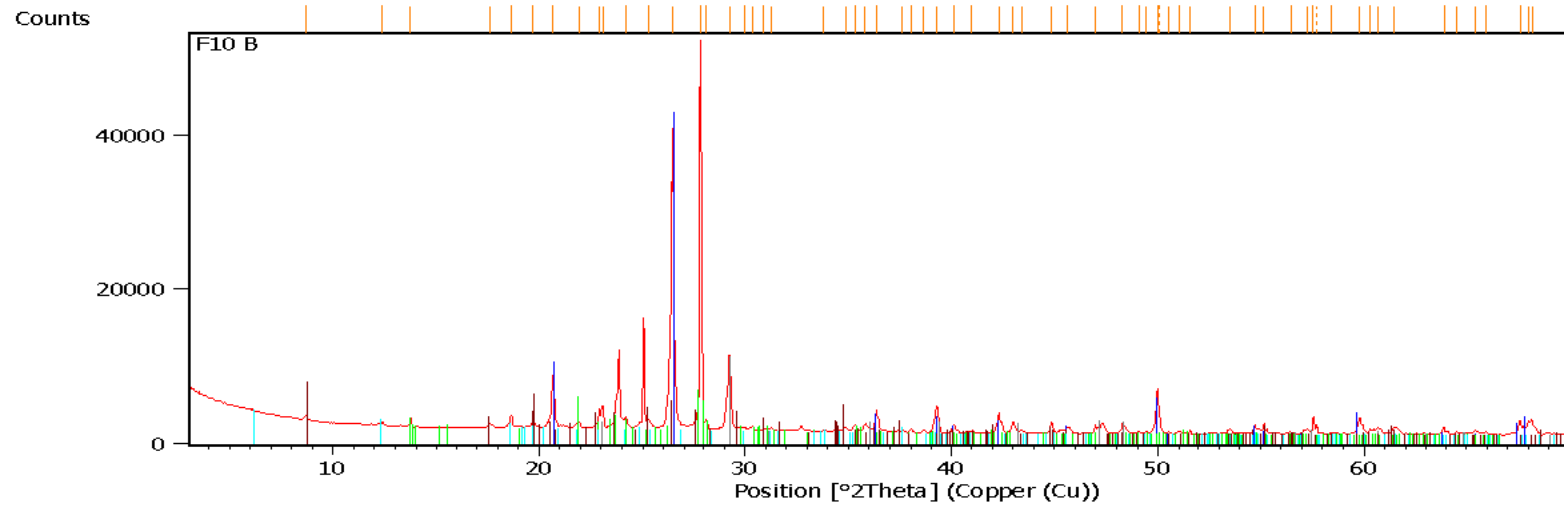
01-089-8935; Quartz α ; Si O₂

01-076-1819; Albite low; Na (Al Si₃ O₈)

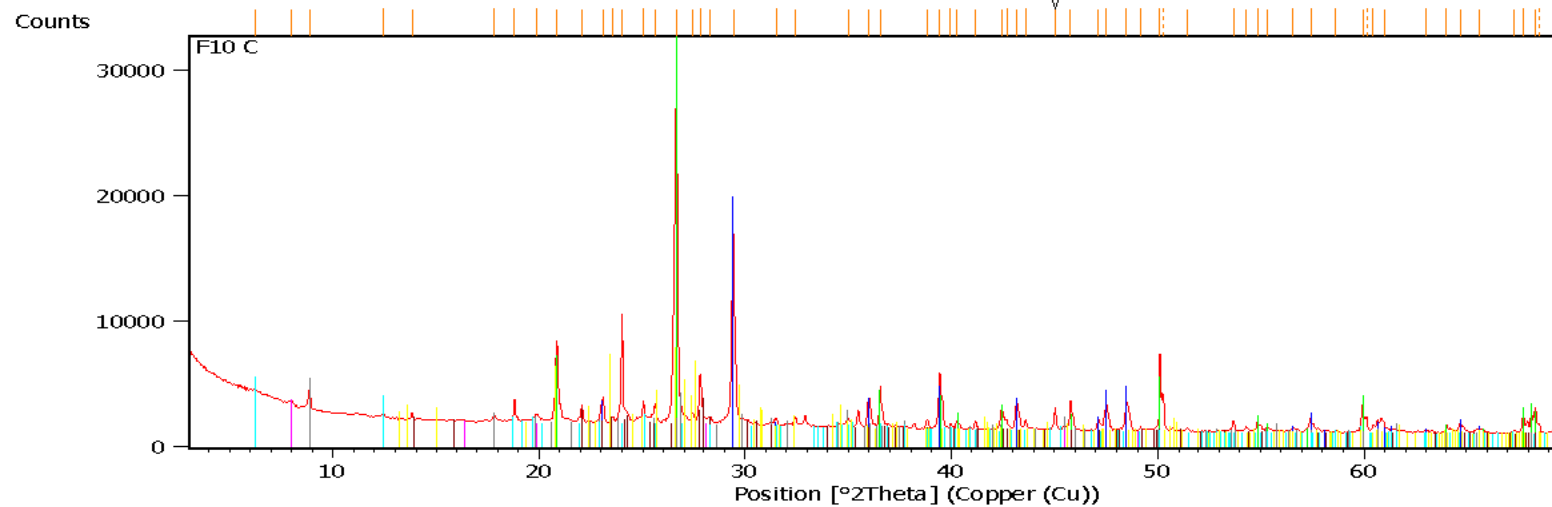
01-072-1503; Muscovite; K Al₂ (Si₃ Al) O₁₀ (O H)₂

00-029-0701; Clipchlore-1\ITM\RG#I#I\IT#b\RG, ferroan; (Mg , Fe)₆ (Si , Al)₄ O₁₀ (O H)₈

00-001-0705; Microcline; K Al Si₃ O₈



Peak List
01-089-8937; Quartz α ; Si O ₂
01-071-1152; Albite high; Na (Al Si ₃ O ₈)
01-086-2340; Calcite; Ca (C O ₃)
01-080-0743; Muscovite 2\ITM\RG#1; (K _{0.82} Na _{0.18}) (Fe _{0.03} Al _{1.97}) (Al Si ₃ O ₁₀) (O H) ₂
01-078-2063; Clinocllore Ia chromian; (Mg _{5.0} Fe _{0.1} Cr _{0.7} Al _{0.2}) (Si ₃ Al O ₁₀) (O H _{0.9875}) ₈



Peak List

01-072-1214; Calcite, syn; Ca C O3

00-046-1045; Quartz, syn; Si O2

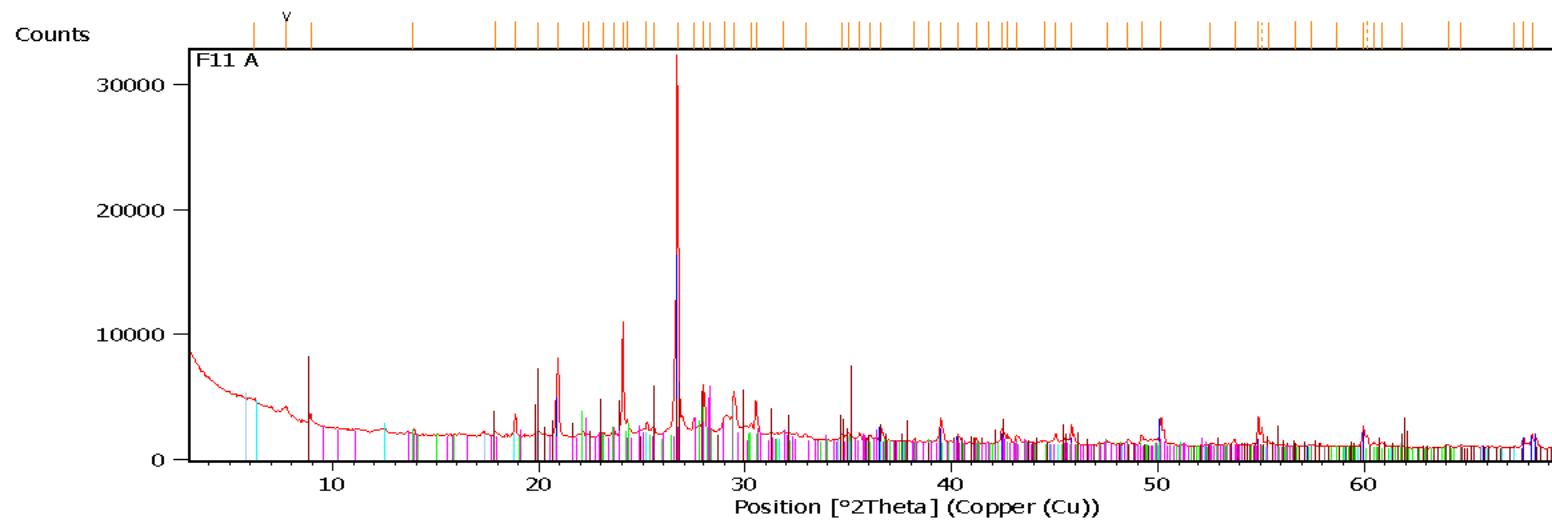
00-006-0263; Muscovite-2\ITM\RG#1; K Al2 (Si3 Al) O10 (O H , F)2

00-020-0554; Albite, ordered; Na Al Si3 O8

01-079-1270; Clinochlore; (Mg2.96 Fe1.55 Fe.136 Al1.275) (Si2.622 Al1.376 O10) (O H)8

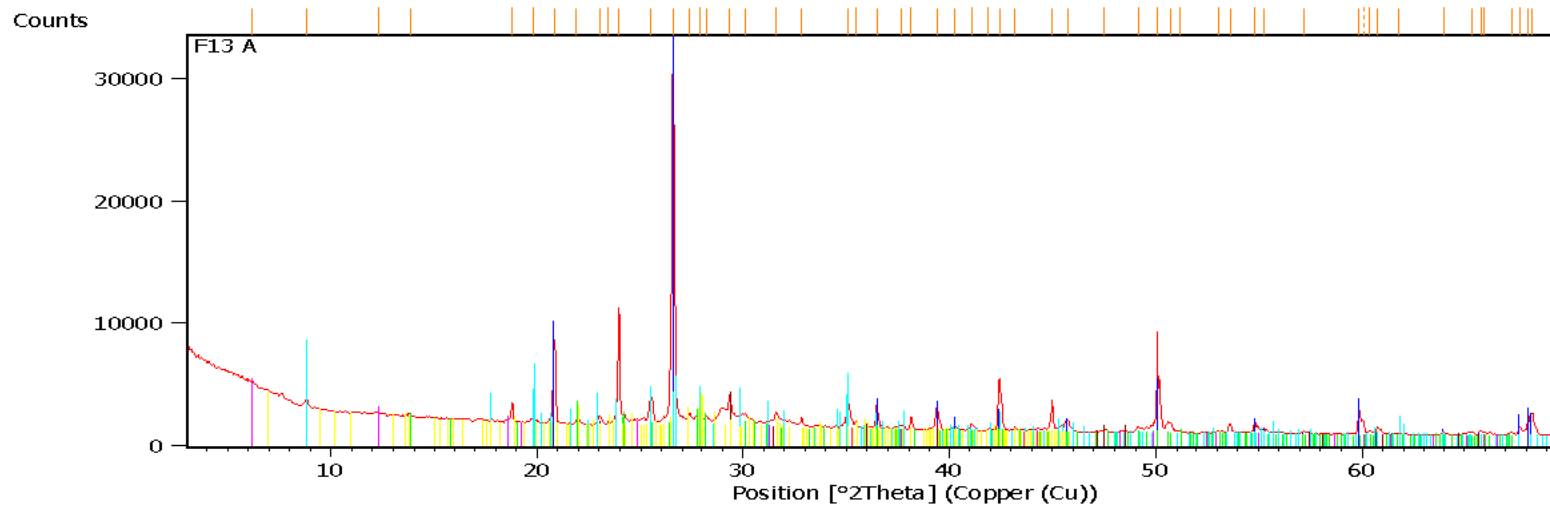
00-011-0303; Montmorillonite; (Al (O H)2)0.33 Al2 (Si3.67 Al0.33 O10) (O H)2

01-086-0683; Sanidine; (K0.831 Na0.169) (Al Si3 O8)



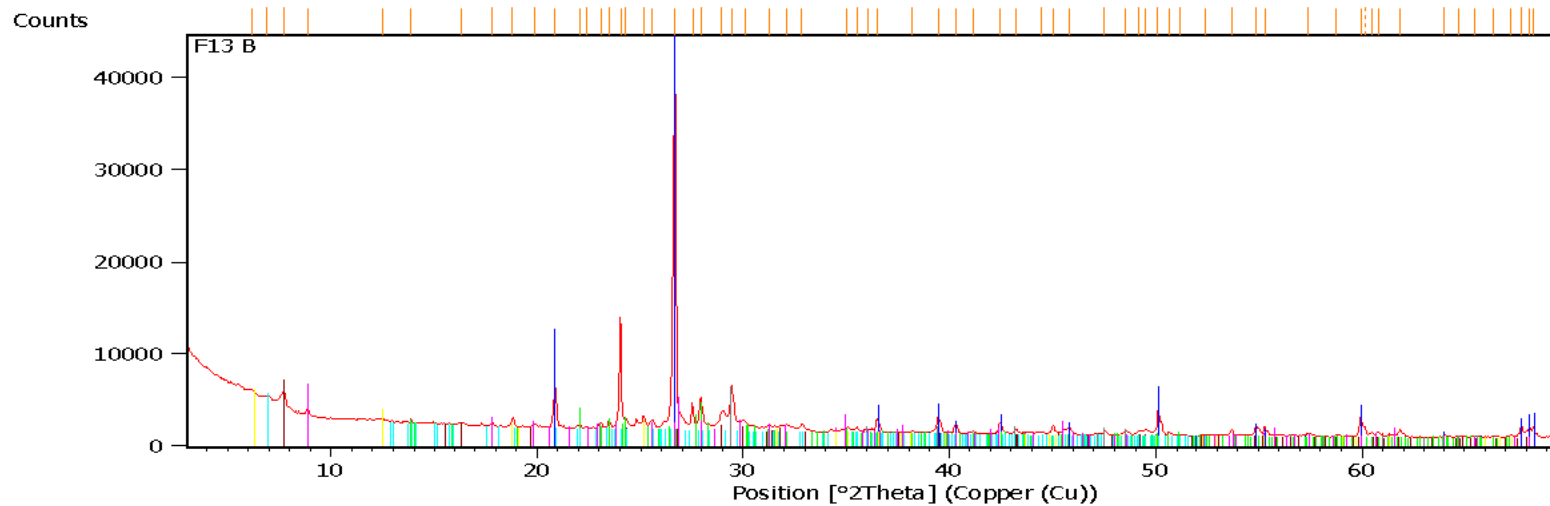
Peak List

00-033-1161; Quartz, syn; Si O₂01-089-6423; Albite; Na (Al Si₃ O₈)01-083-0578; Calcite; Ca (C O₃)01-086-1384; Muscovite 2\ITM#1\RG; K_{0.932} Al₂ (Al_{0.932} Si_{3.068} O₁₀) ((O H)_{1.744} F_{0.256})00-029-0701; Clinochlore-1\ITM\RG#I#I\IT#b\RG, ferroan; (Mg , Fe)₆ (Si , Al)₄ O₁₀ (O H)₈01-086-1706; Anorthite; Ca (Al₂ Si₂ O₈)



Peak List

01-089-8935; Quartz β -alpha; Si O₂01-089-6425; Albite (heat-treated); Na (Al Si₃ O₈)01-083-0578; Calcite; Ca (C O₃)01-089-6216; Muscovite-2\ITM\RG#1; (K_{0.727} Na_{0.170} Ca_{0.011}) (Al_{0.933} Fe_{0.016} Mg_{0.011})₂ (Si_{0.782}Al_{0.221} Ti_{0.005})₄ O₁₀00-029-0853; Clinocllore-1\ITM#I#b\RG; Mg₅ Al (Si₃ Al) O₁₀ (O H)₈01-075-1587; Anorthite; Ca (Al₂ Si₂ O₈)



Peak List

01-085-0930; Quartz; Si O₂01-083-1466; Albite low; Na_{0.986} (Al_{1.005} S_{2.995} O₈)00-005-0586; Calcite, syn; Ca C O₃01-083-1520; Tobermorite; Ca_{2.25} (Si₃ O_{7.5} (O H)_{1.5}) (H₂ O)01-078-0432; Anorthite sodian, intermediate; Na_{0.45} Ca_{0.55} Al_{1.55} Si_{2.45} O₈00-006-0263; Muscovite-2\ITM\RG#1; K Al₂ (Si₃ Al) O₁₀ (O H , F)₂00-029-0701; Clinochlore-1\ITM\RG#1\IT#b\RG, ferroan; (Mg , Fe)₆ (Si , Al)₄ O₁₀ (O H)₈