

TORRE DELLA GHIRLANDINA – MODENA –

**CARATTERIZZAZIONI CHIMICO-FISICA
DEGLI IMPASTI ARTIFICIALI IMPIEGATI
PER LE STUCCATURE
ED INTEGRAZIONI LAPIDEE**



Venezia, 11 agosto 2008

Una delle principali problematiche che interessano le superfici della Torre della Ghirlandina di Modena riguarda l'efficacia e compatibilità con la pietra di alcune stuccature ed integrazioni realizzate nel corso degli ultimi interventi conservativi. Recenti studi diagnostici condotti nell'ambito del progetto di restauro della torre, hanno infatti messo in evidenza la presenza di diffusi fenomeni di degrado connessi sia a processi di infiltrazione delle acque meteoriche dai giunti di stillatura tra gli elementi lapidei (soprattutto nella porzione della cuspide), sia alla incompatibilità dal punto di vista fisico-mecanico di alcune integrazioni realizzate con sistemi a base polimerica.

Ad integrazione ed approfondimento dei precedenti studi diagnostici condotti presso la torre ed al fine ottenere adeguate conoscenze propedeutiche alla scelta delle metodologie di intervento per il recupero delle superfici, sono state realizzate alcune determinazioni analitiche per verificare la natura e lo stato di conservazione delle diverse tipologie di impasti artificiali impiegati per la realizzazione dei giunti ed integrazioni dei conci lapidei.

Per una adeguata rappresentatività, la campionatura degli impasti artificiali ha riguardato l'intera estensione della torre che, come emerge dalle mappature forniteci, è caratterizzata dalla presenza di diversificati tipi di materiale lapideo in funzione delle porzioni -e corrispondenti epoche di costruzione- considerate.

Le caratterizzazioni analitiche condotte su tali campioni hanno previsto la realizzazione di osservazioni morfologiche in microscopia ottica a luce riflessa, l'individuazione dei costituenti mineralogici petrografici mediante studio di sezioni sottili in microscopia ottica a luce polarizzata e valutazioni chimiche qualitative in spettrofotometria infrarossa. Ulteriori verifiche dello stato di conservazione degli impasti di integrazione e valutazioni dell'adesione degli stessi alla pietra hanno previsto la realizzazione in loco di misure della velocità di propagazione di impulsi ultrasonici.

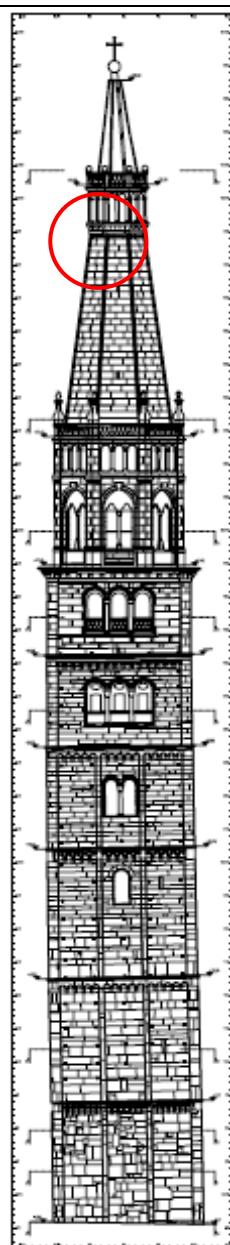
Di seguito si riportano, per ciascun campione considerato, le schede con la documentazione fotografica, la localizzazione sulla torre ed i risultati delle determinazioni analitiche effettuate.

ARCADIA RICERCHE Srl



SCHEDE ANALITICHE



TORRE DELLA GHIRLANDINA PARTE OTTAGONALE – lato est**CAMPIONE 720-01****Descrizione**

Frammento di malta di giunzione quasi completamente distaccato e parzialmente fessurato dalla parte alta della torre



Campione 720-01**Analisi microscopica petrografica in sezione sottile**Descrizione macroscopica (UNI-NORMAL 12/83)

<i>Aspetto Dimensionale</i>	Arenaceo-siltoso
<i>Colore</i>	Nocciola
<i>Coesione</i>	Tenace

Descrizione microscopica (UNI-NORMAL 12/83)**Aggregato**

<i>Granulometria</i>	Arenaceo medio (0,5-0,25 mm) – siltoso fine (0.016-0,08 mm)
<i>Granulometria prevalente</i>	Frazioni siltose
<i>Classazione</i>	Ben classato
<i>Forma (sfericità/arrotondamento)</i>	Sfericità da media a molto bassa / frammenti spigolosi
<i>Morfologia superficiale</i>	Liscia
<i>Orientamento</i>	Non rilevato
<i>Distribuzione</i>	Eterogenea
<i>Addensamento</i>	Stima rapporto clasti-matrice: molto basso (10 %)

<i>Distribuzione granulometrica</i>		
<i>Classe granulometrica</i>	<i>mm</i>	<i>%</i>
Conglomeratica fine	8-4	-
Microconglomeratica	4-2	-
Arenacea molto grossolana	2-1	-
Arenacea grossolana	1-0.5	-
Arenacea media	0.5-0.25	3
Arenacea fine	0.25-0.125	2
Arenacea molto fine	0.125-0.062	5
Siltosa	< 0.062	90

Composizione degli aggregati

- polveri ocracee giallo-aranciate
- frammenti di quarzo mono e policristallino;
- frammenti carbonatici quali calcari micritici;

Tipo di aggregato: si tratta di un pigmento aggiunto all'impasto, mentre i granuli sabbiosi risultano in modesta quantità.

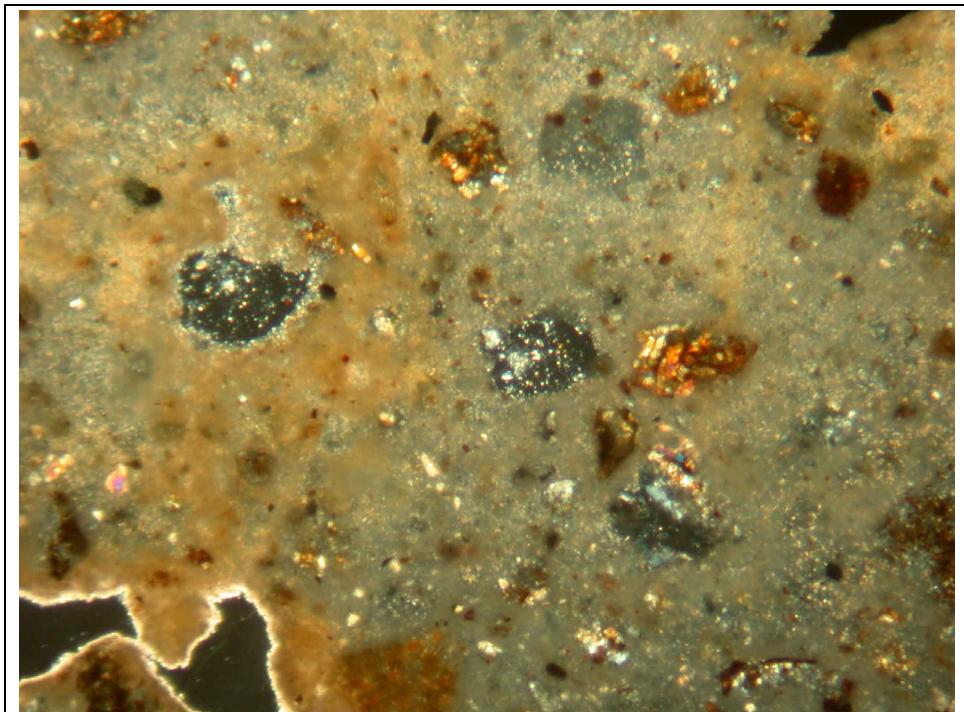


Matrice

<i>Struttura</i>	Eterogenea con numerosi aggregati di belite e celite
<i>Tessitura</i>	Massa di fondo micritica-sparitica
<i>Rapporti clasti/matrice</i>	Non rilevati
<i>Composizione</i>	Cemento

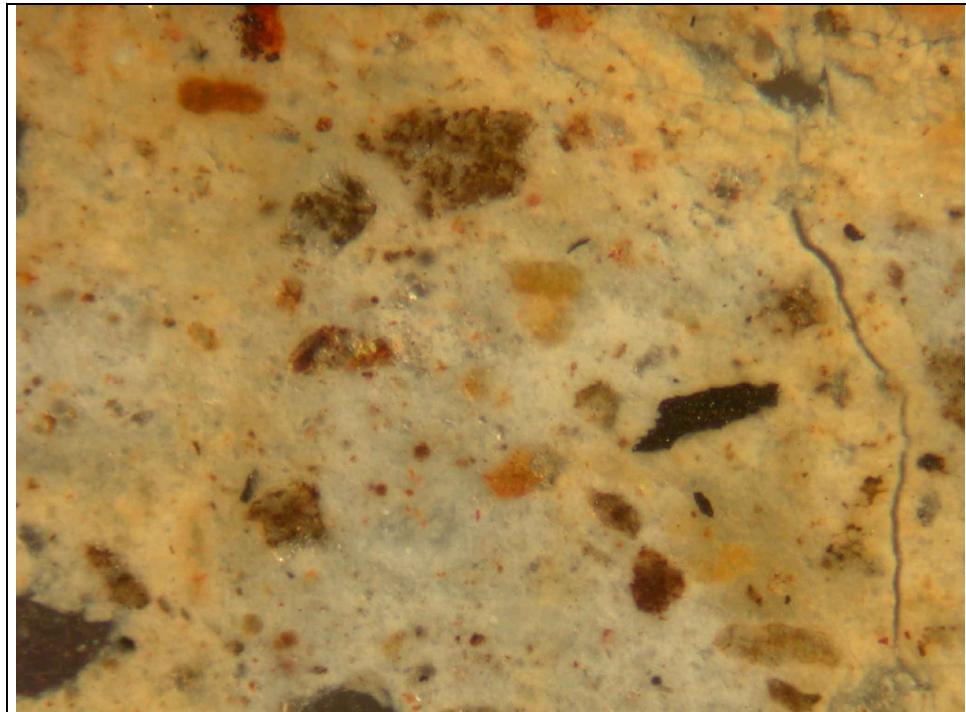
Considerazioni sull'impasto

<i>Tipo di impasto</i>	Impasto di colore nocciola a base di cemento, ocra giallo-aranciata e modeste quantità di sabbia a base di frammenti quarzosi e carbonatici. Le dimensioni degli aggregati sono comprese tra 0,45 mm e 0,008 mm, con prevalenza delle frazioni siltose. Il rapporto areale fra aggregati e leganti è attorno a valori di 1/4. L'impasto evidenzia una bassa porosità.
<i>Stato di conservazione</i>	L'impasto risulta coesivo e tenace



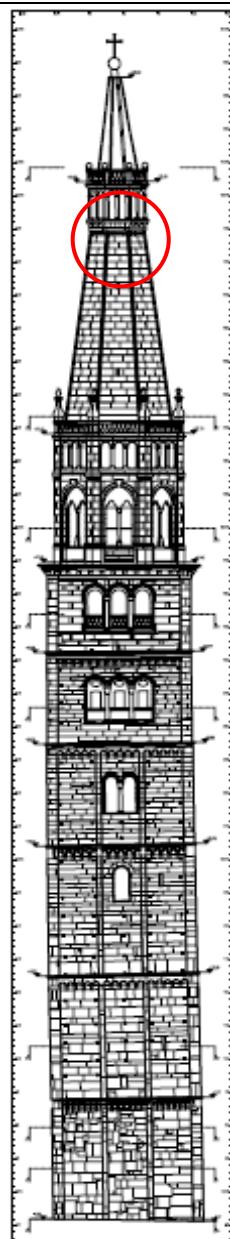
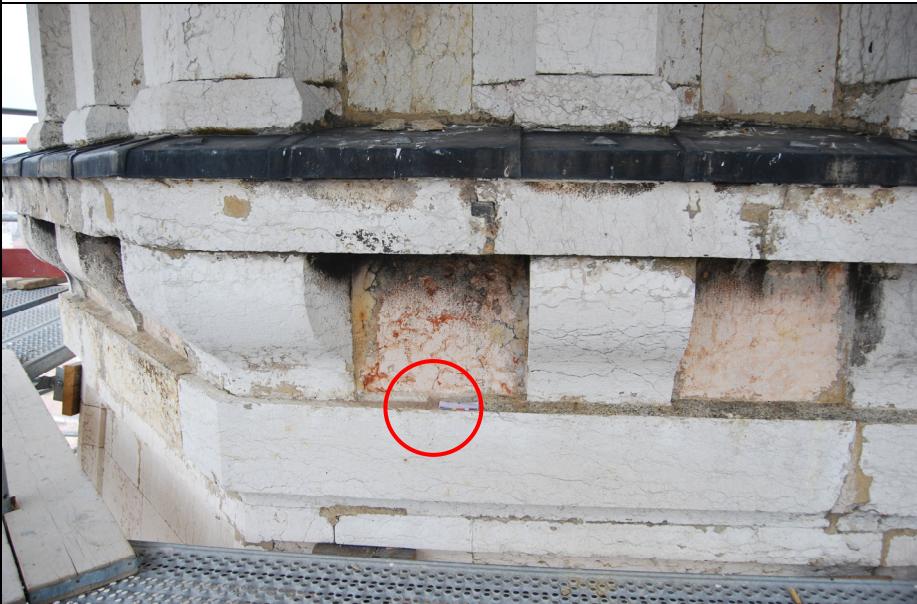
Si tratta di un impasto a base di cemento, ocra giallo-aranciata e sabbia a base di frammenti di quarzo e carbonatici. Sezione sottile, luce trasmessa, 80 X, N+





Stesso provino visto in luce riflessa dove viene si nota molto bene la tonalità dell'impasto dovuto alla presenza di particelle ocracee Sezione sottile, luce riflessa, 80 X, N//



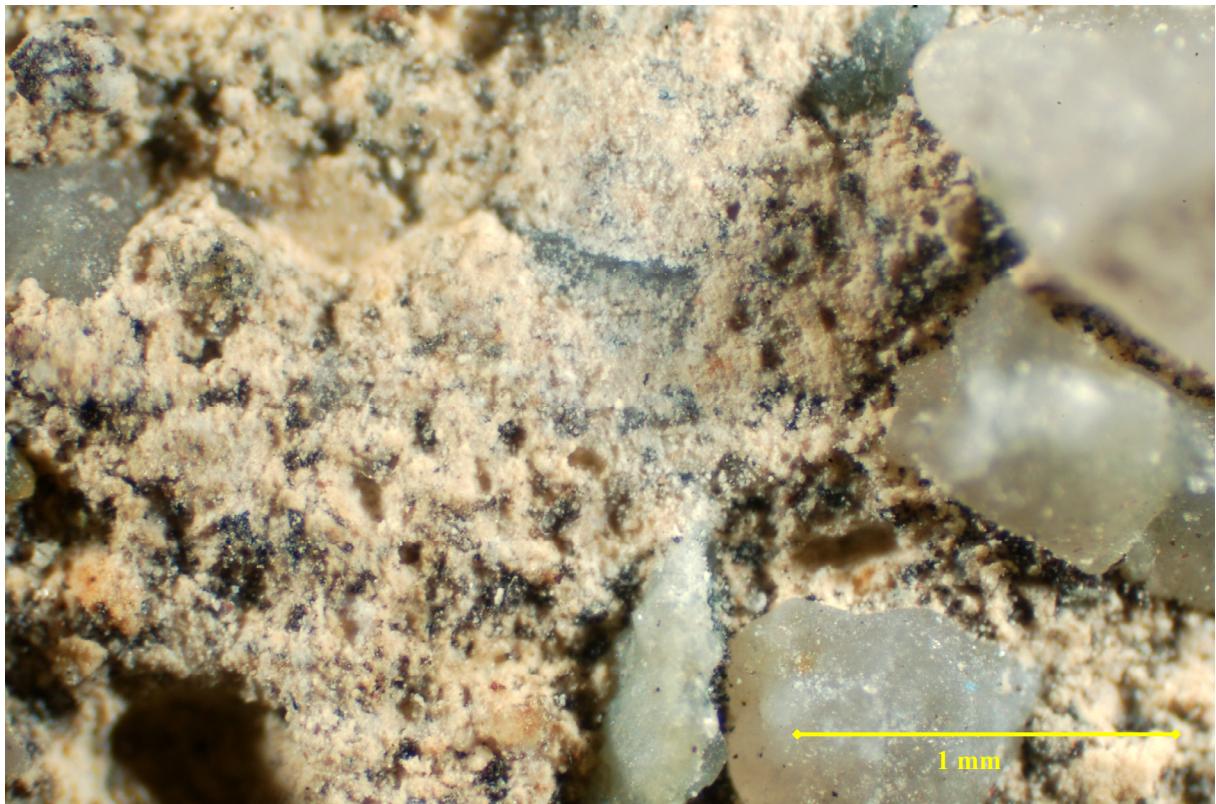
TORRE DELLA GHIRLANDINA PARTE OTTAGONALE – lato est**CAMPIONE 720-02****Descrizione**

Frammento di malta di giunzione quasi completamente distaccato dalla parte alta della torre con un colore ed una granulometria differente dal campione 1.



Foto in microscopia ottica

CAMPIONE 720-02



Microscopia ottica a luce riflessa (ingr. 50x)



Campione 720-02**Analisi microscopica petrografica in sezione sottile**Descrizione macroscopica (UNI-NORMAL 12/83)

<i>Aspetto Dimensionale</i>	Arenaceo-siltoso
<i>Colore</i>	Nocciola
<i>Coesione</i>	Mediamente tenace e coesivo

Descrizione microscopica (UNI-NORMAL 12/83)**Aggregato**

<i>Granulometria</i>	Arenaceo molto grossolano (2-1 mm) – siltoso fine (0.016-0,08 mm)
<i>Granulometria prevalente</i>	Frazioni siltose
<i>Classazione</i>	Ben classato
<i>Forma (sfericità/arrotondamento)</i>	Sfericità da media a molto bassa / frammenti spigolosi
<i>Morfologia superficiale</i>	Liscia
<i>Orientamento</i>	Non rilevato
<i>Distribuzione</i>	Eterogenea
<i>Addensamento</i>	Stima rapporto clasti-matrice: molto basso (10 %)

Distribuzione granulometrica		
<i>Classe granulometrica</i>	<i>mm</i>	<i>%</i>
Conglomeratica fine	8-4	-
Microconglomeratica	4-2	-
Arenacea molto grossolana	2-1	3
Arenacea grossolana	1-0.5	-
Arenacea media	0.5-0.25	2
Arenacea fine	0.25-0.125	2
Arenacea molto fine	0.125-0.062	4
Siltosa	< 0.062	89

Composizione degli aggregati

- polveri ocracee giallo-aranciate
- frammenti di quarzo mono e policristallino;
- frammenti carbonatici quali calcari micritici;

Tipo di aggregato: si tratta di un pigmento aggiunto all'impasto, mentre i granuli sabbiosi risultano in minime quantità.

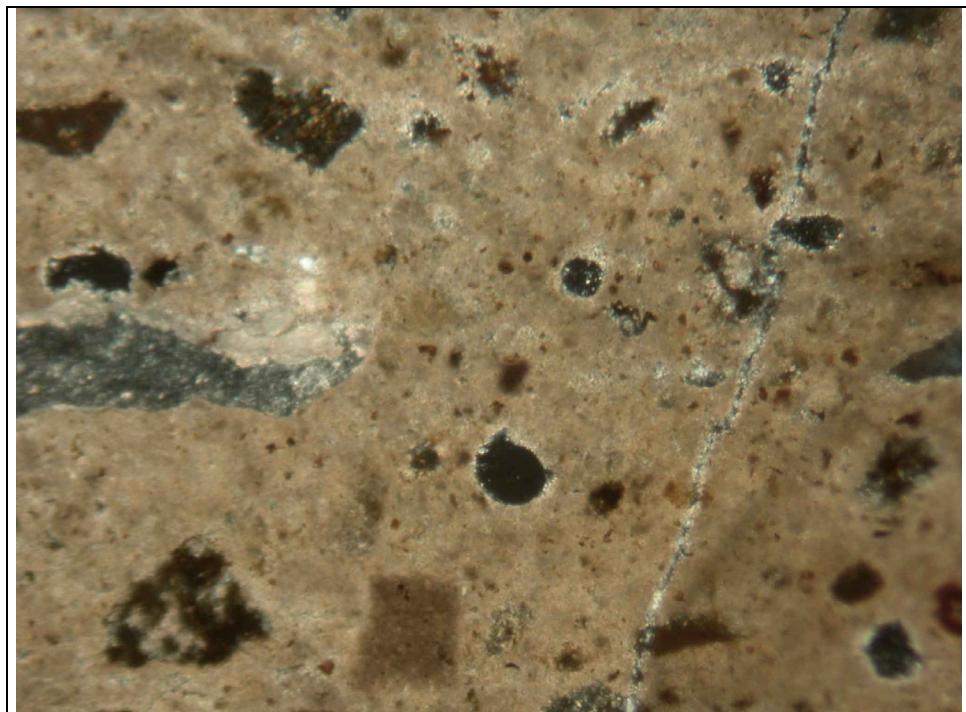


Matrice

<i>Struttura</i>	Eterogenea con numerosi aggregati di belite e celite
<i>Tessitura</i>	Massa di fondo micritica-sparitica
<i>Rapporti clasti/matrice</i>	Non rilevati
<i>Composizione</i>	Cemento

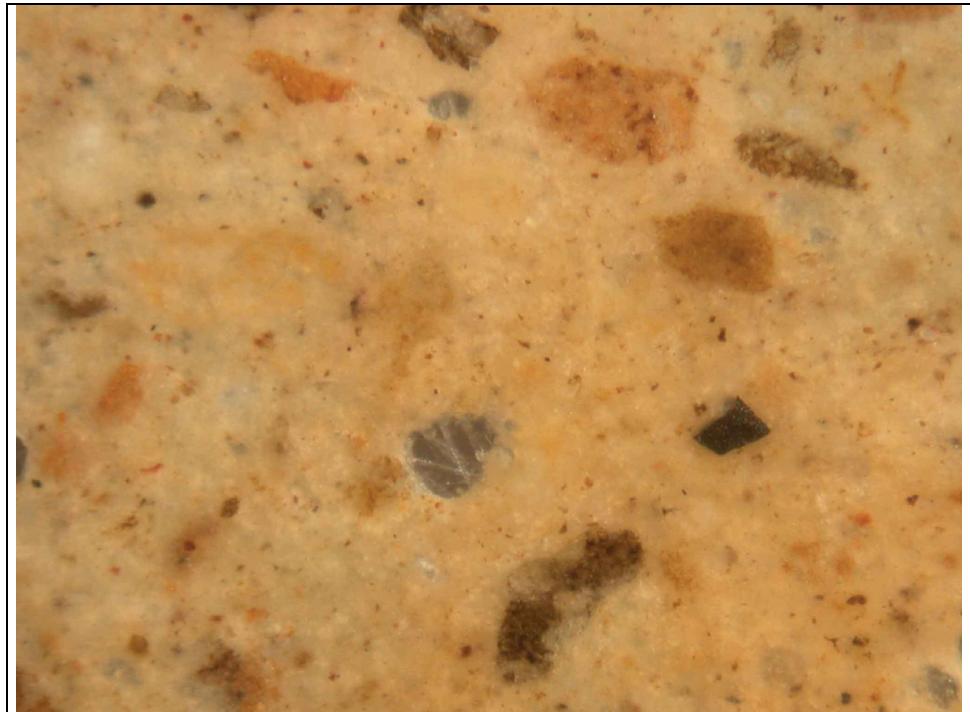
Considerazioni sull'impasto

<i>Tipo di impasto</i>	Impasto di colore nocciola a base di cemento, ocra giallo-aranciata e minori quantitativi di frammenti di quarzo e carbonatici. Le dimensioni degli aggregati sono comprese tra 1,25 mm e 0.008 mm, con prevalenza delle frazioni siltose. Il rapporto areale fra aggregati e leganti è attorno a valori di 1/3.5. L'impasto evidenzia una bassa porosità.
<i>Stato di conservazione</i>	L'impasto risulta tenace e coesivo



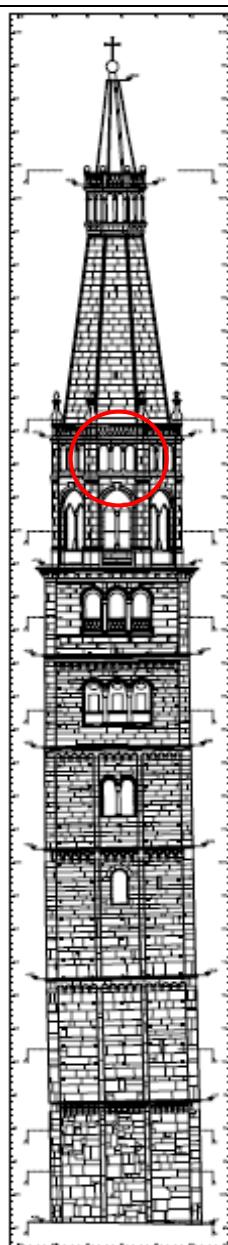
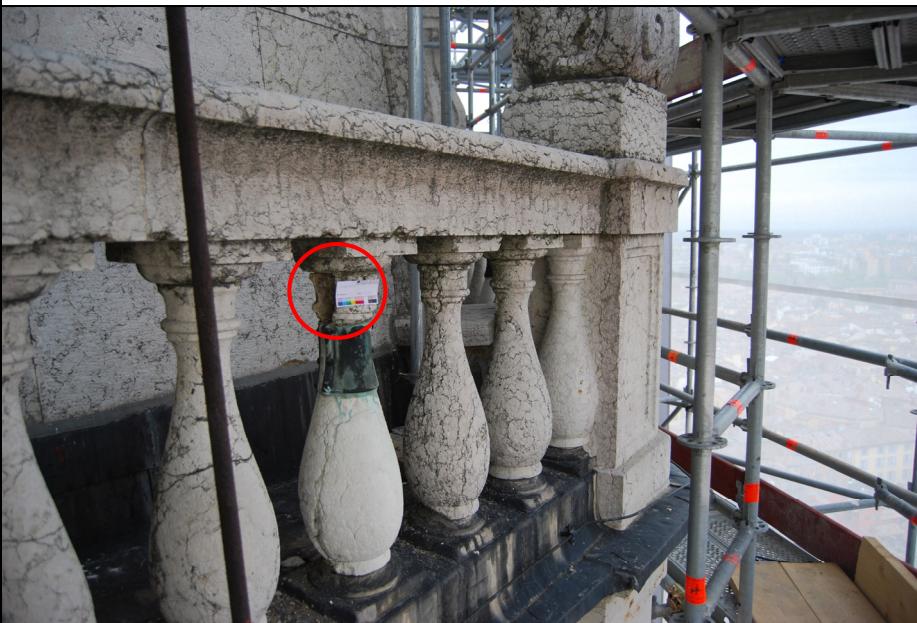
Si tratta di un impasto a base di cemento, ocra giallo-aranciata e tracce di sabbia a base di frammenti di quarzo e carbonatici. Sezione sottile, luce trasmessa, 80 X, N+





Stesso provino visto in luce riflessa dove viene si nota molto bene la tonalità dell'impasto dovuto alla presenza di particelle ocracee Sezione sottile, luce riflessa, 80 X, N//



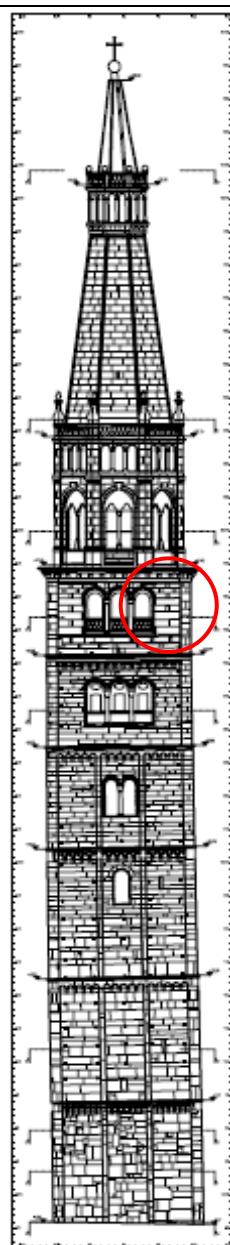
TORRE DELLA GHIRLANDINA PARTE OTTAGONALE – lato est**CAMPIONE 720-03****Descrizione**

Frammento lapideo da una delle colonnine costituenti la balconata più grande. La rimozione di una parte instabile ha permesso di osservare la presenza di un perno metallico, apparentemente in ferro, caratterizzato da un avanzato stato di ossidazione.



TORRE DELLA GHIRLANDINA PARTE MEDIANA – lato est

CAMPIONE 720-04

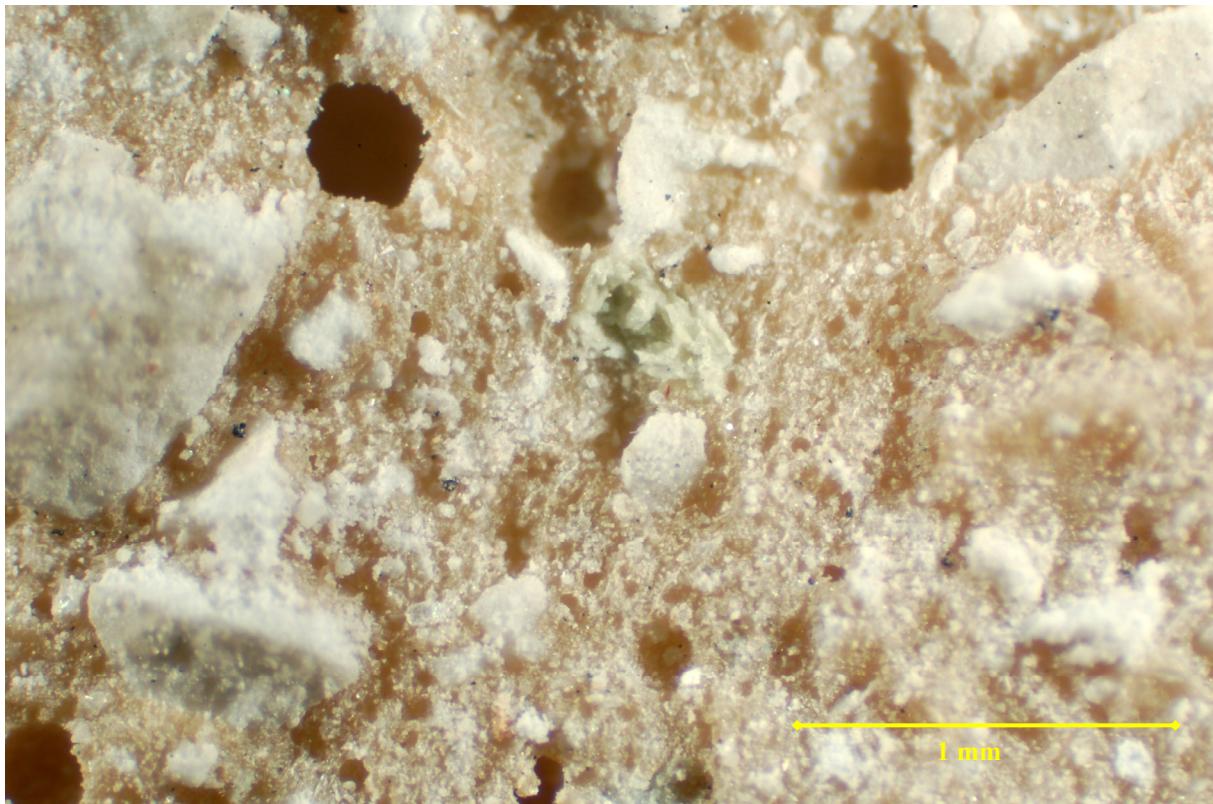
**Descrizione**

Impasto di risarcimento su un concio in rosso di Verona. L'impasto appare caratterizzato dalla presenza di inerti dalla granulometria consistente di colore bianco. Discreta adesione e ottima tenacità contraddistinguono il campione.



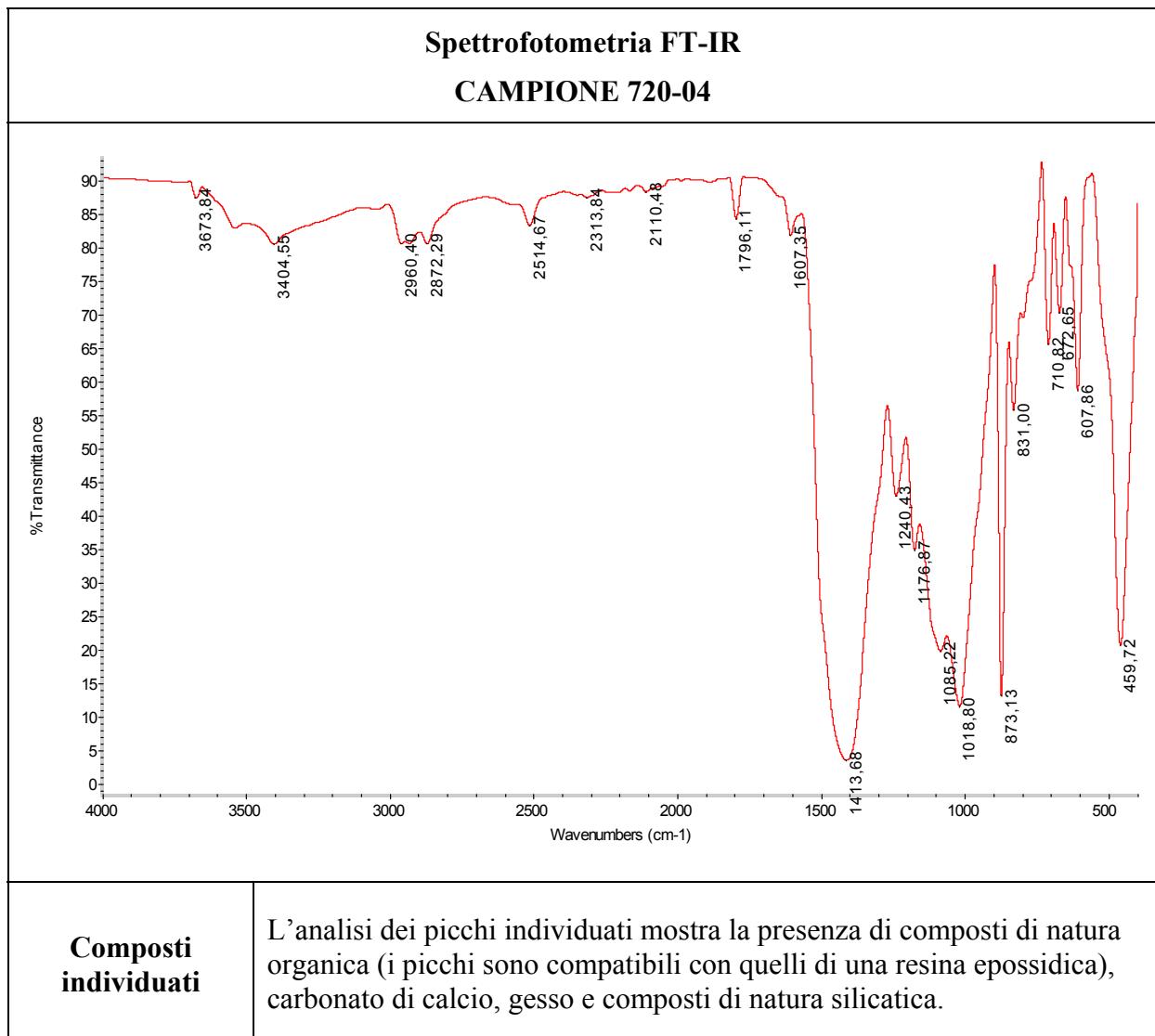
Foto in microscopia ottica

CAMPIONE 720-04



Microscopia ottica a luce riflessa (ngr. 50x)





Campione 720-04**Analisi microscopica petrografica in sezione sottile**Descrizione macroscopica (UNI-NORMAL 12/83)

<i>Aspetto Dimensionale</i>	Arenaceo-siltoso
<i>Colore</i>	Giallino
<i>Coesione</i>	Tenace e coesivo

Descrizione microscopica (UNI-NORMAL 12/83)**Aggregato**

<i>Granulometria</i>	Arenaceo molto grossolana (2-1 mm) – siltoso fine (0.016-0,008 mm)
<i>Granulometria prevalente</i>	Frazioni siltose
<i>Classazione</i>	Moderatamente classato
<i>Forma (sfericità/arrotondamento)</i>	Sfericità da media a molto bassa / frammenti spigolosi
<i>Morfologia superficiale</i>	Liscia
<i>Orientamento</i>	Non rilevato
<i>Distribuzione</i>	Eterogenea
<i>Addensamento</i>	Stima rapporto clasti-matrice: elevato (50%)

Distribuzione granulometrica		
Classe granulometrica	mm	%
Conglomeratica fine	8-4	-
Microconglomeratica	4-2	-
Arenacea molto grossolana	2-1	4
Arenacea grossolana	1-0.5	16
Arenacea media	0.5-0.25	14
Arenacea fine	0.25-0.125	10
Arenacea molto fine	0.125-0.062	16
Siltosa	< 0.062	40

Composizione degli aggregati

- 95%: frammenti carbonatici quali calcari micritici fossiliferi (Biancone) e calcite policristallina;
- 5%: ocra gialla finissima

Tipo di aggregato: sabbia di frantoio di colore bianco derivante da macinazione di Biancone.

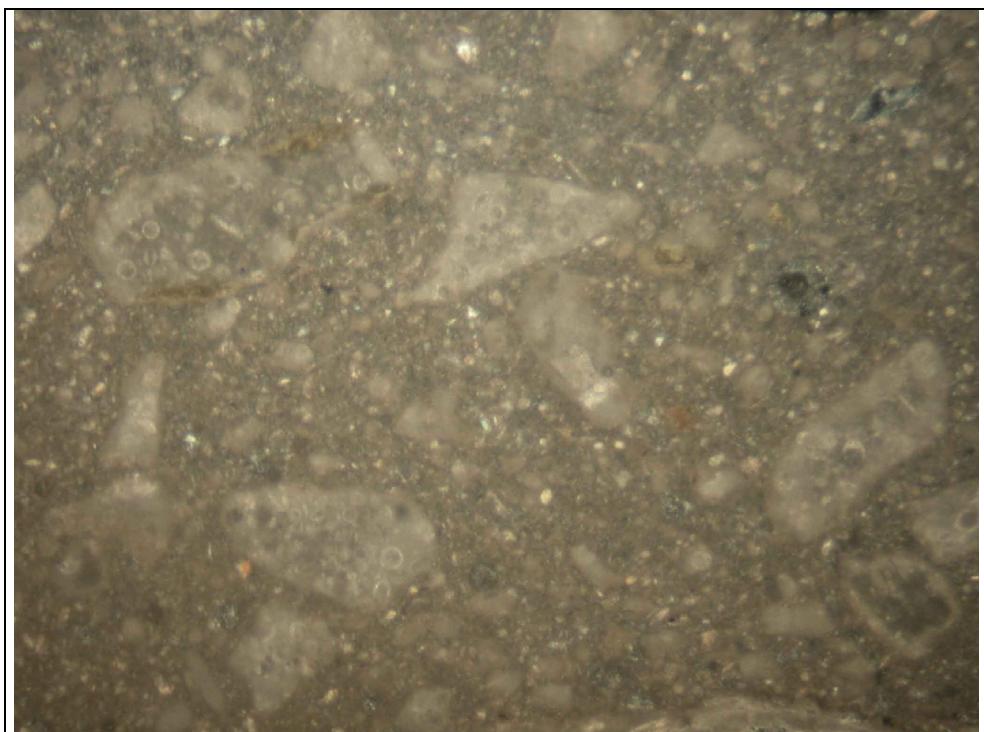


Matrice

<i>Composizione</i>	Si tratta di resina sintetica
---------------------	-------------------------------

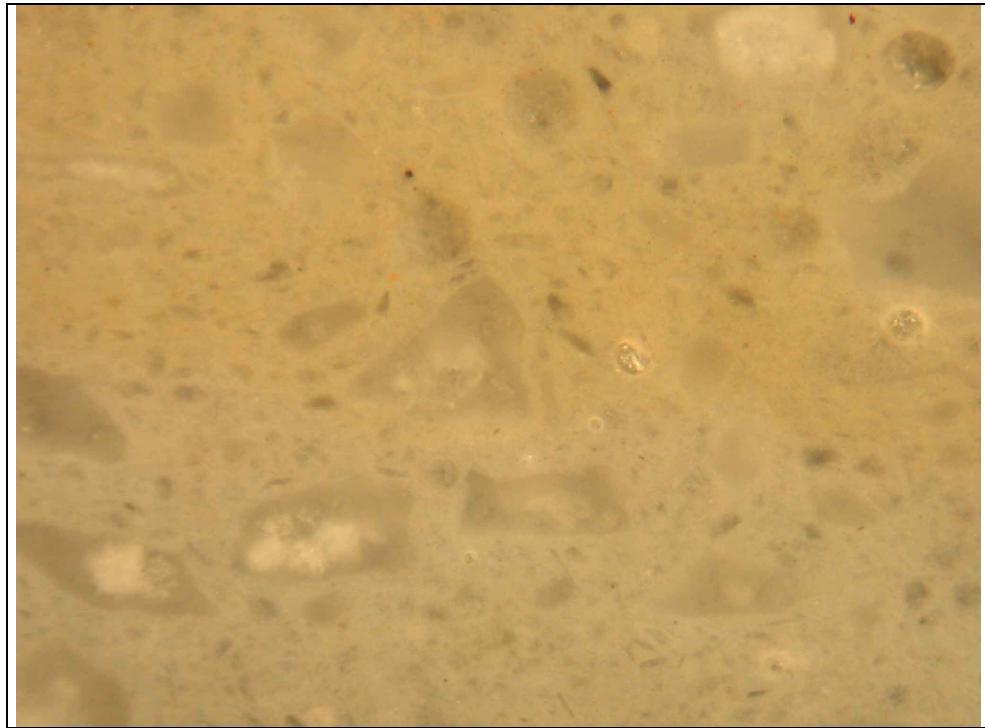
Considerazioni sull'impasto

<i>Tipo di impasto</i>	Impasto di colore giallino a base di resina sintetica, sabbia carbonatica derivante da macinazione di Biancone, da grossolana a finissima e piccole percentuali di ocre gialla responsabile della cromia dell'impasto. Le dimensioni degli aggregati sono comprese tra 1,8 mm e 0.008 mm, con prevalenza delle frazioni siltose. Il rapporto areale fra aggregati e leganti è attorno a valori di 4/1. L'impasto evidenzia una bassa porosità.
<i>Stato di conservazione</i>	L'impasto nel complesso si presenta ben conservato



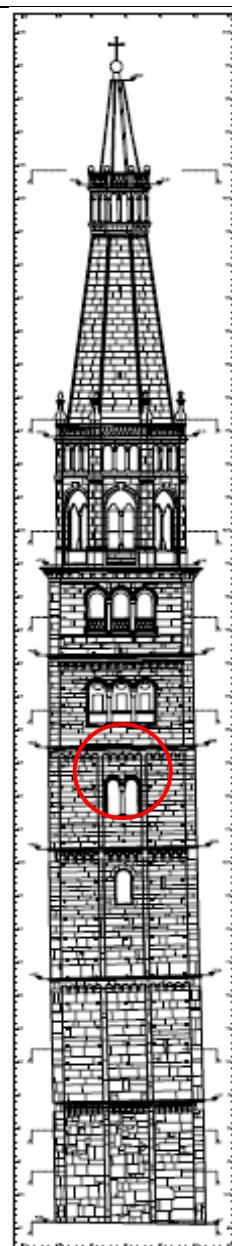
Si tratta di un impasto a base di resina sintetica, un aggregato ricavato dalla macinazione di biancone e una fine dispersione di ocre gialla. Sezione sottile, luce trasmessa, 40 X, N+





Stesso provino ripreso a più alti ingrandimenti in luce riflessa. Si nota la tonalità giallognola dovuta alla dispersione di ocra gialla. Sezione sottile, luce riflessa, 80 X, N//



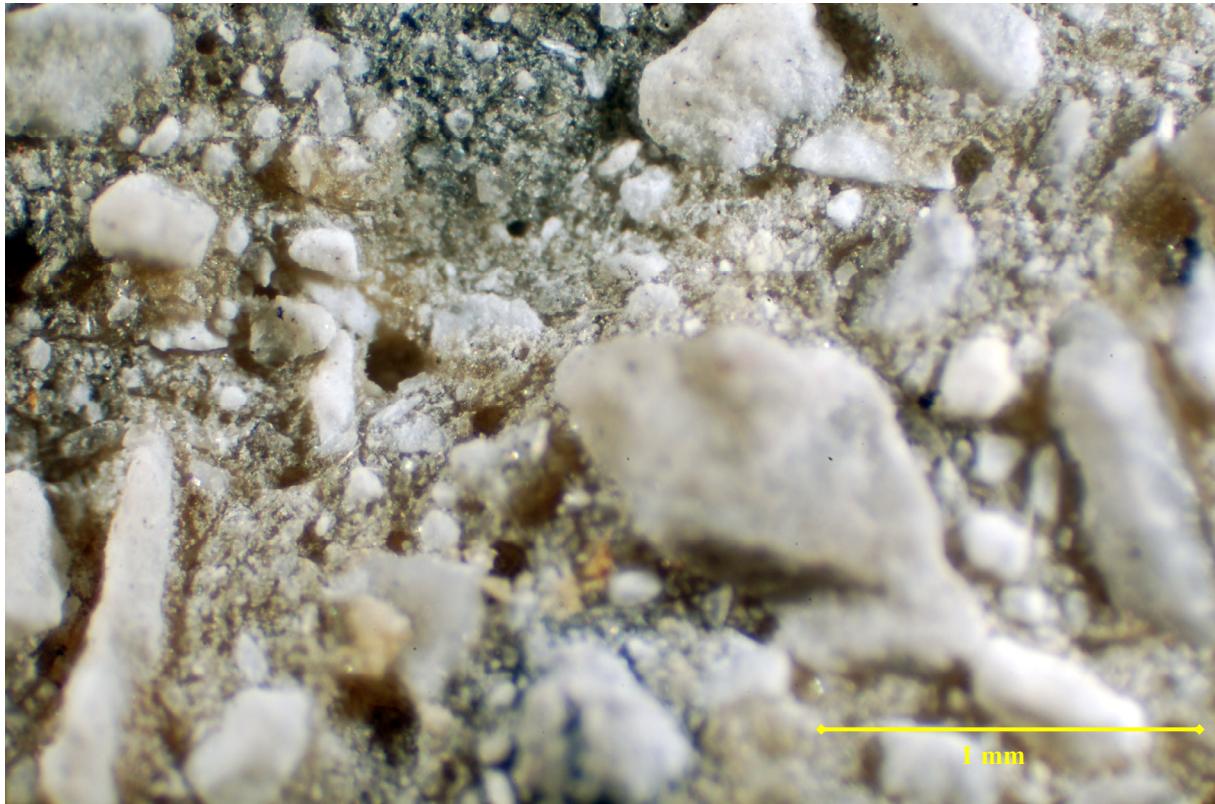
TORRE DELLA GHIRLANDINA PARTE OTTAGONALE – lato est**CAMPIONE 720-05****Descrizione**

Impasto di risarcimento di colore grigio. L’impasto appare caratterizzato dalla presenza di inerti dalla granulometria consistente di colore bianco. Buona adesione e ottima tenacità contraddistinguono il campione.



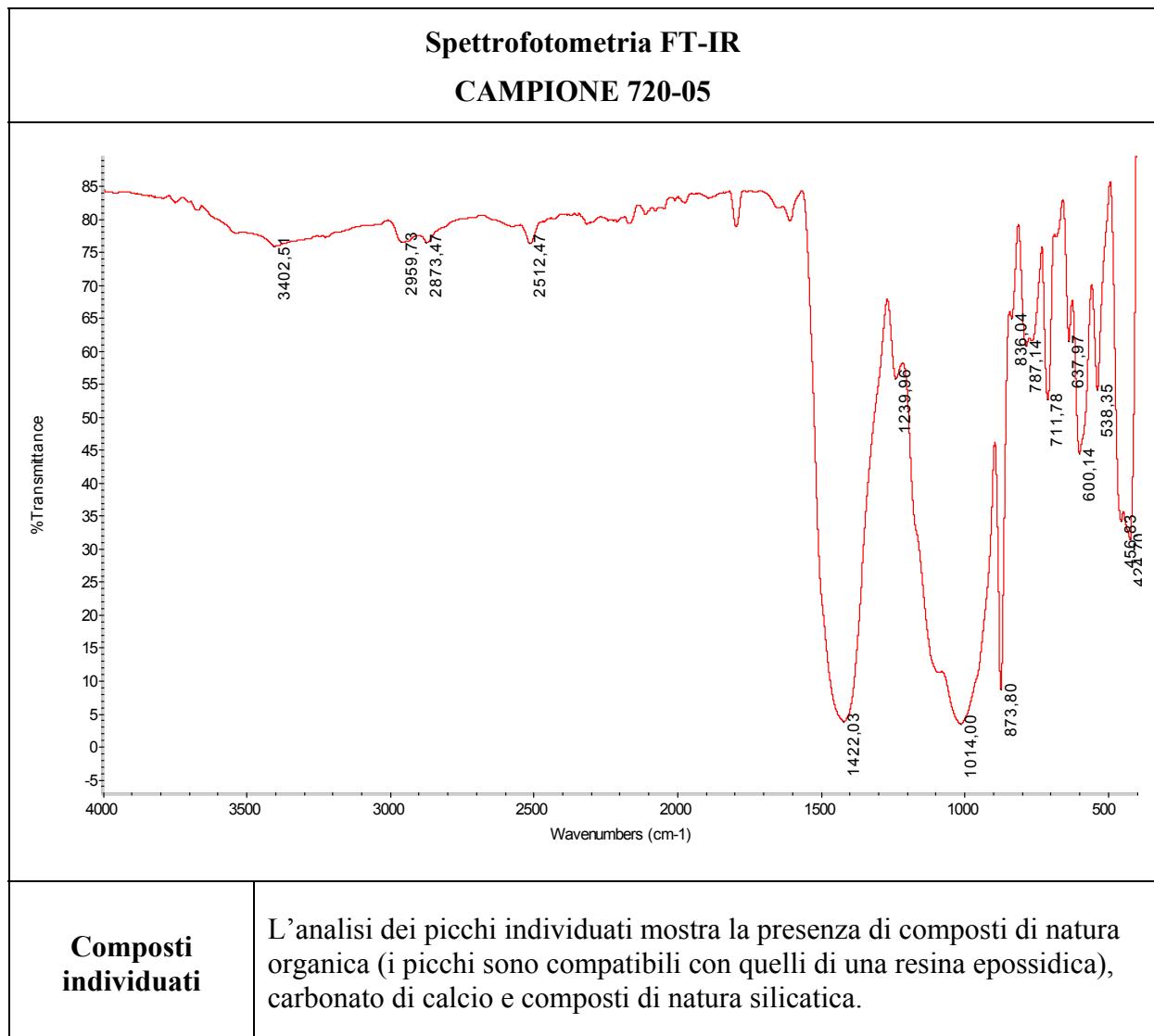
Foto in microscopia ottica

CAMPIONE 720-05



Microscopia ottica a luce riflessa (ingr. 50x)





Campione 720-05**Analisi microscopica petrografica in sezione sottile**Descrizione macroscopica (UNI-NORMAL 12/83)

Aspetto Dimensionale	Arenaceo-siltoso
Colore	Bianco
Coesione	Tenace e coesivo

Descrizione microscopica (UNI-NORMAL 12/83)**Aggregato**

Granulometria	Arenaceo molto grossolana (2-1 mm) – siltoso fine (0.016-0,008 mm)
Granulometria prevalente	Frazioni siltose
Classazione	Moderatamente classato
Forma (sfericità/arrotondamento)	Sfericità da media a molto bassa / frammenti spigolosi
Morfologia superficiale	Liscia
Orientamento	Non rilevato
Distribuzione	Eterogenea
Addensamento	Stima rapporto clasti-matrice: elevato (50%)

Distribuzione granulometrica		
Classe granulometrica	mm	%
Conglomeratica fine	8-4	-
Microconglomeratica	4-2	-
Arenacea molto grossolana	2-1	6
Arenacea grossolana	1-0.5	13
Arenacea media	0.5-0.25	18
Arenacea fine	0.25-0.125	11
Arenacea molto fine	0.125-0.062	12
Siltosa	< 0.062	40

Composizione degli aggregati

- 96%: frammenti carbonatici quali calcari micritici fossiliferi (Biancone) e calcite policristallina;
- 4%: selenite (gesso crudo cristallino macinato)

Tipo di aggregato: sabbia di frantocio di colore bianco derivante da macinazione di Biancone, con minime quantità di selenite.

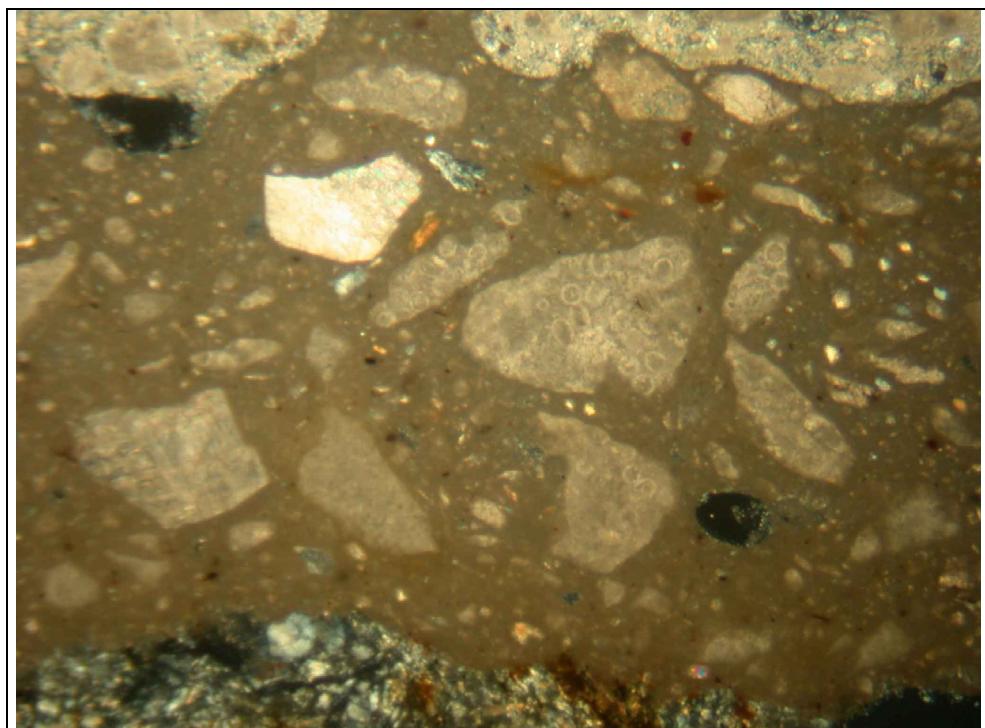


Matrice

<i>Composizione</i>	Resina sintetica
---------------------	------------------

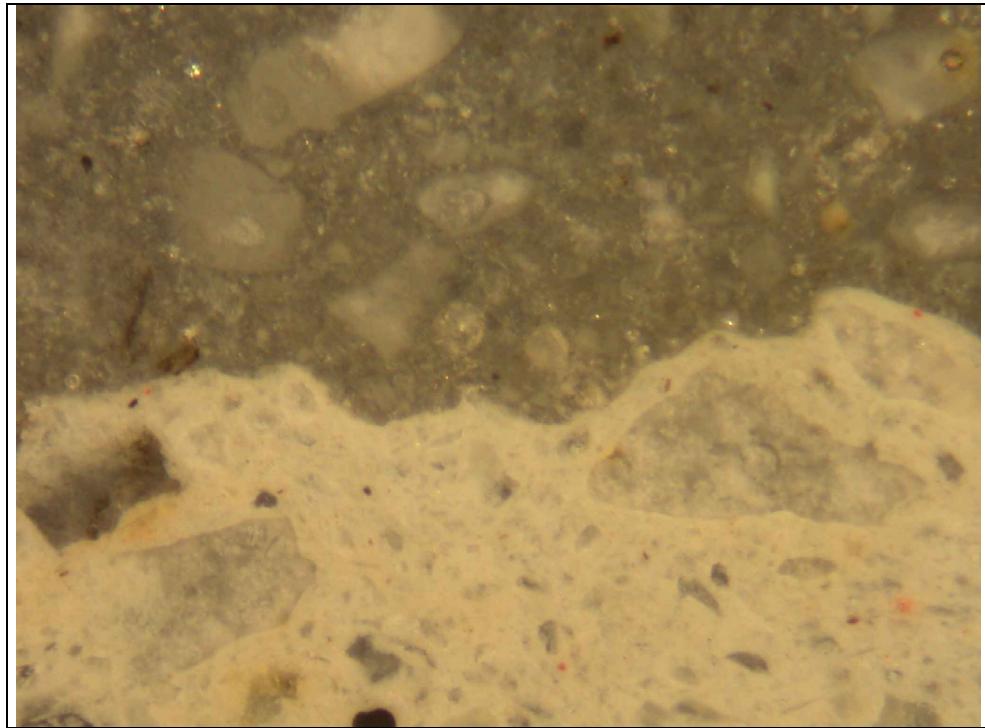
Considerazioni sull'impasto

<i>Tipo di impasto</i>	Impasto di colore giallino a base di resina sintetica, sabbia carbonatica derivante da macinazione da grossolana a finissima di Biancone e piccole percentuali di selenite macinata. Le dimensioni degli aggregati sono comprese tra 1,8 mm e 0.008 mm, con prevalenza delle frazioni siltose. Il rapporto areale fra aggregati e leganti è attorno a valori di 4/1. L'impasto evidenzia una bassa porosità.
<i>Stato di conservazione</i>	L'impasto risulta ben conservato



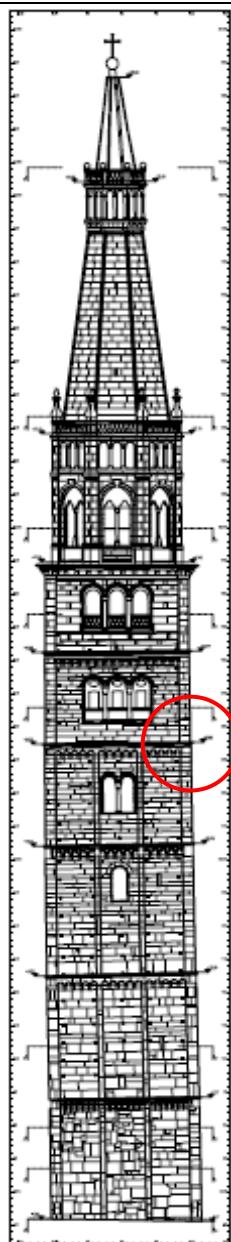
Si tratta di un impasto a base di resina sintetica, biancone e piccole percentuali di selenite. Sezione sottile, luce trasmessa, 40 X, N+





Stesso provino ripreso a più alti ingrandimenti in luce riflessa. L'impasto biancastro a base di resina sintetica e sabbia carbonatica è quello nella zona bassa della foto. Sezione sottile, luce riflessa, 80 X, N//



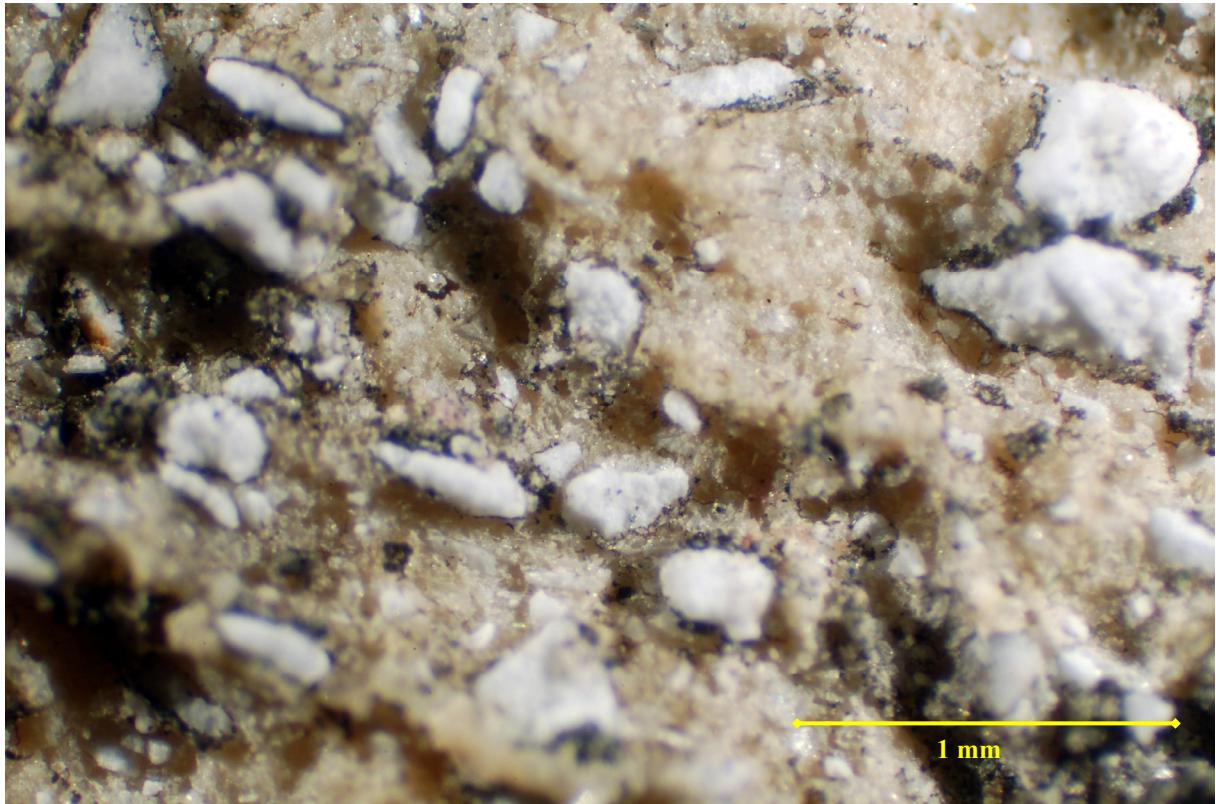
TORRE DELLA GHIRLANDINA PARTE OTTAGONALE – lato est**CAMPIONE 720-06****Descrizione**

Impasto di risarcimento di colore grigio. L'impasto appare caratterizzato dalla presenza di inerti dalla granulometria consistente di colore bianco. Scarsa adesione e ottima tenacità contraddistinguono il campione.



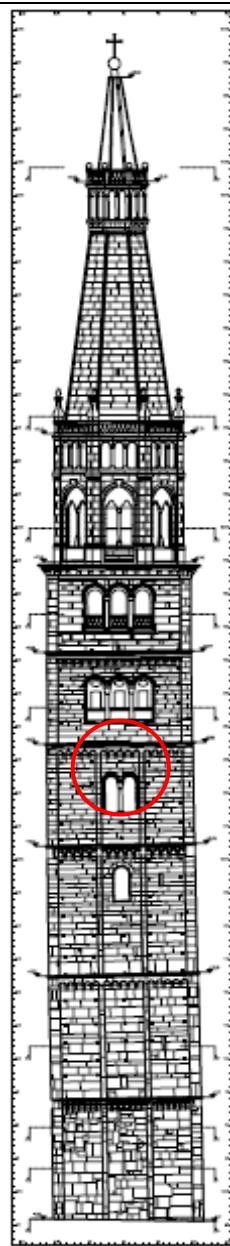
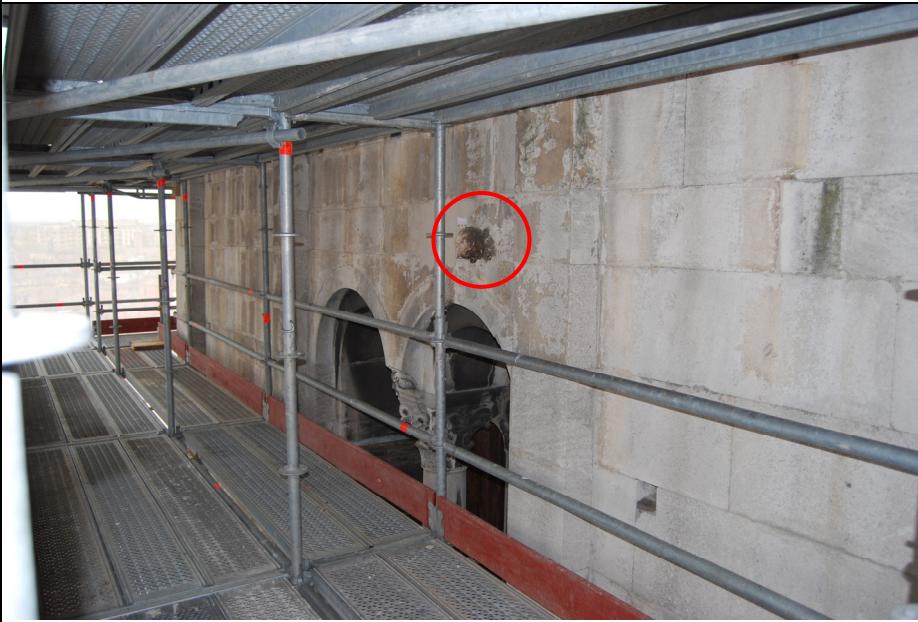
Foto in microscopia ottica

CAMPIONE 720-06



Microscopia ottica a luce riflessa (ingr. 50x)



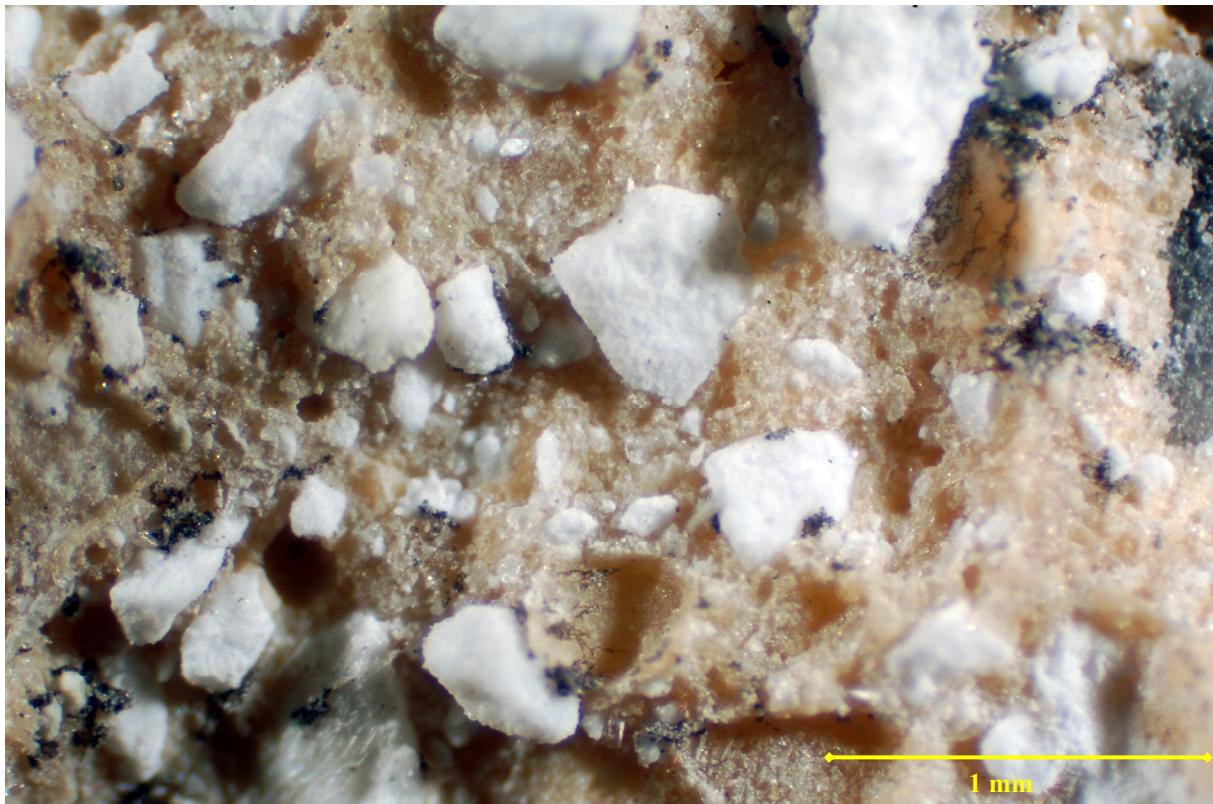
TORRE DELLA GHIRLANDINA PARTE OTTAGONALE – lato est**CAMPIONE 720-07****Descrizione**

Campione di dimensioni considerevoli, già quasi completamente distaccato dal supporto. Si tratta di un tassello di impasto artificiale talmente adeso alla pietra sottostante che nel suo distacco ha rimosso una porzione lapidea. L'area di contatto che rimaneva tra il frammento e il supporto è indicata dalla zona bianca nel contorno verde.



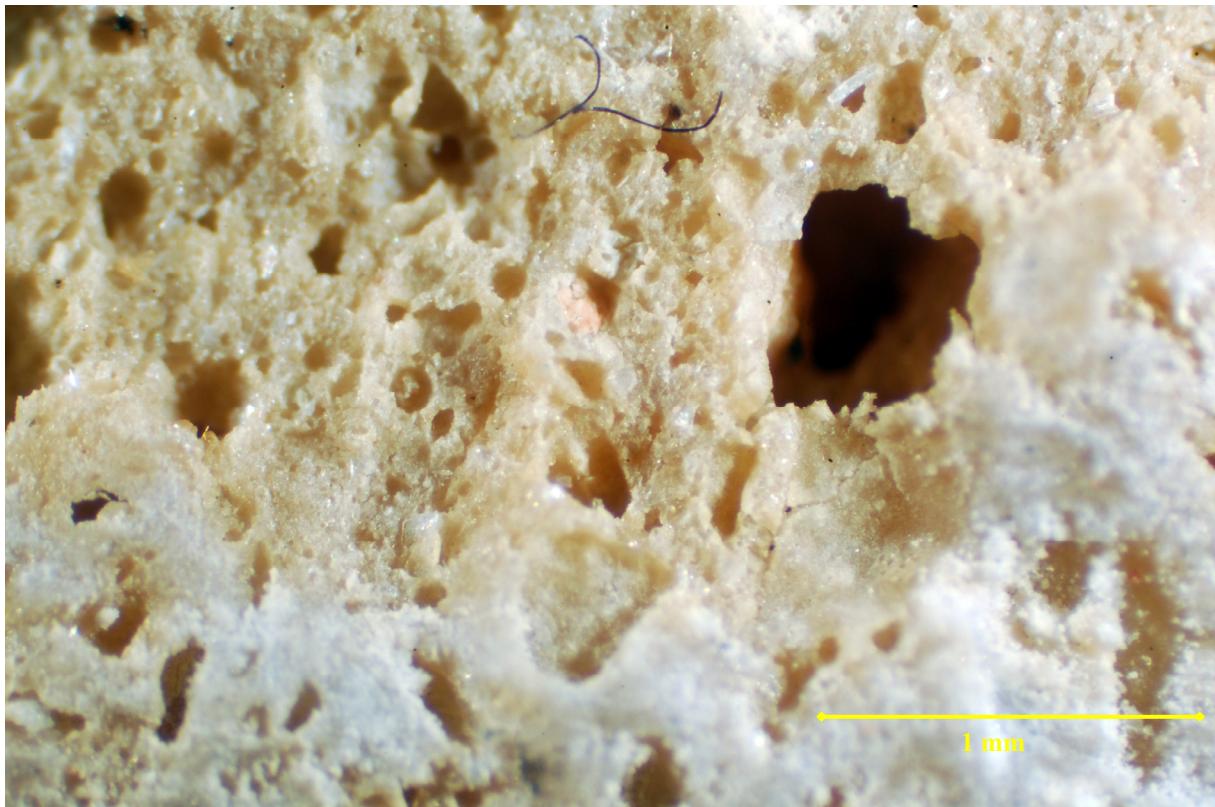
Foto in microscopia ottica

CAMPIONE 720-07



Microscopia ottica a luce riflessa del campione tal quale (ngr. 50x)

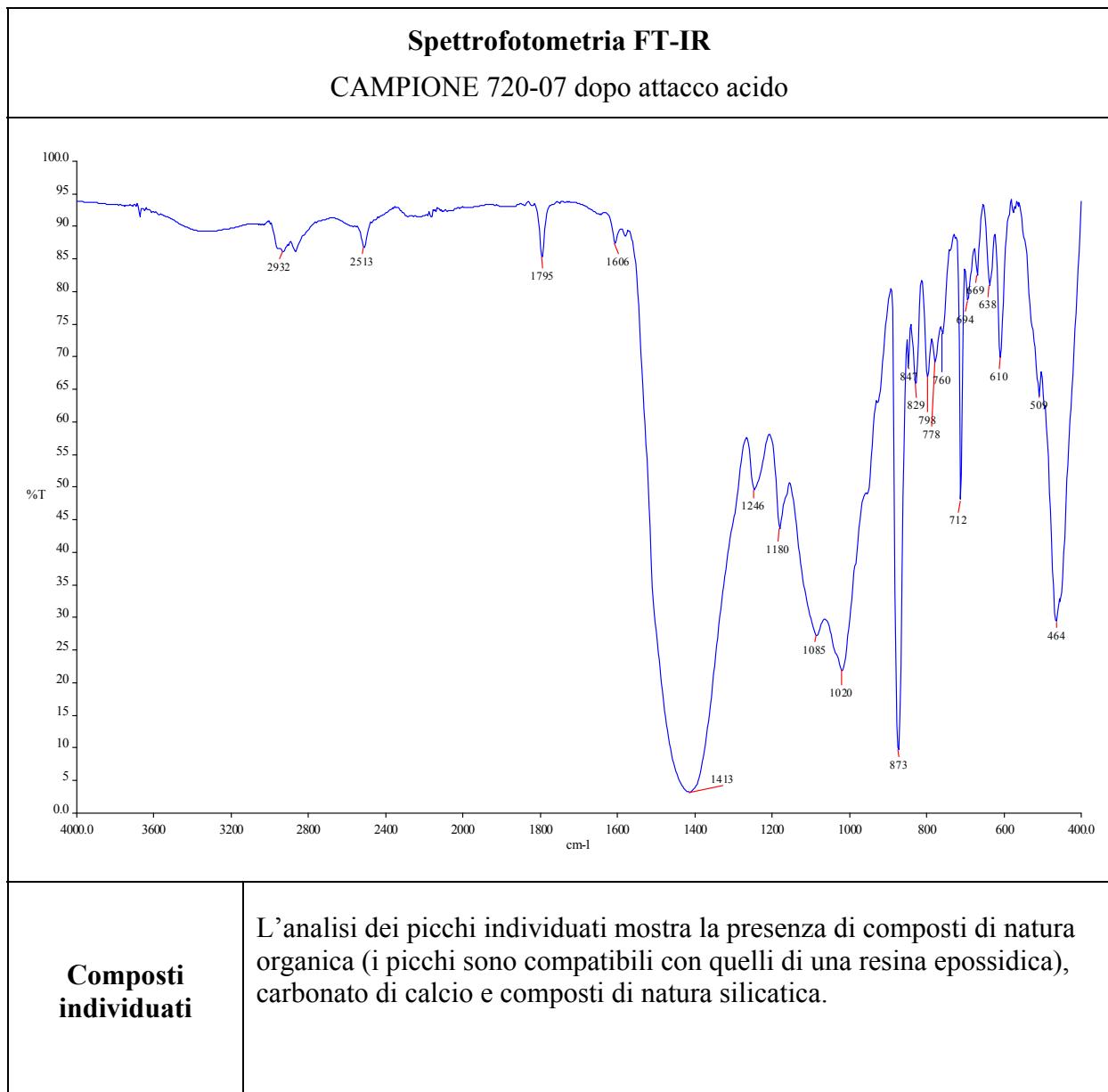




Microscopia ottica a luce riflessa dopo attacco acido (ngr. 50x)

Parziale allontanamento della frazione carbonatica





Campione 720-07**Analisi microscopica petrografica in sezione sottile**Descrizione macroscopica (UNI-NORMAL 12/83)

Aspetto Dimensionale	Arenaceo-siltoso
Colore	Beige
Coesione	Tenace e coesivo

Descrizione microscopica (UNI-NORMAL 12/83)**Aggregato**

Granulometria	Arenaceo molto grossolana (2-1 mm) – siltoso fine (0.016-0,008 mm)
Granulometria prevalente	Frazioni siltose
Classazione	Moderatamente classato
Forma (sfericità/arrotondamento)	Sfericità da media a molto bassa / frammenti spigolosi
Morfologia superficiale	Liscia
Orientamento	Non rilevato
Distribuzione	Eterogenea
Addensamento	Stima rapporto clasti-matrice: elevato (50%)

Distribuzione granulometrica		
Classe granulometrica	mm	%
Conglomeratica fine	8-4	-
Microconglomeratica	4-2	-
Arenacea molto grossolana	2-1	7
Arenacea grossolana	1-0.5	11
Arenacea media	0.5-0.25	17
Arenacea fine	0.25-0.125	12
Arenacea molto fine	0.125-0.062	13
Siltosa	< 0.062	40

Composizione degli aggregati

- 97%: frammenti carbonatici quali calcari micritici fossiliferi (Biancone) e calcite policristallina;
- 3%: ocra gialla finissima

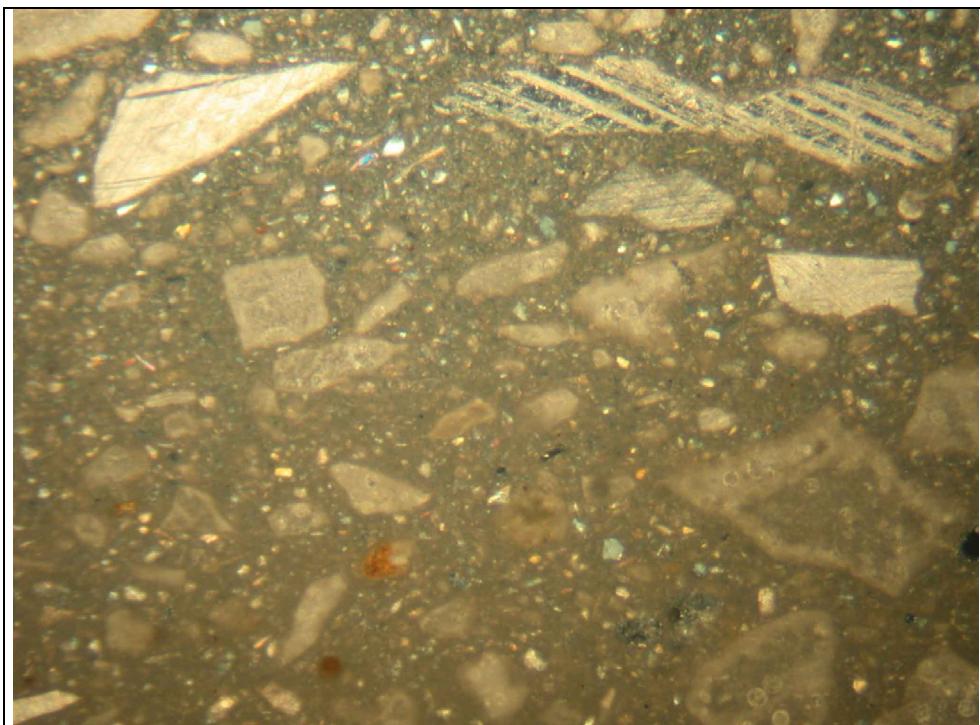
Tipo di aggregato: sabbia di frantoio di colore bianco derivante da macinazione di Biancone, con piccole quantità di ocra gialla finissima.

Matrice

Composizione	Resina sintetica
--------------	------------------

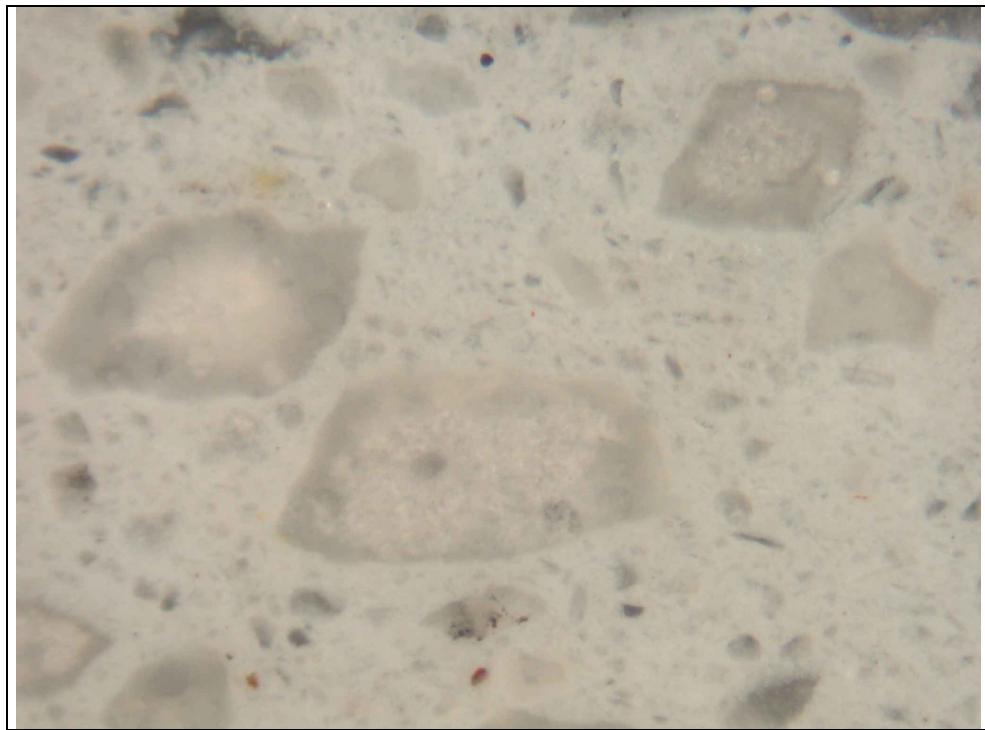
Considerazioni sull'impasto

<i>Tipo di impasto</i>	Impasto di colore giallino a base di resina sintetica, sabbia carbonatica derivante da macinazione da grossolana a finissima di Biancone, leggermente colorato con piccole quantità di ocre gialla. Le dimensioni degli aggregati sono comprese tra 1,9 mm e 0.008 mm, con prevalenza delle frazioni siltose. Il rapporto areale fra aggregati e leganti è attorno a valori di 4/1. L'impasto evidenzia una bassa porosità.
<i>Stato di conservazione</i>	L'impasto si presenta ben conservato



Si tratta di un impasto a base di resina sintetica, sabbia carbonatica derivante da macinazione da grossolana a finissima di Biancone e una fine dispersione di ocre gialla. Sezione sottile, luce trasmessa, 80 X, N+





Stesso provino ripreso in luce riflessa. Si nota la matrice sintetica e i frammenti di rocce carbonatiche. Sezione sottile, luce riflessa, 80 X, N//



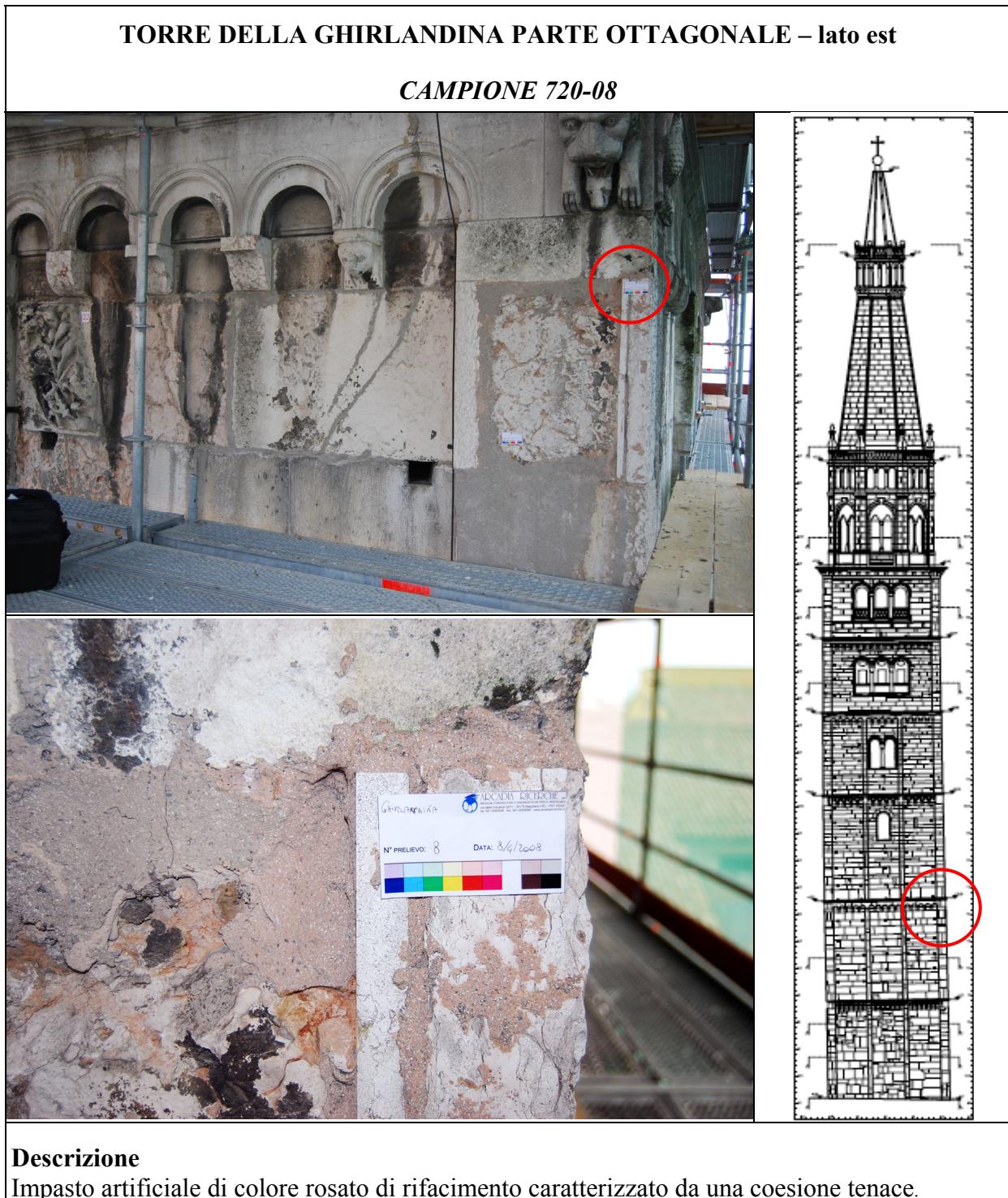


Foto in microscopia ottica

CAMPIONE 720-08

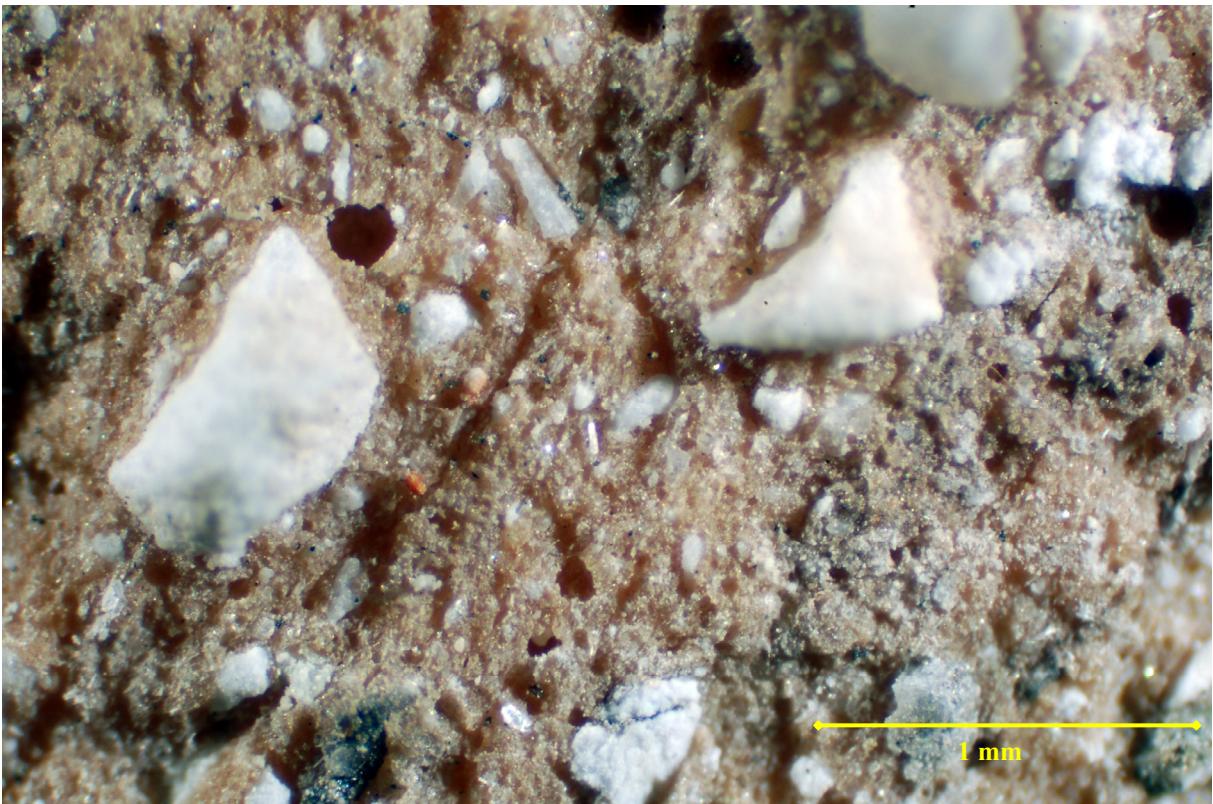
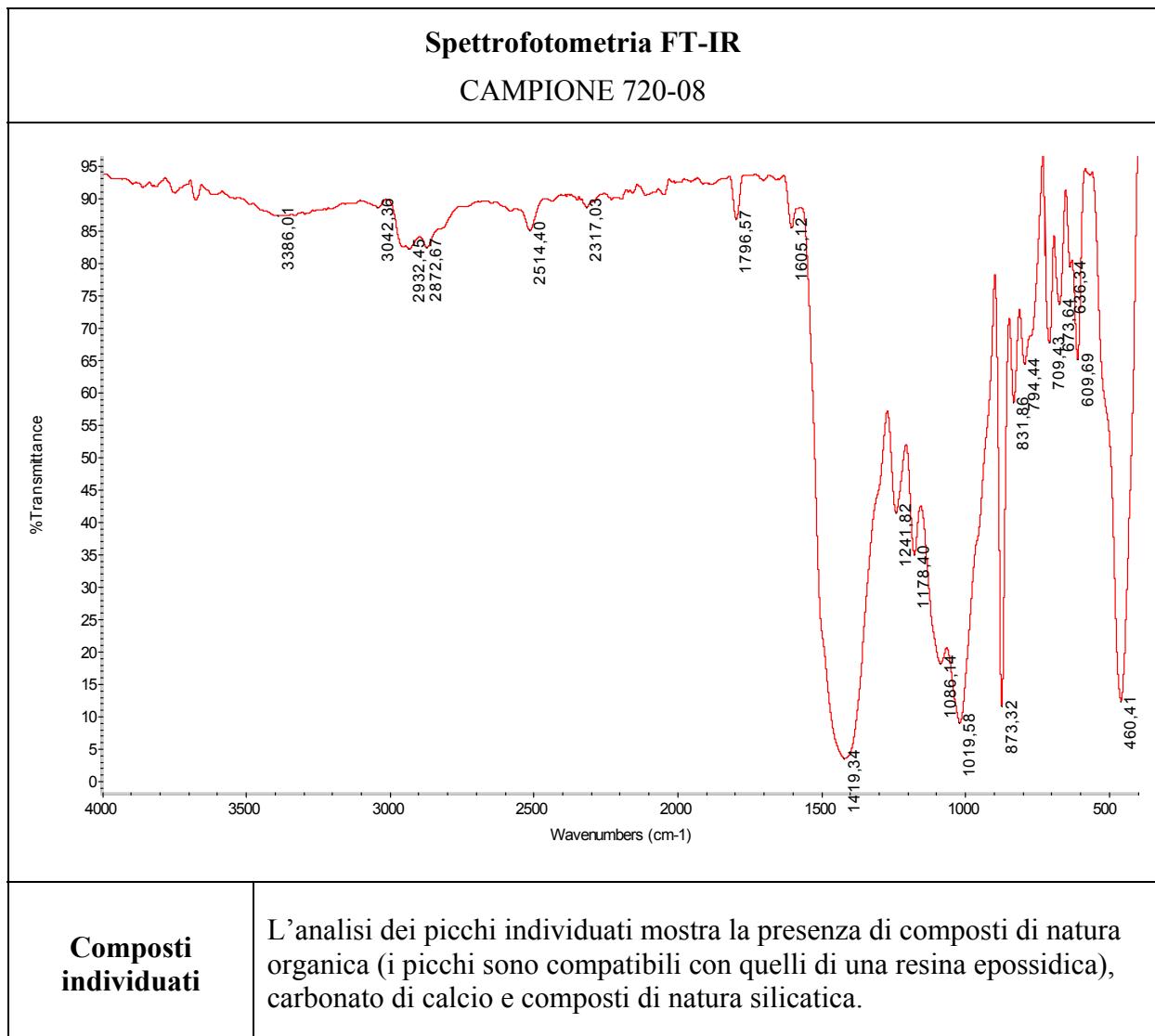


Foto in microscopia ottica (ingr. 50x)





Campione 720-08**Analisi microscopica petrografica in sezione sottile**Descrizione macroscopica (UNI-NORMAL 12/83)

Aspetto Dimensionale	Arenaceo-siltoso
Colore	Rosato
Coesione	Tenace e coesivo

Descrizione microscopica (UNI-NORMAL 12/83)**Aggregato**

Granulometria	Arenaceo molto grossolana (2-1 mm) – siltoso fine (0.016-0,008 mm)
Granulometria prevalente	Frazioni siltose
Classazione	Moderatamente classato
Forma (sfericità/arrotondamento)	Sfericità da media a molto bassa / frammenti spigolosi
Morfologia superficiale	Liscia
Orientamento	Non rilevato
Distribuzione	Eterogenea
Addensamento	Stima rapporto clasti-matrice: elevato (50%)

Distribuzione granulometrica		
Classe granulometrica	mm	%
Conglomeratica fine	8-4	-
Microconglomeratica	4-2	-
Arenacea molto grossolana	2-1	5
Arenacea grossolana	1-0.5	14
Arenacea media	0.5-0.25	13
Arenacea fine	0.25-0.125	15
Arenacea molto fine	0.125-0.062	11
Siltosa	< 0.062	42

Composizione degli aggregati

- 92%: frammenti carbonatici quali calcari micritici fossiliferi (Biancone) e calcite policristallina;
- 8%: ocra rossa finissima

Tipo di aggregato: sabbia di frantoio di colore bianco derivante da macinazione di Biancone, con piccole quantità di ocra rossa finissima.



Matrice

<i>Composizione</i>	Resina sintetica
---------------------	------------------

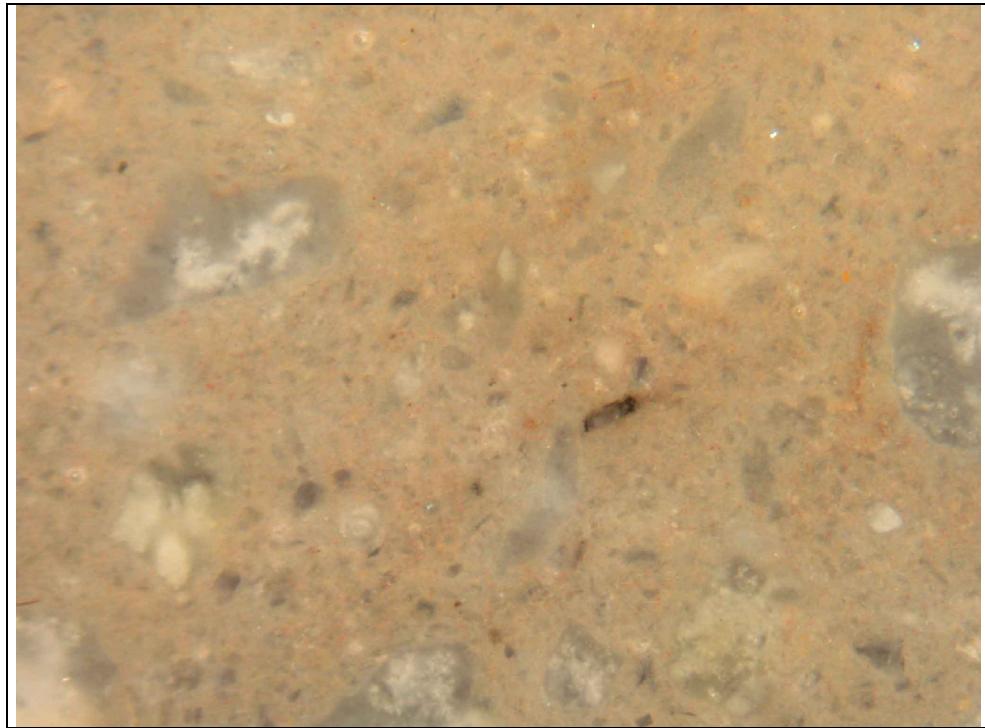
Considerazioni sull'impasto

<i>Tipo di impasto</i>	Impasto di colore giallino a base di resina sintetica, sabbia carbonatica derivante da macinazione da grossolana a finissima di Biancone e circa un 8% di ocre rossa finemente dispersa responsabile della tonalità dell'impasto. Le dimensioni degli aggregati sono comprese tra 1,7 mm e 0.008 mm, con prevalenza delle frazioni siltose. Il rapporto areale fra aggregati e leganti è attorno a valori di 4/1. L'impasto evidenzia una bassa porosità.
<i>Stato di conservazione</i>	L'impasto risulta ben conservato



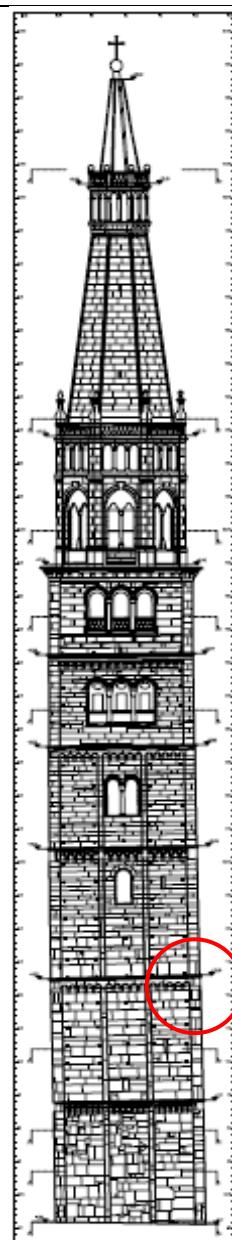
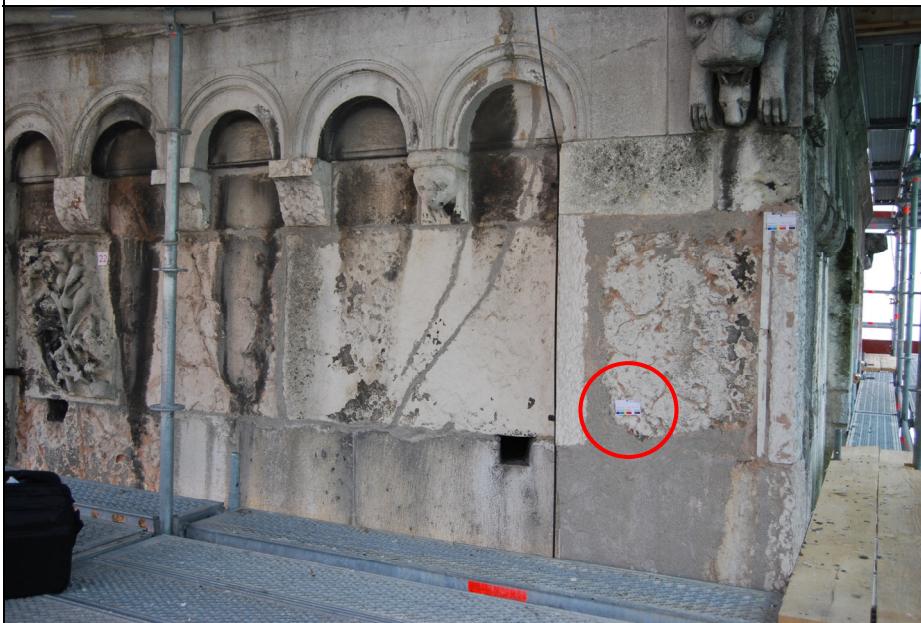
Si tratta di un impasto a base di resina sintetica, frammenti carbonatici e piccole percentuali di ocre rossa finemente dispersa gialla). Sezione sottile, luce trasmessa, 40 X, N+





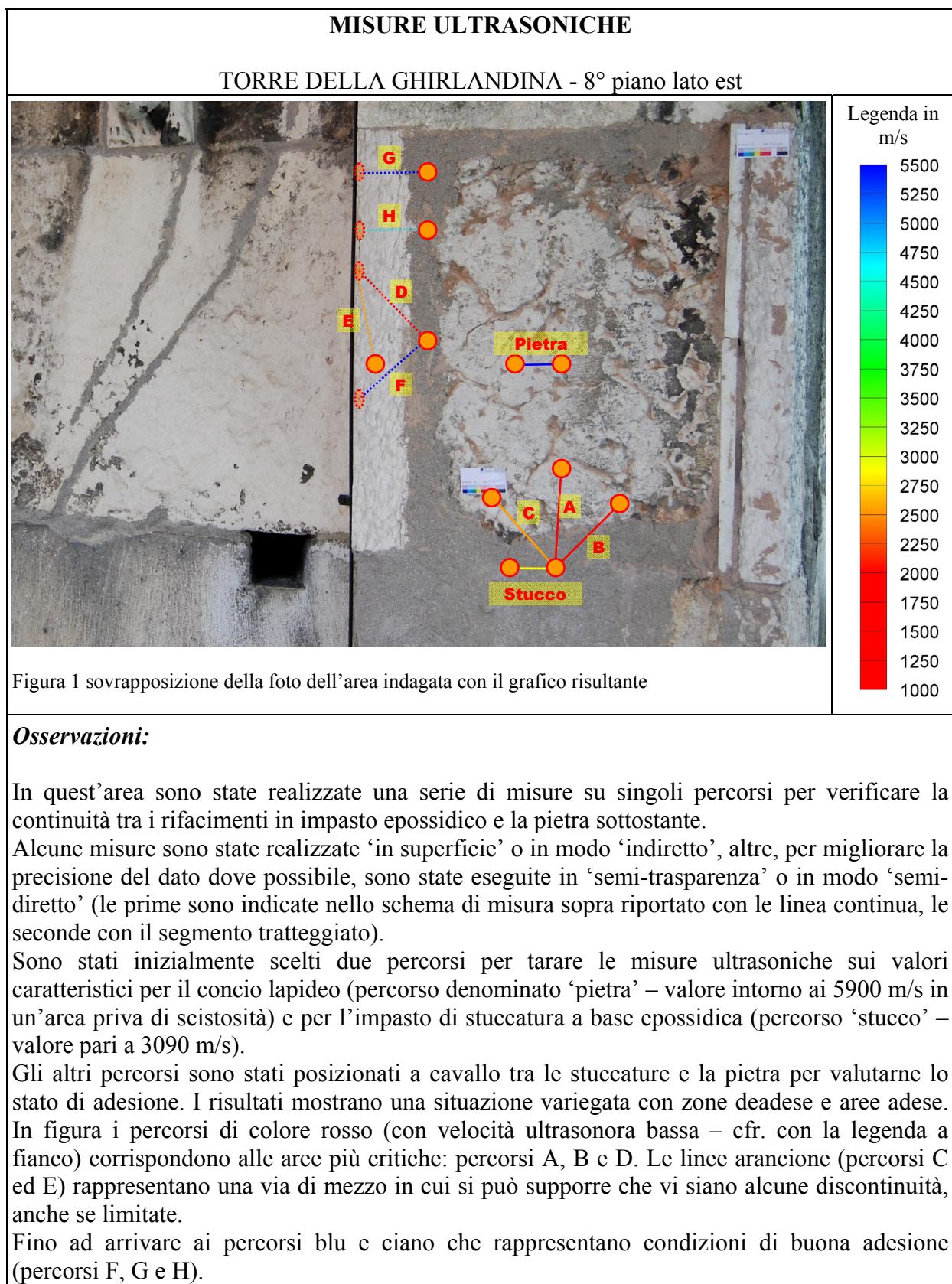
Stesso provino ripreso in luce riflessa dove si osserva molto bene la dispersione dell'ocra rossa responsabile della tonalità dell'impasto. Sezione sottile, luce riflessa, 80 X, N//



TORRE DELLA GHIRLANDINA PARTE OTTAGONALE – lato est**CAMPIONE 720-09****Descrizione**

Impasto artificiale di colore grigio di rifacimento caratterizzato da una coesione tenace.





Dati riferiti ai singoli percorsi:

percorso	distanza (cm)	tempo (μs)	Velocità (m/s)	metodologia	note
A	30,0	205,8	1458	indiretta	
B	30,0	181,6	1652	indiretta	
C	30,0	120,4	2492	indiretta	
D	20,0	87,5	2286	semi-diretta	
E	17,0	62,4	2724	semi-diretta	
F	17,0	32,4	5247	semi-diretta	
G	19,0	32,8	5793	indiretta	
H	19,0	39,9	4762	indiretta	
stucco	10,0	32,4	3086	indiretta	solo impasto epossidico
pietra	10,0	16,8	5952	indiretta	solo lapideo in zona compatta

