



Comune di Spoleto



Direzione Progettazione, Ambiente e Territorio

Progetto:

*Rilievo Critico dell'area dell'Anfiteatro
Romano e dell'intero complesso
monumentale*

All. 5C

Data: Maggio 2005

Scala:

Oggetto:

*DELLA STELLA.
Rilievo Critico – Monastero del Palazzo
Analisi qualitativa dei materiali – malte
e laterizi*

Il Gruppo tecnico Incaricato

IL Coordinatore arch. Bruno Gori (Pro.Rest. s.r.l.)

Responsabile del Procedimento
(Ing. Coccetta Massimo)

Direzione Progettazione Ambiente e Territorio
(Ing. Coccetta Massimo)

www.comune.spoleto.pg.it

COMUNE DI SPOLETO

DIREZIONE PROGETTUALE, AMBIENTALE E TERRITORIALE

R.U.P.: Ing. Massimo Coccetta

REDAZIONE:

Raggruppamento temporaneo d'Impresa

**PRO. REST. s.r.l.
Studio ABACO coop. p.s.c.a.s.r.l.
Arch. Patrizia Campili
Arch. Giuliano Macchia
Dott. Milvio Sabatini**

GRUPPO DI LAVORO:

COORDINATORE:

Arch. Bruno Gori

**Arch. Patrizia Campili
Arch. Giovanni Curti
Arch. Sauro Di Sante Coaccioli
Arch. Giuliano Macchia
Arch. Elisa Mangialardo
Arch. Moreno Orazi
Dott. Giuseppe Guerrini
Dott. Milvio Sabatini**

COLLABORATORI:

Brunella Bronchi, Ubaldo Ceccarelli, Riccardo Gori, Stefania Gubbiotti, Laura Spaccini, Mario Tosti, Francesco Zinni

RILIEVI TOPOGRAFICI

Studio Geocentro

ELENCO PRELIEVI ANFITEATRO
MONASTERO DELLA STELLA:

NOME	ID. ISIRM	DESCRIZIONE		Analisi effettuate	
				FT-IR	XRD
MdS-1	840-1 data prelievo 15/09/2004	Prelievo dal colonnato del 1500 (piano inferiore 3° colonna dal cancello)	Malta, 1500 foto "colonna1500generale" foto "p.prelievoMdS1"	si	si
MdS-2	840-2 data prelievo 15/09/2004	Prelievo dal colonnato del 1500 (piano inferiore 3° colonna dal cancello)	Laterizio 1500 foto "colonna1500generale" foto "p.prelievoMdS1"	si	
MdS-3	840-3 data prelievo 15/09/2004	Prelievo dal colonnato del 1300 (piano inferiore 6° colonna dal cancello)	Malta 1300 foto "colonna1300generale" foto "p.prelievoMdS2"		
MdS-4	840-4 data prelievo 15/09/2004	Prelievo dal colonnato del 1300 (piano inferiore, 5° colonna dal cancello)	Laterizio 1300 foto "colonna1300generale" foto "p.prelievoMdS2"		
MdS-5	840-5 data prelievo 15/09/2004	Prelievo dal colonnato del 1500 (piano superiore, 2° colonna dal cancello)	Malta 1500 Foto "colonna1500p.sup."		
MdS-6	840-6 data prelievo 15/09/2004	Prelievo dal colonnato del 1500 (piano superiore, 2° colonna dal cancello)	Laterizio 1500 Foto "colonna1500p.sup."		
MdS-7	840-8 data prelievo 4/11/2004	Prelievo dalla 6° colonna dal cancello della loggia superiore, 3° laterizio dal parapetto.			

(*) i prelievi al secondo piano sul colonnato del 1300 non sono stati effettuati perché la malta visibilmente non originale.

OGGETTO	Malta di allettamento
NOME CAMPIONE	MdS1 (id. ISRIM: 840_1)
TIPO DI ANALISI	Diffrazione a raggi X, analisi FT-IR

DATA DEL PRELIEVO 15/09/2004

DATA ANALISI 22/09/2004

MOTIVAZIONE: Analisi qualitativa e quantitativa della composizione della malta;

DISCUSSIONE DEI RISULTATI: Si tratta di una malta costituita da un legante carbonatico e da un marie costituito da quarzo in prevalenza, muscovite e un K-feldspato (ortoclasio) in quantità molto basse. La presenza, anche se in basse percentuali, di Anigite (pirosseno) potrebbe far pensare a una malta anche se gli altri minerali, quali analcime e leucite, di solito presenti in questo tipo di malte, sono assenti.

LOCALIZZAZIONE:



QUOTA: cm.80,00

PROFONDITA' mm.3/5,00

DESCRIZIONE: Esterno- porticato del Monastero della Stella- terza colonna a destra (lato nord)
-colonna in laterizio e malta.

DATAZIONE: c. sec.XV

ANALISI: Composizione mineralogica percentuale

Tabella 1. Tabella riassuntiva dei risultati dell'analisi in diffrazione a raggi X. L'abbondanza relativa riportata è da considerarsi puramente indicativa delle quantità di ciascuna fase calcolate come percentuale rispetto al picco più intenso.

Calcite	Quarzo	Augite	Gesso	Muscovite	Ortoclasio
++++	+++	+	±	±	+

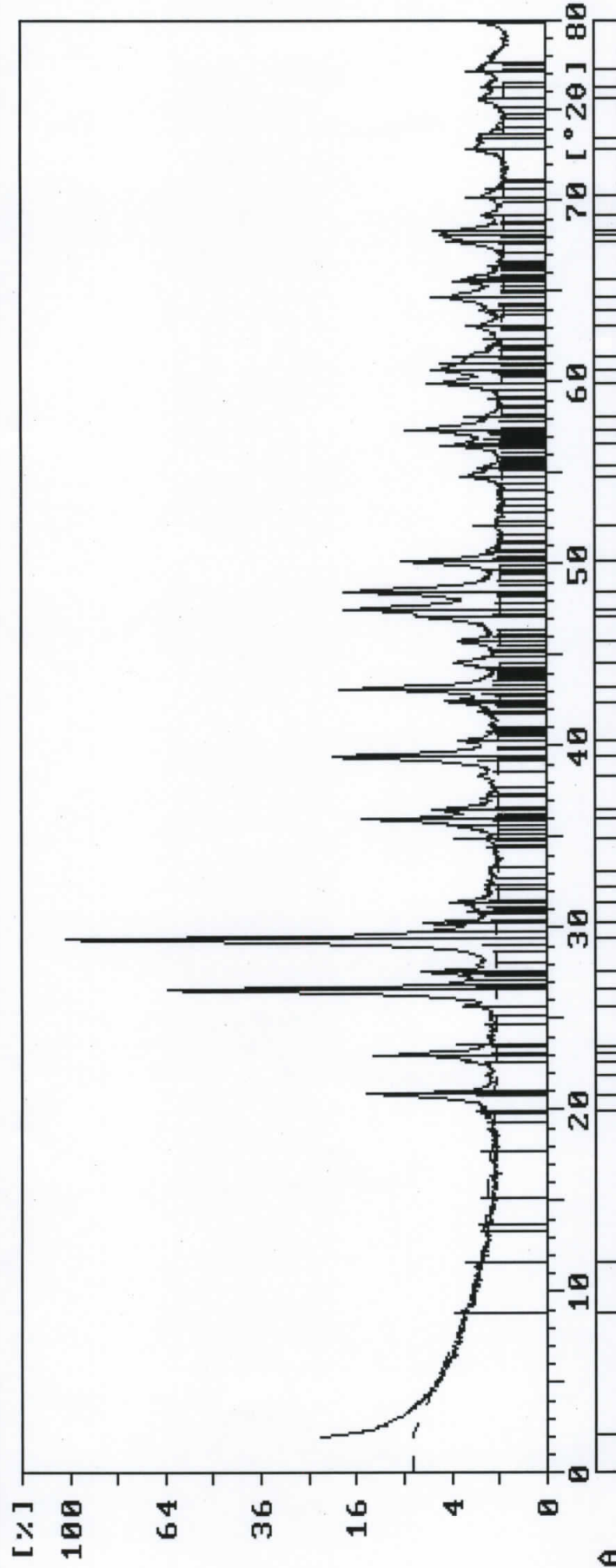
++++ molto abbondante; +++ abbondante ++ poco abbondante; + scarso; ± tracce

DISCUSSIONE DEI RISULTATI: Si tratta di una malta costituita da un *legante carbonatico* e da un inerte costituito da *quarzo* in prevalenza, *muscovite* e un *K-feldspato (ortoclasio)* in quantità molto basse. La presenza, anche se in bassa percentuale, di *Augite* (pirosseno) potrebbe far pensare ad una malta pozzolanica anche se gli altri minerali, quali analcime e leucite, di solito presenti in questo caso sono assenti.

DOCUMENTAZIONE: diagramma diffrattometrico della malta.

Sample ident.: malta MdS1

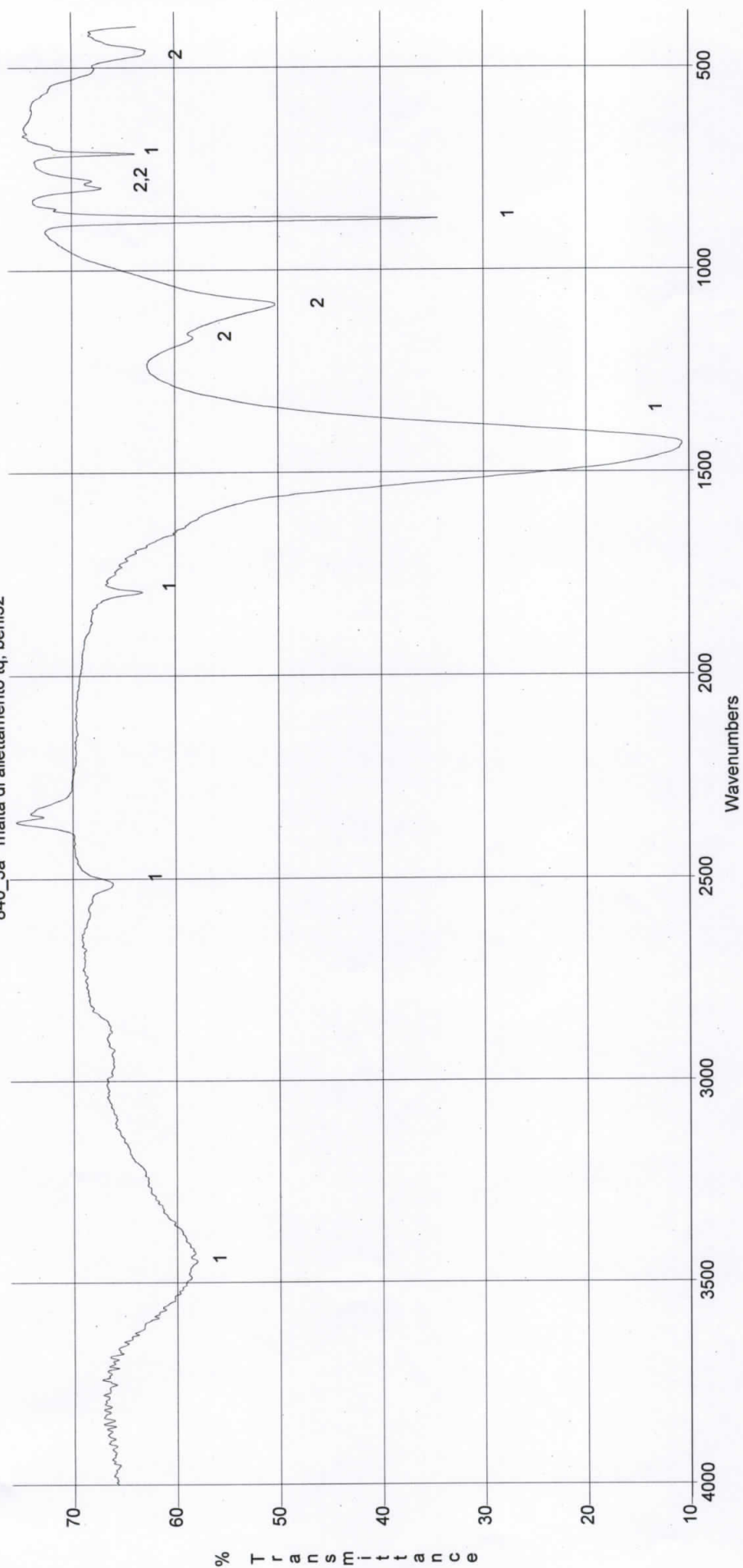
3-Nov-2004 9:39



840_1A

05-0586	Calcite, syn	CaCO3
33-1161	Quartz, syn	SiO2
24-0203	Augite	Ca(Mg,Fe)Si2O6
33-0311	Gypsum, syn	CaSO4·2H2O
07-0042	Muscovite-3T	(K,Na)(Al,Mg,Fe)2(Si3,
31-0966	Orthoclase	KAlSi3O8

840_3a malta di allettamento tq, beni32



OGGETTO	laterizio
NOME CAMPIONE	MdS2 (id. ISRIM: 840_2)
TIPO DI ANALISI	Diffrattometria a raggi X, analisi FT-IR

DATA DEL PRELIEVO 15/09/2004

DATA ANALISI 11/10/2004

MOTIVAZIONE: Analisi qualitativa e quantitativa della composizione del laterizio;

LOCALIZZAZIONE:



QUOTA: cm.80,00

PROFONDITA' mm.3/5,00

DESCRIZIONE: Esterno- porticato del Monastero della Stella- terza colonna a destra (lato nord)
-colonna in laterizio e malta.

DATAZIONE: c. sec.XIV

ANALISI: Composizione mineralogica percentuale

Tabella 1. Tabella riassuntiva dei risultati dell'analisi in diffrazione a raggi X. L'abbondanza relativa riportata è da considerarsi puramente indicativa delle quantità di ciascuna fase calcolate come percentuale rispetto al picco più intenso.

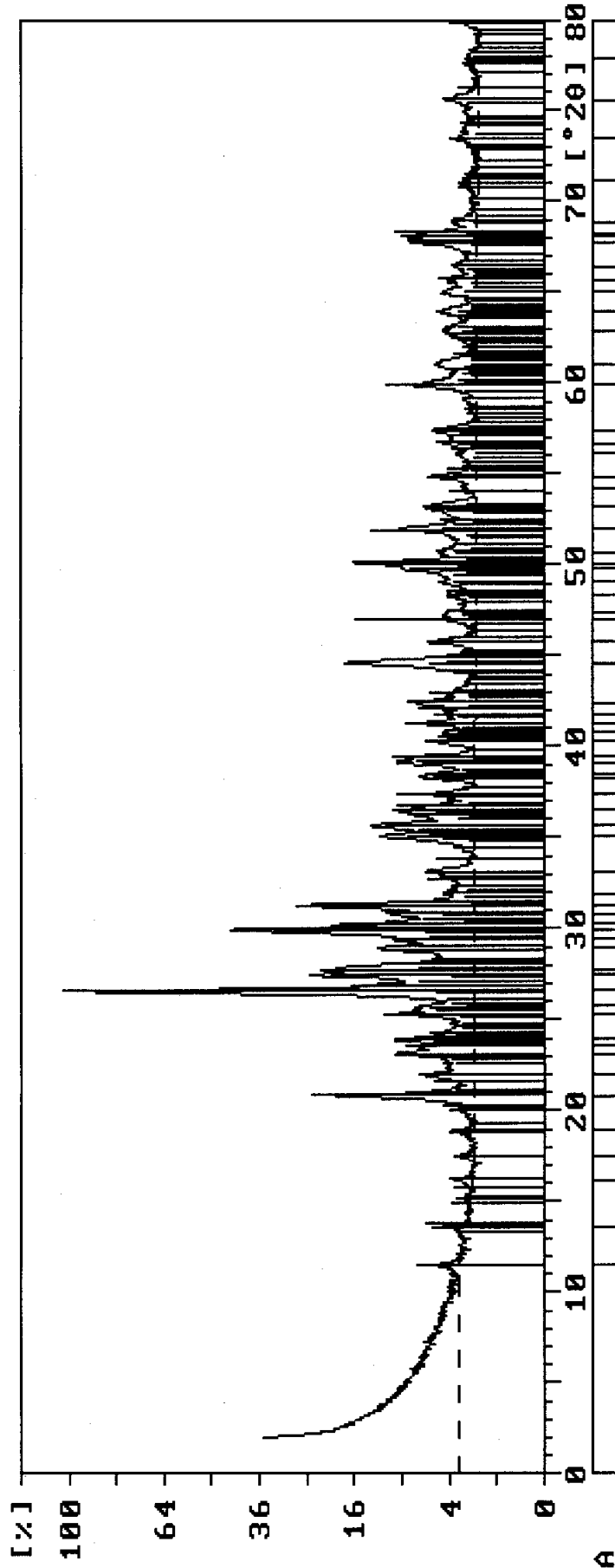
Quarzo	++++
Wollastonite	+++
Ghelenite	++
Ematite	+
Anortoclasio	++
Calcite	+
Diopside	++
Othoclasio	+
Albite	+

++++ molto abbondante; +++ abbondante ++ poco abbondante; + scarso; ± tracce

E' stata effettuata anche un'analisi con spettroscopia infrarossa in trasformata di Fourier. I risultati sono conformi all'analisi diffrattometrica.

DISCUSSIONE DEI RISULTATI: laterizio costituito da argilla ricca in ferro (*ematite*). La presenza di minerali di neoformazione, *ghelenite* e *diopside*, indicano una temperatura di cottura intorno ai 850-900 °C. La *calcite* in questo caso è un prodotto secondario dovuto a reazioni di ricarbonatazioni successive in quanto si degrada a ossido di calcio e anidride carbonica. A sua volta l'ossido di calcio prodottosi reagisce molto velocemente con i minerali argillosi e il quarzo a dare minerali di neoformazione. Inoltre, la presenza di *anortoclasio* non è usuale nelle argille, per cui si può ipotizzare che questo minerale o sia caratteristico di argille di una determinata zona e quindi possa essere usato per risolvere problemi di provenienza dell'argilla oppure veniva usato come additivo delle argille per rendere l'impasto più consistente.

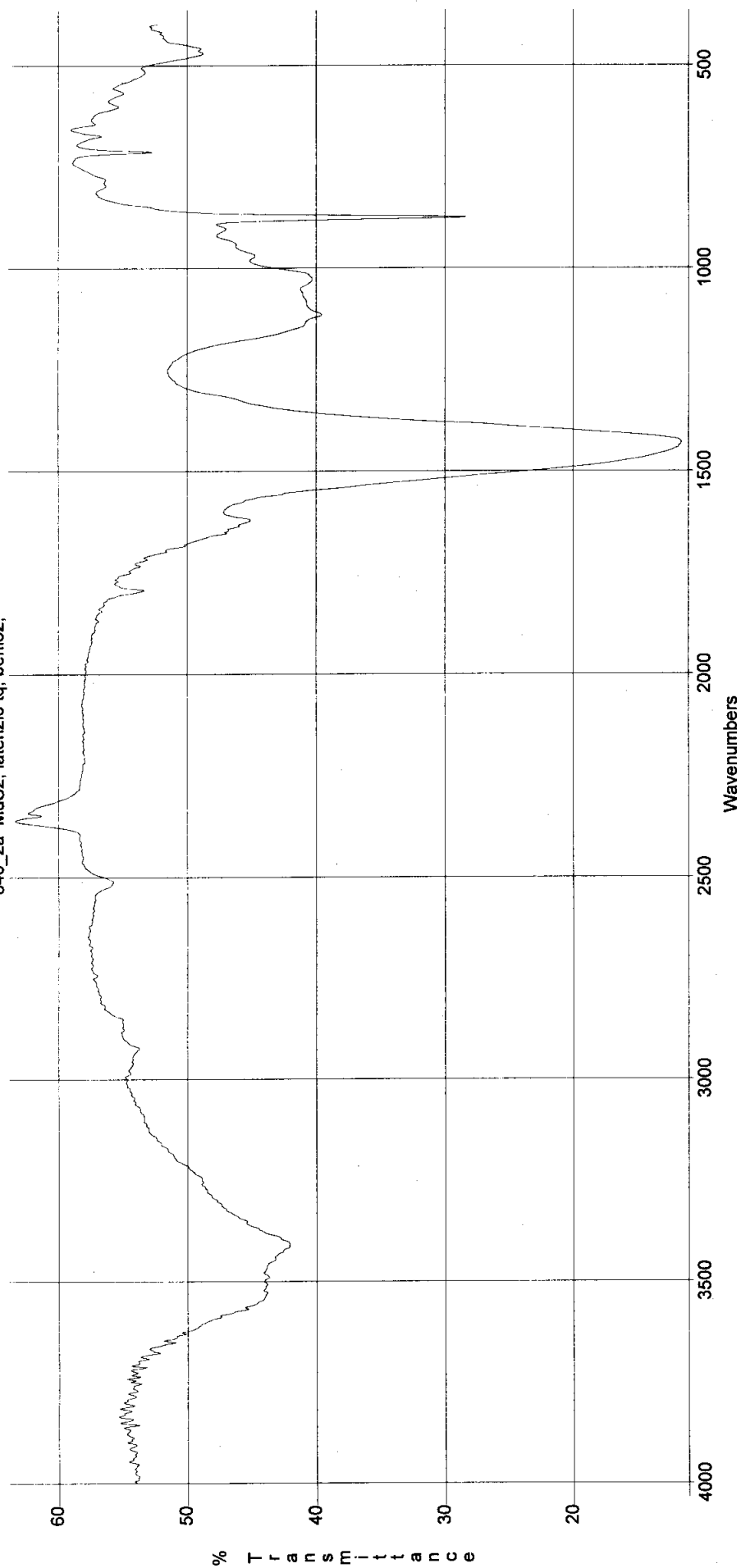
DOCUMENTAZIONE: diagramma diffrattometrico della malta, spettro FT-IR.



840_2A

33-1161	Quartz, syn	SiO ₂
27-0088	Wollastonite-2M	CaSiO ₃
25-0123	Gehlenite	Ca ₂ Al(Al, Si) ₂ O ₇
33-0664	Hematite, syn	Fe ₂ O ₃
09-0478	Anorthoclase, disordered	(Na,K)(Si ₃ Al) ₃ O ₈
05-0586	Calcite, syn	CaCO ₃
41-1370	Diopside	Ca(Mg, Al)(Si, Al) ₂ O ₆
31-0966	Orthoclase	KAlSi ₃ O ₈
09-0457	Albite, calcian. ordered	(Na,Ca)(Si, Al) ₃ O ₈

840_2a MdS2, laterizio tq, beni32,



OGGETTO	malta di allettamento
NOME CAMPIONE	MdS3 (id. ISRIM: 840_3)
TIPO DI ANALISI	Diffrattometria a raggi X, analisi FT-IR

DATA DEL PRELIEVO 15/09/2004

DATA ANALISI 12/10/2004

MOTIVAZIONE: Analisi qualitativa e quantitativa della composizione del laterizio;

LOCALIZZAZIONE:



QUOTA: cm.150,00

PROFONDITA' mm.3/5,00

DESCRIZIONE: : Esterno- porticato del Monastero della Stella- sesta colonna a destra (indicare se nord- sud ecc)-colonna in laterizio e malta.

DATAZIONE : sec:XIV

ANALISI: Composizione mineralogica percentuale

Tabella 1. Tabella riassuntiva dei risultati dell'analisi in diffrazione a raggi X. L'abbondanza relativa riportata è da considerarsi puramente indicativa delle quantità di ciascuna fase calcolate come percentuale rispetto al picco più intenso.

Calcite	Quarzo
++++	+++

++++ molto abbondante; +++ abbondante ++ poco abbondante; + scarso; ± tracce

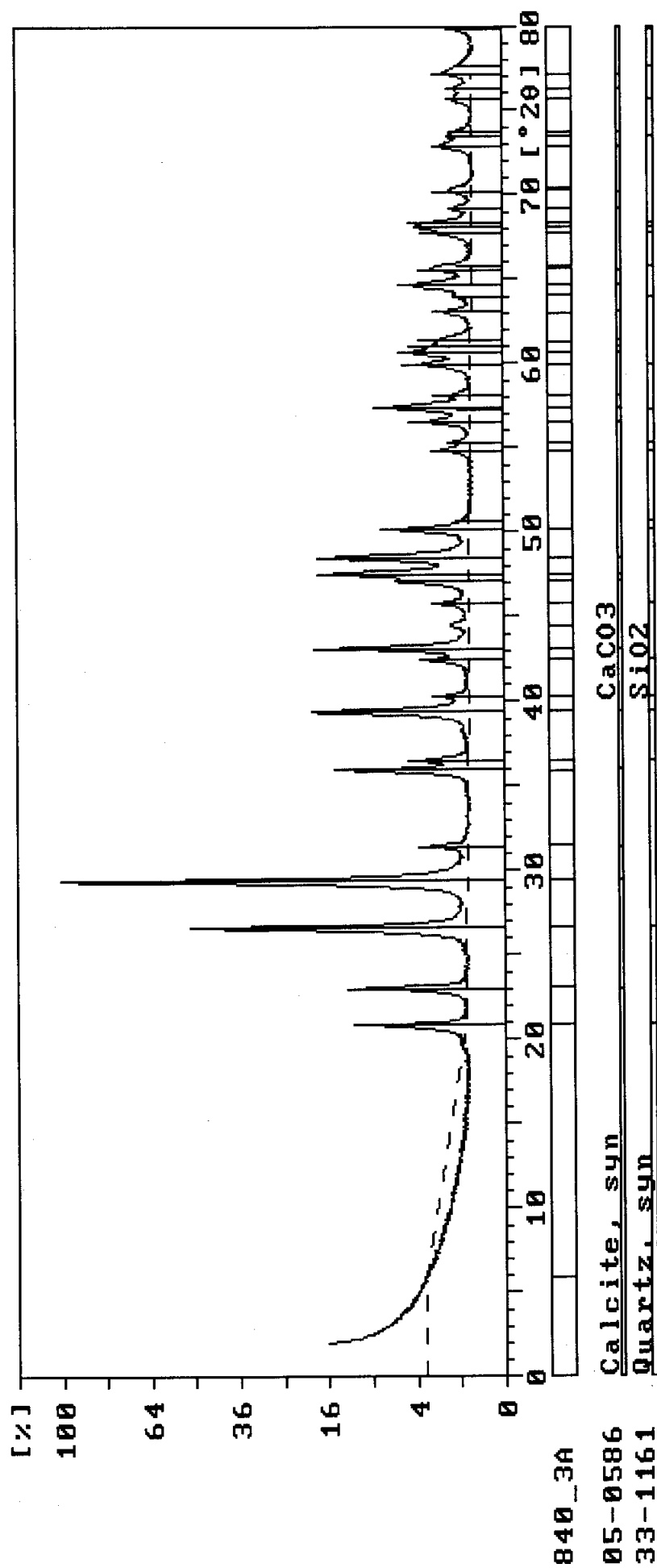
E' stata effettuata anche un'analisi con spettroscopia infrarossa in trasformata di Fourier. I risultati sono conformi all'analisi diffrattometrica.

DISCUSSIONE DEI RISULTATI: malta con legante carbonatico e come inerte *quarzo*.

DOCUMENTAZIONE: diagramma diffrattometrico della malta, spettro FT-IR.

Sample ident.: 840-3A

3-Nov-2004 15:03



OGGETTO	laterizio (colonna del 1300)
NOME CAMPIONE	MdS4 (id. ISRIM: 840_4)
TIPO DI ANALISI	Diffrazione a raggi X, analisi FT-IR

DATA DEL PRELIEVO 15/09/2004

DATA ANALISI 3/11/2004

MOTIVAZIONE: Analisi qualitativa e quantitativa della composizione del laterizio;

LOCALIZZAZIONE:



QUOTA: cm.150,00

PROFONDITA' mm.3,00

DESCRIZIONE: : Esterno- porticato del Monastero della Stella- quinta colonna dal cancello (lato sud) piano inferiore-colonna in laterizio e malta.

DATAZIONE : sec:XIV

ANALISI: Composizione mineralogica percentuale

Tabella 1. Tabella riassuntiva dei risultati dell'analisi in diffrazione a raggi X. L'abbondanza relativa riportata è da considerarsi puramente indicativa delle quantità di ciascuna fase calcolate come percentuale rispetto al picco più intenso.

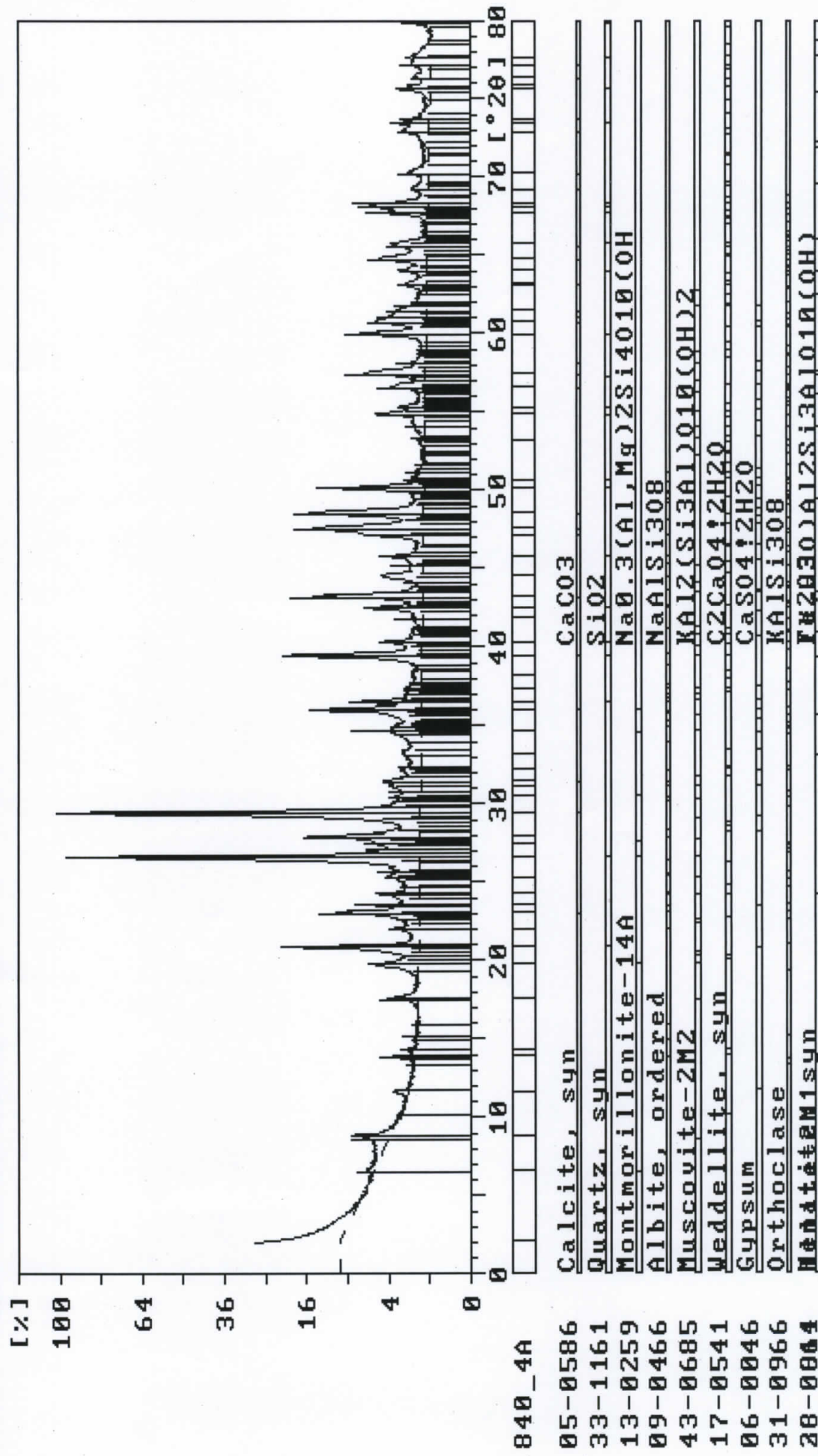
Calcite	++++
Quarzo	++++
Montmorillonite	+
Albite	++
Muscovite	+
Weddellite	±
Illite	+
Gesso	±
Ortoclasio	+
Ematite	±

++++ molto abbondante; +++ abbondante ++ poco abbondante; + scarso; ± tracce

E' stata effettuata anche un'analisi con spettroscopia infrarossa in trasformata di Fourier. I risultati sono conformi all'analisi diffrattometrica.

DISCUSSIONE DEI RISULTATI: laterizio costituito da un'argilla in cui il Fe è presente in tracce. La presenza di *mont-morillonite* ci dà indicazione sulla temperatura di cottura, infatti questo minerale a temperature superiori ai 600 °C si degrada in minerali più semplici di neoformazione. Inoltre, l'assenza di minerali quali *ghelenite* e *diopside* conferma questa ipotesi. Il campione presenta i caratteristici prodotti di degrado quali il *gesso* e la *weddellite*.

DOCUMENTAZIONE: diagramma diffrattometrico della malta, spettro FT-IR.



OGGETTO	malta di allettamento
NOME CAMPIONE	MdS5 (id. ISRIM: 840_5)
TIPO DI ANALISI	Diffrazione a raggi X, analisi FT-IR

DATA DEL PRELIEVO 15/09/2004

DATA ANALISI 3/11/2004

MOTIVAZIONE: Analisi qualitativa e quantitativa della composizione del laterizio;

LOCALIZZAZIONE:



QUOTA: cm.450,00 c.

PROFONDITA' mm.3/5,00

DESCRIZIONE: : Esterno- porticato del Monastero della Stella- seconda colonna dal cancello (lato nord) piano superiore-colonna in laterizio e malta.

DATAZIONE: c. sec.XV

ANALISI: Composizione mineralogica percentuale

Tabella 1. Tabella riassuntiva dei risultati dell'analisi in diffrazione a raggi X. L'abbondanza relativa riportata è da considerarsi puramente indicativa delle quantità di ciascuna fase calcolate come percentuale rispetto al picco più intenso.

Gesso	++++
Calcite	++++
Anidrite	+++
Quarzo	+

++++ molto abbondante; +++ abbondante ++ poco abbondante; + scarso; ± tracce

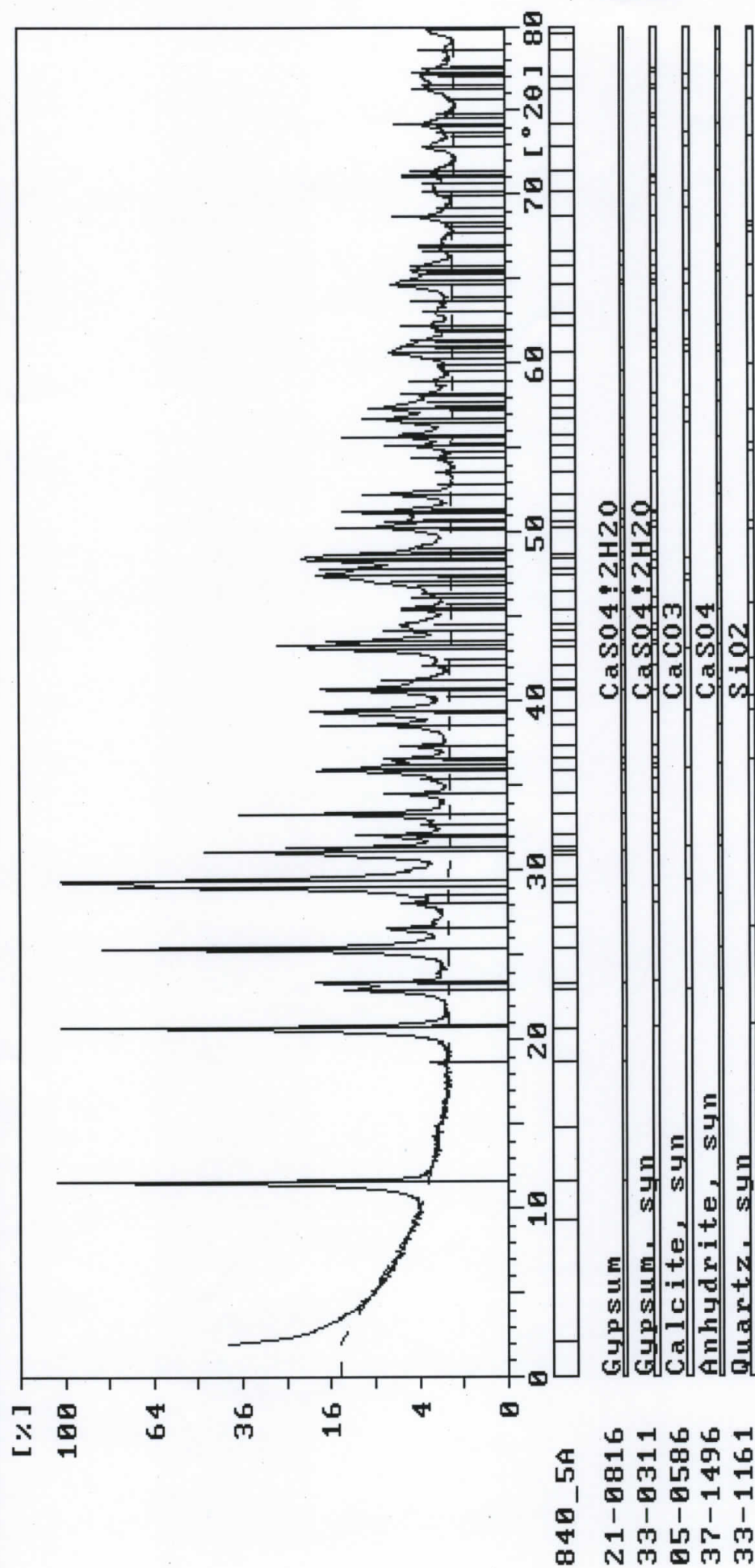
E' stata effettuata anche un'analisi con spettroscopia infrarossa in trasformata di Fourier. I risultati sono conformi all'analisi diffrattometrica.

DISCUSSIONE DEI RISULTATI: Malta a legante carbonatico e quarzo come inerte, molto degradata. Infatti vi sono consistenti percentuali di *Gesso* anche nella sua forma non idrata (*anidrite*)

DOCUMENTAZIONE: diagramma diffrattometrico della malta, spettro FT-IR.

Sample ident.: MDS5 MALTA 1500

3-Nov-2004 10:42



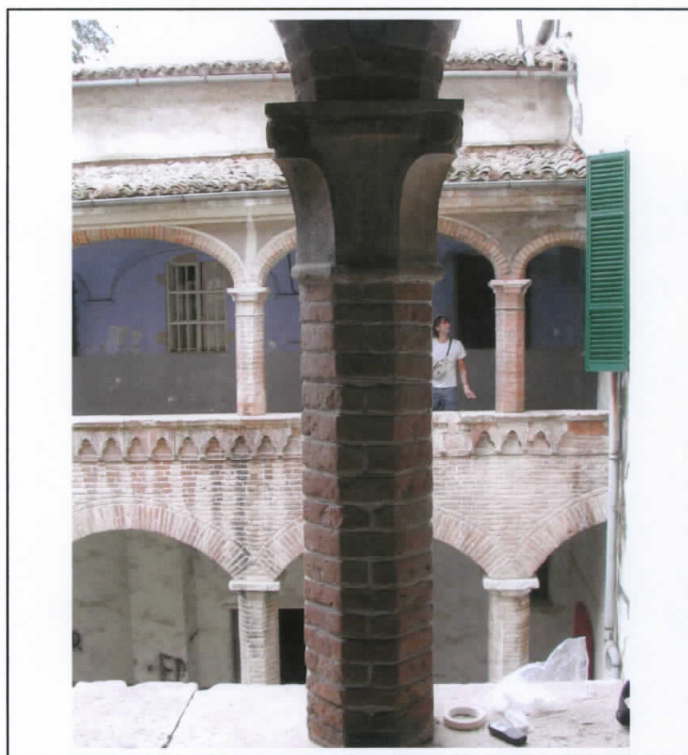
OGGETTO	laterizio
NOME CAMPIONE	MdS6 (id. ISRIM: 840_6)
TIPO DI ANALISI	Diffrazione a raggi X, analisi FT-IR

DATA DEL PRELIEVO 15/09/2004

DATA ANALISI 3/11/2004

MOTIVAZIONE: Analisi qualitativa e quantitativa della composizione del laterizio;

LOCALIZZAZIONE:



QUOTA: cm.450,00 c.

PROFONDITA' mm.3/5,00

DESCRIZIONE: Esterno- porticato del Monastero della Stella- seconda colonna dal cancello (lato nord) piano superiore-colonna in laterizio e malta.

DATAZIONE: c. sec.XV

ANALISI: Composizione mineralogica percentuale

Tabella 1. Tabella riassuntiva dei risultati dell'analisi in diffrazione a raggi X. L'abbondanza relativa riportata è da considerarsi puramente indicativa delle quantità di ciascuna fase calcolate come percentuale rispetto al picco più intenso.

Gesso	+
Calcite	++
Diopside	+++
Quarzo	++++
Anortoclasio	++
Wollastonite	+++
Ghelenite	++
Laihunite	+
Ortoclasio	++
Feldspato (nepheline)	++

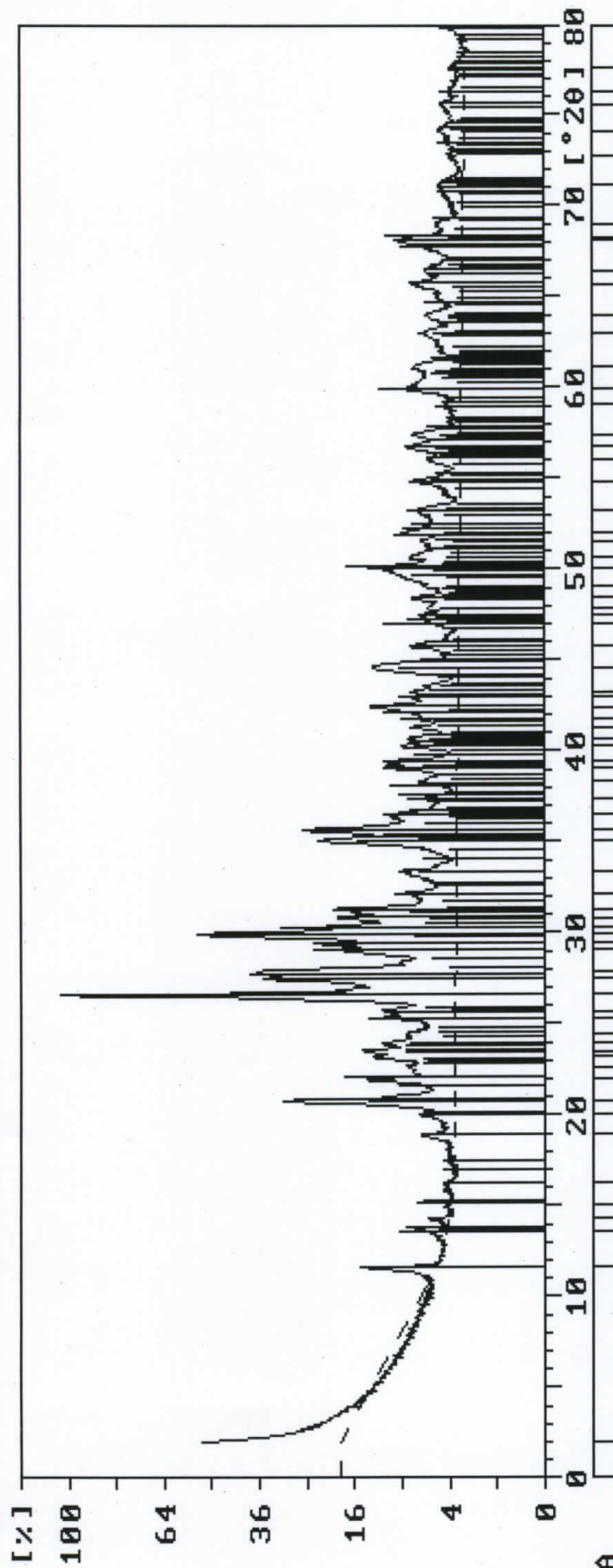
++++ molto abbondante; +++ abbondante ++ poco abbondante; + scarso; ± tracce

E' stata effettuata anche un'analisi con spettroscopia infrarossa in trasformata di Fourier. I risultati sono conformi all'analisi diffrattometrica.

DISCUSSIONE DEI RISULTATI: laterizio costituito da argilla ricca in ferro (*laihunite*). La presenza di minerali di neoformazione, *ghelenite* e *diopside*, indicano una temperatura di cottura intorno ai 850-900 °C. La *calcite* in questo caso è un prodotto secondario dovuto a reazioni di ricarbonatazioni successive in quanto si degrada a ossido di calcio e anidride carbonica. A sua volta l'ossido di calcio prodottosi reagisce molto velocemente con i minerali argillosi e il quarzo a dare minerali di neoformazione. Inoltre, la presenza di *anortoclasio* non è usuale nelle argille per cui si può ipotizzare che questo minerale o sia caratteristico di argille di una determinata zona e quindi possa essere usato per risolvere problemi di provenienza dell'argilla, oppure veniva usato come additivo per rendere l'impasto più consistente.

È inoltre, interessante notare come la composizione dei frammenti di laterizio databili stilisticamente al sec.XV abbiano una composizione simile ma del tutto differente ai frammenti databili al 1300. In particolare possono essere fatti distinguimenti interessanti sulla temperatura di cottura dei due tipi di frammenti. I frammenti appartenenti al sec.XV hanno subito entrambi una cottura superiore ai 850-900° mentre quelli appartenenti al 1300 intorno ai 600 °C.

DOCUMENTAZIONE: diagramma diffrattometrico della malta, spettro FT-IR.



03-0865	Calcium Oxide	CaO2
33-1161	Quartz, syn	SiO2
05-0586	Calcite, syn	CaCO3
12-0198	Nepheline, potassium, s	(K,Na)AlSiO4
25-0123	Gehlenite	Ca2Al(Al, Si)2O7
42-1378	Analcime, magnesian	Na10Mg3Al16Si32O96·25H
41-1370	Diopside	Ca(Mg, Al)(Si, Al)2O6
30-0664	Laihunite-1M	Fe1.6SiO4
09-0378	Synsphaerite, disordered	CMSO#12H2OAl)O8