



Studio MM S.r.l.
Consulenza materie prime - Prove materiali
di Michele Mazzoni



16 Febbraio 2023

Convegno: “Materie prime per piastrelle
ceramiche” I.Cer.S.

“ Difficoltà di approvvigionamento dell’Argilla Ucraina. L’alternativa Brasiliana proposta da FDS S.r.l.”

Relatore: Michele Mazzoni - Direttore Tecnico Studio MM S.r.l.

RETE ALTA TECNOLOGIA
EMILIA - ROMAGNA
HIGH TECHNOLOGY NETWORK





Studio MM S.r.l.
consulenza materie prime
prove materiali



**WE TAKE UP
WHERE OTHERS HAVE LEFT OFF**

Chi siamo

- *Laboratorio prove materiali in provincia di Parma e apertura nuova sede distaccata a Scandiano nel 2022 in partnership con Main Laboratory Sassuolo*
- *Certificato ISO 9001 con Tuv Italia dal 2008*
- *Autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010*
- *Accreditato nella rete alta tecnologia dell'Emilia Romagna come struttura parificata alle Università per tutte le attività di ricerca e sviluppo*
- *Autorizzato Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo Circolare n° 633/2020 per la diagnostica sugli edifici*
- *Autorizzato Ministero Salute per verifiche Amianto ai sensi del DM 14/05/96*



Perché proprio le argille Brasiliane?

Durante l'anno 2022 sono stati analizzati campioni di tantissime provenienze...

Nessuno presentava le peculiarità di queste argille Brasiliane



Giacimento Pantano Grande (Porto Alegre)

Depositi di argille caolinitiche con intercalazioni smectitiche, alternate a livelli di anortosite alterati e degradati



Vista area di cava e stoccaggio dei cumuli delle varie litologie

Tipologie di argille proposte da FDS S.r.l.

- Sulla base delle differenti litologie disponibili, FDS S.r.l propone sul mercato europeo 3 differenti tipologie di materiale:
- **BR 01**: Argilla superplastica, alto allumina, ideale come materiale da taglio per correggere plasticità di impasti magri
- **BR 60**: Argilla ad elevatissima plasticità, alto allumina, buona reologia in macinazione, ideale come componente plastico primario per impasti da porcellanato tecnico
- **BR 65 A1**: Argilla ad elevatissima plasticità, medio tenore di allumina e buona fusibilità, ideale come componente plastico primario per impasti da porcellanato smaltato



**Importanza
campionamento
omogeneo**

Stoccaggio materiale
differenziato in funzione
delle diverse litologie

Sperimentazione condotta

Caratterizzazione approfondita delle 3 argille FDS in comparazione con una classica Argilla Ucraina

- Caratterizzazione tecnologica
- CTE e Curva di sinterizzazione
- Analisi chimica e Mineralogica
- Indice plasticità medio

Caratterizzazione di 2 impasti da gres porcellanato tecnico:

- Caratterizzazione tecnologica
- CTE e Curva di sinterizzazione
- Analisi chimica e Mineralogica
- Microscopia elettronica
- Determinazione stadio tensionale prodotto cotto



Confronto analisi chimiche argille

Ossidi	BR 01	BR 60	BR 65 A1	Ucraina
SiO ₂	52,4	52,8	61,2	62,1
Al ₂ O ₃	29,2	29,2	23,9	24,4
TiO ₂	0,17	0,15	0,13	1,32
Fe ₂ O ₃	1,38	1,30	1,27	0,87
CaO	5,02	5,65	3,35	0,32
MgO	0,60	0,50	0,45	0,43
K ₂ O	0,99	0,95	1,99	1,41
Na ₂ O	2,10	2,81	1,28	0,49
P.F.	8,0	6,4	6,1	8,5
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	1,79	1,81	2,57	2,54
K ₂ O+Na ₂ O	3,09	3,76	3,27	1,9
Fe ₂ O ₃ +TiO ₂	1,55	1,45	1,40	2,19

Rapporto SiO₂/Al₂O₃



Caratterizzazione tecnologica argille in crudo

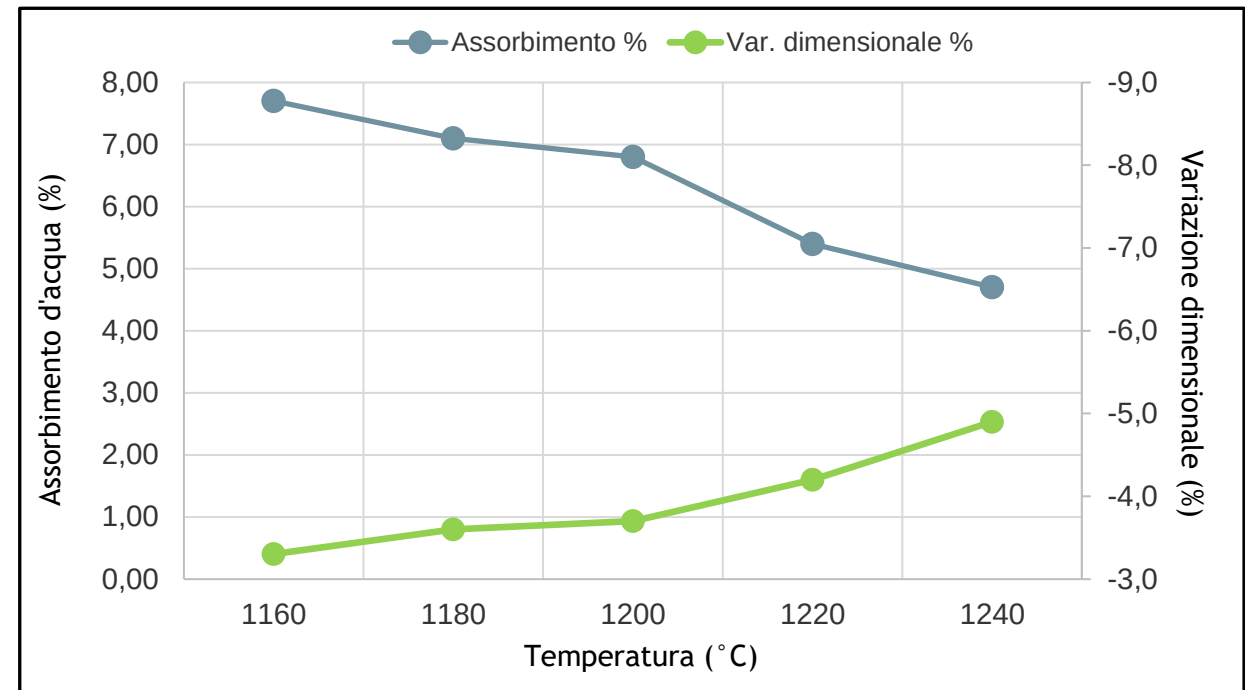
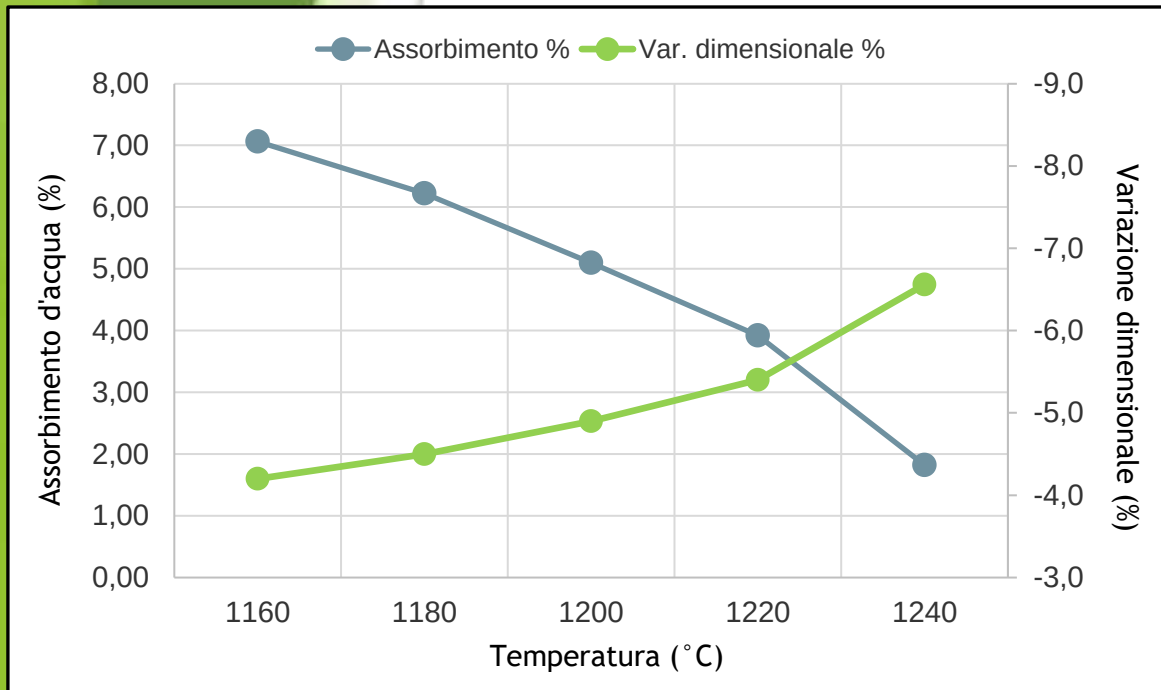
CARATTERISTICHE DEL GREZZO				
PARAMETRI	BR 01	BR 60	BR65A1	ARG. UCRAINA
Superficie specifica	106,6 mq/g	86,7 mq/g	96,4 mq/g	113,6 mq/g
Carbonati totali	0,80%	0,61%	0,68%	<0,50%
ANALISI GRANULOMETRICA				
Particelle > 0,063 mm	47,2%	54,8%	43,9%	3,0%

CARATTERISTICHE DEL CRUDO				
PARAMETRI	BR 01	BR 60	BR65A1	ARG. UCRAINA
Acqua di macinazione	60,0%	50,0%	50,0%	56,5%
Densità barbotina	1,322 gr/cm ³	1,44 ₂ gr/cm ³	1,446 gr/cm ³	1,369 gr/cm ³
Viscosità Brookfield	620 Cp	480 Cp	540 Cp	660 Cp
Viscosità Ford (foro 4 mm)	26 sec	18 sec	23 sec	28 sec
Modulo di rottura in verde	22 kg/cm ²	19 kg/cm ²	20 kg/cm ²	18 kg/cm ²
Modulo di rottura in secco	68 kg/cm ²	56 kg/cm ²	58 kg/cm ²	38 kg/cm ²
Indice di plasticità medio (IP _M)	86	62	42	26

Caratterizzazione tecnologica argille in cotto

BR 01						
Forno tipo: Rulli elettrico		Ciclo: 50 minuti (permanenza max temperatura 5 min)				
Temp. Cottura	°C	1160	1180	1200	1220	1240
Variazione dimensionale	%	-4,2	-4,5	-4,9	-5,4	-6,6
Assorbimento d'acqua	%	7,0	6,2	5,1	3,9	1,8
Indice di piroplasticità	10 ⁻⁵ cm ⁻¹	0,68	1,06	1,29	1,74	2,19
Grado di bianco	L*	76,6	76,3	75,4	74,4	71,1

BR 60						
Forno tipo: Rulli elettrico		Ciclo: 50 minuti (permanenza max temperatura 5 min)				
Temp. Cottura	°C	1160	1180	1200	1220	1240
Variazione dimensionale	%	-3,3	-3,6	-3,7	-4,2	-4,9
Assorbimento d'acqua	%	7,7	7,1	6,8	5,4	4,7
Indice di piroplasticità	10 ⁻⁵ cm ⁻¹	0,75	0,80	0,85	1,39	1,46
Grado di bianco	L*	79,1	77,4	77,1	76,2	73,1



$$PI = \frac{4h^2S}{3L^4}$$

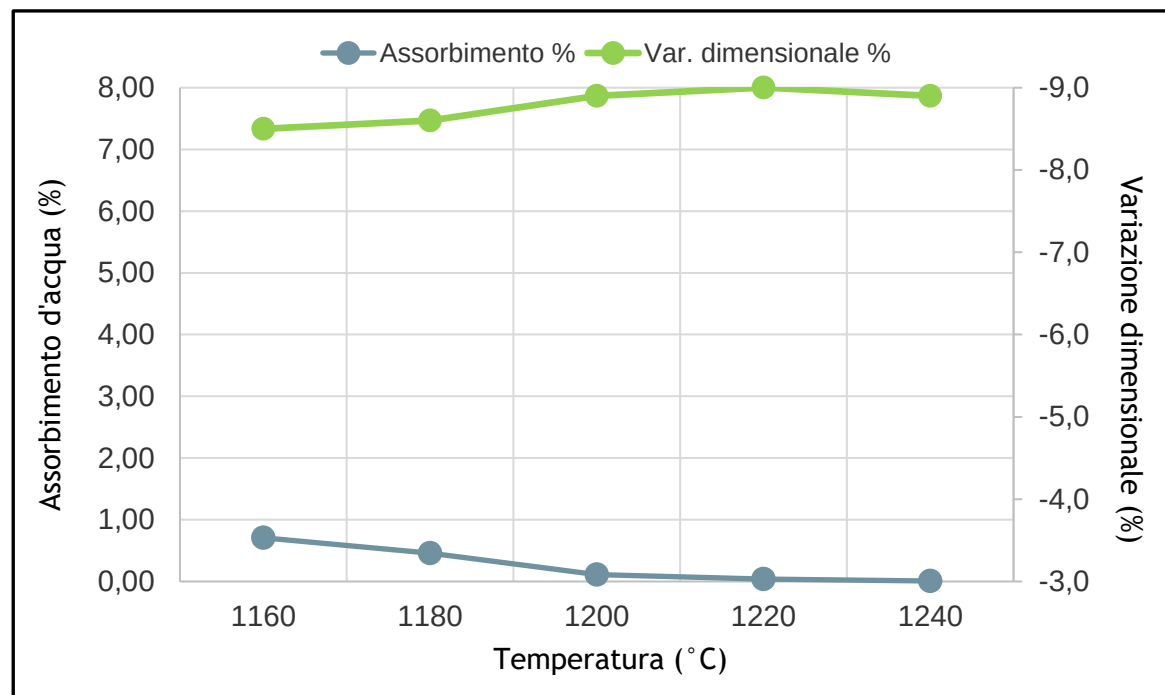
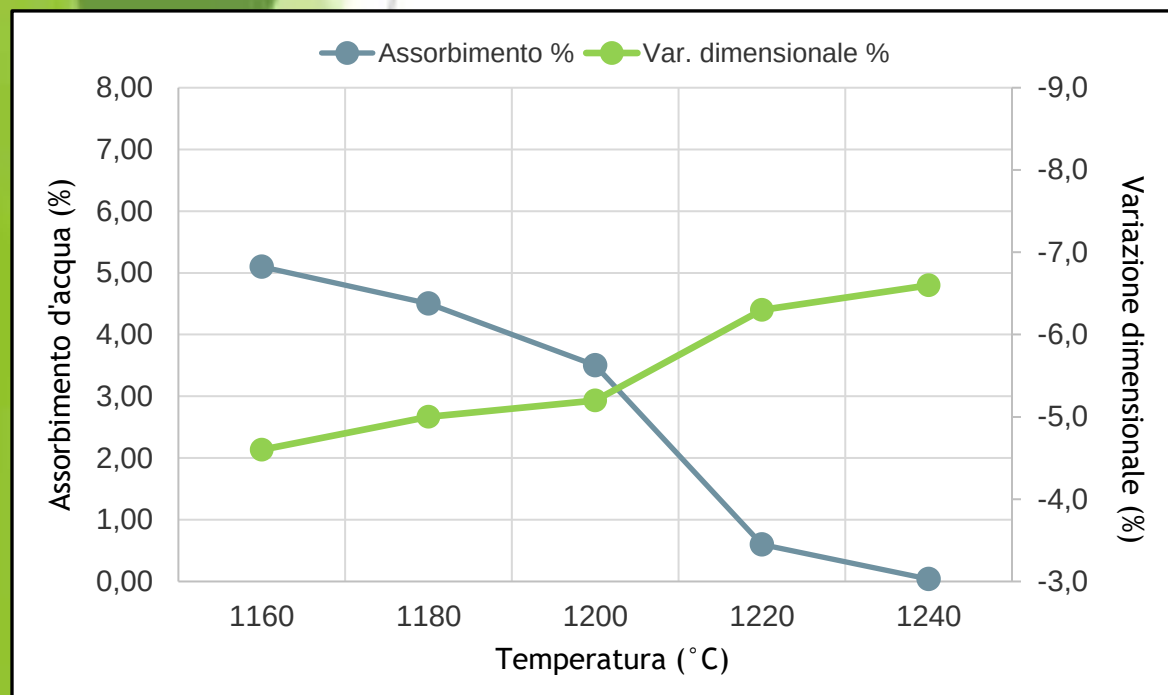
where h is the thickness of the body, S is the maximum deflection, and L is the distance between the refractory supports,

Lisandra R. dos Santos Conservaa et al. 2016. Pyroplastic deformation of porcelain stoneware tiles: Wet vs. dry processing, Journal of the European Ceramic Society 37 (2017) 333-342

Caratterizzazione tecnologica argille in cotto

BR 65 A1						
Forno tipo: Rulli elettrico		Ciclo: 50 minuti (permanenza max temperatura 5 min)				
Temp. Cottura / BR	°C	1160/1065	1180/1082	1200/1105	1220/1128	1240/1147
Variazione dimensionale	%	-4,6	-5,0	-5,2	-6,3	-6,6
Assorbimento d'acqua	%	5,1	4,5	3,5	0,6	0,04
Indice di piroplasticità	10^{-5} cm^{-1}	1,16	1,47	1,78	2,18	2,41
Grado di bianco	L*	77,3	74,2	73,1	69,9	69,7

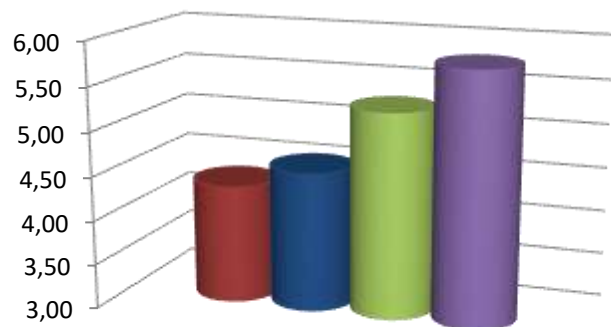
ARGILLA UCRAINA						
Forno tipo: Rulli elettrico		Ciclo: 50 minuti (permanenza max temperatura 5 min)				
Temp. Cottura / BR	°C	1160/1065	1180/1082	1200/1105	1220/1128	1240/1147
Variazione dimensionale	%	-8,5	-8,6	-8,9	-9,0	-8,9
Assorbimento d'acqua	%	0,71	0,46	0,11	0,04	0,01
Indice di piroplasticità	10^{-5} cm^{-1}	0,77	1,04	1,13	1,20	1,33
Grado di bianco	L*	80,4	78,8	75,5	74,6	73,8



Analisi coefficienti di dilatazione argille

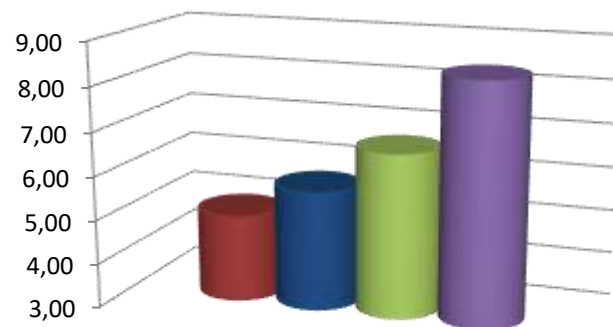
Range (min)	Range (max)	U.M.	BR 01 – 1200°C	BR 60 – 1200°C	BR 65 A1 – 1200°C	ARGILLA UCRAINA – 1200°C
50.0 °C	400.0 °C	$\alpha \cdot 10^{-6}$	4,33	4,56	5,30	5,82
400.0 °C	600.0 °C	$\alpha \cdot 10^{-6}$	4,96	5,69	6,71	8,42
600.0 °C	1100.0 °C	$\alpha \cdot 10^{-6}$	6,41	7,10	5,86	5,04

Dilatazione lineare ($\alpha \cdot 10^{-6}$): 50-400 °C



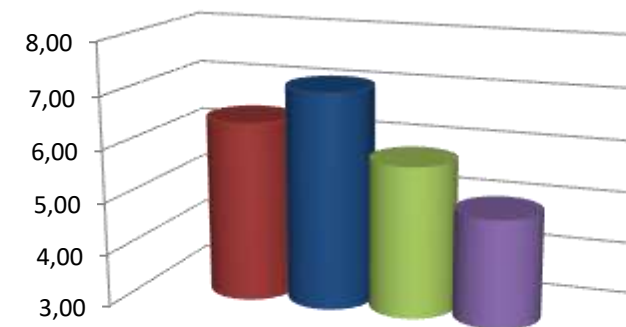
■ BR 01 ■ BR 60 ■ BR 65 A1 ■ ARG. UCRAINA

Dilatazione lineare ($\alpha \cdot 10^{-6}$): 400-600 °C



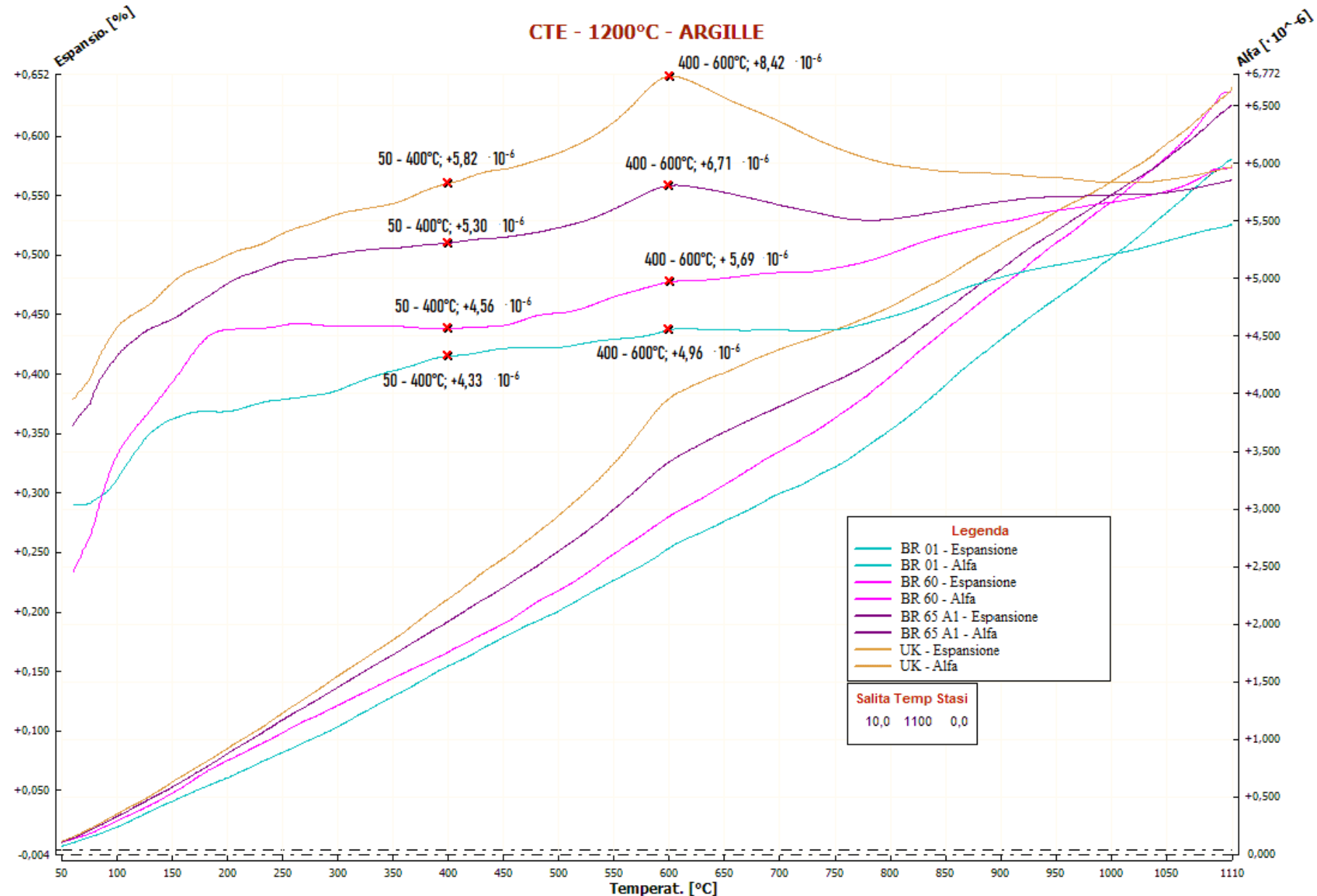
■ BR 01 ■ BR 60 ■ BR 65 A1 ■ ARG. UCRAINA

Dilatazione lineare ($\alpha \cdot 10^{-6}$): 600-1100 °C



■ BR 01 ■ BR 60 ■ BR 65 A1 ■ ARG. UCRAINA

Grafico coefficienti di dilatazione argille



Analisi mineralogica semiquantitativa TQ

Fasi mineralogiche	BR 60	Ucraina
Quarzo	5,4	23,1
Caolinite	12,6	40,3
Illite-mica	9,7	34,5
Smectite	7,0	1,2
Anortite	64,3	0
Feldspati	1,0	<1

Risultati comparativi effettuati sulla frazione tal quale delle argille utilizzate per la prova impasti

Analisi mineralogica argille < 2 micron

Fasi mineralogiche	BR 01	BR 60	BR 65 A1	Ucraina
Illite	9	21	39	26
Caolinite	73	63	48	70
Clorite	--	--	--	--
Espandibili	18	14	13	4



Risultati comparativi effettuati sulla frazione < 2 micron dopo espansione reticoli con glicole

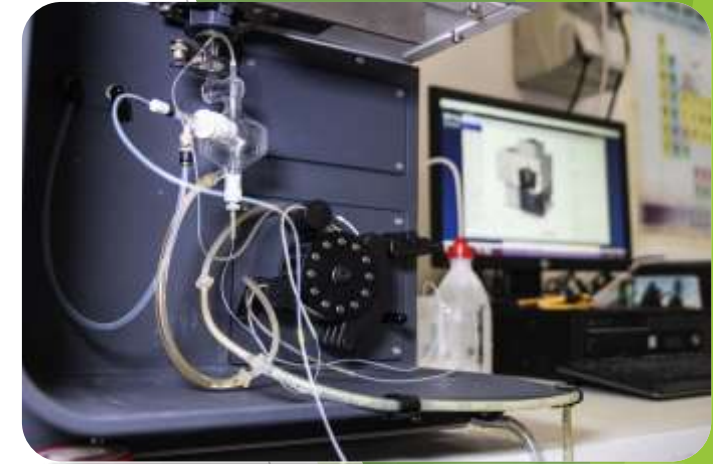
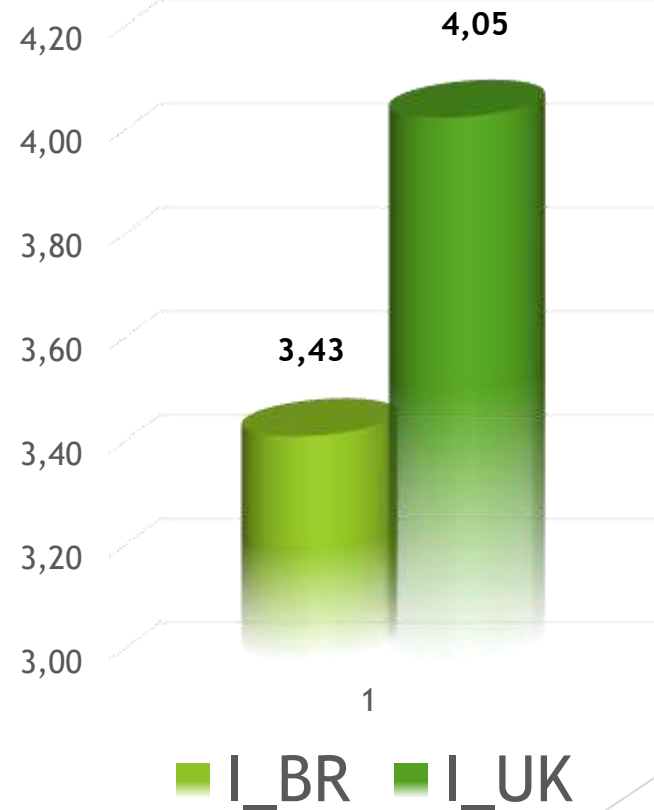
Impasti comparativi

I_BR		I_UK	
Feldspato turco	35%	Feldspato turco	35%
Sabbia silicea	20%	Sabbia silicea	20%
Argilla tedesca	25%	Argilla tedesca	25%
Argilla BR 60	20%	Argilla Ucraina	20%

Analisi chimica impasti

Ossidi	I_BR	I_UK
SiO ₂	67,6	71,2
Al ₂ O ₃	19,7	17,6
TiO ₂	0,32	0,55
Fe ₂ O ₃	0,51	0,46
CaO	1,90	0,91
MgO	0,56	0,56
K ₂ O	1,04	1,11
Na ₂ O	5,23	4,50
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	3,43	4,05
K ₂ O+Na ₂ O	6,27	5,61
Fe ₂ O ₃ +TiO ₂	0,83	1,01

RAPPORTO
SIO2/AL2O3

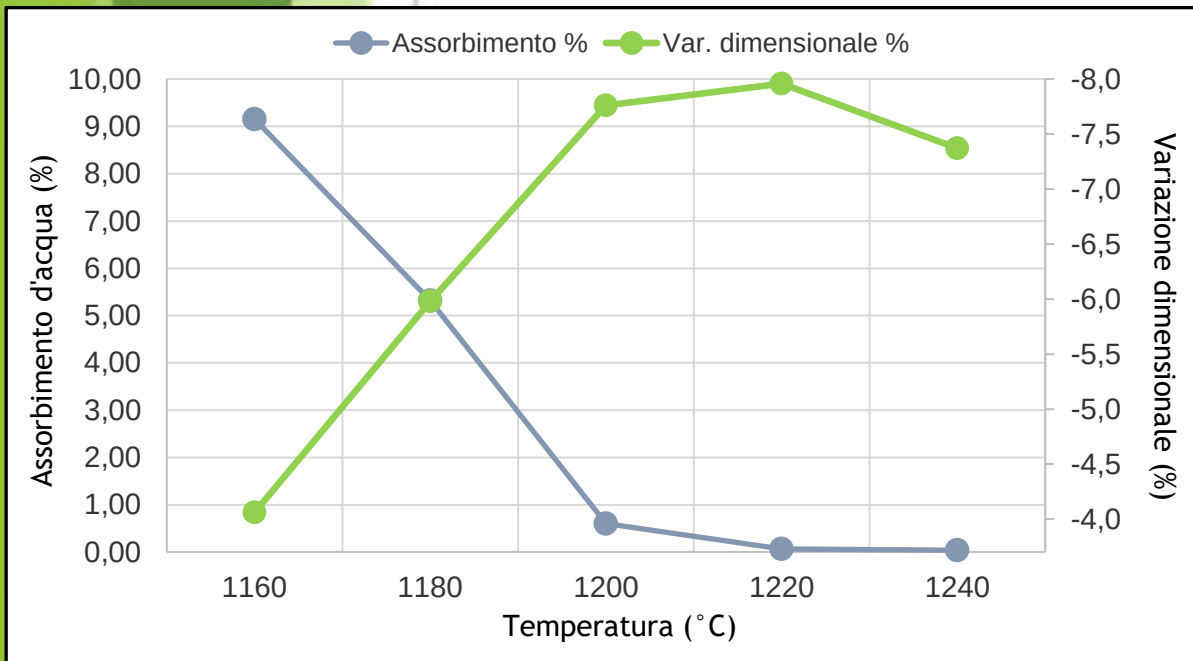


Caratterizzazione impasti crudi

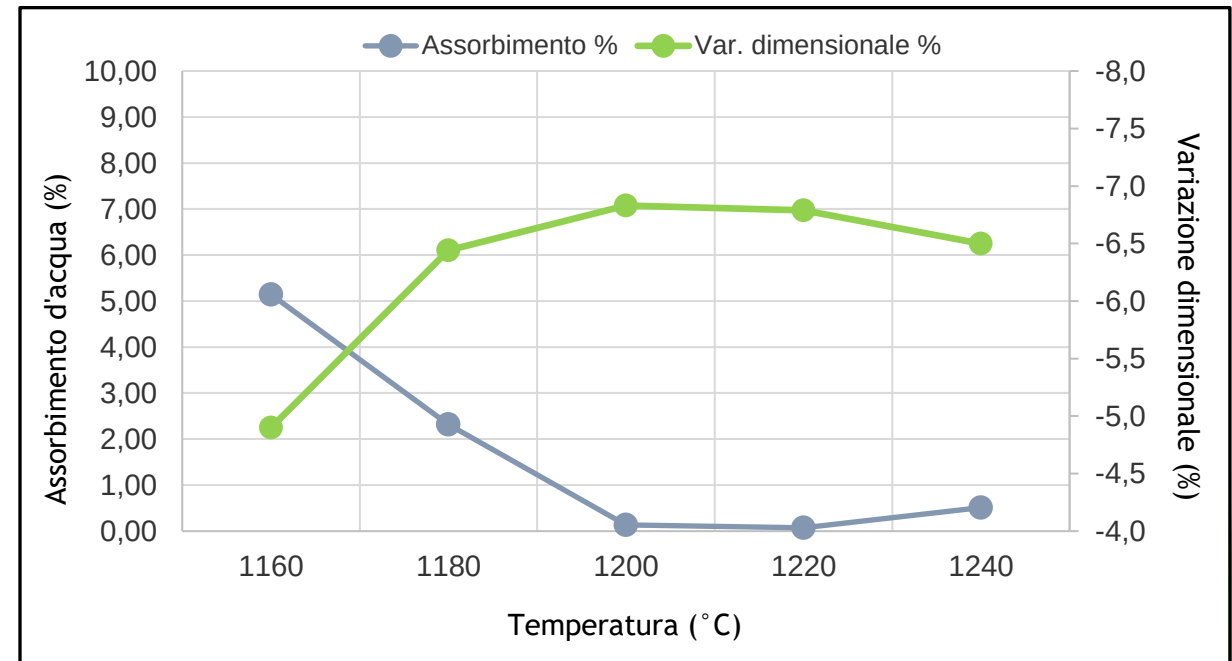
CARATTERISTICHE DEL CRUDO		
PARAMETRI	I_BR	I_UK
Acqua di macinazione	38,0 %	38,0 %
Densità barbottina	1,637 gr/cm ³	1,636 gr/cm ³
Residuo a 63 mm	1,30 %	1,00 %
Viscosità Brookfield	140 Cp	230 Cp
Viscosità Ford (foro 4 mm)	16 sec	18 sec
Superficie specifica	48,2 mq/g	49,1 mq/g
Resistenza a flessione in verde	14 kg/cm ²	13 kg/cm ²
Resistenza a flessione in secco	27 kg/cm ²	25 kg/cm ²

Caratterizzazione tecnologica impasti cotti

I_BR						
Forno tipo: Rulli elettrico		Ciclo: 50 minuti (permanenza max temperatura 5 min)				
Temp. Cottura / BR	°C	1160/1065	1180/1082	1200/1105	1220/1128	1240/1147
Variazione dimensionale	%	-4,0	-5,9	-7,7	-7,9	-7,3
Assorbimento d'acqua	%	9,15	5,32	0,60	0,07	0,04
Densità apparente	gr/cm ³	2,074	2,240	2,365	2,346	2,156
Resistenza a flessione	kg/cm ²	205	285	400	540	345
Indice di piroplasticità	10 ⁻⁵ cm ⁻¹	3,7	6,7	9,1	> 9,5	> 9,5
Grado di bianco	L*	77,5	72,1	68,1	67,5	67,3

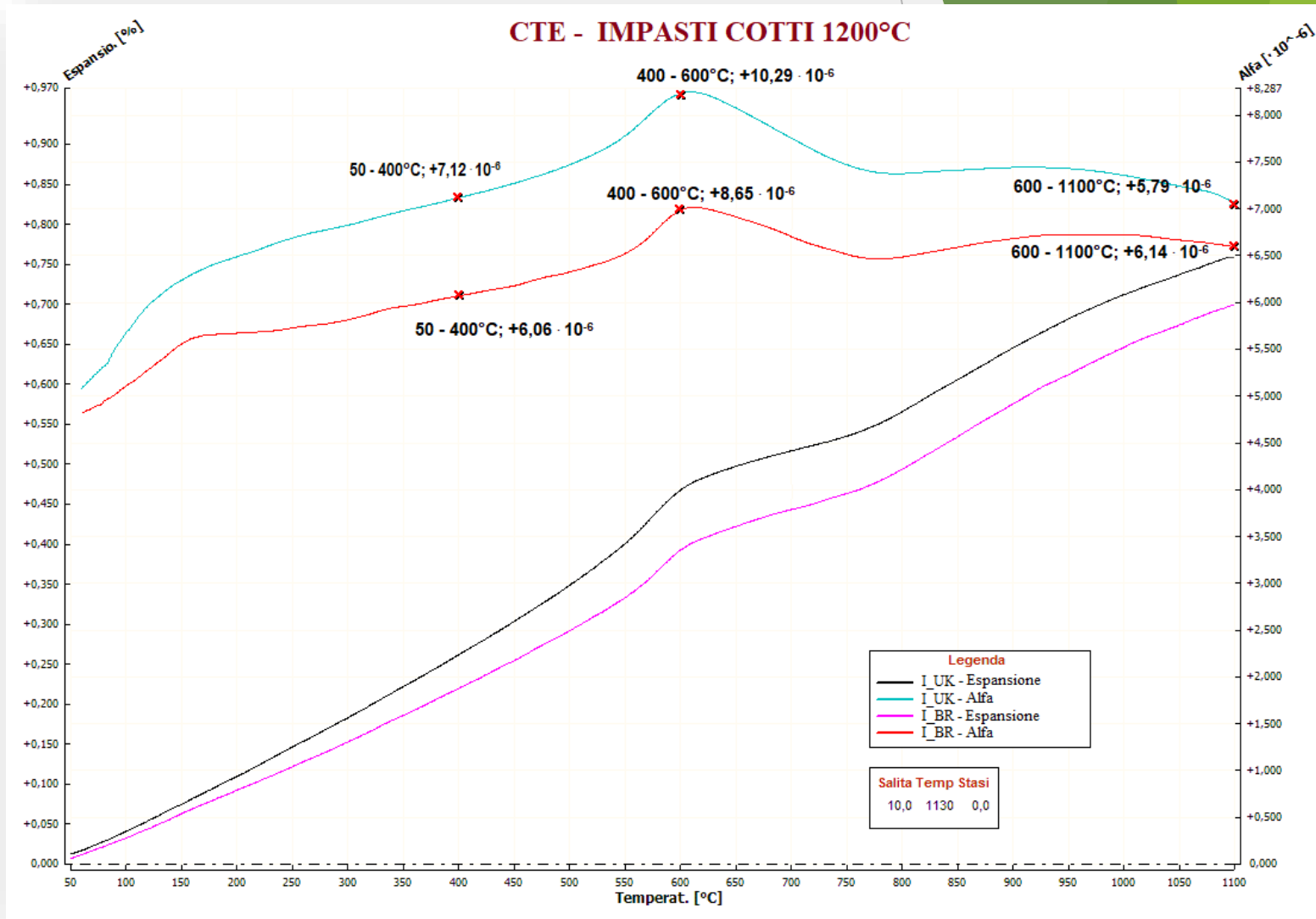
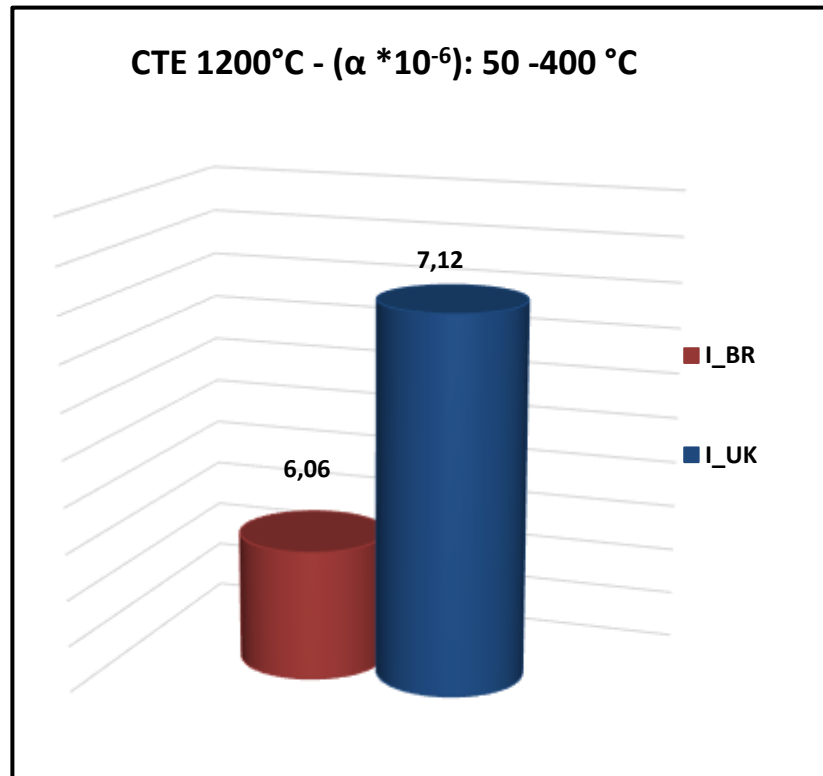


I_UK						
Forno tipo: Rulli elettrico		Ciclo: 50 minuti (permanenza max temperatura 5 min)				
Temp. Cottura / BR	°C	1160/1065	1180/1082	1200/1105	1220/1128	1240/1147
Variazione dimensionale	%	-4,9	-6,4	-6,8	-6,7	-6,5
Assorbimento d'acqua	%	5,14	2,32	0,13	0,07	0,51
Densità apparente	gr/cm ³	2,210	2,328	2,364	2,347	2,294
Resistenza a flessione	kg/cm ²	300	400	495	485	450
Indice di piroplasticità	10 ⁻⁵ cm ⁻¹	4,57	6,06	8,82	> 9,5	> 9,5
Grado di bianco	L*	78,4	74,7	69,7	68,6	67,6



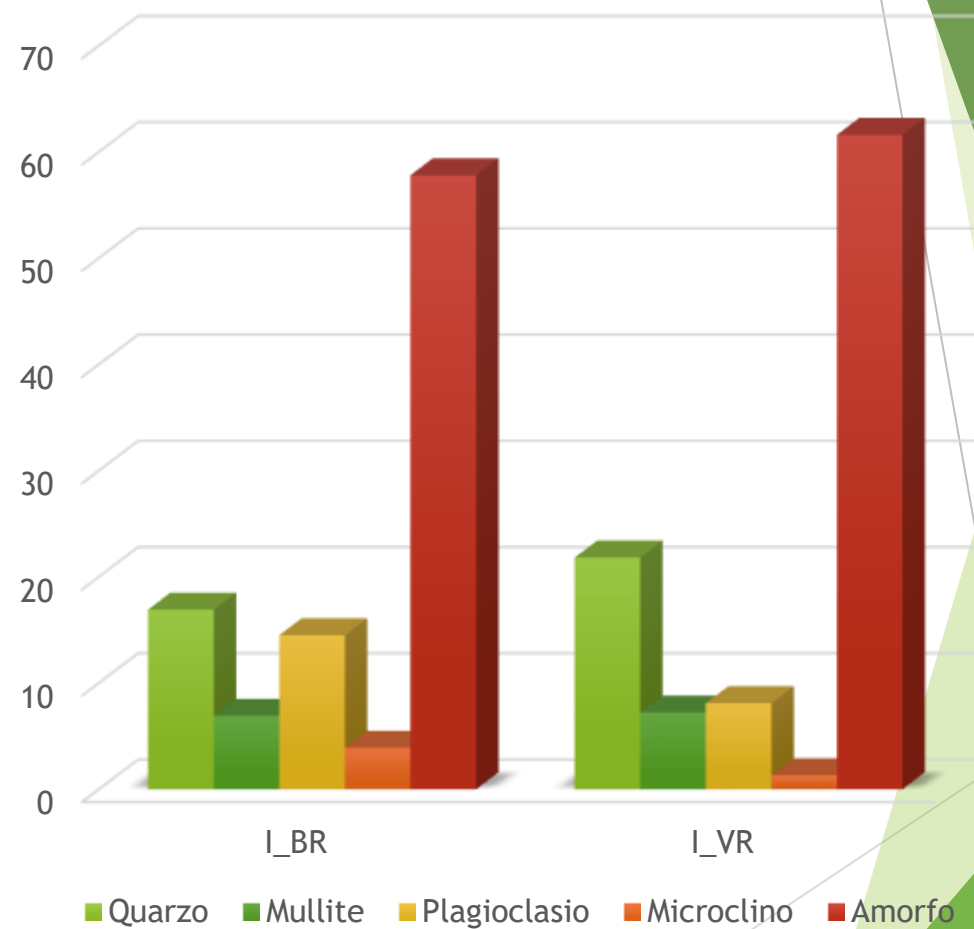
Analisi coefficienti di dilatazione impasti

Range (min)	Range (max)	U.M.	I_BR - 1200 °C	I_UK - 1200 °C
50.0 °C	400.0 °C	$\alpha \cdot 10^{-6}$	6,06	7,12
400.0 °C	600.0 °C	$\alpha \cdot 10^{-6}$	8,65	10,29
600.0 °C	1100.0 °C	$\alpha \cdot 10^{-6}$	6,14	5,79

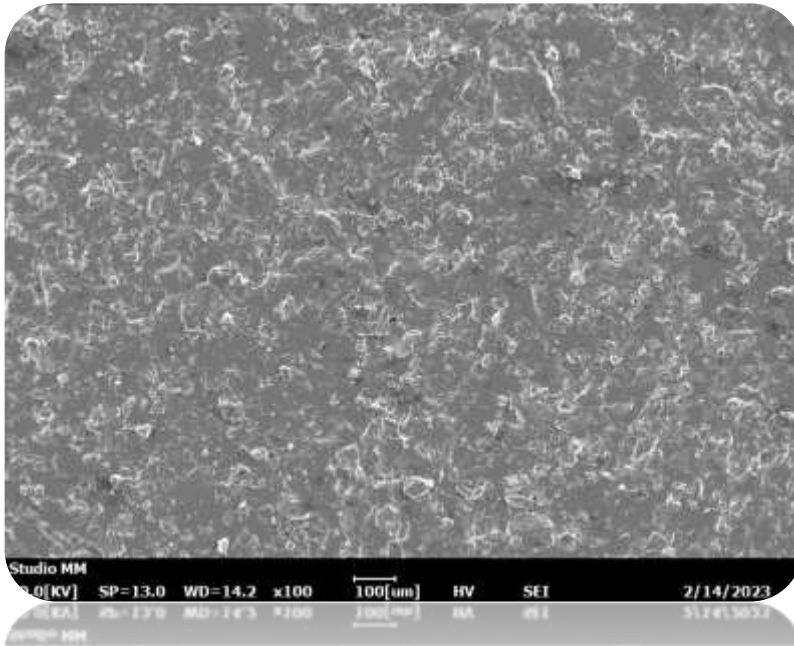


Analisi mineralogica impasti cotti - 1200°C

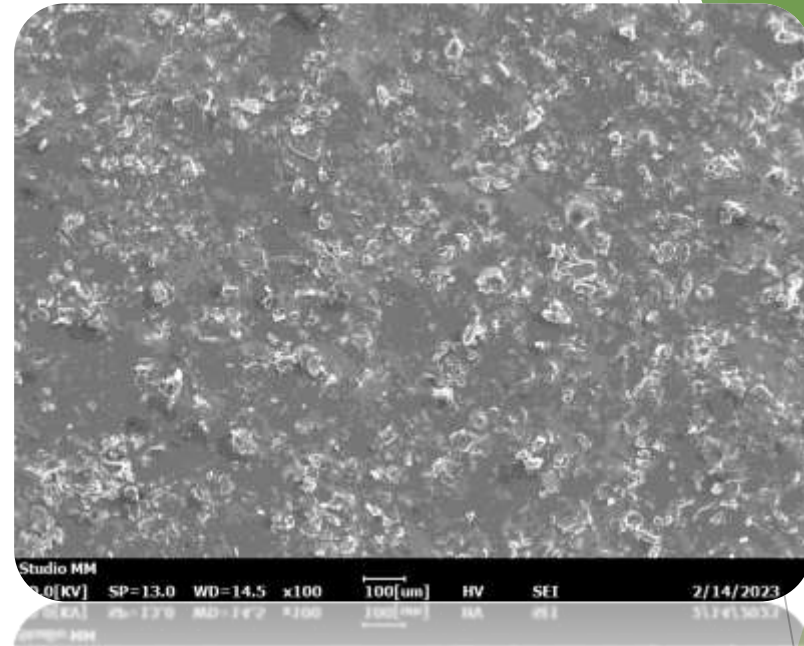
Fasi mineralogiche	I_BR	I_UK
Quarzo	16,9	21,8
Mullite	6,9	7,2
Plagioclasio	14,5	8,1
Microclino	3,9	1,3
Amorfo	57,8	61,6



Analisi tessitura al microscopio elettronico



I_UK



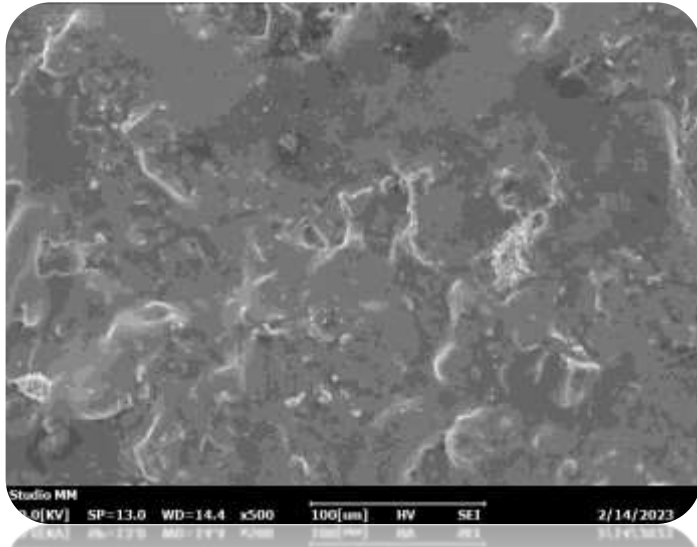
I_BR

L'impasto I_UK mostra la presenza di microrugosità superficiali diffuse in modo continuo, mentre quello I_BR mostra rugosità meno diffuse ma dimensionalmente maggiori.

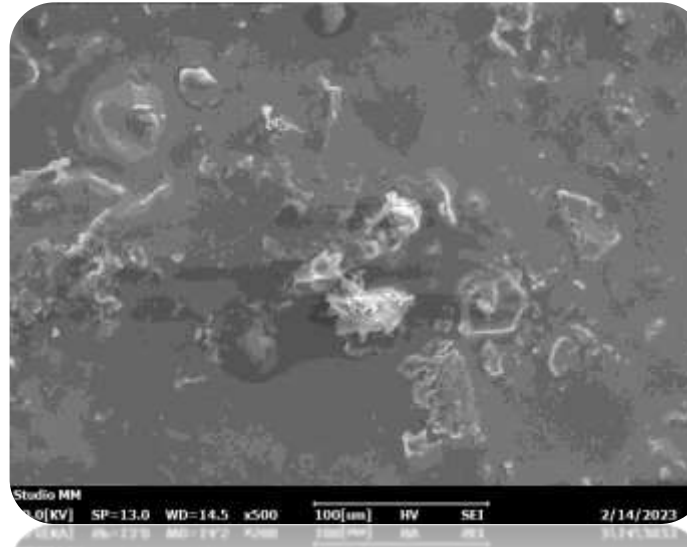
Analisi condotte su provini cotti a 1.200 °C



Microporosità ridottissime



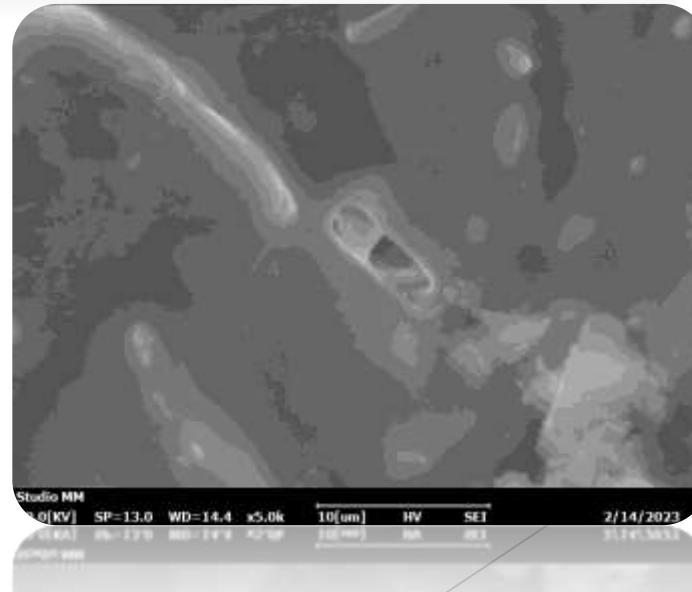
I_UK



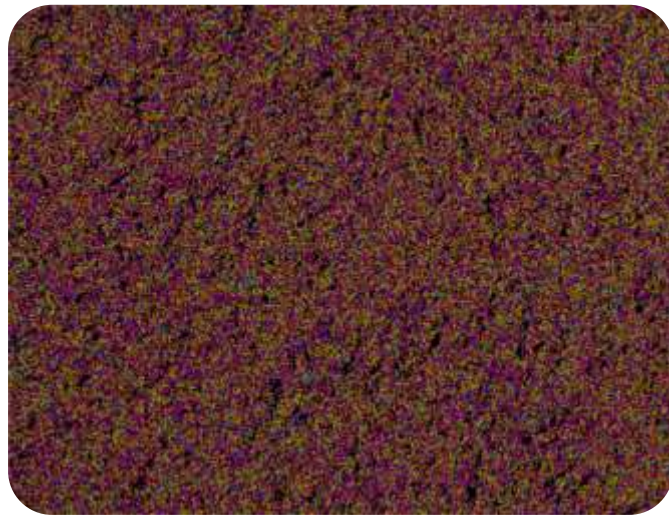
I_BR

Entrambi i prodotti mostrano porosità poco diffuse e qualora presenti di dimensioni limitate (<5 μm)

Analisi condotte su provini cotti a 1.200 °C

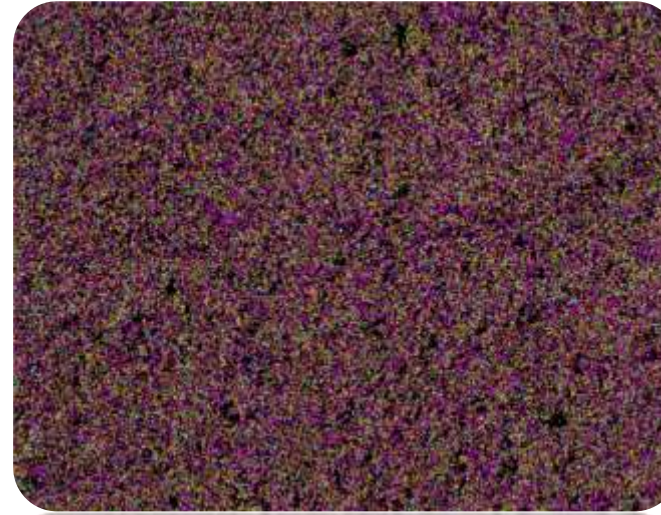


Mappa degli elementi con sonda EDS



I_UK

5%	NaK
2%	MgK
23%	AlK
62%	SiK
3%	K K
2%	CaK
1%	TiK
1%	FeK

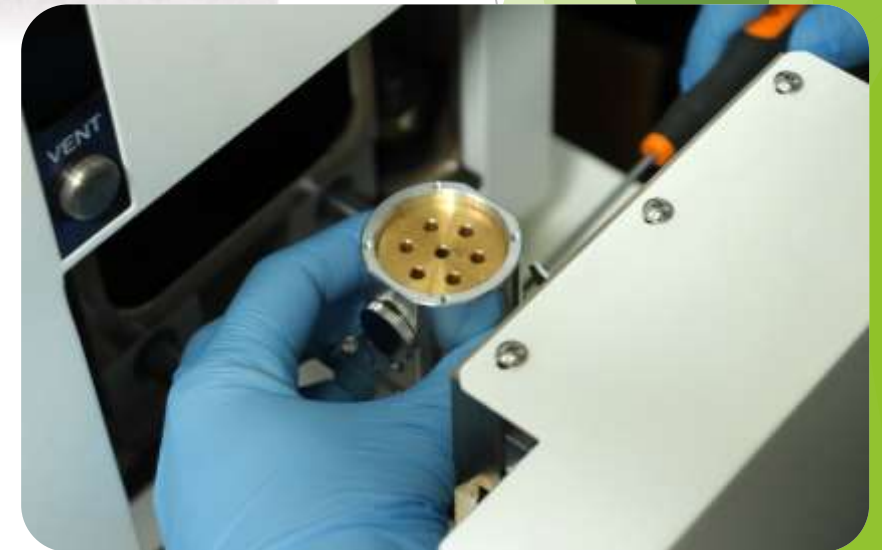


I_BR

5%	NaK
2%	MgK
23%	AlK
60%	SiK
3%	K K
4%	CaK
1%	TiK
1%	FeK

Entrambi i prodotti mostrano una grande omogeneità composizionale, senza la presenza di concentrazioni anomale

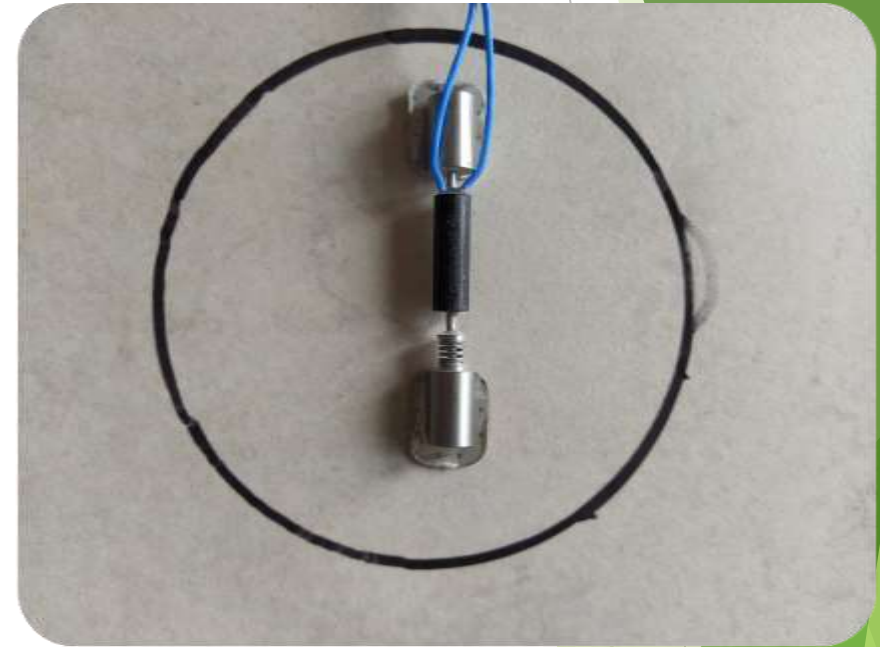
Analisi condotte su provini cotti a 1.200 °C



Determinazione del tensionamento residuale

Metodo sviluppato internamente presso R&D Center di Studio MM, si basa sulla misurazione delle variazioni dimensionali di provini di laboratorio 25 x 25 cm sottoposti a cicli di raffreddamento lenti e rapidi

	I_BR	I_UK
Raffreddamento lento	0,013	0,016
Raffreddamento rapido	0,024	0,039
Indice di tensionamento	1,846	2,437



Conclusioni

- No sostituzione Ucraina in quanto argille con caratteristiche molto differenti fra loro
- Bassissimo contenuto in quarzo che permette di mantenere coefficienti di dilatazione molto contenuti
- Bassa formazione di vasi vetrose in cottura che permettono la riduzione delle tensioni residuali sul prodotto finito
- Ideale utilizzo per lastre grandi formati e porcellanato tecnico



Studio MM S.r.l.

Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

*Studio MM S.r.l., Via
Pedemontana 40/S - 43029
Mamiano di Traversetolo (PR)*



*GRAZIE PER
L'ATTENZIONE!!*

Relatore: Michele Mazzoni - Direttore Tecnico Studio MM S.r.l.

mmazzoni@studio-mm.it

+0039 349 2667648



RETE ALTA TECNOLOGIA
EMILIA - ROMAGNA
HIGH TECHNOLOGY NETWORK

