

ECONOMIA CIRCOLARE NEI MATERIALI CERAMICI: PRODUZIONE DI SMALTI DA PRODOTTI DI INERTIZZAZIONE DELLA LANA DI VETRO E DELLA LANA DI ROCCIA

Mattia Sisti 1 - Fabiana Altimari 2

1 Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche – Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, Via campi 103, I-41125 Modena

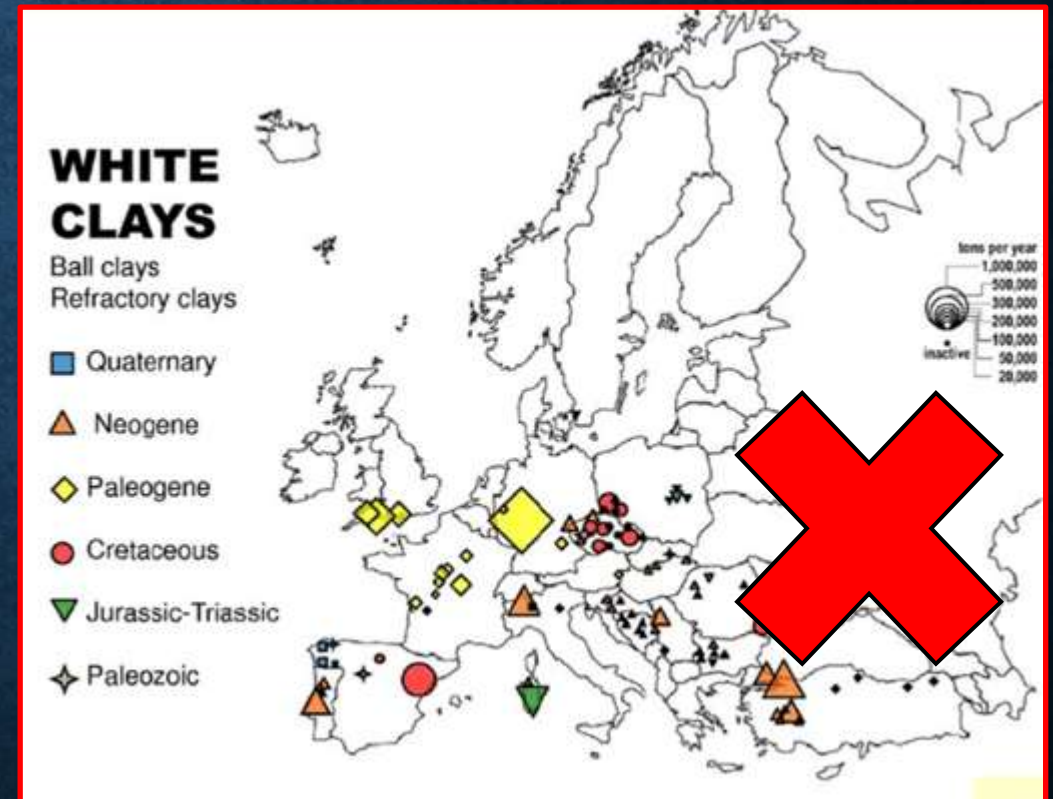
2 Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari" – Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, Via P. Vivarelli 10, I-41125 Modena

ECONOMIA CIRCOLARE



Ottimizzazione delle risorse e riciclo dei rifiuti

CRISI NELL'APPROVVIGIONAMENTO DELLE MATERIE PRIME



UTILIZZO DI RIFIUTI PROVENIENTI DA ALTRE FILIERE PRODUTTIVE

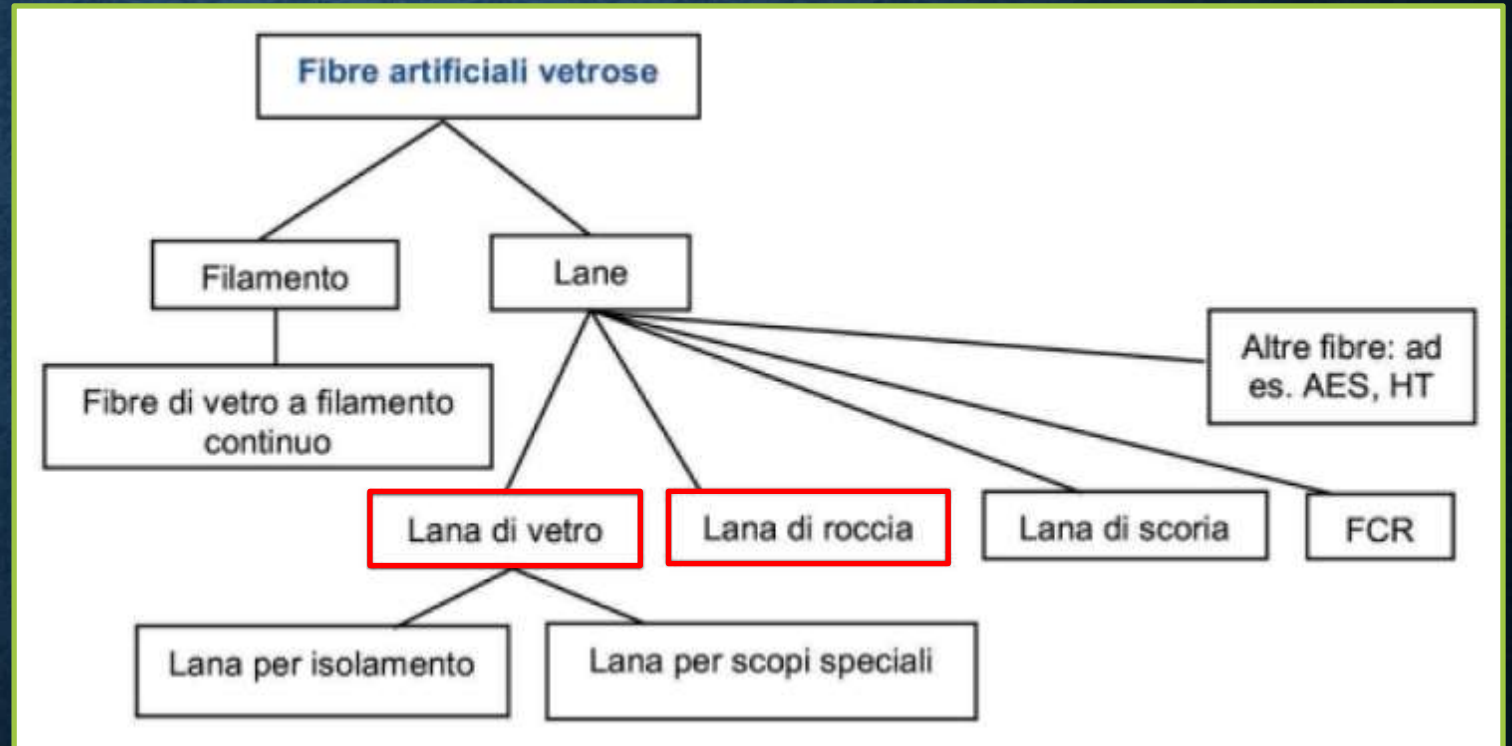


Dalle FAV...



... agli smalti ceramici.

FIBRE ARTIFICIALI VETROSE (FAV)

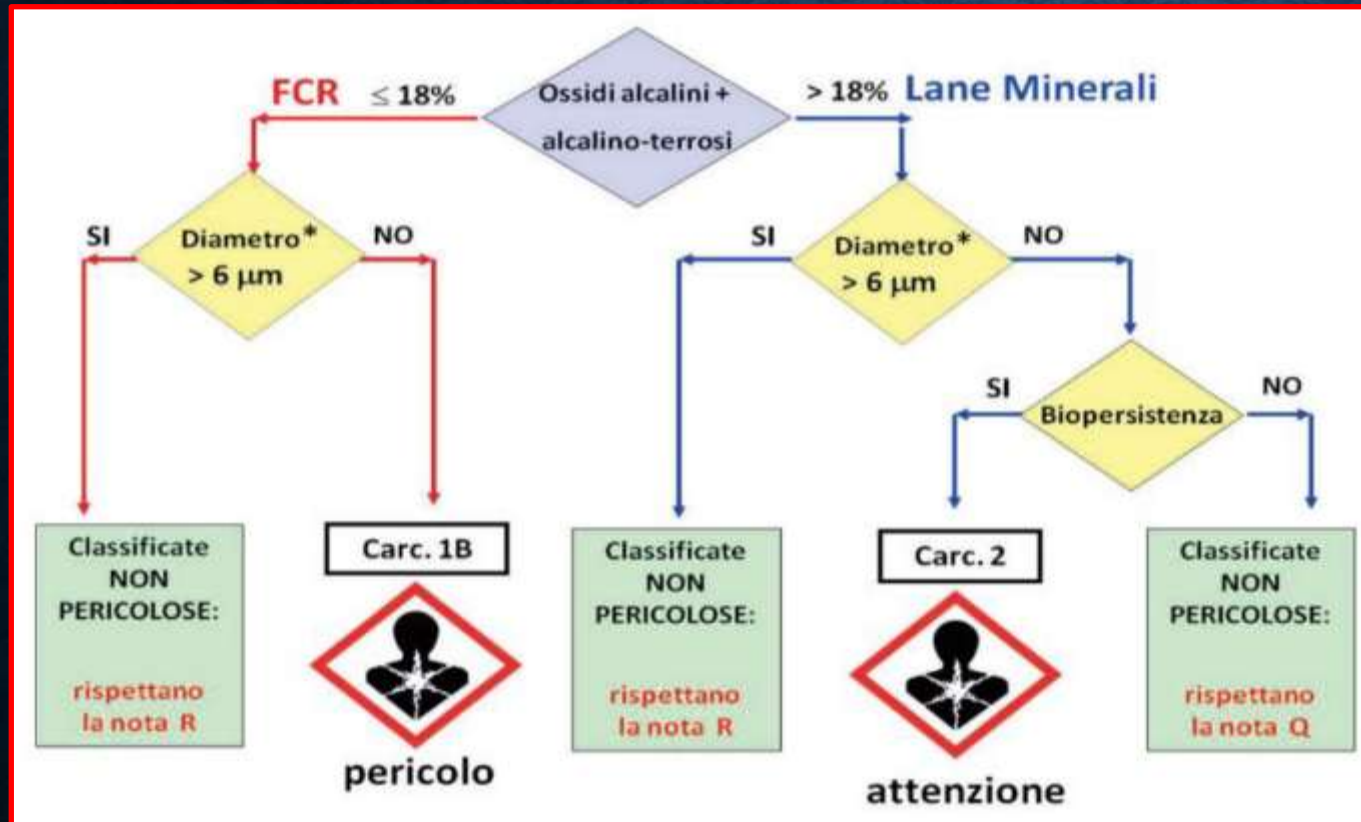


- Elevata stabilità chimica e fisica
- Proprietà di isolamento termico ed acustico
- Resistenza all'attività di microrganismi



Ampiamente utilizzate in vari settori

MATERIALI POTENZIALMENTE CANCEROGENI



Le FAV presentano gli stessi problemi di gestione e smaltimento dell'amianto

INERTIZZAZIONE TERMICA DELLE FAV



Azienda certificata nella gestione di
rifiuti pericolosi

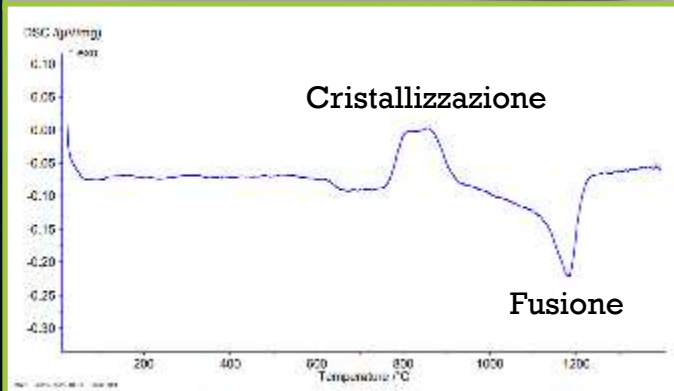


Fusione delle FAV ad una
 T_{max} di 1350 °C



Prodotti inertti chiamati
Re.Wo e LDV

IL RE.WO (RECYCLING WOOL)

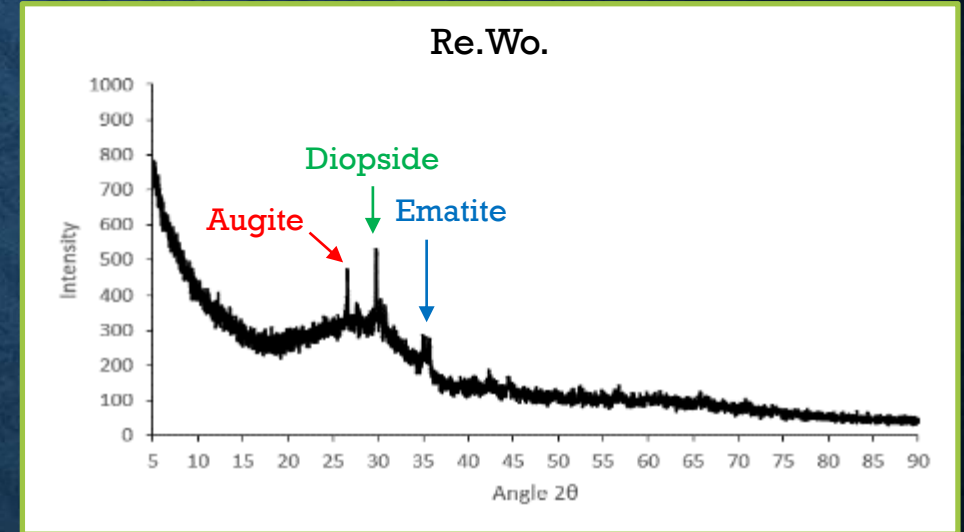


wt%	Re.Wo.
LOI	nd
Na ₂ O	3.55
MgO	10.20
Al ₂ O ₃	12.90
SiO ₂	45.20
P ₂ O ₅	0.17
K ₂ O	0.73
CaO	16.1
TiO ₂	1.24
MnO	0.23
Fe ₂ O ₃	9.67

Analisi termiche



- Materiale vetroso
- Eccellente fusibilità
- Comportamento da fondente alle alte temperature



Materiale quasi completamente amorfo

PREPARAZIONE DEGLI SMALTI



1. Miscelazione a secco delle materie prime
2. Aggiunta di acqua
3. Macinazione ad umido



4. Colaggio
5. Essiccazione



6. Cottura



TUTTE LE FORMULAZIONI CREATE

wt%	Re.Wo.	Vetro borico	Feldspato potassico	Feldspato sodico	Caolino	Rutilo	Cassiterite	Ematite
F1	50	25	15	-	5	3	2	-
F2	50	18	22	-	5	3	2	-
F3	50	15	28	-	3	3	1	-
F4	45	15	28	-	3	3	1	5
F5	44	15	28	-	3	-	-	10
F6	39	15	28	-	3	-	-	15
F7	44	15	-	28	3	-	-	10
F8	44	10	-	33	3	-	-	10

- L'ematite è stata aggiunta con l'obiettivo di ottenere una colorazione più scura dello smalto ed un effetto metallico-iridescente;
- Il feldspato potassico è stato sostituito con quello sodico per aumentare la fusibilità;
- Gli smalti sono stati cotti utilizzando un ciclo di 69 min e raggiungendo una Tmax di 1200 °C.



Prima della cottura

FORMULAZIONI 4, 5 E 6



F4



F5



F6

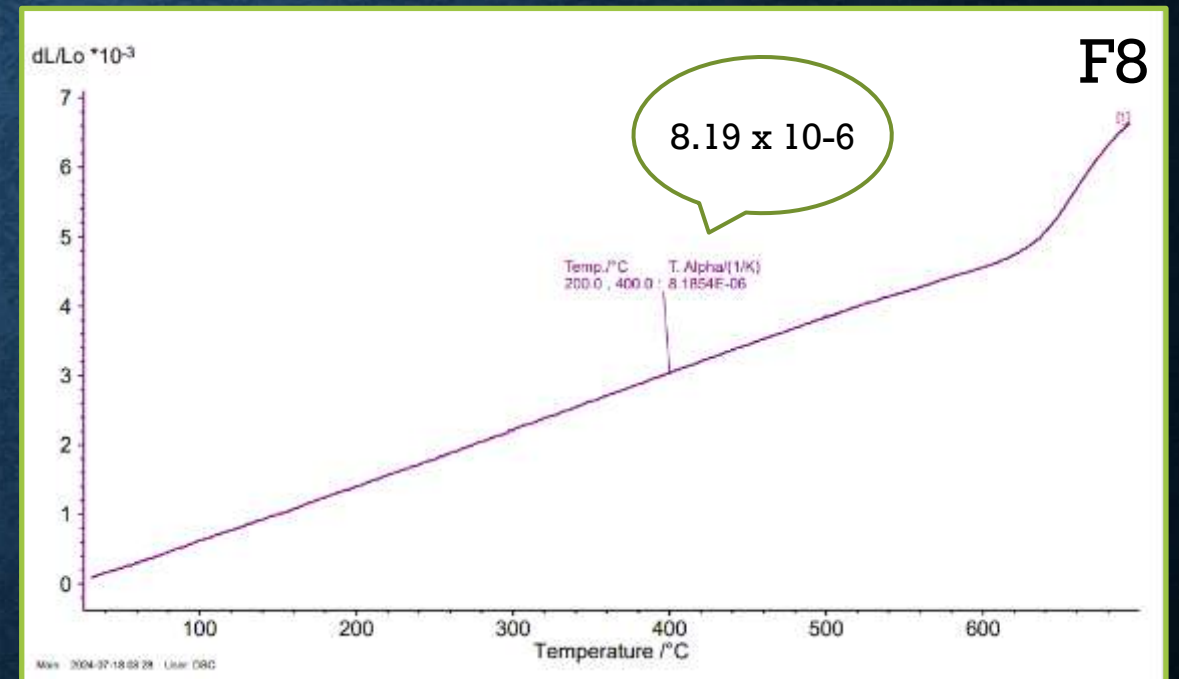
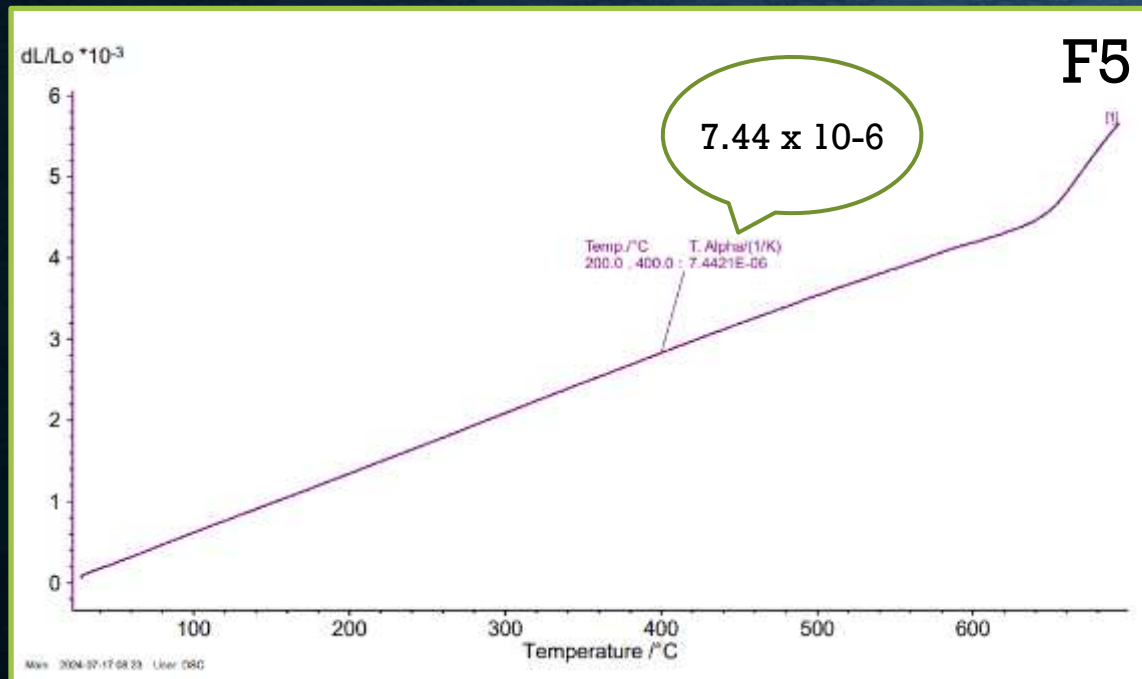
- L'aggiunta di ematite dona una colorazione rossa allo smalto crudo;
- L'effetto metallico-iridescente desiderato non è stato ottenuto con nessuna formulazione;
- La superficie smaltata con la formulazione 5 appare estremamente lucida e brillante.

FORMULAZIONI 7 ED 8



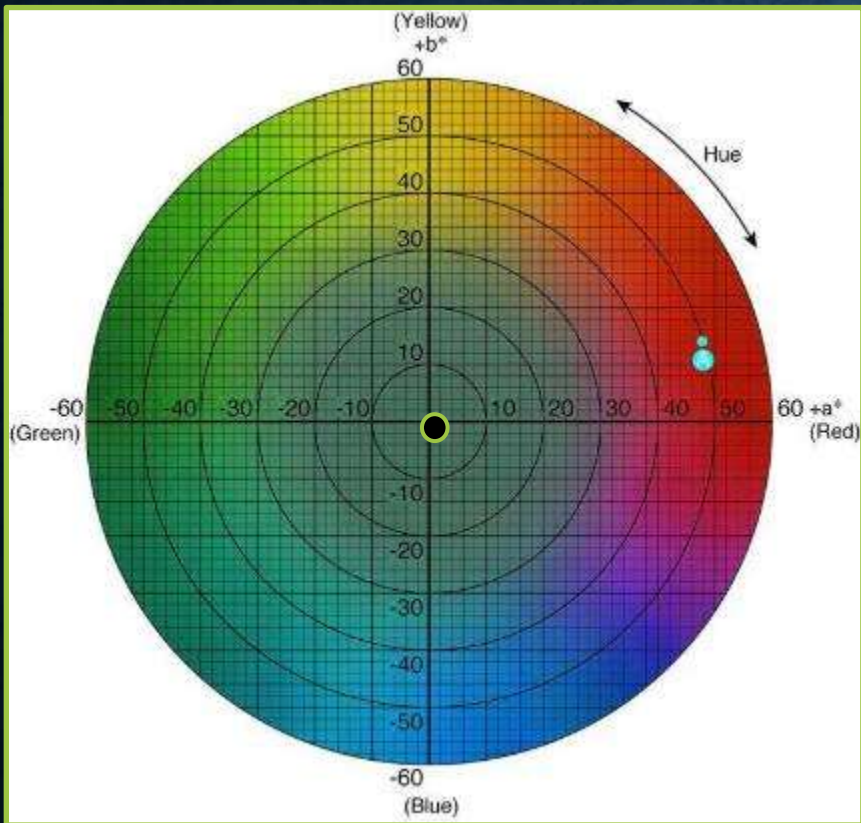
- Colore scuro, ottima lucentezza e nessun difetto superficiale;
- La formulazione 8 rappresenta il miglior risultato ottenuto.

ANALISI TERMO-DILATOMETRICA



Determinazione del coefficiente Alpha (coefficiente termo-dilatometrico): per avere un buon accordo dilatometrico, quello dello smalto deve essere simile e leggermente maggiore di quello del supporto.

COLORIMETRIA



$$L^* = 100$$

$$L^* = 0$$

	L^*	a^*	b^*
F5	28.04	1.64	-0.60
F8	27.76	1.75	-0.58

RESISTENZA ALLE MACCHIE

Prova eseguita in accordo con la norma UNI EN ISO 10545-14:2015 standard.

Classificazione visiva	F5	F8
Agente macchiante verde	Classe 5	Classe 5
Olio d'oliva	Classe 5	Classe 5
Soluzione di iodio in etanolo	Classe 5	Classe 5

La classificazione visiva di entrambi gli smalti corrisponde alla descrizione: "Macchie eliminate solo con acqua".



TEST DI RESISTENZA CHIMICA

Prova eseguita in accordo con la norma UNI EN ISO 10545-13:2016 standard.

Classificazione visiva	F5	F8
NH₄Cl – NaClO	Classe A(V)	Classe A(V)
HCl - KOH a bassa concentrazione	Classe LA(V)	Classe LA(V)
HCl - KOH ad alta concentrazione	Classe HA(V)	Classe HA(V)



La classificazione visiva di entrambi gli smalti corrisponde alla descrizione: "Nessun effetto visibile".

Elementi	Concentrazioni limite (mg/L)	F5	F8
As	0.05	< 0.002	< 0.002
Ba	2	< 0.1	< 0.1
Be	n.d.	< 0.001	< 0.001
Cd	0.004	< 0.001	< 0.001
Co	n.d.	< 0.005	< 0.005
Cr	0.05	< 0.005	< 0.005
Cu	0.2	< 0.005	0.0107
Hg	0.001	< 0.0005	< 0.0005
Mo	0.05	< 0.005	< 0.005
Ni	0.04	< 0.002	0.0027
Pb	0.05	< 0.01	< 0.01
Sb	0.006	< 0.002	< 0.002
Se	0.01	0.0022	< 0.002
V	n.d.	< 0.02	< 0.02
Zn	0.4	0.0647	0.0533
Cl	80	< 5	< 5
F	1	< 0.1	< 0.1
SO4	1000	< 10	< 10
NO3	n.d.	2	3
C	50	< 10	< 10

TEST DI LEACHING

- Prova eseguita con l'obiettivo di verificare il possibile rilascio di metalli pesanti o inquinanti pericolosi da parte degli smalti.
- Prova eseguita in accordo le norme UNI EN ISO 11885:2009 e UNI EN ISO 10304-1:2009.
- Gli eluati sono stati analizzati utilizzando la tecnica analitica della spettroscopia ICP.
- I livelli di elementi pericolosi rilasciati dagli smalti sono tutti sotto i limiti imposti dalla legge.
- Be, Co, V e nitrati sono presenti ma non hanno concentrazioni limite da dover rispettare.



Contents lists available at ScienceDirect

Ceramics International

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ceramint



Sustainable glazes for ceramic tiles: Exploiting inertized man-made vitreous fibres waste as a resource

Mattia Sisti^a, Davide Guidetti^a, Fabiana Altimari^b, Fernanda Andreola^b, Luisa Barbieri^b,
Isabella Lancellotti^b, Lara Casini^a, Francesco Colombo^a, Rossella Arletti^{a,*}, Riccardo Fantini^a,
Alessandro F. Gualtieri^a

^a Department of Chemical and Geological Sciences, University of Modena and Reggio Emilia, Via G. Campi 103, Modena, I-41125, Italy

^b Department of Engineering "Enzo Ferrari", University of Modena and Reggio Emilia, Via P. Vivarelli 10, Modena, I-41125, Italy

ARTICLE INFO

Keywords:

Circular economy
"Extramuros waste"
Man-made vitreous fibers (MMVF)
Traditional ceramics
Glazes

ABSTRACT

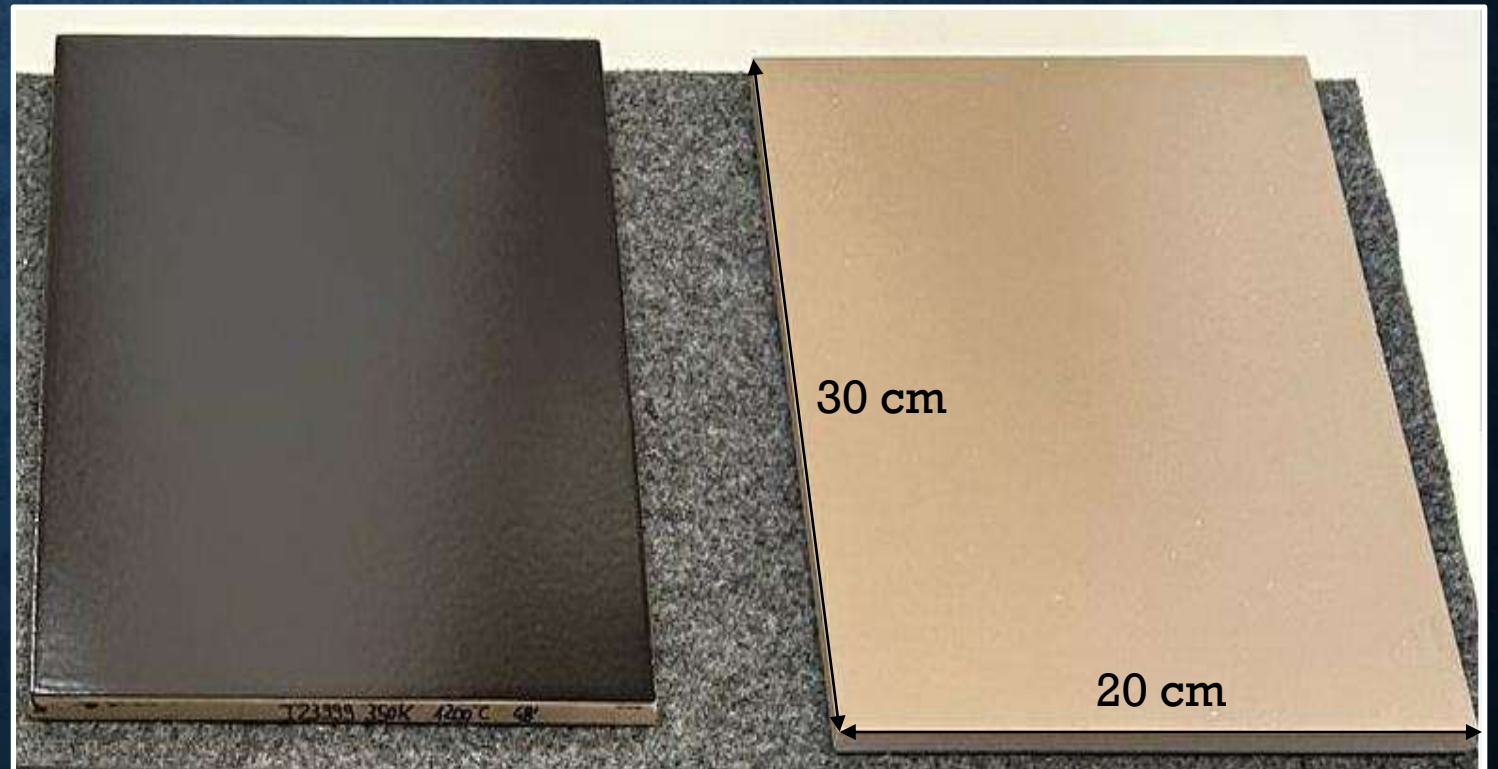
Traditional ceramic tiles, and especially porcelain stoneware, are still one of the top building materials in the world. In view to fulfil the current need to produce ceramic tiles in a less impactful way for the environment along with the increasing difficulty in providing natural raw materials, the attention of the ceramic sector has been focusing on optimizing resources.

The solution can be found in a circular economy model, in which the virgin raw materials exploitation is minimized through the recycling of materials that otherwise would be disposed as waste in landfills. The ceramic industries are able to internally reuse most of their residues created during the production steps, in fact, most of the discarded materials are reinserted into the ceramic production cycle. The next step for the sector must be to adopt a circular economy model that use "extramuros waste" corresponding to waste derived from other production chains. We have developed a ceramic glaze by utilizing the thermal inertization product of Man-Made Vitreous Fibers (MMVF) as a secondary raw material. This waste material, characterized by being completely amorphous, serves as an ideal melting component in ceramic products. We have experimented with various formulations of ceramic glazes, incorporating between 40 % and 50 wt% of this glassy material. The most promising formulation involves 44 wt% of waste, resulting in a shiny, dark ceramic glaze. This outcome underscores the suitability of this waste material as a valuable secondary raw material for the manufacture of traditional ceramic glazes.

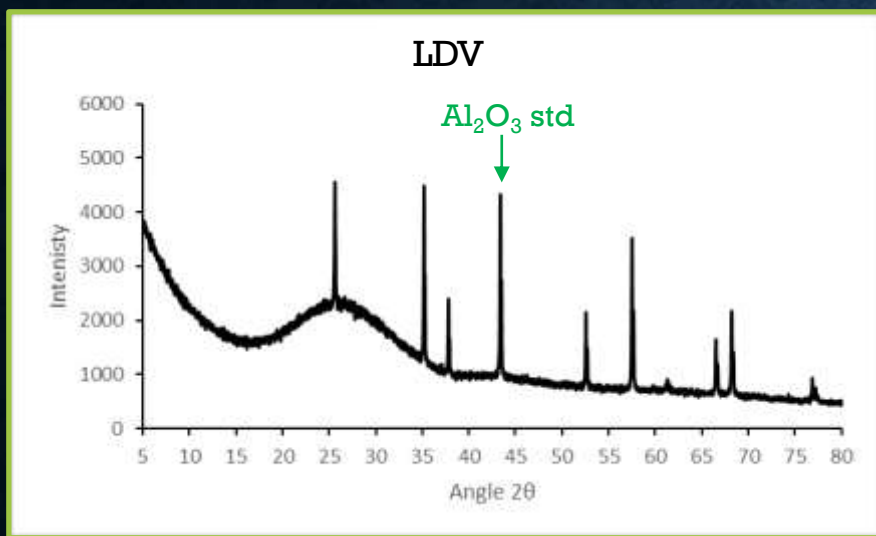
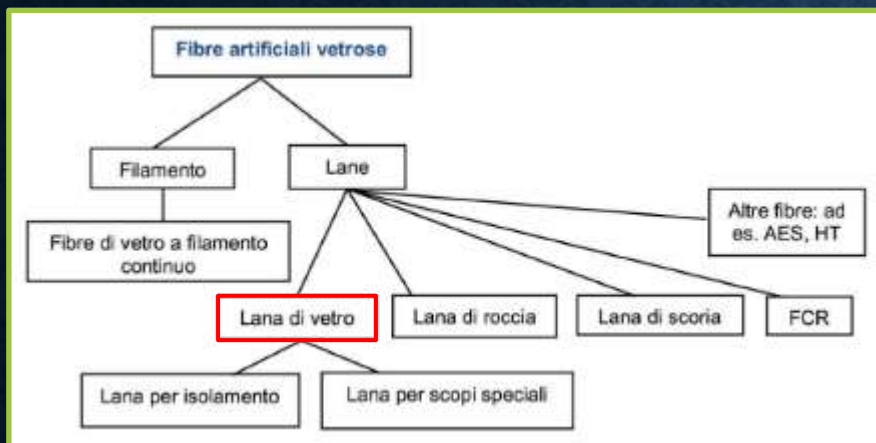


SCANSIONAMI

TEST DI SCALE-UP



LANA DI VETRO (LDV)



wt%	Re.Wo.	LDV
LOI	nd	0.05
Na ₂ O	3.55	0.24
MgO	10.20	3.04
Al ₂ O ₃	12.90	11.86
SiO ₂	45.20	58.93
P ₂ O ₅	0.17	0.05
K ₂ O	0.73	0.98
CaO	16.1	23.90
TiO ₂	1.24	0.41
MnO	0.23	0.01
Fe ₂ O ₃	9.67	0.53

- Materiale vetroso
- Completamente amorfo
- Basso contenuto di ferro
- Alto contenuto di silicio e calcio

TUTTE LE FORMULAZIONI CREATE

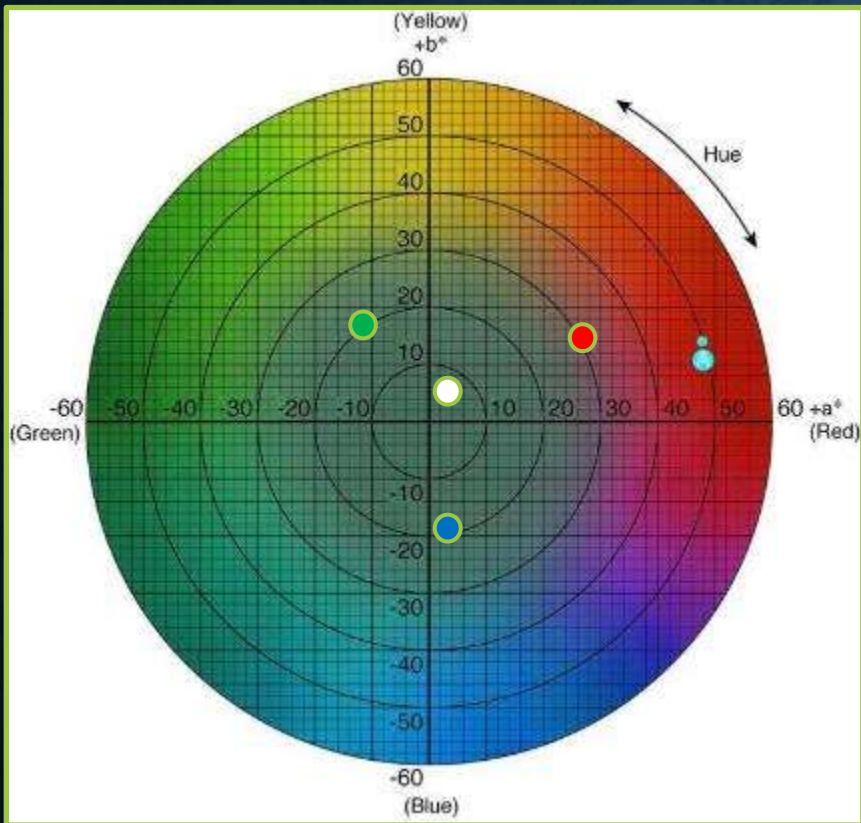
wt%	LDV	Vetro borico	Feldspato sodico	Caolino	Rutilo	Cassiterite	Silicato di cobalto	Pigmento rosso	Pigmento verde
S1	50	25	15	5	3	2	-	-	-
S2	40	25	25	5	3	2	-	-	-
S3	50	15	25	5	3	2	-	-	-
S4	39.2	24.5	24.5	4.9	2.9	2	2	-	-
S5	15	10	70	5	-	-	-	-	-
S5B	14.7	9.8	68.6	4.9	-	-	2	-	-
S5R	14.7	9.8	68.6	4.9	-	-	-	2	-
S5G	14.7	9.8	68.6	4.9	-	-	-	-	2

- Sono stati abbassati i contenuti di LDV e vetro borico ed è stato aumentato quello di feldspato sodico con il fine di aumentare la fusibilità ed il coefficiente termo-dilatometrico degli smalti;
- Il silicato di cobalto è stato utilizzato come pigmento blu;
- Gli smalti sono stati cotti utilizzando un ciclo di 69 min e raggiungendo una Tmax di 1200 °C.

GLI SMALTI COTTI



COLORIMETRIA



$L^* = 100$

	L^*	a^*	b^*
S5	85.78	2.72	8.61
S5B	29.37	3.42	-18.63
S5R	53.47	26.99	15.92
S5G	44.76	-12.65	16.40

$L^* = 0$

TEST DI RESISTENZA CHIMICA ED ALLE MACCHIE

Prove eseguite in accordo con le norme UNI EN ISO 10545-13:2016 e UNI EN ISO 10545-14:2015 standard.

Classificazione visiva	S5	S5B	S5R	S5G
NH ₄ Cl – NaClO	Classe A(V)	Classe A(V)	Classe A(V)	Classe A(V)
HCl - KOH a bassa concentrazione	Classe LA(V)	Classe LA(V)	Classe LA(V)	Classe LA(V)
HCl - KOH ad alta concentrazione	Classe HA(V)	Classe HA(V)	Classe HA(V)	Classe HA(V)
Agente macchiante verde	Classe 5	Classe 5	Classe 5	Classe 5
Olio d'oliva	Classe 5	Classe 5	Classe 5	Classe 5
Soluzione di iodio in etanolo	Classe 5	Classe 5	Classe 5	Classe 5



CONCLUSIONI

- Gli smalti contenenti Re.Wo. e LDV soddisfano i requisiti di commerciabilità in termini di resistenza chimica e rilascio di sostanze pericolose (leaching).
- Re.Wo. e LDV si confermano materie prime seconde idonee alla formulazione di smalti ceramici, anche in quantità fino al 44% e 15%.
- Il test di scale-up ha dimostrato la concreta fattibilità nell'utilizzo del Re.Wo. come alternativa sostenibile anche nella produzione su larga scala.

Ringraziamenti

Si ringrazia Zetadi s.r.l. (Ferno, Varese) per la fornitura del materiale derivante dall'inertizzazione delle FAV e per la collaborazione al progetto.

Il progetto FAV4CER è cofinanziato dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica – Direzione Generale Economia Circolare, nell'ambito del “Bando per il cofinanziamento di progetti di ricerca finalizzati allo sviluppo di tecnologie per la prevenzione, il recupero, il riciclaggio ed il trattamento di rifiuti non ricompresi nei sistemi di gestione dei consorzi di filiera, per l'eco-progettazione dei prodotti e la corretta gestione dei relativi rifiuti – Edizione 2021”.

DOMANDE !?

Contattaci !!!



SCANSIONAMI



SCANSIONAMI

