

**A-FIRE** Asbestos **F**ast **I**nergization and **RE**use  
Processo d'Inertizzazione 4.0 del Cemento-Amianto  
& Riutilizzo Industriale della materia prima



UIBM: Invenzione Industriale n°25588/'17 (**Processo d'inertizzazione**)

UIBM: Invenzione Industriale n°128889/'17 (**Processo di Riutilizzo**)

**Paolo Tuccitto Inventore e Contitolare dei Brevetti**

**Florida (Sr) 23 marzo 2019**



# In Evidenza



Unico Brevetto al Mondo con Tecnologia **INDUSTRY 4.0**

Tempi per l'Inertizzazione: **15 MINUTI**

Costi di Trattamento: **€. 60/70 L'ORA**

Quantità Standard: **800/1.000 KG.ORA**

Solamente 3 Brevetti al Mondo ('89-'92 '06) **convertono il CRISOTILO in FORSTERITE**

Risultato Certificato da più Università (Firenze e Siena): **FORSTERITE/LARNITE**  
Nesosilicati Inerti, Rari e Pregiati di Magnesio (PERIDOTO) e Calcio

Possibilità di Riutilizzo: **in DECINE di APPLICAZIONI INDUSTRIALI**

Anno 1989 - Pubblicazione Scientifica dello IARC c/o l'U.E. : **l'AMIANTO INERTIZZATO**  
**RIDUCE CONSIDEREVOLMENTE GLI EFFETTI CANCEROGENI**

Anno 2009 - Kitasato University di Tokyo & St. Marianna University di Kawasaki :  
**LA FORSTERITE NON PROVOCA INFIAMMAZIONI AL DNA**

**LEGGE EUROPEA N°150/2018: Economia Circolare**

Studio INAIL-DIT: **non risultano impianti d'Inertizzazione in Italia**

## UTILIZZO DEI DATI

Potenza di Calcolo &  
Connettività –  
Centralizzazione delle  
Informazioni e la Loro  
conservazione

1

## PROCESSO DI RACCOLTA E ANALISI

Capacità d'immagazzinare  
grandi volumi di Dati e Valori

2

## Cos'è INDUSTRY 4.0

È la 4<sup>o</sup> rivoluzione Industriale  
Si sviluppa su 4 Direttrici

## INTERAZIONE TRA UOMO E MACCHINA

Realtà Aumentata -  
Comunicazioni

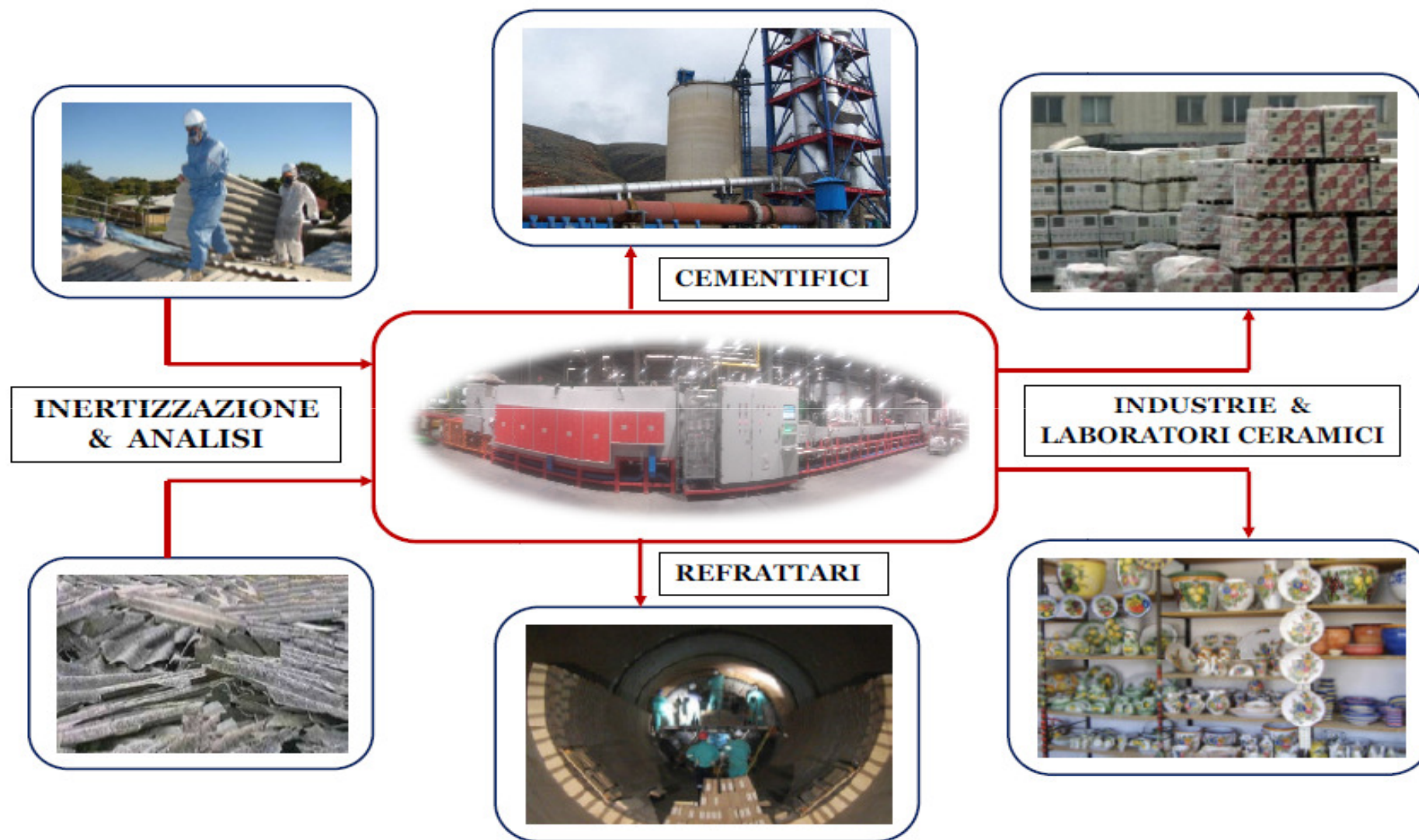
3

## PASSAGGIO DAL DIGITALE AL REALE

Robotica – Innovazione –  
Interazione Machine To  
Machine – Ottimizzazione  
energetica, Costi e prestazioni

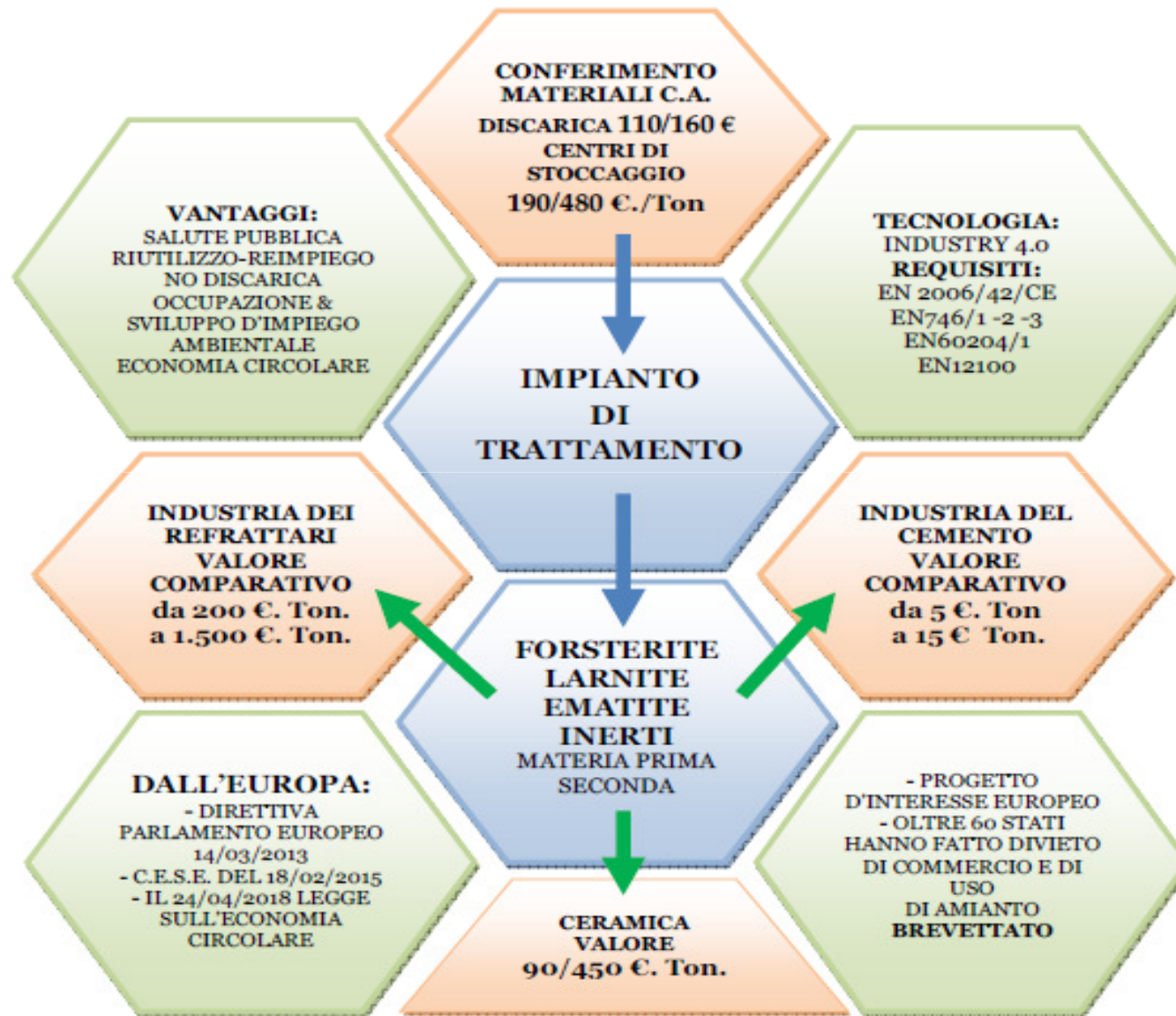
4

# Amianto: Modello di Economia Circolare





# Amianto: Modello di Economia Circolare (dati economici)



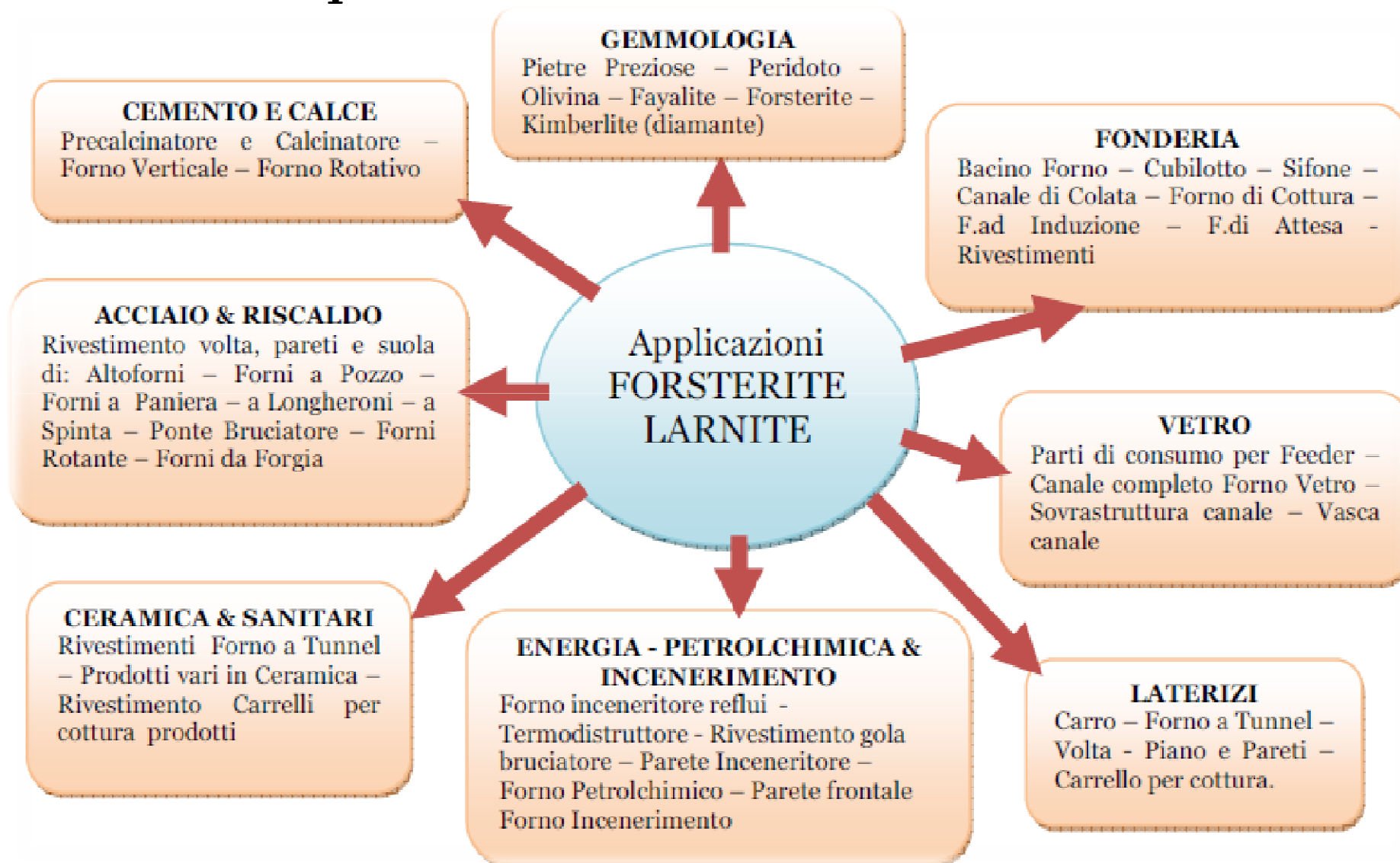
## Settori Industriali:

- Altoforno
- Acciaierie
- Industrie metallurgiche
- Fonderie (ferrosi e non ferrosi)
- Alluminio
- Energia e centrali termiche
- Inceneritori
- Cementerie e produzione calce
- Laterizi e Ceramica
- Chimico/Petrolchimico
- Industria del vetro
- Gemmologia e Preziosi

Di seguito alcuni esempi derivanti dal settore della Ceramica.



# Settori di applicazioni della Materia Prima post-trattamento d'Inertizzazione



Tutti i Diritti Sono Riservati

## Funzionamento dell'impianto industriale di Inertizzazione

**Il processo termochimico di inertizzazione** del cemento-amianto descritto nel Ns. brevetto è un procedimento testato, ripetibile e sperimentato da circa due anni con test ripetuti su materiali di vario contenuto di amianto (dal 7 al 18%) e ottenuto su un impianto industriale in modo continuo senza effetto massa consistente. **Nessuna tecnologia industriale al Mondo è mai riuscita a convertire il materiale in 10-15 minuti** e sostenere concretamente la possibilità che lo smaltimento in discarica non sia più l'unica soluzione economicamente conveniente. Il processo rispetta le Direttive **INDUSTRY 4.0 – Patent. n°25588/'17**



# Tecniche di Analisi Utilizzate


**SPETTROSCOPIA ad INFRAROSSI FT-IR**



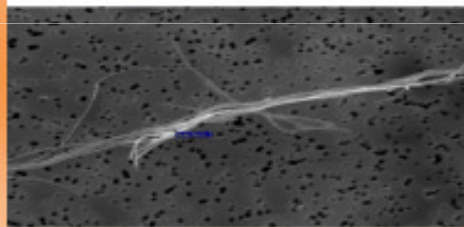
**ANALISI RIPETUTE**

**RISULTATO**

**Valore Riscontrato: ASSENTE**



**MICROSCOPIO ELETTRONICO SEM + TEM**



**DAL 23/01/'17**

**RISULTATO**

**CRISTALLIZZAZIONE**



**A Dicembre 2018**

**DIFFRATTOMETRIA a RAGGI X**



**RISULTATO**

**DEOSSIDRILLAZIONE**



**FORSTERITE      LARNITE**

**DURATA PROCESSO 15''**





UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DST**  
Dipartimento di  
Scienze della Terra



*Università degli Studi di Firenze*

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA

50121 FIRENZE - Via G. La Pira, 4

Partita IVA 01279680480

Firenze, 11/04/2017

All'att.ne Sig. Paolo Tuccitto  
Via Memmenano 1/D  
52014 Poppi (Arezzo)

Come da richiesta giunta al nostro Dipartimento, sono state effettuate analisi mineralogiche su il campione da voi inviatoci etichettato: "Campione lastra eternit sottoposto a trattamento termico di 1100°C".

Le analisi sono state eseguite per diffrazione a raggi X utilizzando un Diffratometro Philips PW 1050/37, con sistema di acquisizione dati X'Pert PRO Philips, operando a 40 kV-20 mA, con anodo al Cu, monocromatore a grafite, intervallo  $2\theta$  5-70°, limite di rilevabilità 4%.

I picchi di diffrazione permettono di rilevare la presenza di larnite ( $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ ). Considerando la tipologia di campione e il trattamento termico ricevuto, siamo in grado di identificare anche la fase forsterite ( $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ ), pur caratterizzata da un numero di riflessi non completo (Figura 1).



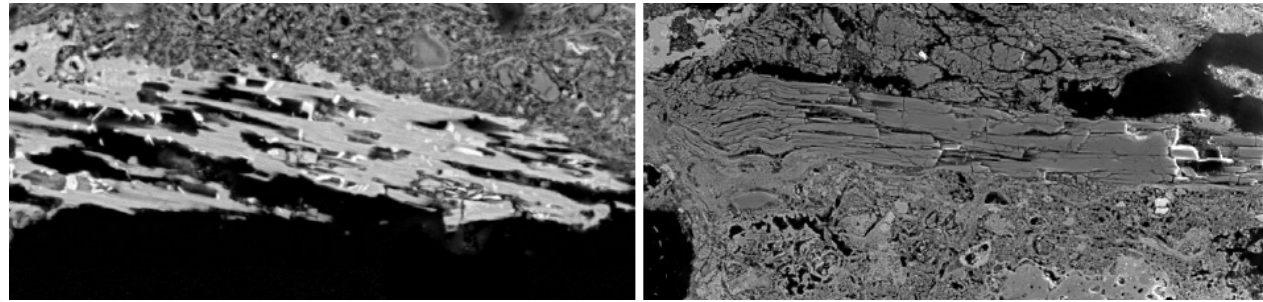
**FORSTERITE**



**LARNITE**



UNIVERSITÀ  
DI SIENA  
1240



*Università degli Studi di Siena*

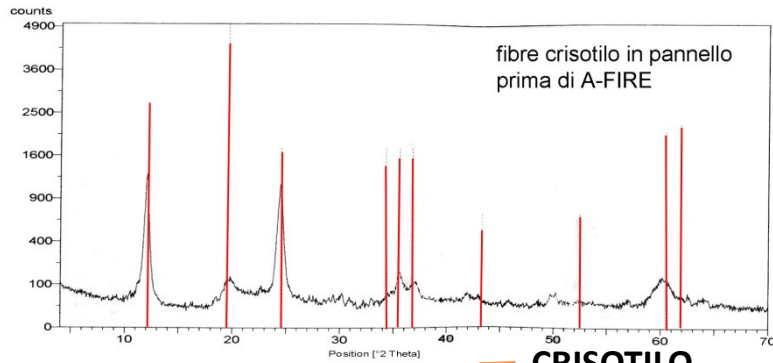
*Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente*

Le originarie fibre di amianto mostrano anch'esse evidenze di decomposizione, reazione e trasformazione in altre fasi mineralogiche, non fibrose. Anche in questo caso, si hanno fenomeni di pseudomorfosi (*PSEUDOFIBRE*, ovvero l'abito fibroso dal minerale originario viene "ereditato" ed apparentemente mantenuto, nonostante sia costituito da cristalli nanometrici non fibrosi).

Un'altra caratteristica delle pseudofibre nel campione inertizzato è la notevole riduzione nella resistenza meccanica: a differenza di quanto osservato nel campione pre-inertizzazione, le pseudofibre mostrano un comportamento estremamente fragile, con tendenza alla fratturazione pervasiva.

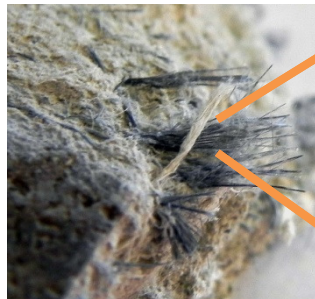
Diffrattogramma a raggi X eseguito sulle sole **pseudofibre di colore bianco**, selezionate dal pannello inertizzato. Le righe rosse corrispondono ai picchi della **FORSTERITE** (nesosilicato di Mg, con formula  $Mg_2SiO_4$ ), tipico prodotto della decomposizione termica del serpentino. Si sottolinea la completa scomparsa dei picchi del serpentino (crisotilo), in particolare del picco diagnostico a circa  $12^\circ$  in  $2\theta$  (picco del riflesso 001 a  $7\text{\AA}$ ).

**AMIANTO IN ETERNIT → FASI CRISTALLINE POST A-FIRE**

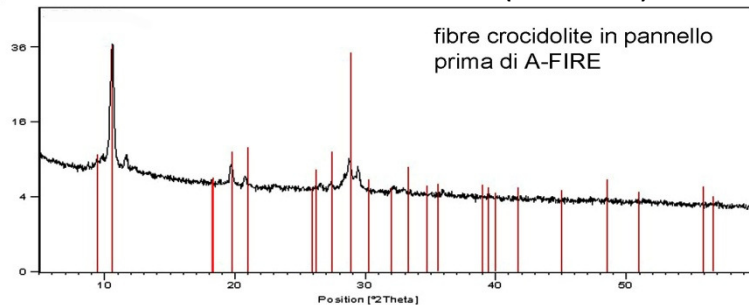


fibre crisotilo in pannello prima di A-FIRE

**CRISOTILO**  
(fibre bianche)

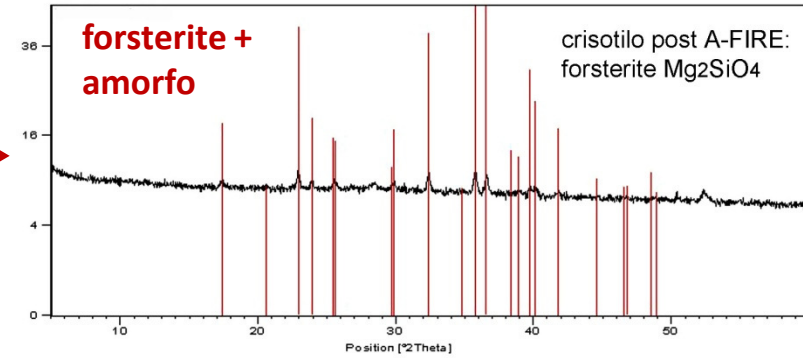


**CROCIDOLITE**  
(fibre blu)



fibre crocidolite in pannello prima di A-FIRE

Peak List
Magnesianbeckite; Na2 Mg3 Fe2 Si8 O22 (OH)2; 00-029-1238

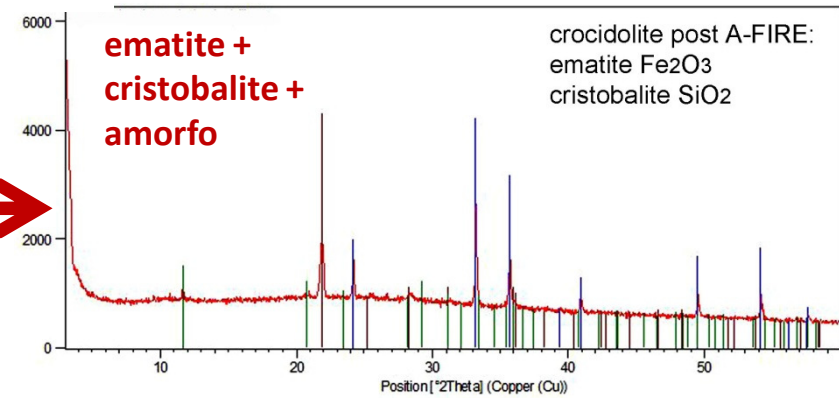


**forsterite + amorfo**

crisotilo post A-FIRE:  
forsterite Mg2SiO4



Mg2 Si O4; 00-021-1280



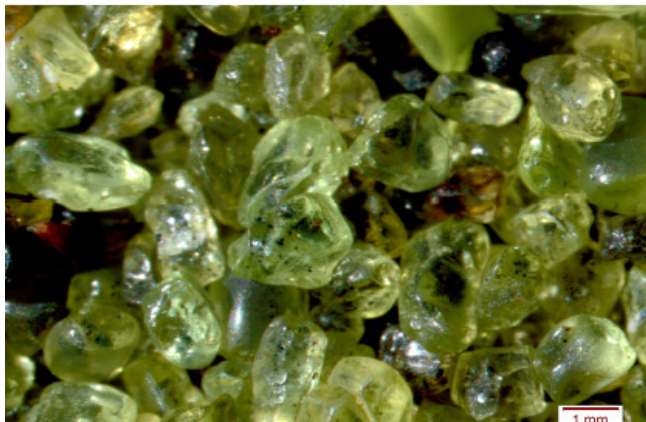
**ematite + cristobalite + amorfo**

crocidolite post A-FIRE:  
ematite Fe2O3  
cristobalite SiO2

Peak List
Hematite; s/r Iron Oxide; SQ: 0 [%]
Cristobalite low; Silicon Oxide; SQ: 0 [%]
Gypsum; Calcium Sulfate Hydrate; SQ: 0 [%]



**La Forsterite** è un Nesosilicato di Magnesio,  $Mg_2SiO_4$ . Ha una temperatura di fusione attorno ai  $1910^{\circ}C$ . Per le sue caratteristiche dielettriche, viene utilizzata come costituente di materiali refrattari ed abrasivi, in apparecchi elettronici ad alta frequenza, pellicole sottili, ceramiche, leghe ed in collanti per alte temperature. In più occasioni è stata studiata l'ipotesi di introdurla come base per moderne protesi da installare nel corpo umano e quindi di considerarla a tutti gli effetti come un biomateriale. I cristalli di dimensioni maggiori, vengono anche utilizzati nel settore delle gemme e nella creazione di gioielli. I giacimenti



minerari sono rari e poco diffusi. In Italia ne sono stati rinvenuti nei geodi dei frammenti vulcanici del Monte Somma sul Vesuvio, mentre nel resto d'Europa solo in Norvegia, negli USA nel Massachusetts. I colori in natura sono: verde, giallo, verde pallido, bianco ed incolore. In gemmologia è chiamata Olivina o Peridoto



**La Larnite** è un Nesosilicato di Calcio,  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ . Ha una temperatura di fusione attorno ai  $2.130^\circ\text{C}$ . La Larnite è un composto raro e poco conosciuto ma, può anche essere formata artificialmente, soprattutto durante la sintesi di materiali refrattari e ceramici. È anche conosciuta come Silicato Bicalcico, uno dei costituenti principali del Clinker di Portland ed è presente nella chimica del cemento con il nome di Belite. Le rocce ricche di Larnite sono etichettate, "Rocce di origini meteoritiche". Il prefisso "**Neso**" dal termine Nesosilicato, viene dal Greco e significa **isola**. Non sono presenti siti minerari in Italia, mentre in Europa



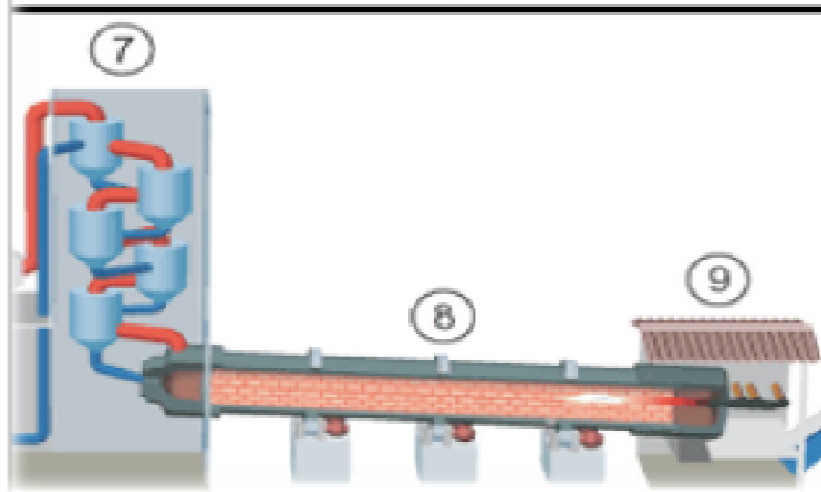
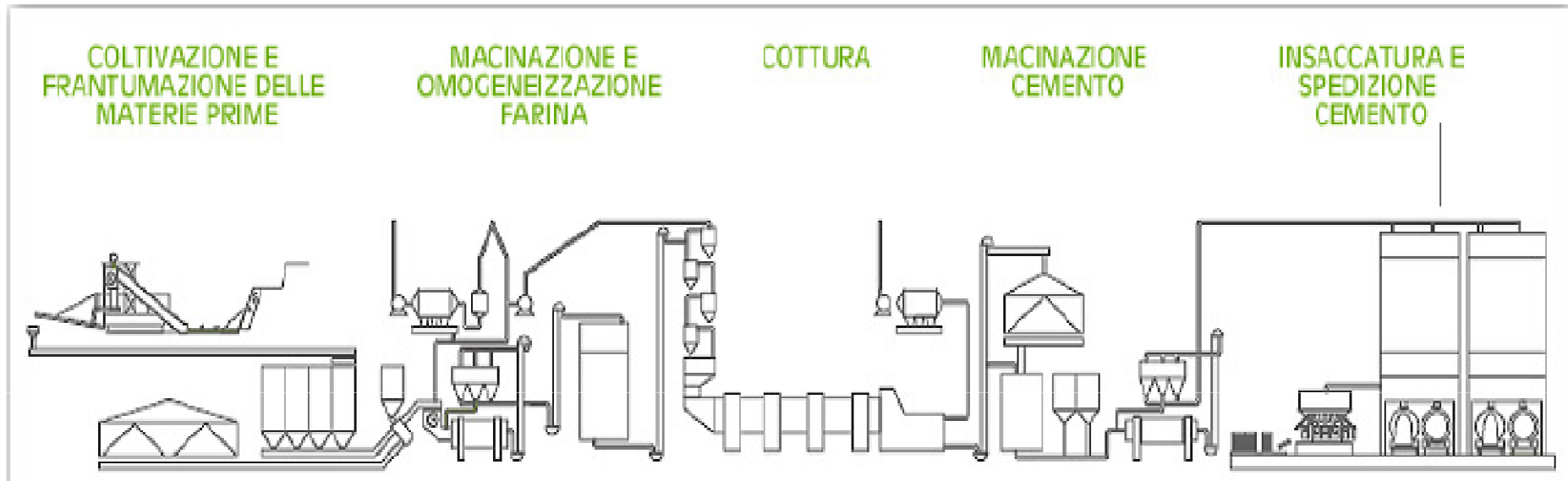
solamente in Renania (D) e in Irlanda del Nord (Contea di Antrim). **I Nesosilicati** rappresentano circa il 5% delle specie di minerali conosciuti ed appartengono alla classe mineralogica dei Silicati che a Sua volta costituiscono circa il 90% dei minerali presenti nella superficie o "crosta terrestre". Il Gruppo dei Silicati rappresentano circa il 25% dei materiali conosciuti.



# Riutilizzo della materia-prima nel processo di inertizzazione: **Forsterite e Larnite** - Patent n°128889/'17



# Modello di Economia Circolare - Cementifici: da Cemento/Amianto a **Forsterite e Larnite** Patent n°128889/'17



## PROCESSO DI COTTURA

**7 - Torre di Preriscaldamento:** la farina è riscaldata (850/1.000°C.) prima di entrare nel Forno Rotante

**8 - Forno Rotante:** trasformazione del materiale in cottura alla temperatura di 1.450°C. fino alla formazione del Clinker, una roccia artificiale ottenuta dalla cottura della farina. **Qui si forma la LARNITE in concentrazione dal 18 al 25%.**

**9 - Raffreddatore:** il Clinker è bruscamente raffreddato per mezzo dell'esposizione ad aria fredda.

L'aggiunta di materiali come gesso, ceneri volanti, pozzolana, calcare in varie concentrazioni, danno origine al Cemento.





# Modello di Economia Circolare - Ceramica: da Cemento/Amianto a **Forsterite e Larnite** – esempi n.1 e 2



## Cod. Sinterizzato P20 1-B

### Composizione:

18%	<b>Forsterite/Larnite</b>	55% Terra Rossa
7%	Fondente C.315	9% Chamotte
11%	Acqua	

**Caratteristiche:** La Cottura con forno a muffola a 950°C. Prodotto Refrattario con ottima resistenza meccanica, poroso al tatto, buono l'assorbimento in acqua. Il ritiro ceramico è normale, attorno all'8%.



## Cod. Sinterizzato A19

### Composizione

50%	<b>Forsterite e Larnite</b>	25% Smalto Bleu C8320
10%	Terra Rossa	5% Cristallina Bleu FC 1/E
10%	Acqua	10%

**Caratteristiche:** Cottura a 950°C. Il prodotto si presenta poroso, traspirante, simile ad un filtro ma con elevata resistenza agli urti. La porosità e la filtrazione dell'acqua si manifesta anche sulle pareti e non solamente sulla base. Il trattamento ha prodotto un colore verde naturale simile ad un granito



# Modello di Economia Circolare - Ceramica: da Cemento/Amianto a **Forsterite e Larnite** – esempio n.3



**Cod. Sinterizzato AD17**

**Composizione:**

**51% Forsterite/Larnite**

5% Cristallina APT 1/80

5% COD.315

10% Terra Rossa

5% Quarzo

10% Chamotte

5% Bentonite

9% Acqua

**Vedi analisi a pagina seguente**

**Pareri ed Interpretazioni:** il campione analizzato **soddisfa** le prescrizioni della Direttiva 2005/31/CE ed il Regolamento CE n.1935/2004 riguardanti i **manufatti destinati a venire a contatto con alimenti**.

**Caratteristiche:** Cottura a 940°C. Adatto per il contatto con gli alimenti, come da analisi, ottimo per la monocottura. Autosmaltante, resistente agli urti simile ad un gres. Riuscito il test lavastoviglie e microonde.

**RAPPORTO DI PROVA N.57886**

**Riferimento Slide 17**

**Denominazione campioni:** Ciotolino ovale Iarnite/forsterite, smalto bleu SC408

**Data ricezione:** 12 gennaio 2018

**Modalità ricezione:** Consegnata diretta in laboratorio

**Campionamento effettuato da:** A cura del cliente

**Parametri richiesti:** Determinazione della Cessione di PIOMBO e CAMDIO su oggetti ceramici. Metodo di analisi UNI-EN 1388-1 /1997

**Pareri ed Interpretazioni:** Per quanto riguarda la cessione del Piombo e del Cadmio i campioni analizzati **soddisfano** le prescrizioni della Direttiva 2005/31/CE che modifica la Direttiva 84/500/CE ed il Regolamento CE n.1935/2004 riguardanti i **manufatti destinati a venire a contatto con alimenti**.

**Il Ministero della Salute** con DM del 1/02/07 ha recepito tale Direttiva (GU n°66 del 20/03/07).



Cod. campione	Descrizione campione	Cessione Piombo				Cessione Cadmio				Volume riempimento (ml)	Categoria D.M.S. 4/4/85
		mg/L	incertezza (2)	mg/dm2	incertezza (2)	mg/L	incertezza (2)	mg/dm2	incertezza (2)		
CP6557	Ciotolino ovale Iarnite/forsterite, smalto blu SC408	0,40	0,04	(1)	-	N.R.	-	(1)	-	35	3



## Modello di Economia Circolare - Ceramica: da Cemento/Amianto a **Forsterite e Larnite** – esempi n. 4 e 5



### Cod. Sinterizzato F13

#### Composizione:

**61% Forsterite/Larnite**      3% Cristallina APT 1/80  
3% Fondente Cod.315      12% Terra Rossa  
6% Chamotte      6% Bentonite      9% Acqua

**Caratteristiche:** Cottura a 950°C. Impasto chiuso caratteristica di un gres porcellanato. Adatto per lavaggio in lavastoviglie e in forni a microonde. Smaltato in monocottura.



### Cod. Sinterizzato C14

#### Composizione:

**86% Forsterite/Larnite**      6% Vetro  
6% Smalto Bleu C 8320      2% Acqua

**Caratteristiche:** Cottura a 950°C. in forno elettrico. E' la massima concentrazione testata con bassissima % di acqua. Ottimo Refrattario.

# Modello di Economia Circolare – Mattoni Refrattari: da Cemento/Amianto a **Forsterite e Larnite**



Cod. Sinterizzato OT-3  
Mattoni refrattari 22 x 8 h.4

Composizione:

<b>500 grammi</b>	<b>Forsterite/Larnite</b>
100 grammi	Fondente C.315
50 grammi	Chamotte
60 grammi	Bentonite
50 grammi	Acqua

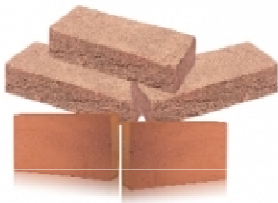


**Caratteristiche:** Cottura a 1.180°C. in forno elettrico. Impasto refrattario Basso peso specifico (leggero). Il prodotto non ha subito alcun ritiro durante la cottura. **Alcuni mattoni sono attualmente testati in un forno rotativo da Colacem Spa**



## Cosa sono i **mattoni refrattari**?

I **mattoni refrattari** sono mattoni realizzati con **materiale** in grado di sopportare **temperature elevate**.



### Tipologie:

Mattoni refrattari di **argilla**



Mattoni refrattari di **cromite**



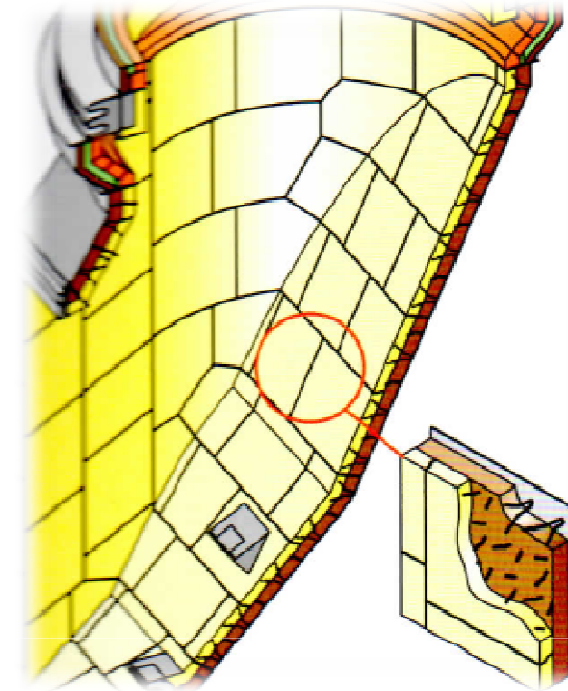
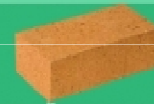
Mattoni refrattari di **magnesite**



Mattoni refrattari di **bauxite**



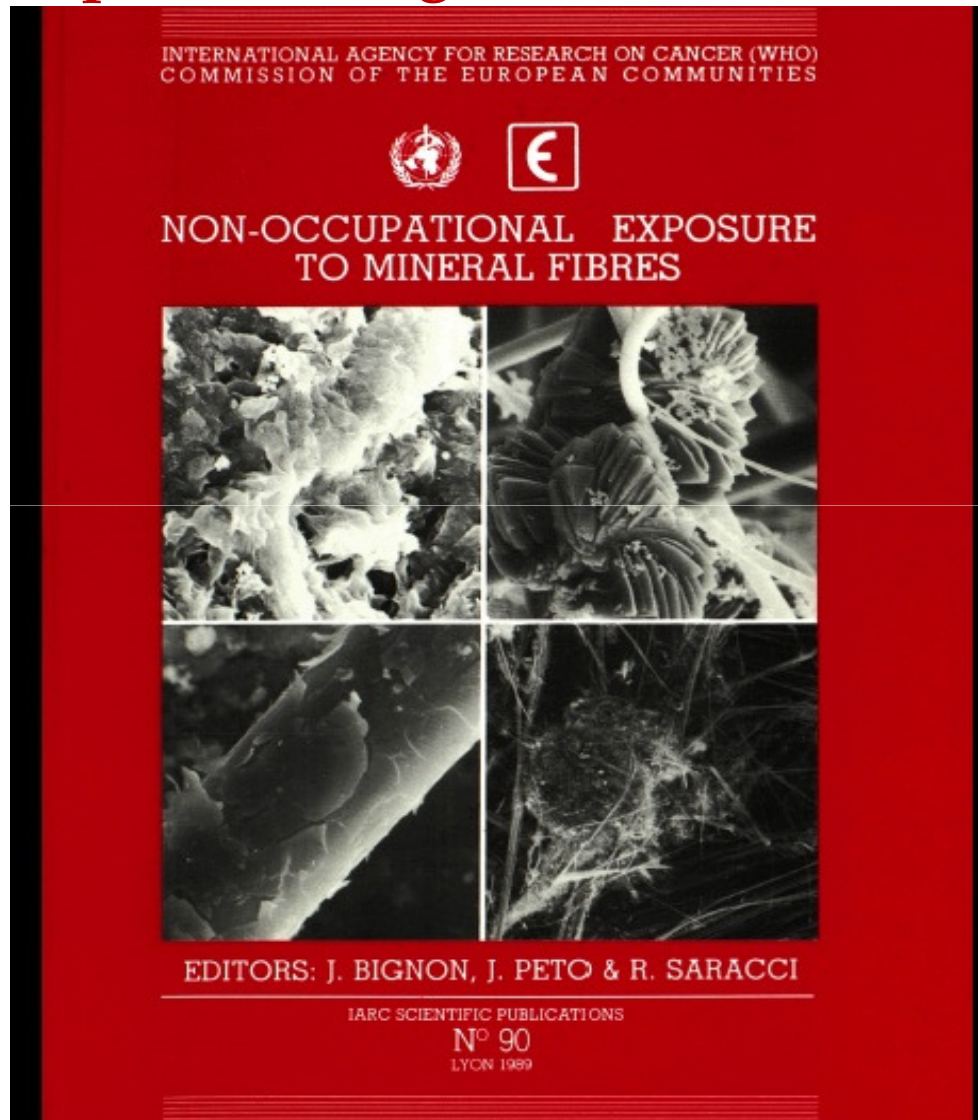
Mattoni **DINAS**



La tipologia più comune di mattoni refrattari è realizzata partendo da un impasto di argilla refrattaria, ossia ossido di Alluminio in percentuale compresa tra il 50% e l'80% e ossido di Silicio in percentuale compresa tra il 50% ed il 20%. Variando opportunamente le percentuali e le specie chimiche dell'impasto di base si otterranno molte tipologie di mattoni refrattari. **Mattoni forsteritici**: contengono forsterite e si preparano partendo da silicati di magnesio macinati addizionati di magnesia calcinata (in modo che l'ossido di magnesio combini tutta la silice come forsterite e gli ossidi di ferro e di alluminio; la miscela dei componenti è compressa in stampi metallici e i manufatti sono cotti a circa 1.600 °C; si preparano anche mattoni forsteritici per elettrofusione. **(Forsterite Refractory Bricks)**

# L'Amianto Inertizzato non è più cancerogeno (anno 1989)

m



## RECENT RESULTS OF CARCINOGENICITY BIOASSAYS OF FIBRES AND OTHER PARTICULATE MATERIALS

C. Maltoni & F. Minardi

*Institute of Oncology, Bologna, Italy*

*Summary.* Different types of natural, commercial and modified asbestos fibres were tested in a highly standardized manner by peritoneal injection into rats and mice in order to assess their carcinogenicity.

Differences in mesotheliomatogenic effect were found between the various materials tested. Of particular interest is the finding that treatment of the fibres with phosphorus oxychloride and heating to 300°C markedly reduces the carcinogenicity of chrysotile fibres.

## ISTITUTO ONCOLOGICO DI BOLOGNA C. Mattoni & F. Minardi

### *Sommario.*

Diversi tipi di fibre di amianto naturali, tradizionali e modificate sono state testate in un ranner altamente standardizzato mediante iniezione peritoneale nei ratti e Topi per valutare la loro cancerogenicità.

Differenze nell'effetto mesoteliomatogeno sono state riscontrate tra le varie Testati. Di particolare interesse è la constatazione che **il trattamento delle fibre con ossicloruro di fosforo e il riscaldamento a 300 ° C riduce notevolmente il Carcenogenicità delle fibre crisotili.**

## IARC - Test di Cancerogenicità delle Fibre anno 1989

**Table 6. Gross findings after 76 weeks in tests on various types of chrysotile and other non-asbestos fibres (experiment BT 2111)<sup>a</sup>**

Material		Treatment	Dose (mg)	Peritoneal mesotheliomas		
Code	Type			Tumour-bearing animals		Average latency time (weeks)
				No.	%	
Chr 5	Short chrysotile 7 (by water fractionation of Paperbestos 5) <sup>b</sup>	-	10	11	27.5	57.0
			5	4	10.0	59.7
			1	0	-	-
Chr 6	Short chrysotile 7 (by water fractionation of Paperbestos 5) <sup>b</sup>	POCl <sub>3</sub> + 300°C	10	0	-	-
			5	0	-	-
			1	0	-	-
Chr 7	Chrysotile (Canada, UICC)	-	10	14	35.0	61.6
			5	11	27.5	60.3
			1	0	-	-
Chr 8	Chrysotile (Canada, UICC)	POCl <sub>3</sub> + 300°C	10	3	7.5	61.0
			5	1	2.5	67.0
			1	1	2.5	64.0
9	Fiberfrax	-	10	5	12.5	65.2
			5	0	-	-
			1	0	-	-
10	Kevlar fibres	-	10	0	-	-
			5	0	-	-
			1	0	-	-

**Tabella 6.** Risultati lordi dopo 76 settimane di test su vari tipi di crisotilo e altre fibre non di amianto

I Mesioteliomi Peritoneali sono già evidenti nei ratti sottoposti ad esposizione di fibre di Crisotilo ed altre fibre di Amianto (Chr5-7-8-9). **Nessuna comparsa invece nei ratti a cui è stato somministrato Crisotilo inertizzato (Chr6) o fibre artificiali - sintetiche di Kevlar (punto 10).**

**Kevlar:** grande resistenza al calore e alla fiamma. Utilizzato come fibra di rinforzo in giubbotti antiproiettile, di attrezzature per gli sport estremi e per componenti usati in aereoplani, imbarcazioni, vetture da competizione, ecc.ecc.



# Inhalation Toxicology

International Forum for Respiratory Research

Anno 2009 – Pubblicazione Scientifica:

*Forsterite exposure causes less oxidative DNA damage and lung injury than Chrysotile exposure in rats*



北里大学医学部  
Scuola di Medicina dell'Università di Kitasato

Kitasato University School of  
Medicine - TOKYO



学校法人 聖マリアンナ医科大学  
St. Marianna University School of Medicine

St. Marianna University School of  
Medicine - KAWASAKI  
Centro Medico di eccellenza FIFA dal 2007

## Test Tossicologico in vivo - Abstract:

Rispetto al Gruppo Crisotilo, ove si evidenzia un'inflammatione polmonare acuta, il Gruppo Forsterite non mostra lesioni progressive fibrose. Questi risultati confermano che la Forsterite provoca un'inflammatione significativamente inferiore e danni al DNA ossidativo nei polmoni rispetto al Crisotilo.

# Adesioni al Progetto



**Università di Siena**  
**Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente**

**UGIS (Unione dei Giornalisti Scientifici Italiani)**  
**FAST (Federazione delle Associazioni Scientifiche e Tecniche)**



**Centro di Ricerca sul Cancro**  
**Cesare Maltoni – Ist. Ramazzini**

**Societa' Siciliana**  
Titolare di Autorizzazioni  
????

**INNOVACOOP**  
**Emilia Romagna**





**Grazie per l'attenzione**

Per informazioni

Paolo Tuccitto +39 335/259193 +39 0575/529435

Sergio Grillo +39 335/6115926 +39 0438/303880

E-mail: [paolo@tuccitto.com](mailto:paolo@tuccitto.com) – [sergiogrillo@scameforni.com](mailto:sergiogrillo@scameforni.com)