

POLITECNICO DI TORINO  
Repository ISTITUZIONALE

"Materiale edilizio ottenuto da attivazione alcalina di minerali contenuti in prodotti e residui da attività estrattiva e lavorativa e processo di produzione di un tale materiale edilizio"

*Original*

"Materiale edilizio ottenuto da attivazione alcalina di minerali contenuti in prodotti e residui da attività estrattiva e lavorativa e processo di produzione di un tale materiale edilizio" / Palmero, Paola; Zerbinatti, Marco; Tulliani, Jean-Marc; Antonaci, Paola; Formia, Alessandra; Marian, Massimo; Cerutti, Marco. - (2015).

*Availability:*

This version is available at: 11583/2742920 since: 2019-07-20T14:12:53Z

*Publisher:*

*Published*

DOI:

*Terms of use:*

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

*Publisher copyright*

(Article begins on next page)

Descrizione dell'Invenzione Industriale avente per  
titolo:

“MATERIALE EDILIZIO OTTENUTO DA ATTIVAZIONE  
ALCALINA DI MINERALI CONTENUTI IN PRODOTTI E  
5 RESIDUI DA ATTIVITÀ ESTRATTIVA E LAVORATIVA E  
PROCESSO DI PRODUZIONE DI UN TALE MATERIALE  
EDILIZIO”

a nome:

- POLITECNICO DI TORINO, di nazionalità  
10 italiana, con sede in Corso Duca degli Abruzzi 24 -  
10129 TORINO (TO);

- CENTRO SERVIZI LAPIDEO - Centro Servizi  
Lapideo del Verbano Cusio Ossola, di nazionalità  
italiana, con sede in Via Chavez 16 - 28865  
15 CREVOLADOSSOLA (VB);

- CONSORZIO INSTM - Consorzio Interuniversitario  
Nazionale per la Scienza e Tecnologia dei  
Materiali, di nazionalità italiana, con sede in  
Piazza San Marco 4 - 50121 FIRENZE (FI);

20 - CERUTTI Marco, di nazionalità italiana,  
residente in Corso Risorgimento 49 - 28823 Ghiffa  
(VB).

Inventori designati: PALMERO Paola - ZERBINATTI  
Marco - TULLIANI Jean-Marc - ANTONACI Paola -  
25 FORMIA Alessandra - MARIAN Massimo - CERUTTI Marco.

Depositata il \_\_\_\_\_ al n. \_\_\_\_\_

#### DESCRIZIONE

La presente invenzione si riferisce ad un materiale edilizio ottenuto da attivazione alcalina di minerali contenuti in prodotti e residui da attività estrattiva e lavorativa.

La presente invenzione si riferisce altresì ad un processo di produzione di tale materiale edilizio.

In particolare, la presente invenzione si riferisce ai minerali presenti nei fanghi provenienti dal taglio di materiali lapidei ricchi di silicati o dall'impiego di altri prodotti di lavorazione ed estrazione da cava, quali ad esempio le cosiddette materie prime secondarie "MPS" costituite da scarti di lavorazione delle materie prime o dal recupero e dal riciclaggio dei rifiuti.

I fanghi di segagione rappresentano la componente più fine delle parti di roccia prodotte dal taglio e dalla lavorazione delle pietre ornamentali, con una granulometria che varia dai pochi  $\mu\text{m}$  fino a pochi mm di diametro. In genere oltre il 50% dei granuli di limo ha un diametro inferiore a 0.025 mm. Questo materiale si ritrova inizialmente in sospensione nelle acque

dell'impianto di lavorazione impiegate per il raffreddamento dei macchinari; appena disidratato costituisce una sorta di impasto fangoso che tende alla cementazione.

5           Le MPS derivano da scarti lapidei sottoposti a processi di arricchimento minerario, per la produzione di materie prime. In generale, il minerale è sottoposto a separazione magnetica che ne consente la separazione in diverse frazioni,  
10 dalle più pregiate a quelle identificate come sottoprodotti, a seconda del contenuto di minerali ricchi in ferro. Fino a qualche anno fa, il mercato assorbiva le MPS per la produzione di prodotti ceramici, per esempio gres porcellanato, ed i loro  
15 sottoprodotti, impiegati nel mercato delle sabbie industriali, dei pre-miscelati per l'edilizia, delle guaine bituminose e dei calcestruzzi, usati come riempitivi inerti. Attualmente l'assorbimento dal mercato di tali  
20 materiali è estremamente limitato, con svantaggi soprattutto dal punto di vista dell'impatto ambientale e visivo dei fronti estrattivi residui, in particolare sui versanti montani interessati dalle discariche estrattive.

Le attività di estrazione e lavorazione della pietra sono responsabili della generazione di una notevole quantità di scarti sia sotto forma di limi o fanghi sia con granulometrie più grossolane. Per valutare l'entità del problema, si consideri che in Europa vengono cavati annualmente 30 milioni di tonnellate di materiale lapideo, che costituisce quasi il 40% delle estrazioni mondiali. Rispetto a tutto il materiale cavato, meno del 50% viene effettivamente utilizzato a fini ornamentali. Infatti, il 25-50% di materiale viene scartato in cava a causa dell'infermità dei blocchi, il 20-30% del materiale viene perso in fase di taglio originando i fanghi, mentre il 4-6% viene eliminato in fase di lavorazione superficiale. Dunque da 100 kg di pietra si può ricavare anche solo 25 kg di prodotto finito, i restanti 75 kg costituiscono rifiuto. In particolare le operazioni di taglio e rifilatura, assieme a quelle di finitura, producono polveri che si miscelano all'acqua utilizzata per il raffreddamento degli utensili diamantati e per l'abbattimento delle polveri stesse. I reflui che ne derivano subiscono processi successivi di decantazione e filtro-pressatura che consentono il recupero della frazione acquosa, poi reimpiegata, e

portano i fanghi ad una consistenza palabile di circa il 70 - 75 % di sostanza solida.

La gestione e lo smaltimento di questi sottoprodotti origina impatti sull'ambiente e costi supplementari per le aziende. Infatti, in seguito all'entrata in vigore dell'Ordinanza federale sui rifiuti speciali (OTRs) e, per parte italiana, del Decreto Ronchi (Legge 22/1997) e del Decreto Ministeriale 03/08/2005, i fanghi derivanti dal processo di lavorazione dei materiali lapidei sono classificati come rifiuti speciali. Sono emersi quindi nuovi problemi formali relativi al loro smaltimento, tenuto conto che il tema fanghi va affrontato con autorizzazioni, trattamenti o depositi in discariche ufficiali, sostenendo quindi un ulteriore costo di smaltimento derivante dal trasporto e dalla tassa di discarica. Secondo stime recenti, includendo gestione impianti, trasporto dal luogo di produzione alla discarica, conferimento in discarica, il costo di smaltimento è mediamente compreso tra 0.02-0.05 €/kg. In Piemonte, il costo non è trascurabile se si considera la produzione media dei fanghi di segazione in bacini estrattivi quali, ad esempio,

la Val d'Ossola, 70.000 t/anno, il bacino della Pietra di Luserna, 16.000 t/anno.

Le MPS, attraverso il processo di arricchimento minerario, vengono promossi dallo stadio di rifiuto a quello di prodotti, co-prodotti o sottoprodotti, in funzione della loro possibilità di reimpiego. Sebbene esista un mercato per tali sostanze, come richiesto dal D. Lgs. 152/06, l'attuale domanda risulta tuttavia estremamente limitata. La problematica si aggrava soprattutto se si considera il problema legato allo stoccaggio provvisorio degli sfridi sui piazzali di cava. Esso è difatti causa di problemi legati sia al razionale sfruttamento del giacimento, il quale risulta poco agevolmente accessibile per un suo utilizzo razionale, nonché a problemi di sicurezza per gli addetti che operano nella cava stessa.

Un ulteriore problema è rappresentato da un limitato impiego di possibili alternative rispetto ai laterizi e al cemento Portland, almeno per alcune tipologie di applicazione.

Infatti, il Portland è il materiale da costruzione più diffuso al mondo. La sua produzione richiede un grande dispendio energetico necessario per la calcinazione e macinazione del clinker che

avviene a 1450°C. Inoltre la produzione del cemento avviene tramite un continuo uso di materie prime di estrazione. Si è stimato un consumo di energia pari circa a 3,8 GJ per ogni tonnellata di clinker.

5 Questo elevato consumo corrisponde a elevate emissioni di gas inquinanti in atmosfera. Infatti è stato calcolato che per produrre una tonnellata di clinker siano prodotte circa 0,9 tonnellate di CO<sub>2</sub>, di cui circa 0,53 tonnellate derivano dal processo

10 di decomposizione della materia prima e altre 0,37 tonnellate provengono dall'uso dei combustibili. Questo comporta il fatto che l'intero settore del cemento fornisce un contributo pari al 5-8% sulle emissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera causate dalle

15 attività umane.

Anche la produzione dei laterizi avviene con un continuo impiego di materie prime di estrazione. Le argille estratte vengono miscelate e frantumate; successivamente i laterizi vengono formati,

20 essiccati e cotti in forno ad una temperatura compresa tra 800-1200°C. Studi riportano che il consumo di energia necessaria per produrre una tonnellata di laterizi oggi è pari a 1,9 - 2 GJ, in cui la fase di cottura incide per più dell'80%. Ad

25 una diminuzione dei consumi energetici che è stata



ottenuta nell'ultimo ventennio, si è associata una netta prevalenza del ricorso al gas naturale rispetto al combustibile fossile, con conseguenti benefici sulle emissioni in atmosfera. Attualmente  
5 in Italia la produzione di una tonnellata di laterizi avviene in media con un'emissione in atmosfera di 116 Kg di CO<sub>2</sub>. Le entità dei composti di fluoro, zolfo e cloro in emissione sono proporzionati alla concentrazione degli stessi  
10 nell'impasto ceramico.

Scopo della presente invenzione è quello di risolvere i suddetti problemi della tecnica anteriore fornendo una alternativa ai materiali da costruzione più comuni, laterizio e cemento  
15 Portland, realizzando un materiale privo di materie prime di estrazione mediante processi di cottura a bassa temperatura.

Un ulteriore scopo è quello di impiegare materiali di scarto per ottenere degli elementi con  
20 contenuto riciclato vicino al 100%.

Un ulteriore scopo è quello di realizzare un materiale avente buone proprietà meccaniche, prestazionali e di durabilità.

Un ulteriore scopo è quello di realizzare un  
25 materiale particolarmente versatile per permettere

di intervenire sulle caratteristiche fisiche e meccaniche del prodotto finito modificando i rapporti molari, introdurre aggregati di diversa natura.

5 Un ulteriore scopo è quello di poter controllare quantità e dimensione della taglia dei pori.

Un ulteriore scopo è quello di poter sovrapporre in fase di colaggio fanghi di segazione  
10 attivati alcalinamente con caratteristiche differenziate per poter creare blocchi o pannelli multistrato aventi densità e/o porosità differenziate.

Un ulteriore scopo è quello di poter ottenere,  
15 senza l'aggiunta di additivi all'impasto, dei materiali in grado di ricalcare perfettamente eventuali forme o disegni presenti nello stampo al fine di realizzare degli elementi finiti caratterizzati da un particolare design.

20 Un ulteriore scopo è quello di poter realizzare materiali densi o alleggeriti attraverso un processo poco oneroso, senza la necessità di condurre alcun trattamento termico di sinterizzazione.

I suddetti ed altri scopi e vantaggi dell'invenzione, quali risulteranno dal seguito della descrizione, vengono raggiunti con un materiale edilizio ottenuto da attivazione alcalina di minerali contenuti in prodotti e residui da attività estrattiva e lavorativa, come quello descritto nella rivendicazione 1. Forme di realizzazione preferite e varianti non banali della presente invenzione formano l'oggetto delle rivendicazioni dipendenti.

Inoltre, i suddetti ed altri scopi e vantaggi dell'invenzione, quali risulteranno dal seguito della descrizione, vengono raggiunti con un processo di produzione di tale materiale edilizio, come quello descritto nelle rivendicazioni 11 e 12. Forme di realizzazione preferite e varianti non banali della presente invenzione formano l'oggetto delle rivendicazioni dipendenti.

Resta inteso che tutte le rivendicazioni allegate formano parte integrante della presente descrizione.

Risulterà immediatamente ovvio che si potranno apportare a quanto descritto innumerevoli varianti e modifiche (per esempio relative a forma, dimensioni, disposizioni e parti con funzionalità

equivalenti) senza discostarsi dal campo di protezione dell'invenzione come appare dalle rivendicazioni allegate.

La presente invenzione verrà meglio descritta da alcune forme preferite di realizzazione, fornite a titolo esemplificativo e non limitativo, con riferimento ai disegni allegati, nei quali:

- la FIG. 1 mostra una vista di un campione denso di una realizzazione di materiale edilizio ottenuto da attivazione alcalina di minerali contenuti in prodotti e residui da attività estrattiva e lavorativa, secondo la presente invenzione;

- le FIGG. 2 e 3 mostrano delle viste di campioni porosi di una realizzazione di materiale edilizio ottenuto da attivazione alcalina di minerali contenuti in prodotti e residui da attività estrattiva e lavorativa, secondo la presente invenzione; e

- la FIG. 4 mostra una vista di un campione bistrato denso/poroso di una realizzazione di materiale edilizio ottenuto da attivazione alcalina di minerali contenuti in prodotti e residui da attività estrattiva e lavorativa, secondo la presente invenzione.

Facendo riferimento alle FIGG. da 1 a 4, un materiale edilizio 1, 2, 3 ottenuto da attivazione alcalina di minerali contenuti in prodotti e residui da attività estrattiva e lavorativa può  
5 comprendere soluzioni attivanti a geo-polimerizzazione.

Vantaggiosamente, tali soluzioni attivanti a geo-polimerizzazione comprendono: silicato di sodio o silicato di potassio disciolto in acqua  
10 deionizzata; silice amorfa nanometrica; idrossido di sodio o di potassio per permettere di realizzare tale materiale edilizio 1, 2, 3 costituito prevalentemente da prodotti e residui da attività estrattiva e lavorativa e privo di ogni altro  
15 genere di materiale aggregato.

In particolare, tali soluzioni attivanti a geo-polimerizzazione possono essere costituite prevalentemente da silicato di sodio disciolto in acqua deionizzata. Oppure, tali soluzioni attivanti  
20 a geo-polimerizzazione possono essere costituite prevalentemente da silicato di potassio disciolto in acqua deionizzata. Alternativamente, tali soluzioni attivanti a geo-polimerizzazione possono comprendere diverse combinazioni di silice amorfa  
25 nanometrica, idrossido di sodio e idrossido di

potassio, opportunamente miscelate con silicato di sodio o di potassio disciolto in acqua deionizzata.

In particolare, la silice amorfa può essere del tipo proveniente da ceneri prodotte dalla  
5 combustione di materiale organico, come la cenere della lolla del riso. Così, pure le soluzioni di idrossido di sodio e di potassio possono costituire un sottoprodotto di alcuni processi chimici di lavaggio industriale e l'acqua deionizzata  
10 provenire da processi di filtraggio a cui vengono sottoposti i fanghi da taglio di materiali lapidei.

Mediante l'aggiunta di reagenti, le soluzioni attivanti a geo-polimerizzazione possono presentare un rapporto molare  $H_2O/Na_2O$  e  $H_2O/K_2O$  incluso  
15 nell'intervallo 10.0-21.0 ed un rapporto molare  $SiO_2/Na_2O$  e  $SiO_2/K_2O$  incluso nell'intervallo 0.0-2.5.

Invece, mediante l'aggiunta di polveri minerali di granulometria inferiore a 125 micron,  
20 le soluzioni attivanti a geo-polimerizzazione possono presentare un rapporto molare  $Na_2O/Al_2O_3$  incluso nell'intervallo 0.1-4.0.

Aggregati, come sabbie silicee, vetro espanso, argilla espansa e resine polimeriche, fibre, di  
25 diversa natura e granulometria vengono aggiunti per

realizzare il materiale edilizio 1, 2, 3, sotto forma di malte standard, alleggerite o con proprietà migliorate.

L'aggiunta di resine polimeriche permette di  
5 realizzare il materiale edilizio 1 con una maggiore resistenza meccanica ed una migliore lavorabilità.

È possibile realizzare materiale edilizio 1, di densità compresa tra 1.5 e 2.5 g/cm<sup>3</sup>, con una resistenza a flessione su tre punti compresa tra  
10 10.0 e 20.0 MPa, una resistenza a compressione pari o inferiore a 40.0 MPa, con conducibilità termica compresa tra 1.0 e 1.3 W/mK così come mostrato, in particolare, nella FIG. 1.

Aggiungendo un agente porogeno, come perossido  
15 di idrogeno, con varie volumetrie, in quantità variabile è possibile realizzare il materiale edilizio 2 di diversa porosità, di densità compresa tra 0.4 e 1.0 g/cm<sup>3</sup>, con conducibilità termica pari o inferiore a 0.3 W/mK così come mostrato, in  
20 particolare, nelle FIGG. 2 e 3.

Facendo colare e sovrapporre strati di materiale edilizio 1, 2 è possibile realizzare il materiale edilizio 3 formato da strati di diversa densità e porosità così come mostrato, in  
25 particolare, nella FIG. 4.

Una prima variante riguarda tale materiale edilizio 1 proveniente da fango da materiali lapidei di natura feldspatica con elevato contenuto di MgO e CaO tagliati con lame diamantate. La soluzione alcalina attivante comprende: una soluzione di silicato di sodio contenente Na<sub>2</sub>O 10.6 wt%, SiO<sub>2</sub> 26.5 wt.%, H<sub>2</sub>O 62.9wt%; idrossido di sodio in pellets con purezza ≥ 98%; acqua deionizzata; nano-polvere di silice amorfa con purezza 99.5%. La soluzione alcalina attivante possiede i seguenti rapporti molari: SiO<sub>2</sub>/Na<sub>2</sub>O 1.64, H<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O 13.0. I rapporti molari di tale materiale edilizio 1 sono: Na<sub>2</sub>O/SiO<sub>2</sub>= 0.13, H<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O= 13.0, Na<sub>2</sub>O/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>= 1.2, SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>= 9.58. Tale materiale edilizio 1 è denso.

Una seconda variante riguarda tale materiale edilizio 2 proveniente da fango da materiali lapidei di natura feldspatica con elevato contenuto di MgO e CaO tagliati con lame diamantate. La soluzione alcalina attivante comprende una soluzione di silicato di sodio contenente: Na<sub>2</sub>O 10.6 wt%, SiO<sub>2</sub> 26.5 wt.%, H<sub>2</sub>O 62.9wt%; idrossido di sodio in pellets con purezza ≥ 98%; acqua deionizzata; nano-polvere di silice amorfa con purezza 99.5%. La soluzione alcalina attivante ha i



seguenti rapporti molari:  $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$  1.64,  $\text{H}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  13.0. I rapporti molari di tale materiale edilizio 2 sono:  $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2= 0.13$ ,  $\text{H}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}= 13.0$ ,  $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3 = 1.2$ ,  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3= 9.58$ . Tale materiale edilizio 2 è  
5 poroso.

Una terza variante riguarda tale materiale edilizio 1 proveniente da una materia prima-seconda MPS di natura feldspatica. La soluzione alcalina attivante comprende: idrossido di potassio in  
10 pellets; acqua deionizzata; nano-polvere di silice amorfa con purezza 99.5%. La soluzione alcalina attivante ha i seguenti rapporti molari:  $\text{SiO}_2/\text{K}_2\text{O}$  1.67,  $\text{H}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$  11.0. I rapporti molari di tale materiale edilizio 1 sono:  $\text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2= 0.1$ ,  $\text{H}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}= 11.0$ ,  $\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3 = 1.0$ ,  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3= 10.1$ . Tale  
15 materiale edilizio 1 è denso.

La presente invenzione riguarda inoltre un processo di produzione di un materiale edilizio come quello precedentemente descritto.

20 Un processo di produzione di tale materiale edilizio 1 secondo la presente invenzione comprende le seguenti fasi:

- miscelare meccanicamente una quantità progressivamente crescente di tale materiale  
25 edilizio 1 formato da minerali contenuti in

prodotti e residui da attività estrattiva e lavorativa e dalla soluzione alcalina attivante;

- continuare a miscelare meccanicamente una quantità stabilita di tale materiale edilizio 1,  
5 per ulteriori cinque minuti;

- colare in stampi tale materiale edilizio 1;

- indurire tale materiale edilizio 1 riscaldandolo ad una temperatura compresa tra 60°- 90°C, per un periodo di tempo compreso tra 24 e 48  
10 ore.

Un processo di produzione di tale materiale edilizio 2 secondo la presente invenzione comprende le seguenti fasi:

- miscelare meccanicamente, ad alta velocità,  
15 per un periodo di tempo compreso tra 1 e 3 minuti, tale materiale edilizio 2 formato da minerali contenuti in prodotti e residui da attività estrattiva e lavorativa e dalla soluzione attivante, dopo aver aggiunto l'agente porogeno,  
20 con varie volumetrie, in quantità variabile in relazione alla porosità che si vuole ottenere;

- colare in stampi tale materiale edilizio 2 per ottenere una porosità;

- indurire tale materiale edilizio 2 riscaldandolo ad una temperatura compresa tra 60° e  
25

90°C, per un periodo di tempo compreso tra 12 e 48 ore.

Il materiale edilizio 1, 2, 3 oggetto della presente invenzione raggiunge gli scopi prefissi.

5       Questi minerali vengono attivati tramite diverse tipologie di soluzioni alcaline per realizzare un materiale a bassa o elevata porosità, tramite l'aggiunta controllata di un agente porogeno.

10       I materiali porosi sono realizzati utilizzando gli stessi rapporti molari dei densi. In seguito alla miscelazione meccanica viene aggiunto all'impasto perossido di idrogeno, con varie volumetrie, come agente porogeno, in quantità  
15       variabile in relazione alla porosità che si vuole ottenere. In seguito all'aggiunta, l'impasto viene miscelato ad elevata velocità per 1-3 minuti e colato negli stampi. L'indurimento avviene in stufa a 60°-90°C per 12-48 ore. In FIG. 2 è presentato un  
20       campione poroso, derivante da un fango di segazione, ottenuto con contenuto di agente porogeno pari all'1%, mentre in FIG. 3 si osserva un'immagine di dettaglio di un poroso derivato da MPS.

Grazie alla possibilità di variazione del mix-design ed alla buona capacità di adesione del materiale, è possibile colare degli elementi multistrato. In FIG. 4 si osserva un campione bistrato, con una base realizzata in materiale denso e uno strato superiore poroso, caratterizzato da una buona adesione tra i due strati. Si è utilizzato qui il fango di segazione come materia prima.

In tabella 1 viene proposto un confronto delle caratteristiche meccaniche e di conducibilità termica tra il materiale denso, oggetto della presente invenzione, il cemento Portland e il laterizio e tra il materiale poroso, oggetto della presente invenzione e alcuni materiali alleggeriti con proprietà isolanti normalmente utilizzati.

Tabella 1.

Materiale	Resistenza a compressione (MPa)	Resistenza a flessione (MPa)	Conducibilità termica (W/mK)	Densità (kg/m <sup>3</sup> )	Infiammabilità
Materiale (1), denso	20-40 MPa	10-20	1.2	1500-2500	
Granito	100-250	11-13	2.3	2500-2900	
Cemento Portland	Tra 32.5 e 52.5,	6-8	1.6	1400	

	in funzione della classe di resistenza (UNI EN 197/1). Valori valutati dopo 28 giorni di stagionatura, su malta con sabbia/cemento pari a 3.				
Mattone pieno	>18	3-5	0.7	Fino 1600	
Mattone forato	>2.5	2-4	0.36	1200	
Massetto in cemento (malta)	1	7	1.3-1.4	2000	
Mattone facciavista clinker	30-80	6,6	0.8-1	1800-2000	
Materiale (2, 3)	~ 3.0	~ 6.5	0.2-0.3	400-1000	
Materiali cellulari autoclavati	1.2-3	/	0.09-0.35	300-800	
Cartongesso	>8.5	>7.5	0.21	900	X
Pannelli in fibrocemento	/	/	0.6	2000	
Pannelli in fibre di legno	/	/	0.1-0.6	600-1000	X
Polistire	c.a 8.5	c.a.	0.04	20-30	X

ne espanso in lastre		7.5			
----------------------------	--	-----	--	--	--

Nel materiale proposto si utilizzano principalmente residui di lavorazione del settore lapideo, intendendo sia rifiuti, fanghi, che
   
 5 prodotti ottenuti per arricchimento minerario dei rifiuti stessi, MPS. Inoltre, come specificato precedentemente, possono essere utilizzati scarti provenienti da altri settori industriali per ottenere un prodotto che può essere composto anche
   
 10 da materiali riciclati per il 100%. Invece, sia per la produzione del cemento Portland che dei laterizi vengono cavate delle materie prime. Le materie prime impiegate nel ciclo di produzione del cemento sono per la maggior parte estratte in cave o
   
 15 miniere. In particolare vengono cavate le marne, la pozzolana, il gesso e il calcare. Le attività estrattive non solo comportano l'uso di materie prime non rinnovabili, ma causano inevitabilmente un cambiamento dello stato dei luoghi, generando
   
 20 impatti sull'ambiente, sulle economie locali e sul paesaggio. Nel 2011 il 4,6% (circa 2.1 milioni di tonnellate) di materie prime necessarie per la produzione del cemento in Italia è stato sostituito da materiali alternativi, costituiti da rifiuti

speciali non pericolosi altrimenti destinati allo smaltimento in discarica (55% circa) e da materiali derivanti da altri processi industriali (45% circa). Il rispetto delle normative tecniche impone una determinata composizione del clinker e del cemento e solo alcune tipologie di rifiuti possiedono le caratteristiche chimico-fisiche prescritte. Le materie prime che costituiscono i laterizi sono le argille estratte in cave a cielo aperto.

Essendo costituito da feldspati attivati alcalinamente, il materiale proposto è privo di idrossido di calcio (Portlandite). La presenza di Portlandite nel cemento assicura la presenza di un ambiente alcalino (pH del cemento compreso tra 10 e 13) in cui le armature sono passivate. Tuttavia, con il passare del tempo l'idrossido di calcio reagisce con l'anidride carbonica generando  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{H}_2\text{O}$ . Il fenomeno di carbonatazione comporta un incremento della durezza del materiale ma anche un abbassamento del pH della matrice cementizia con conseguente esposizione delle armature alla corrosione. Il residuo lapideo attivato tramite soluzione alcalina garantisce comunque un ambiente passivante per le armature, ma essendo privo di

idrossido di calcio non è soggetto al problema della carbonatazione. Inoltre l'assenza di Portlandite rende il materiale più durevole alle problematiche di degrado dovute all'esposizione  
5 ambientale, dovute in particolare alla presenza di solfati e cloruri.

Il comportamento al fuoco del cemento è migliore per quelle classi di cemento che liberano una minore quantità di calce di idrolisi.  
10 Quest'ultima si può trasformare in ossido di calcio a circa 500°C durante l'incendio, favorendo lo sgretolamento del calcestruzzo durante la fase di estinzione (o durante la successiva bagnatura che deve precedere l'eventuale restauro della struttura  
15 ammalorata) per la riconversione dell'ossido in idrossido di calcio che avviene con aumento di volume. Da questo punto di vista i calcestruzzi confezionati con cemento d'altoforno e soprattutto con cemento pozzolanico si comportano meglio di  
20 quelli preparati con cemento Portland per la minore quantità di calce di idrolisi. Essendo privo di fasi idrate, anche il nuovo materiale qui proposto mostra potenzialmente un migliore comportamento alle alte temperature rispetto al cemento Portland.



Il materiale sviluppato presenta vantaggi di minor impatto sia economico che ambientale rispetto a materiali da costruzione che presentano proprietà meccaniche e fisiche confrontabili. L'esempio più  
5 prossimo è rappresentato dal cemento portland che, come il materiale qui rivendicato, dà origine a componenti per l'edilizia attraverso fasi di miscelazione dei componenti, colaggio in stampo e successiva stagionatura durante la quale si origina  
10 il conglomerato finale attraverso fasi di presa ed indurimento.

Tuttavia, il clinker di cemento portland è prodotto attraverso una fase di cottura ad altissima temperatura (circa 1450°C) accompagnata  
15 da significative emissioni di CO<sub>2</sub>, come precedentemente descritto. Al contrario, il residuo lapideo (fango, MPS o altri sottoprodotti) viene impiegato tal quale, non necessitando di alcuna fase di cottura preliminare. Sebbene non ci siano  
20 dati di riferimento relativi all'energia incorporata o alle emissioni di CO<sub>2</sub> di questo materiale, è ragionevole supporre un processo più sostenibile dal punto di vista ambientale rispetto al cemento.

Dal momento che il materiale impiega scarti di lavorazione/produzione come materia prima, si prevede anche un costo limitato del prodotto finito. Per ridurre al minimo i costi (ed i relativi impatti ambientali) si predisporrà una soluzione attivante prodotta essa stessa da sottoprodotti di altri cicli produttivi (esempio della cenere della lolla del riso usata come fonte di silice), oppure reattivi chimici a basso costo, ottenuti da processi puliti (esempio dell'idrossido di sodio, prodotto per elettrolisi di cloruro di sodio, in impianti idroelettrici).

Sulla base delle caratteristiche meccaniche, di conducibilità termica, di resistenza alle alte temperature e ai degradi ambientali, il materiale risulta essere particolarmente adatto allo sviluppo di elementi prefabbricati utilizzabili in ambito edilizio aventi caratteristiche strutturali e/o funzionali. La produzione di elementi prefabbricati risulta infatti particolarmente adeguata considerando la facilità di colaggio, la versatilità del design e la rapidità di curing a basse temperature. In particolare:

- BLOCCHI STRUTTURALI: Le resistenze meccaniche a flessione e compressione dei campioni densi sono confrontabili con quelle dei materiali cementizi.
- BLOCCHI-PANNELLI PER ISOLAMENTO TERMICO: I  
5 materiali porosi sono caratterizzati da discrete resistenze meccaniche e da buoni valori di conducibilità termica, confrontabili con quelli di materiali coibentanti di natura organica attualmente in commercio.
- 10 - BLOCCHI-PANNELLI MULTISTRATO: Grazie alla buona capacità di adesione, il materiale può essere colato in strati solidali tra loro aventi gradienti di densità e/o porosità diversa.
- MERCATO DI RIFERIMENTO (paesi): Lo sviluppo  
15 del materiale proposto in questo brevetto può essere di interesse a tutti i paesi europei in cui prospera il settore dell'estrazione e lavorazione dei materiali lapidei con la conseguente produzione di materiali di scarto. Nel 2008 in Europa sono  
20 stati prodotti 24 milioni di tonnellate di prodotti lapidei finiti. I più grandi produttori sono stati l'Italia (44%), la Spagna (24%), la Francia (7.1%), la Gran Bretagna (5%) e la Germania (3.8%). Questi  
5 paesi rappresentano da soli l'84% della  
25 produzione totale europea. Inoltre l'Europa sta

dimostrando una grande attenzione verso i temi della sostenibilità ambientale sia nel settore dei materiali lapidei che della gestione e smaltimento dei rifiuti, come testimoniato dalle numerose iniziative e progetti finanziati in questo settore.

Di seguito si riportano esempi significativi di realizzazione di materiali da costruzione mediante il metodo oggetto della presente invenzione.

10 Esempio 1

Elaborazione di un materiale denso utilizzando un fango di segazione di natura feldspatica con elevato contenuto di MgO e CaO, attivato con una soluzione alcalina a base di silicato di sodio.

15 Composizione chimica della polvere allumino-silicatica di partenza: la tipologia di fango utilizzata proviene da materiali lapidei tagliati con lame diamantate. In Tabella 1.1 sono riportate le quantità degli elementi più abbondanti espresse  
20 in percentuale in peso dell'ossido corrispondente.  
Tabella 1.1. Elementi più abbondanti presenti nel fango di segazione selezionato.

Elementi maggiori	%
SiO <sub>2</sub>	42.73

TiO <sub>2</sub>	0.35
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.02
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.75
MnO	0.05
MgO	8.60
CaO	13.25
Na <sub>2</sub> O	2.15
K <sub>2</sub> O	2.28
P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.12
LOI	17.5
Totale	99.85

Composizione e produzione della soluzione alcalina attivante a base di silicato di sodio: la soluzione alcalina attivante è stata prodotta a partire da una soluzione di silicato di sodio commerciale a cui sono stati aggiunti l'idrossido di sodio, l'acqua deionizzata e la silice amorfa nanometrica.

- Soluzione di silicato di sodio (Sigma Aldrich) contenente: Na<sub>2</sub>O 10.6 wt%, SiO<sub>2</sub> 26.5 wt.%, H<sub>2</sub>O 62.9wt%
- Idrossido di sodio in pellets con purezza ≥ 98% (Sigma Aldrich)
- Acqua deionizzata
- Nanopolvere di silice amorfa (Sigma Aldrich)

con purezza 99.5%.

La soluzione alcalina attivante è caratterizzata dai seguenti rapporti molari:

SiO<sub>2</sub>/Na<sub>2</sub>O pari a 1.64;

5 H<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O pari a 13.0.

I pellets di idrossido di sodio e l'acqua deionizzata sono stati aggiunti alla soluzione commerciale di silicato di sodio e miscelati meccanicamente con un agitatore magnetico.

10 Disciolto l'idrossido, è stata aggiunta la silice amorfa poco alla volta. La soluzione è stata mantenuta in agitazione per almeno 24 ore, fino alla completa dissoluzione della silice.

Miscelazione della soluzione e del fango di  
15 segagione: per la creazione del materiale è stato aggiunto alla soluzione alcalina un quantitativo di fango di segagione tale per cui il rapporto molare Na<sub>2</sub>O/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> è pari a 1.2. Il fango è stato aggiunto poco alla volta durante la miscelazione meccanica e  
20 l'impasto è stato mantenuto in agitazione per circa 10 minuti. L'impasto ottenuto è caratterizzato dai seguenti rapporti molari:

Na<sub>2</sub>O/SiO<sub>2</sub>= 0.13

H<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O= 13

25 Na<sub>2</sub>O/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 1.2

SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>= 9.58.

Colatura e curing: in seguito alla miscelazione sono state aspirate le bolle d'aria con l'ausilio di un sistema per il vuoto. L'impasto  
5 è stato quindi colato negli appositi stampi e protetto dall'atmosfera. Il curing è avvenuto in stufa utilizzando la seguente rampa di risalita della temperatura per evitare brusche oscillazioni: da 40°C a 80°C con incremento di 10°C/ 30 minuti e  
10 isoterma a 80°C per 24 ore. Trascorso questo tempo, i campioni sono stati tolti dallo stampo e lasciati in stufa a 80°C per altre 48 ore in atmosfera protetta.

Caratteristiche fisico-meccaniche del  
15 materiale: i test sono stati condotti su campioni di 28 giorni, mantenuti a temperatura ambiente in atmosfera protetta in seguito al trattamento di curing sopra descritto. Se necessario, i campioni sono stati sottoposti a un trattamento di politura  
20 superficiale condotta con carte abrasive a secco, al fine di omogeneizzare le superfici. I campioni sono caratterizzati da una densità geometrica di  $2.04 \pm 0.02$  g/cm<sup>3</sup>. La misurazione è stata effettuata in accordo con la normativa EN 12390-7.  
25 La resistenza a flessione su tre punti è stata

misurata su campioni di dimensioni 20 X 20 X 75 mm<sup>3</sup> con lo strumento MTS Insight (MTS Systems Corporation, USA), con capacità massima di carico di 1 kN e lunghezza standard). Sono stati ottenuti

5 valori pari a 12 MPa ± 1.5 MPa. Le prove di resistenza a compressione sono state condotte su entrambi i monconi residui delle prove a flessione, in accordo con la normativa EN 196-1, utilizzando una pressa universale a circolo chiuso da 250 kN

10 (MTS Systems Corporation, USA) con controllo di spostamento. È stata dimostrata una resistenza a compressione pari a 28.6 MPa ± 2.6 MPa. La conducibilità termica è stata misurata a temperatura ambiente con l'ausilio dello strumento

15 Hot Disk TPS 2500, in accordo con il metodo ISO 22007-2. Sono stati rilevati valori pari a 1.3±0.1 W/mK.

#### Esempio 2

Elaborazione di un materiale poroso tramite

20 aggiunta di perossido di idrogeno, utilizzando un fango di segagione di natura feldspatica con elevato contenuto di MgO e CaO, attivato con una soluzione alcalina a base di silicato di sodio.

Composizione chimica della polvere allumino-

25 silicatica di partenza: La tipologia di fango



utilizzata proviene da materiali lapidei tagliati con lame diamantate. In Tabella 2.1 sono riportate le quantità degli elementi più abbondanti espresse in percentuale in peso dell'ossido corrispondente.

5 Tabella 2.1. Elementi più abbondanti presenti nel fango di segazione selezionato.

Elementi maggiori	%
SiO <sub>2</sub>	42.73
TiO <sub>2</sub>	0.35
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.02
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.75
MnO	0.05
MgO	8.60
CaO	13.25
Na <sub>2</sub> O	2.15
K <sub>2</sub> O	2.28
P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.12
LOI	17.5
Totale	99.85

Composizione e produzione della soluzione alcalina attivante a base di silicato di sodio: la  
 10 soluzione alcalina attivante è stata prodotta a partire da una soluzione di silicato di sodio commerciale a cui sono stati aggiunti l'idrossido

di sodio, l'acqua deionizzata e la silice amorfa nanometrica.

- Soluzione di silicato di sodio (Sigma Aldrich) contenente: Na<sub>2</sub>O 10.6 wt%, SiO<sub>2</sub> 26.5 wt.%, H<sub>2</sub>O 5 62.9wt%;
- Idrossido di sodio in pellets con purezza ≥ 98% (Sigma Aldrich);
- Acqua deionizzata;
- Nanopolvere di silice amorfa (Sigma Aldrich) con 10 purezza 99.5%.

La soluzione alcalina attivante è caratterizzata dai seguenti rapporti molari:

SiO<sub>2</sub>/Na<sub>2</sub>O pari a 1.64;

H<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O pari a 13.

- 15 I pellets di idrossido di sodio e l'acqua deionizzata sono stati aggiunti alla soluzione commerciale di silicato di sodio e miscelati meccanicamente con un agitatore magnetico. Disciolto l'idrossido, è stata aggiunta la silice 20 amorfa poco alla volta. La soluzione è stata mantenuta in agitazione per almeno 24 ore, fino alla completa dissoluzione della silice.

- Miscelazione della soluzione e del fango di segazione: per la creazione del materiale è stato 25 aggiunto alla soluzione alcalina un quantitativo di

fango di segazione tale per cui il rapporto molare  $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$  è pari a 1.2. Il fango è stato aggiunto poco alla volta durante la miscelazione meccanica e l'impasto è stato mantenuto in agitazione per circa  
5 10 minuti. Trascorso questo tempo, è stata aggiunto il perossido di idrogeno (110 vol., fornito da Sigma Aldrich) in quantità pari all'1% in peso sul totale. L'impasto è stato mantenuto altri 2 minuti in agitazione a velocità elevata.

10 L'impasto ottenuto è caratterizzato dai seguenti rapporti molari:

$$\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2 = 0.13$$

$$\text{H}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 13$$

$$\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3 = 1.2$$

15  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 = 9.58$

Colatura e curing: l'impasto è stato immediatamente colato negli appositi stampi e protetto dall'atmosfera. Il curing è avvenuto in stufa utilizzando la seguente rampa di risalita  
20 della temperatura per evitare brusche oscillazioni: da 40°C a 80°C con incremento di 10°C/ 30 minuti e isoterma a 80°C per 24 ore. Trascorso questo tempo, i campioni sono stati tolti dallo stampo e lasciati in stufa a 80°C per altre 48 ore in atmosfera  
25 protetta.

Caratteristiche fisico-meccaniche del materiale: i test sono stati condotti su campioni di 28 giorni, mantenuti a temperatura ambiente in atmosfera protetta in seguito al trattamento di curing sopra descritto. Se necessario, i campioni sono stati sottoposti a un trattamento di politura superficiale condotta con carte abrasive a secco, al fine di omogeneizzare le superfici. I campioni sono caratterizzati da una densità geometrica di 0.8 g/cm<sup>3</sup>. Si è calcolato un contenuto di porosità pari al 60.8 %. La misurazione è stata effettuata in accordo con la normativa EN 12390-7. La conducibilità termica è stata misurata a temperatura ambiente con l'ausilio dello strumento Hot Disk TPS 2500, in accordo con il metodo ISO 22007-2. Sono stati rilevati valori di conducibilità termica di  $0.33 \pm 0.03$  W/mK. La resistenza a flessione su tre punti è stata misurata su campioni di dimensioni 20 X 20 X 75 mm<sup>3</sup> con lo strumento MTS Insight (MTS Systems Corporation, USA), con capacità massima di carico di 1 kN e lunghezza standard). Sono stati ottenuti valori pari a  $3.1 \text{ MPa} \pm 0.1 \text{ MPa}$ . Le prove di resistenza a compressione sono state condotte su entrambi i monconi residui delle prove a flessione,

in accordo con la normativa EN 196-1, utilizzando una pressa universale a circolo chiuso da 250 kN (MTS Systems Corporation, USA) con controllo di spostamento. È stata dimostrata una resistenza a compressione pari a 6.5 MPa ± 0.8 MPa.

### Esempio 3

Elaborazione di un materiale denso utilizzando una materia "Prima-Seconda" (MPS) di natura feldspatica attivata con una soluzione alcalina a base di silicato di potassio.

Composizione chimica della polvere allumino-silicatica di partenza: in Tabella 3.1 sono riportati gli elementi presenti in quantità più elevata ed espressi in percentuale in peso dell'ossido corrispondente.

Tabella 3.1.

Elementi maggiori	%
SiO <sub>2</sub>	71.9
TiO <sub>2</sub>	0.25
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.50
MgO	0.30
CaO	1.40
Na <sub>2</sub> O	3.50
K <sub>2</sub> O	4.50

LOI	1
Totale	99.85

Composizione e produzione della soluzione alcalina attivante a base di silicato di potassio: la soluzione alcalina attivante è stata prodotta a  
5 partire dai seguenti reagenti:

- Idrossido di potassio in pellets (Sigma Aldrich);
- Acqua deionizzata;
- Nanopolvere di silice amorfa (Sigma Aldrich) con purezza 99.5%.

10 La soluzione alcalina attivante è caratterizzata dai seguenti rapporti molari:

SiO<sub>2</sub>/K<sub>2</sub>O pari a 1.67;

H<sub>2</sub>O/K<sub>2</sub>O pari a 11.

Per ottenere questa soluzione, l'idrossido di  
15 potassio è stato disciolto nell'acqua deionizzata tramite agitazione magnetica a temperatura ambiente. Ottenuta la soluzione, la silice nanometrica è stata aggiunta poco alla volta. La soluzione è stata mantenuta in agitazione per  
20 almeno 24 ore a temperatura ambiente, fino alla completa dissoluzione della silice.

Miscelazione della soluzione e del fango di segazione: per la creazione del materiale è stato

aggiunto alla soluzione alcalina un quantitativo di fango di segazione tale per cui il rapporto molare  $K_2O/Al_2O_3$  è pari a 1. La polvere feldpatica è stata aggiunta poco alla volta durante la miscelazione meccanica e l'impasto è stato mantenuto in agitazione per circa 10 minuti.

L'impasto ottenuto è caratterizzato dai seguenti rapporti molari:

$K_2O/SiO_2 = 0.1$   
10  $H_2O/K_2O = 11$   
 $K_2O/Al_2O_3 = 1$   
 $SiO_2/Al_2O_3 = 10.1$

Colatura e curing: in seguito alla miscelazione sono state aspirate le bolle d'aria con l'ausilio di un sistema per il vuoto. L'impasto è stato quindi colato negli appositi stampi e protetto dall'atmosfera. Il curing è avvenuto in stufa utilizzando la seguente rampa di risalita della temperatura per evitare brusche oscillazioni: 15 da 40°C a 80°C con incremento di 10°C/ 30 minuti e 20 isoterma a 80°C per 24 ore. Trascorso questo tempo, i campioni sono stati tolti dallo stampo e lasciati in stufa a 80°C per altre 48 ore in atmosfera protetta.

25 Caratteristiche fisico-meccaniche del

materiale: i test sono stati condotti su campioni di 28 giorni, mantenuti a temperatura ambiente in atmosfera protetta in seguito al trattamento di curing sopra descritto. Se necessario, i campioni sono stati sottoposti a un trattamento di politura superficiale condotta con carte abrasive a secco, al fine di omogeneizzare le superfici. I campioni sono caratterizzati da una densità geometrica di  $1,8 \pm 0,1 \text{ g/cm}^3$ . La misurazione è stata effettuata in accordo con la normativa EN 12390-7. La resistenza a flessione su tre punti è stata misurata su campioni di dimensioni 20 X 20 X 75 mm<sup>3</sup> con lo strumento MTS Insight (MTS Systems Corporation, USA), con capacità massima di carico di 1 kN e lunghezza standard). Sono stati ottenuti valori pari a  $12 \text{ MPa} \pm 1.5 \text{ MPa}$ .

La conducibilità termica è stata misurata a temperatura ambiente con l'ausilio dello strumento Hot Disk TPS 2500, in accordo con il metodo ISO 22007-2. Sono stati rilevati valori di conducibilità termica di  $1.20 \pm 0.05 \text{ W/mK}$ .

Si sono descritte alcune forme preferite di attuazione dell'invenzione, ma naturalmente esse sono suscettibili di ulteriori modifiche e varianti nell'ambito della medesima idea inventiva. In



particolare, agli esperti nel ramo risulteranno immediatamente evidenti numerose varianti e modifiche, funzionalmente equivalenti alle precedenti, che ricadono nel campo di protezione  
5 dell'invenzione come evidenziato nelle rivendicazioni allegate.

1  
↓

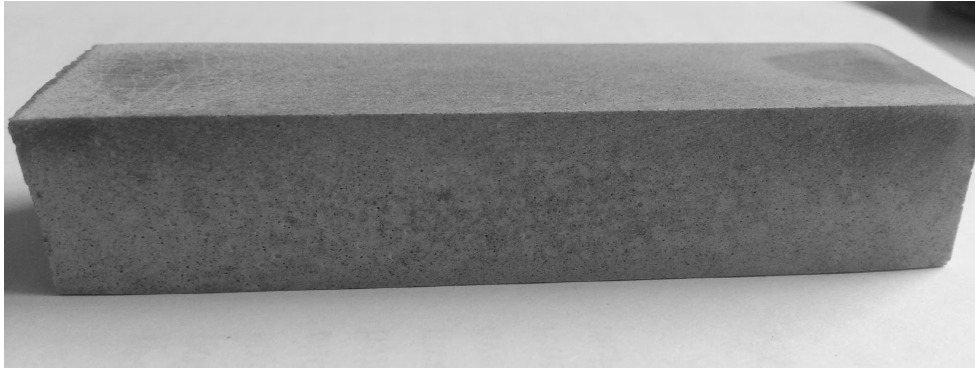


FIG. 1

2  
↓

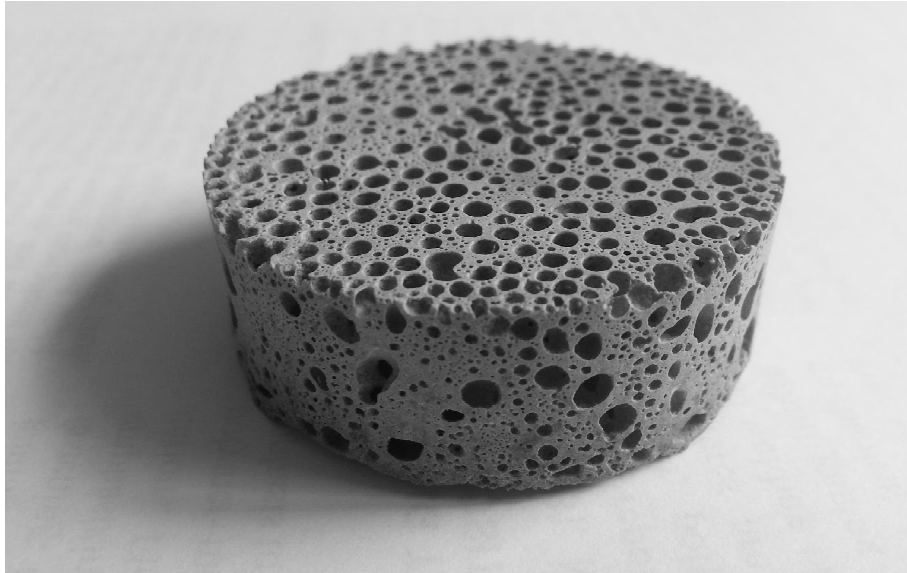


FIG. 2

2  
↘

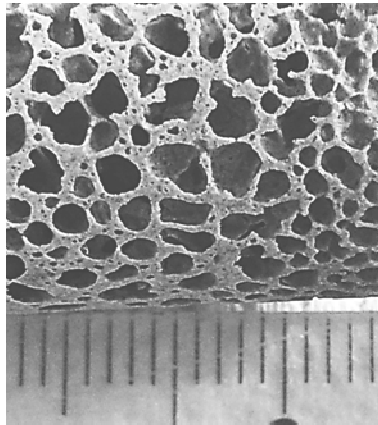


FIG. 3

3  
↘

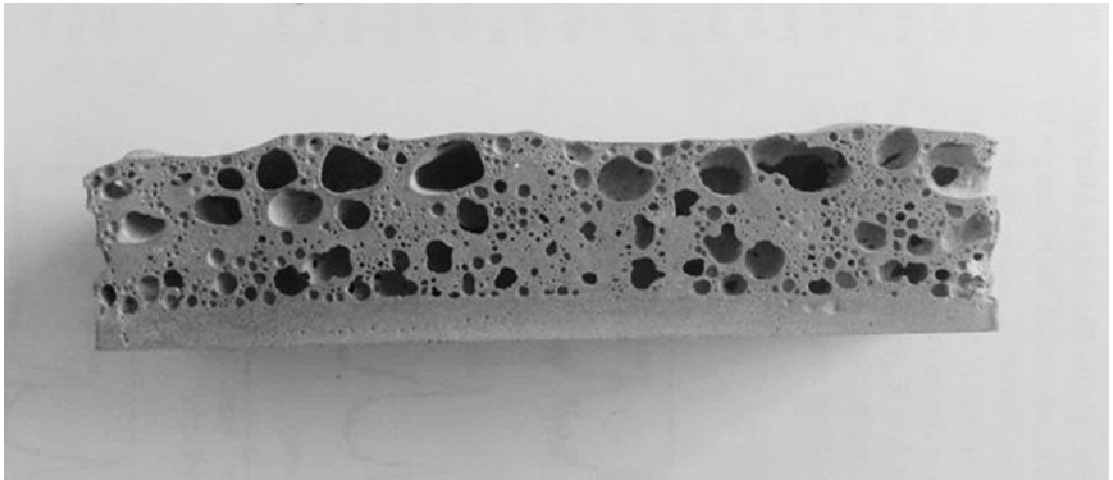


FIG. 4

“MATERIALE EDILIZIO OTTENUTO DA ATTIVAZIONE  
ALCALINA DI MINERALI CONTENUTI IN PRODOTTI E  
RESIDUI DA ATTIVITÀ ESTRATTIVA E LAVORATIVA E  
PROCESSO DI PRODUZIONE DI UN TALE MATERIALE

5 EDILIZIO”

RIASSUNTO

È descritto un materiale edilizio (1, 2, 3)  
ottenuto da attivazione alcalina di minerali  
contenuti in prodotti e residui da attività  
10 estrattiva e lavorativa. Il materiale edilizio (1,  
2, 3) comprende soluzioni attivanti a geo-  
polimerizzazione comprendenti silicato di sodio o  
di potassio disciolto in acqua deionizzata, silice  
amorfa nanometrica e idrossido di sodio o di  
15 potassio per permettere di realizzare il materiale  
edilizio (1, 2, 3) costituito prevalentemente da  
prodotti e residui da attività estrattiva e  
lavorativa e privo di ogni altro genere di  
materiale aggregato. Inoltre, è descritto un  
20 processo di produzione di tale materiale edilizio  
(1, 2, 3).  
(FIG. 1).

## CLAIMS

1. Building material (1, 2, 3) obtained by alkaline activation of minerals contained in products and residues from mining and working  
5 activities, characterized in that it comprises geopolymerization activating solutions comprising sodium or potassium silicate dissolved in deionized water, nanometer amorphous silica and sodium or potassium hydroxide to permit completion of said  
10 building material (1, 2, 3) primarily consisting of products and residues from mining and working activities and lacking of any other kind of aggregate material.
2. Building material (1, 2, 3) according to the  
15 preceding claim, characterized in that the geopolymerization activating solutions are mainly constituted by sodium silicate dissolved in deionized water.
3. Building material (1, 2, 3) according to claim  
20 1, characterized in that the geopolymerization activating solutions are mainly constituted by potassium silicate dissolved in deionized water
4. Building material (1, 2, 3) according to any one of the preceding claims, characterized in that  
25 the geopolymerization activating solutions include

various combinations of nanometer amorphous silica, sodium hydroxide and potassium hydroxide.

5. Building material (1, 2, 3) according to any one of the preceding claims, characterized in that  
5 the amorphous silica comes from ashes produced by the combustion of organic material, such as ash from rice husks, the solutions of sodium hydroxide and potassium constitute a by-product of some chemical processes of industrial washing and  
10 deionised water comes from filtering processes to which the sludge by cutting stone materials are subjected.

6. Building material (1, 2, 3) according to claim 1, characterized in that the geo-polymerization  
15 activating solutions have a molar ratio  $H_2O/Na_2O$  and  $H_2O/K_2O$  included within the range 10.0-21.0 and a molar ratio  $SiO_2/Na_2O$  e  $SiO_2/K_2O$  included in the range 0.0-2.5, by the addition of reagents and a molar ratio  $Na_2O/Al_2O_3$  included in the range 0.1-  
20 4.0, by the addition of mineral powders having a particle size lower than 125 microns.

7. Building material (1, 2, 3) according to any one of the preceding claims, characterized in that it comprises the addition of aggregates having  
25 different nature and granulometry, such as

siliceous sand, expanded glass, expanded clay and polymer resins to improve the physical properties of said building material (1, 2, 3).

8. Building material (1) according to any one of  
5 the preceding claims, characterized in that it has a density comprised between 1.5 and 2.5 g/cm<sup>3</sup>, a flexural strength at three points comprised between 10.0 and 20.0 MPa, a compression strength equal to or lower than 40.0 MPa, a thermal conductivity  
10 comprised between 1.0 and 1.3 W/mK.

9. Building material (2) according to any one of claims 1 to 4, characterized in that it comprises a pore-forming agent, such as hydrogen peroxide, having various volumes, in variable quantities to  
15 permit completion of said building material (2) having different porosity, having a density comprised between 0.4 and 1.0 g/cm<sup>3</sup>, with a thermal conductivity equal to or lower than 0.3 W/mK.

10. Building material (3), according to any one of  
20 the preceding claims, characterized in that it is formed from layers of material having different density and porosity.

11. Building material (1) according to claim 8, characterized in that it comes from mud from  
25 feldspathic-nature stone materials with high

content of MgO and CaO cut with diamond blades, the alkaline activating solution comprising a solution of sodium silicate containing Na<sub>2</sub>O 10.6 wt%, SiO<sub>2</sub> 26.5 wt.%, H<sub>2</sub>O 62.9wt%, sodium hydroxide in pellets  
5 with a purity ≥ 98%, deionized water, nano-powder of amorphous silica with a purity equal to 99.5%, the alkaline activating solution having the following molar ratios SiO<sub>2</sub>/Na<sub>2</sub>O 1.64, H<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O 13.0, the molar ratios of said building material  
10 (1) being Na<sub>2</sub>O/SiO<sub>2</sub>=0.13, H<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O=13.0, Na<sub>2</sub>O/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=1.2, SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=9.58, said building material (1) being dense.

12. Building material (2) according to claim 9, characterized in that it comes from mud from  
15 feldspathic-nature stone materials with high content of MgO and CaO cut with diamond blades, the alkaline activating solution comprising a solution of sodium silicate containing Na<sub>2</sub>O 10.6 wt%, SiO<sub>2</sub> 26.5 wt.%, H<sub>2</sub>O 62.9wt%, sodium hydroxide in pellets  
20 with a purity ≥ 98%, deionized water, nano-powder of amorphous silica with a purity equal to 99.5%, the alkaline activating solution having the following molar ratios SiO<sub>2</sub>/Na<sub>2</sub>O 1.64, H<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O 13.0, the molar ratios of said building material  
25 (2) being Na<sub>2</sub>O/SiO<sub>2</sub>=0.13, H<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O=13.0,



$\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3=1.2$ ,  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3=9.58$ , said building material (2) being dense porous.

13. Building material (1) according to claim 8, characterized in that it comes from a second raw material (MPS) having a feldspathic nature, the  
5 activating alkaline solution comprising potassium hydroxide in pellets, deionized water, nano-powder of amorphous silica with a purity 99.5%, the alkaline activating solution having the following  
10 molar ratios  $\text{SiO}_2/\text{K}_2\text{O}$  1.67,  $\text{H}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$  11.0, the molar ratios of said building material (1) being  $\text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2=0.1$ ,  $\text{H}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}=11.0$ ,  $\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3=1.0$ ,  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3=10.1$ , said building material (1) being dense.

15 14. Process for producing a building material (1) according to claim 8, characterized in that it comprises the following steps:

- mechanically mixing a progressively increasing amount of said building material (1) consisting of  
20 minerals contained into products and residues from mining and working activities and from the alkaline activating solution;
- continuing to mechanically mix a set amount of said building material (1) by five additional  
25 minutes;

- casting said building material (1) molds in;
- hardening said building material (1) by warming at a temperature comprised between 60° and 90°C, for a time period comprised between 24 and 48  
5 hours.

15. Process for producing a building material (2) according to claim 9, characterized in that it comprises the following steps:

- mechanically mixing, at high speed, for a time  
10 period comprised between 1 and 3 minutes, said building material (2) formed by minerals contained into products and residues from mining and working activities and from the activating solution, after adding the pore-forming agent, with various  
15 volumes, in variable quantities depending on the porosity to be obtained;
- casting said building material (2) into molds to obtain a porosity;
- hardening said building material (2) by  
20 warming at a temperature comprised between 60° and 90°C, for a time period comprised between 12 and 48 hours.

## RIVENDICAZIONI

1. Materiale edilizio (1, 2, 3) ottenuto da attivazione alcalina di minerali contenuti in prodotti e residui da attività estrattiva e  
5 lavorativa, caratterizzato dal fatto di comprendere soluzioni attivanti a geo-polimerizzazione comprendenti silicato di sodio o di potassio disciolto in acqua deionizzata, silice amorfa nanometrica e idrossido di sodio o di potassio per  
10 permettere di realizzare detto materiale edilizio (1, 2, 3) costituito prevalentemente da prodotti e residui da attività estrattiva e lavorativa e privo di ogni altro genere di materiale aggregato.
2. Materiale edilizio (1, 2, 3) secondo la  
15 rivendicazione precedente, caratterizzato dal fatto che le soluzioni attivanti a geo-polimerizzazione sono costituite prevalentemente da silicato di sodio disciolto in acqua deionizzata.
3. Materiale edilizio (1, 2, 3) secondo la  
20 rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che le soluzioni attivanti a geo-polimerizzazione sono costituite prevalentemente da silicato di potassio disciolto in acqua deionizzata
4. Materiale edilizio (1, 2, 3) secondo una  
25 qualsiasi delle rivendicazioni precedenti,

caratterizzato dal fatto che le soluzioni attivanti a geo-polimerizzazione comprendono diverse combinazioni di silice amorfa nanometrica, idrossido di sodio e idrossido di potassio

5 5. Materiale edilizio (1, 2, 3) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che la silice amorfa proviene da ceneri prodotte dalla combustione di  
10 riso, le soluzioni di idrossido di sodio e di potassio costituiscono un sottoprodotto di alcuni processi chimici di lavaggio industriale e l'acqua deionizzata proviene da processi di filtraggio a cui vengono sottoposti i fanghi da taglio di  
15 materiali lapidei.

6. Materiale edilizio (1, 2, 3) secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che le soluzioni attivanti a geo-polimerizzazione presentano un rapporto molare  $H_2O/Na_2O$  e  $H_2O/K_2O$   
20 incluso nell'intervallo 10.0-21.0 ed un rapporto molare  $SiO_2/Na_2O$  e  $SiO_2/K_2O$  incluso nell'intervallo 0.0-2.5, mediante l'aggiunta di reagenti ed un rapporto molare  $Na_2O/Al_2O_3$  incluso nell'intervallo 0.1-4.0, mediante l'aggiunta di polveri minerali di  
25 granulometria inferiore a 125 micron.

7. Materiale edilizio (1, 2, 3) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto di comprendere l'aggiunta di aggregati di diversa natura e granulometria, come sabbie silicee, vetro espanso, argilla espansa e resine polimeriche per migliorare le proprietà fisiche di detto materiale edilizio (1, 2, 3).
8. Materiale edilizio (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto di possedere una densità compresa tra 1.5 e 2.5 g/cm<sup>3</sup>, una resistenza a flessione su tre punti compresa tra 10.0 e 20.0 MPa, una resistenza a compressione pari o inferiore a 40.0 MPa, una conducibilità termica compresa tra 1.0 e 1.3 W/mK.
9. Materiale edilizio (2) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 4, caratterizzato dal fatto di comprendere un agente porogeno, come perossido di idrogeno, di varie volumetrie, in quantità variabile per permettere di realizzare detto materiale edilizio (2) di diversa porosità, di densità compresa tra 0.4 e 1.0 g/cm<sup>3</sup>, con conducibilità termica pari o inferiore a 0.3 W/mK.
10. Materiale edilizio (3), secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto di essere formato da strati di materiale di

diversa densità e porosità.

11. Materiale edilizio (1) secondo la rivendicazione 8, caratterizzato dal fatto di provenire da fango da materiali lapidei di natura feldspatica con elevato contenuto di MgO e CaO tagliati con lame diamantate, la soluzione alcalina attivante comprendente una soluzione di silicato di sodio contenente Na<sub>2</sub>O 10.6 wt%, SiO<sub>2</sub> 26.5 wt.%, H<sub>2</sub>O 62.9wt%, idrossido di sodio in pellets con purezza ≥ 98%, acqua deionizzata, nano-polvere di silice amorfa con purezza 99.5%, la soluzione alcalina attivante avendo i seguenti rapporti molari SiO<sub>2</sub>/Na<sub>2</sub>O 1.64, H<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O 13.0, i rapporti molari di detto materiale edilizio (1) essendo Na<sub>2</sub>O/SiO<sub>2</sub>=0.13, H<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O=13.0, Na<sub>2</sub>O/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=1.2, SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=9.58, detto materiale edilizio (1) essendo denso.

12. Materiale edilizio (2) secondo la rivendicazione 9, caratterizzato dal fatto di provenire da fango da materiali lapidei di natura feldspatica con elevato contenuto di MgO e CaO tagliati con lame diamantate, la soluzione alcalina attivante comprendente una soluzione di silicato di sodio contenente Na<sub>2</sub>O 10.6 wt%, SiO<sub>2</sub> 26.5 wt.%, H<sub>2</sub>O 62.9wt%, idrossido di sodio in pellets con purezza

≥ 98%, acqua deionizzata, nano-polvere di silice amorfa con purezza 99.5%, la soluzione alcalina attivante avendo i seguenti rapporti molari  $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$  1.64,  $\text{H}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  13.0, i rapporti molari di  
5 detto materiale edilizio (2) essendo  $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2=0.13$ ,  $\text{H}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}=13.0$ ,  $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3=1.2$ ,  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3=9.58$ , detto materiale edilizio (2) essendo poroso.

13. Materiale edilizio (1) secondo la  
10 rivendicazione 8, caratterizzato dal fatto di provenire da una materia prima-seconda (MPS) di natura feldspatica, la soluzione alcalina attivante comprendente idrossido di potassio in pellets, acqua deionizzata, nano-polvere di silice amorfa  
15 con purezza 99.5%, la soluzione alcalina attivante avendo i seguenti rapporti molari  $\text{SiO}_2/\text{K}_2\text{O}$  1.67,  $\text{H}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$  11.0, i rapporti molari di detto materiale edilizio (1) essendo  $\text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2=0.1$ ,  $\text{H}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}=11.0$ ,  $\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3=1.0$ ,  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3=10.1$ , detto materiale  
20 edilizio (1) essendo denso.

14. Processo di produzione di un materiale edilizio (1) secondo la rivendicazione 8, caratterizzato dal fatto di comprendere le seguenti fasi:

25 - miscelare meccanicamente una quantità

progressivamente crescente di detto materiale edilizio (1) formato da minerali contenuti in prodotti e residui da attività estrattiva e lavorativa e dalla soluzione alcalina attivante;

5 - continuare a miscelare meccanicamente una quantità stabilita di detto materiale edilizio (1) per ulteriori cinque minuti;

- colare in stampi detto materiale edilizio (1);

- indurire detto materiale edilizio (1)

10 riscaldandolo ad una temperatura compresa tra 60° e 90°C, per un periodo di tempo compreso tra 24 e 48 ore.

15. Processo di produzione di un materiale edilizio (2) secondo la rivendicazione 9,

15 caratterizzato dal fatto di comprendere le seguenti fasi:

- miscelare meccanicamente, ad alta velocità, per un periodo di tempo compreso tra 1 e 3 minuti,

20 detto materiale edilizio (2) formato da minerali contenuti in prodotti e residui da attività estrattiva e lavorativa e dalla soluzione attivante, dopo aver aggiunto l'agente porogeno, con varie volumetrie, in quantità variabile in relazione alla porosità che si vuole ottenere;

25 - colare in stampi detto materiale edilizio (2)



per ottenere una porosità;

- indurire detto materiale edilizio (2)  
riscaldandolo ad una temperatura compresa tra 60° e  
90°C, per un periodo di tempo compreso tra 12 e 48

5 ore.



*Ministero dello Sviluppo Economico*

---

Ricevuta di presentazione

per

Brevetto per invenzione industriale



Domanda numero: 102015000056183

Data di presentazione: 29/09/2015

## DATI IDENTIFICATIVI DEL DEPOSITO

Ruolo	Mandatario
Data di compilazione	29/09/2015
Titolo	MATERIALE EDILIZIO OTTENUTO DA ATTIVAZIONE ALCALINA DI MINERALI CONTENUTI IN PRODOTTI E RESIDUI DA ATTIVITÀ ESTRATTIVA E LAVORATIVA E PROCESSO DI PRODUZIONE DI UN TALE MATERIALE EDILIZIO.
Carattere domanda	Ordinaria
Esenzione	NO
Accessibilità al pubblico	NO
Numero rivendicazioni	15
Autorità depositaria	

## RICHIEDENTE/I

Natura giuridica	Persona giuridica
Denominazione	POLITECNICO DI TORINO
Partita IVA	00518460019
Nazione sede legale	Italia
Tipo Società	le universita'
Quota percentuale	50.0%
Natura giuridica	Persona giuridica
Denominazione	CENTRO SERVIZI LAPIDEO DEL VERBANO CUSIO OSSOLA
Partita IVA	01985910031
Nazione sede legale	Italia
Tipo Società	societa' consortile a responsabilita' limitata

Quota percentuale	20.0%	
Natura giuridica	Persona giuridica	
Denominazione	CONSORZIO INTERUNIVERSITARIO NAZIONALE PER LA SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI	
Partita IVA	04423980483	
Nazione sede legale	Italia	
Tipo Società	consorzio	
Quota percentuale	20.0%	
Natura Giuridica	Persona fisica	
Cognome/R.sociale	CERUTTI	
Nome	MARCO	
Codice fiscale	CRTMRC72R26L746T	
Nazione di residenza	Italia	
Comune di nascita	Verbania	
Nazione di nascita	Italia	
Quota percentuale	10.0%	

## DOMICILIO ELETTIVO

Cognome/R.sociale	A.BRE.MAR S.r.l.
Indirizzo	via G. Servais 27
CAP	10146
Comune	Torino
Telefono	011 - 7410040
Fax	011 - 7494035
Indirizzo Email	garavelli@abremar-patents.com
Riferimento depositante	BIT20045

## MANDATARI/RAPPRESENTANTI

## Cognome

Castaldo

Garavelli

## Nome

Andrea

Paolo

## INVENTORI

## Cognome

PALMERO

ZERBINATTI

TULLIANI

ANTONACI

FORMIA

MARIAN

CERUTTI

## Nome

PAOLA

MARCO

JEAN MARC

PAOLA

ALESSANDRA

MASSIMO

MARCO

## Nazione residenza

Italia

Italia

Italia

Italia

Italia

Italia

Italia

## CLASSIFICAZIONI

## Sezione

## Classe

## Sottoclasse

## Gruppo

## Sottogruppo

## NUMERO DOMANDE COLLEGATE

## DOCUMENTAZIONE ALLEGATA

## Tipo documento

Descrizione in italiano\*

Riassunto

## Riserva

NO

NO

## Documento

BIT20045 Descrizione.pdf.p7m

hash: 80401f530fcadef434bcdee331e1d821

BIT20045 Riassunto.pdf.p7m

hash: 2534ec95a2f1a5724008e4a5ab48a8fd

Lettera di incarico multipla	NO	BIT20045 Lettere di incarico.pdf.p7m hash: 1cac58dace7b53b2c7017d2d8ccb7c3b
Disegni	NO	BIT20045 Figure.pdf.p7m hash: 6d4c67cd95a48e33b6883421c58cb747
Rivendicazioni in inglese	NO	BIT20045 Rivendicazioni-eng.pdf.p7m hash: f91c85989e31ee084fd7ff4751853137
Rivendicazioni	NO	BIT20045 Rivendicazioni-ita.pdf.p7m hash: 3c0f0e6ce88cd556364a1c8cb64a3b7b

## PAGAMENTI

Tipo	Identificativo	Data
Bollo	01140204505530	04/08/2015