

# Valorizzazione del processo di trattamento dei rifiuti da C&D attraverso la marcatura CE dei prodotti e recupero dei fanghi di lavaggio

Anna Simeoni<sup>1</sup>, Mario Elefante<sup>1</sup>, Francesco Colangelo<sup>1</sup>, Claudio Ferone<sup>1</sup>, Sergio D'Alessio<sup>2</sup>, Raffaele Cioffi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi di Napoli "Parthenope" – Unità di Ricerca Parthenope, INSTM – Centro Direzionale isola C4 – 80143 Napoli.

<sup>2</sup> I. P. S. srl – San Martino Valle Caudina – 83018 Avellino.

## INTRODUZIONE ALLA GESTIONE E ALLA CLASSIFICAZIONE DEI RIFIUTI DA C&D

I rifiuti derivanti da attività di demolizione e costruzione di edifici o da scavi di manti stradali sono considerati rifiuti speciali (art. 184 D.Lgs 152/2006) e devono pertanto essere smaltiti o recuperati senza recare danni all'ambiente e alla salute dell'uomo.

Il principale problema dei rifiuti da costruzione e demolizione (C&D) non è legato alla loro pericolosità, relativamente bassa, ma alla quantità di materiale prodotto. Per questo motivo, negli ultimi anni si sta affermando la pratica del riciclaggio che permette di ridurre i materiali da destinare alle discariche autorizzate, lasciando spazio ad altre tipologie di rifiuti per i quali non esiste una procedura consolidata di recupero alla fine del ciclo di vita.

L'impiego di aggregati riciclati nelle costruzioni civili ha portato a numerosi vantaggi da un punto di vista sia economico, sia ambientale. Il riutilizzo di scarti edilizi e stradali, infatti, permette di ridurre le attività estrattive da cave e il conseguente consumo di risorse naturali, le quali presentano costi più elevati rispetto agli aggregati riciclati, pertanto definiti: Materia Prima Seconda (MPS) [1].

Nella classificazione CER (Catalogo Europeo dei Rifiuti) i prodotti da attività di C&D sono elencati nel capitolo 17 come "rifiuti delle operazioni di costruzione e demolizione (compresi i terreni di bonifica)".

## Impatto economico-gestionale dei rifiuti da C&D in Italia

Il Ministero dell'Ambiente, nel 2009, ha introdotto un sistema informatico di controllo della tracciabilità dei rifiuti (SISTRI) in grado di monitorare e acquisire i dati sulla produzione e gestione dei rifiuti speciali in breve tempo. In realtà, dopo numerosi rinvii, il sistema è divenuto operativo soltanto a partire dal 1 ottobre 2013, per le imprese che trattano rifiuti pericolosi, e il 3 marzo 2014, per tutte le altre [2].

In figura 1 sono riportati i quantitativi di rifiuti prodotti sul territorio nazionale tra il 2006 e il 2010. Nel 2010 la produzione totale di rifiuti risulta essere pari a circa 170 Mton, mostrando un incremento del 2,2% rispetto all'anno precedente. Nonostante ciò, i valori riscontrati in quest'ultimo anno risultano essere inferiori a quelli registranti nel 2008 (-2,8%) [3].

Un'analisi più dettagliata dei dati rileva che, nel 2010, i materiali ottenuti da attività di costruzione e demolizione risultano essere pari a 57,4 Mton, rappresentando la maggior aliquota dei rifiuti speciali prodotti. In figura 2 è riportata la produzione totale dei rifiuti speciali prodotti ripartita per i diversi capitoli del CER. Si può osservare come i rifiuti afferenti al capitolo 17, ovvero i rifiuti da C&D, risultano essere pari al 42,3% della produzione totale.

Quanto detto è confermato anche dall'elaborazione dei dati ISPRA in conformità al Regolamento CE n. 2150/2002, in cui i rifiuti speciali prodotti vengono suddivisi in base alle loro caratteristiche merceologiche, senza tener conto della loro provenienza (figura 3). I rifiuti speciali maggiormente

prodotti sono i rifiuti da C&D con 35,7 Mton, seguiti dalle terre con un quantitativo prodotto pari a 15,1 Mton [4].

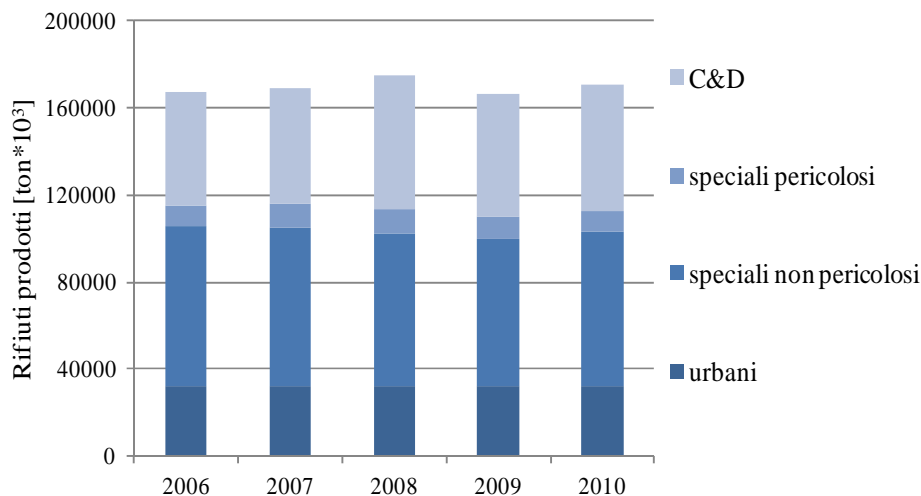


Figura 1. Produzione totale di rifiuti in Italia dal 2006 al 2010 (riadattato da [3]).

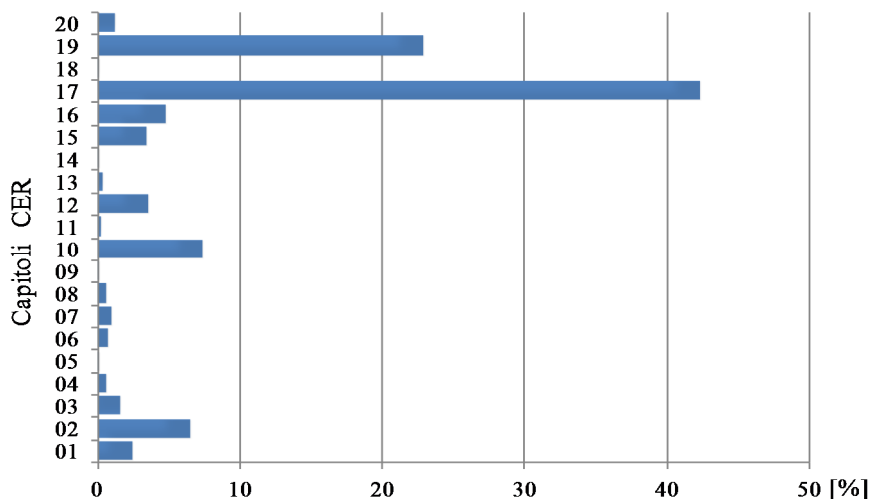


Figura 2. Quantità di rifiuti speciali prodotti in Italia nel 2009 e nel 2010 divisi per capitoli del CER (riadattato da [4]).

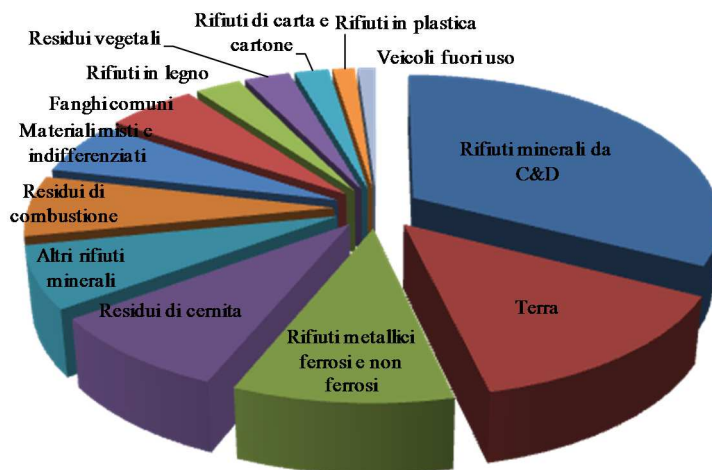
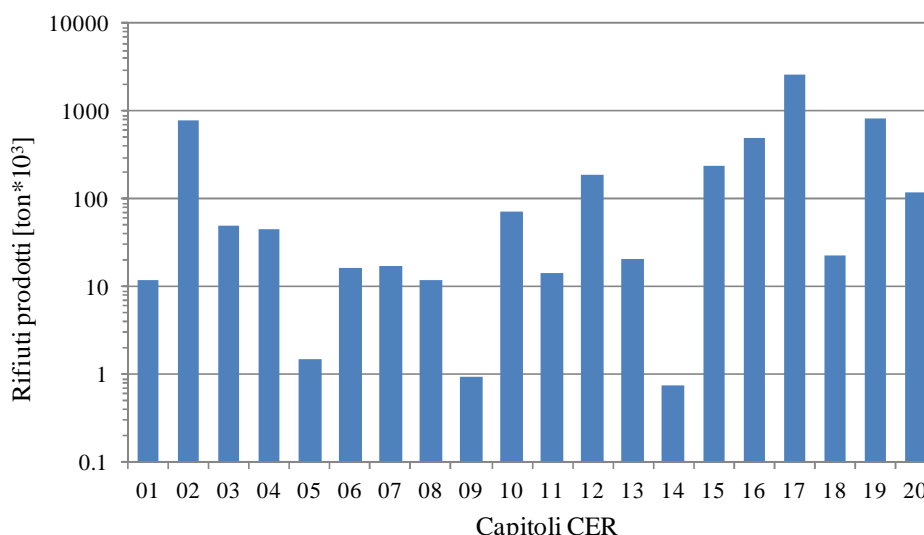


Figura 3. Rifiuti speciali prodotti in Italia suddivisi per categorie merceologiche (riadattato da [4]).

Per quanto concerne la gestione dei rifiuti, nel 2010 la quantità di rifiuti trattati in Italia risulta essere pari a 145 Mton, di cui circa 83 Mton sono avviati a operazioni di recupero (allegato C, parte IV del D.Lgs.152/06), oltre 37 Mton a operazioni di smaltimento e oltre 22 Mton sono destinate a impianti di deposito preliminare e di messa in riserva (allegato B, parte IV del D.Lgs.152/06). Tra le operazioni di recupero, la tipologia di trattamento prevalente risulta essere quella di "riciclo/recupero di altre sostanze inorganiche" (definita R5 dall'allegato C alla parte IV del D.Lgs.152/06), che rappresenta il 56,6% del totale di rifiuti recuperati, mostrando, rispetto al 2009, un incremento dello 0,7% [3].

Dal Rapporto Rifiuti Speciali elaborato dall'ISPRA, quindi, emerge che dei 57,4 Mton di rifiuti da C&D, prodotti nel 2010, 46,9 Mton sono stati condotti a operazioni di riciclo del tipo R5, per un tasso di recupero pari a 65%.

I dati riportati nei rapporti ufficiali presentano molte incertezze sia riguardo agli aspetti quantitativi che quelli qualitativi e per questo l'Italia, a differenza degli altri paesi europei che presentano annualmente un tasso di riciclaggio medio accertato pari a 50%, mostra una capacità di recupero di materiale da C&D reale che, secondo la maggior parte degli esperti, non è superiore al 10% [5]. Nel caso della Regione Campania, la quantità di rifiuti speciali prodotti nel 2009 risulta essere pari a circa 5,6 Mton. In figura 4 il quantitativo totale è ripartito secondo i codici CER. Dal diagramma si evince che, anche a livello regionale, i rifiuti maggiormente prodotti sono quelli da C&D.



**Figura 4.** Produzione di rifiuti speciali in Campania ripartita per capitoli del CER.

## LA MARCATURA CE PER IL CONTROLLO DELLA QUALITA'

Le MPS provenienti da attività di recupero e riciclaggio, non devono presentare caratteristiche di pericolo superiori a quelle delle materie prime vergini. E' necessario, quindi, garantire la conformità del prodotto finale del trattamento alle leggi che regolano la commercializzazione delle materie prime naturali all'interno della Comunità Europea attraverso la marcatura CE. Tale marcatura implica che il prodotto immesso sul mercato è stato sottoposto a procedure di verifica che assicurino al consumatore l'idoneità e sicurezza dello stesso.

La marcatura CE ha assunto carattere di obbligatorietà con l'entrata in vigore della Direttiva 89/106/CEE recepita in Italia con il Regolamento d'Attuazione DPR n. 246 del 21 aprile 1993 [6]. I prodotti sprovvisti di marcatura CE, o dell'attestato di conformità, o del benestare tecnico europeo, devono essere immediatamente ritirati dal commercio e non possono essere incorporati o installati in edifici (art. 11 DPR n. 246).

Nel giugno del 2004 sono entrate in vigore le norme armonizzate in base alle quali il produttore ha l'obbligo di applicare ai materiali la marcatura CE. Elaborate dalla Commissione Tecnica 154 del Comitato Europeo di Normalizzazione (CEN), le norme armonizzate definiscono i limiti di determinate caratteristiche, cui gli aggregati (naturali, artificiali e riciclati) devono sottostare al fine di essere immessi sul mercato nazionale ed europeo. La tabella 1 riporta le tipologie di aggregati che, prima di essere immessi sul mercato, devono essere sottoposti alla marcatura.

<b>Tipo di aggregati</b>	<b>Norma di Riferimento</b>
Aggregato per il calcestruzzo	EN 12620:2002
Aggregati per conglomerati bituminosi e finiture superficiali per strade, aeroporti e altre aree trafficate	EN 13043:2002
Aggregati leggeri – Parte 1: aggregati leggeri per calcestruzzo, malta e malta da iniezione/boiaccia	EN 13055-1:2002
Aggregati grossi per opere idrauliche – Parte 1: specifiche	EN 13383-1:2002
Aggregati per malte	EN 13139:2002
Aggregati per miscele non legate e miscele legate utilizzati nelle opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade	EN 13242:2002
Aggregati per massicciate ferroviarie	EN 13450:2002
Aggregati leggeri per conglomerati bituminosi	EN 13055-2

**Tabella 1.** Aggregati con obbligo di marcatura CE.

Un'altra importante novità, introdotta dalla direttiva sui rifiuti 98/2008/CE, è volta a definire i criteri atti a stabilire, a valle di determinate operazioni di recupero, quando un rifiuto cessa di essere tale per diventare una materia prima secondaria (*End of Waste*). L'obiettivo è quello di incoraggiare la produzione di prodotti riciclati di alta qualità e aumentare, così, la fiducia dei consumatori che utilizzano tali prodotti.

## **DESCRIZIONE TECNICA DEI PROCESSI DI TRATTAMENTO E RECUPERO DEI RIFIUTI DA C&D**

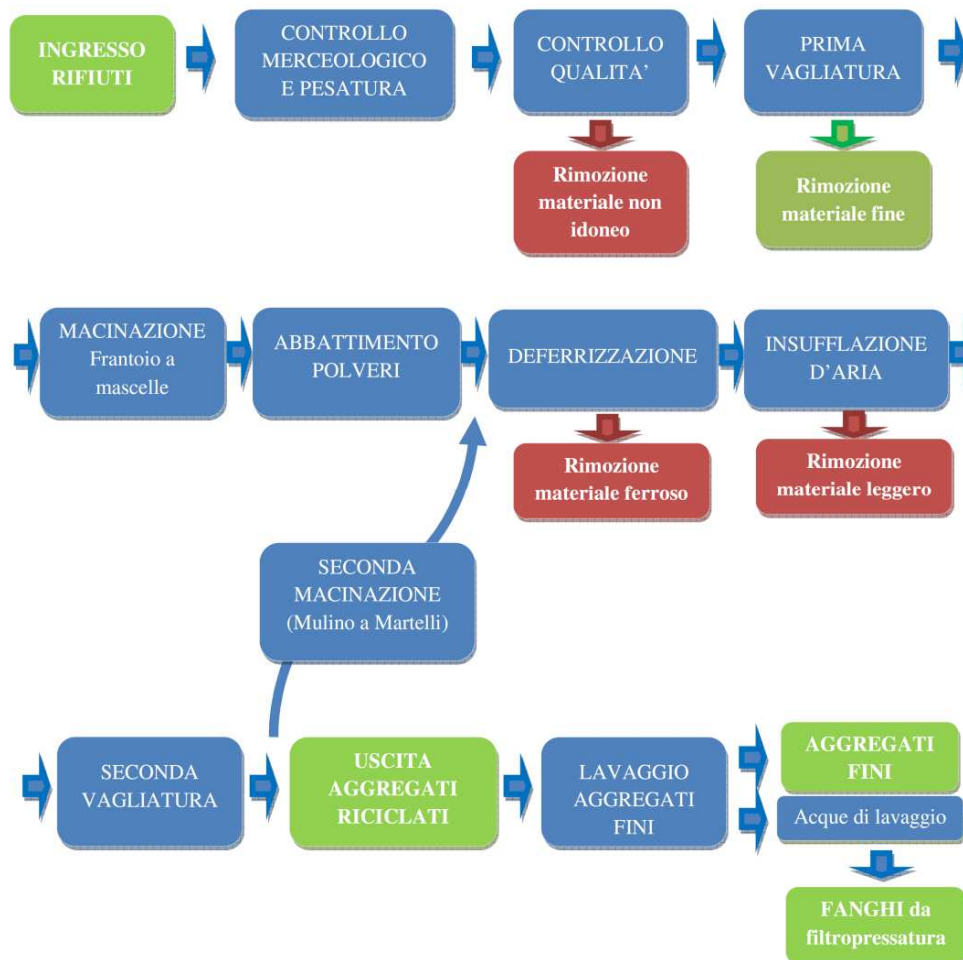
I rifiuti prodotti da operazioni di costruzione e demolizione possono essere riutilizzati in cantiere come MPS, inviandoli in appositi impianti di recupero/riutilizzo.

Un esempio virtuoso nel panorama aziendale campano e nazionale è rappresentato dalla I.P.S. Srl, situata nel Comune di San Martino Valle Caudina (AV). L'azienda è dotata di impianti industriali di alto valore tecnologico e fornisce garanzie prestazionali ai suoi prodotti attraverso la marcatura CE.

La I.P.S Srl, per quanto concerne la gestione della produzione di aggregati riciclati, dispone delle seguenti tipologie di impianti:

- Impianti di frantumazione e vagliatura;
- Impianti di lavaggio.

Il ciclo completo di trattamento è riportato schematicamente in figura 5.



**Figura 5.** Schema di trattamento dei materiali da C&D.

Gli aggregati con una dimensione compresa tra 0 e 4 mm sono inviati a un impianto di lavaggio dal quale si ottiene un materiale pulito e un residuo liquido contenente le polveri precedentemente aderenti alle particelle. Le acque di lavaggio sono inviate ad un impianto di filtropressatura da cui si ricava una frazione fangosa palabile.

## **INDAGINI SPERIMENTALI PER IL RECUPERO INNOVATIVO E SOSTENIBILE DEI FANGHI DA FILTROPRESSAGGIO**

Ai fini di un possibile impiego del fango da filtropressaggio come precursore solido per la produzione di materiali innovativi geopolimerici, sono state eseguite analisi chimiche, mineralogiche e di reattività in ambiente alcalino allo scopo di definire un ideale mix-design di possibili manufatti.

I materiali geopolimerici rappresentano una classe di materiali che ha riscontrato un notevole interesse nella comunità scientifica grazie alle notevoli prestazioni ingegneristiche, sia in termini di proprietà meccaniche, di durabilità e resistenza al fuoco che per la consistente sostenibilità

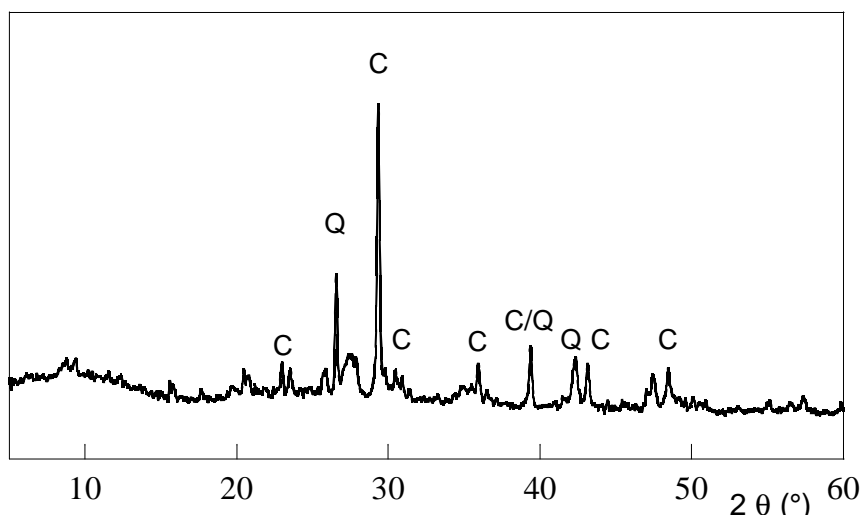
energetico-ambientale dei processi di sintesi che sono condotti a temperatura ambiente o leggermente superiore [7].

In tabella 2 sono mostrati i risultati dell'analisi chimica eseguita su un campione di fango dalla quale è possibile dedurre la natura prevalentemente silicoalluminatica del fango in aggiunta a un significativo contenuto di ossido di calcio. Sono, inoltre, presenti altri ossidi che potrebbero influire sulle cinetiche di policondensazione tipiche dei materiali geopolimerici.

Campione	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	Na <sub>2</sub> O
Fango di lavaggio	33,38%	12,35%	17,53%	3,99%	3,52%	1,64%	0,99%

**Tabella 2.** Risultati dell'analisi chimica dei fanghi da filtropressaggio, percentuale in peso.

In aggiunta ai risultati dell'analisi composizionale precedentemente illustrata, è stata effettuata la determinazione della composizione mineralogica che permette di determinare qualitativamente le fasi cristalline presenti (figura 6). In questo caso, il campione è risultato essere composto essenzialmente da quarzo (SiO<sub>2</sub>) e da calcite (CaCO<sub>3</sub>). Incrociando questi dati con quelli delle analisi chimiche è lecito ipotizzare che la maggior parte delle fasi contenenti allumina, ossido ferrico, ossido di potassio, magnesia e ossido di sodio, potrebbe presentarsi in forma amorfa, favorendo, pertanto, lo sviluppo di cinetiche di interesse per la policondensazione e lo sviluppo di proprietà ingegneristiche.



**Figura 6.** Analisi mineralogica dei fanghi da filtropressaggio (C=calcite; Q=quarzo).

Selezionato il potenziale campo di riutilizzo del fango come precursore solido silicoalluminatico per la produzione di geopolimeri, è stata indagata l'effettiva reattività del sottoprodotto in ambiente alcalino.

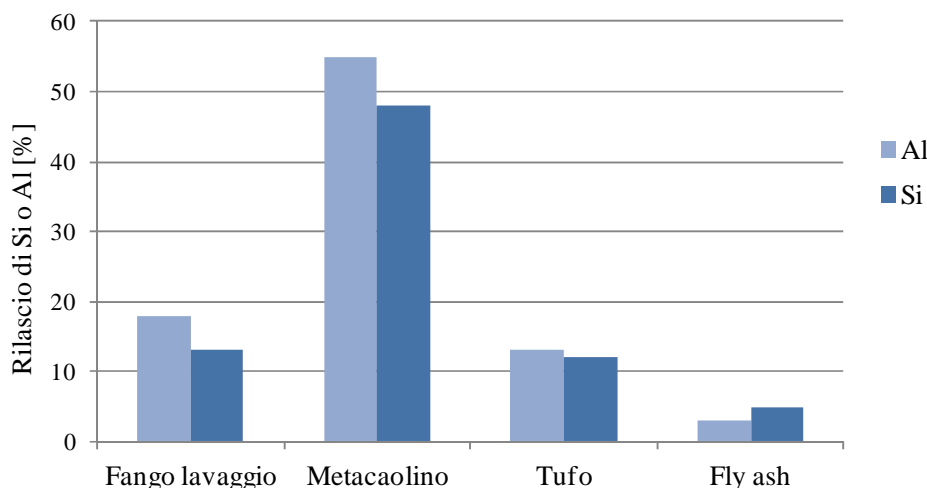
In figura 7 è riportato un confronto in termini di percentuale di rilascio di Si e Al tra il fango di lavaggio ed alcuni tra i materiali più comunemente utilizzati come precursori solidi per la preparazione di materiali geopolimerici. In particolare, è stata valutata la reattività del metacaolino, di un tufo pozzolanico e delle ceneri di carbone (*coal fly ash*) provenienti da una centrale termoelettrica.

I dati raccolti consentono di ricavare la seguente sequenza di reattività:

metacaolino > fango di lavaggio > tufo > *coal fly ash*

Pertanto, considerando il metacaolino come materiale di riferimento, ciò in ragione dell'elevata capacità di sviluppare reazione di policondensazione ampiamente dimostrata in letteratura, la possibilità di utilizzare il fango di lavaggio come materiale silico-alluminatico di base per la produzione di geopolimeri risulta di assoluto interesse [8].

Il motivo di interesse viene accresciuto dalla natura merceologica del fango che risulta essere un sottoprodotto del trattamento di rifiuti speciali. Tutto ciò implica un notevole beneficio in termini economici e di impatto ambientale specialmente nel caso di produzione di materiali geopolimerici sintetizzati e “curati” a temperatura ambiente.



**Figura 7.** Rilascio percentuale di alluminio e silicio di alcuni precursori solidi impiegati per la realizzazione di materiali geopolimerici.

## SVILUPPI FUTURI

Gli immediati sviluppi futuri programmati sono legati alla programmazione di miscele da impiegare nella produzione di manufatti non strutturali per l'edilizia residenziale e stradale (grigliati, pavè, canalette, lastre, cordoli, new jersey, etc.).

La composizione delle miscele sarà studiata in modo da massimizzare l'impiego degli aggregati riciclati (prodotti del trattamento dei rifiuti di C&D), dei fanghi da filtropressatura e delle terre da scavo argillose che sono raccolte e stoccate presso lo stabilimento della società IPS coinvolta nella sperimentazione.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] A cura di: A. Di Lauro, S. Sicher, D. Grimaldi, G. Albezzano, M. Varaglioti, *Costruzione e Demolizione, Linee Guida sui Rifiuti Speciali*, 2007.
- [2] [www.pmi.it](http://www.pmi.it), ultimo accesso 10 giugno 2014.
- [3] R. Laraia, *Rifiuti, Capitolo X, Annuario dei dati ambientali*, ISPRA, 2012.
- [4] Fondazione per lo sviluppo sostenibile Unione Nazionale Imprese Recupero (UNIR), *Approfondimenti settoriali: Rifiuti inerti da costruzione e demolizione, L'Italia del Riciclo*, 2013.
- [5] A. Tripodi, *Riuso di inerti al 10%. Il mercato è bloccato*, Sole 24 Ore – Progetti e Concorsi, 11 Febbraio 2013.
- [6] *Linee guida per la marcatura CE degli aggregati*. A cura di: ATECAP e A.N.E.P.L.A. Ed. Edizioni Pei srl.
- [7] C. Ferone, F. Colangelo, F. Messina, L. Santoro, R. Cioffi, *Recycling of pre-washed municipal solid waste incinerator fly ash in the manufacturing of low temperature setting geopolimer materials*, *Materials* 6 (8): 3420-3437, 2013.

[8] C. Ferone, F. Colangelo, G. Roviello, D. Asprone, C. Menna, A. Balsamo, A. Prota, R. Cioffi, G. Manfredi, Application-oriented chemical optimization of a metakaolin based geopolymer, *Materials* 6 (5): 1920-1939, 2013.