



Calcestruzzi alleggeriti mediante espansi polimerici da plastiche da riciclo

(¹)Vivaldi S., (¹)Pascali L., (²)Largo A., (²)Corvaglia P., (²)Manni O.

(¹)COLABETON S.p.A., via della Vittorina 60, 06024 Gubbio (Pg)

(²)Consorzio CETMA, Divisione di Ingegneria dei Materiali e delle Strutture
c/o Cittadella della Ricerca, s.s. 7 km 706+030, 72100 Brindisi

✉ alessandro.largo@cetma.it

CETMA_Centro di progettazione, design & tecnologie dei materiali



0831.449111
0831.449120



www.cetma.it
info@cetma.it



SOMMARIO

- Smaltimento e riciclo dei Rifiuti Solidi Urbani
- Il brevetto REMIX
- Analisi di normativa
- Caratterizzazione sperimentale
- Conclusioni





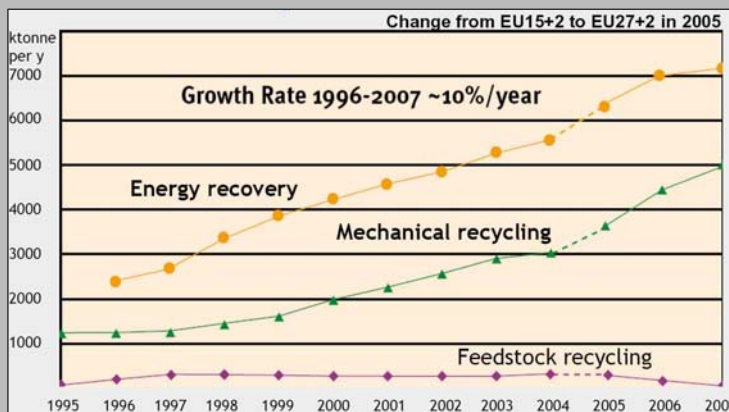
Il recupero della plastica

Lo smaltimento della plastica rappresenta un problema sempre crescente dal punto di vista ambientale, a causa della **riduzione dei costi della plastica vergine** (calo dei consumi, calo del prezzo del petrolio).



Accumulo della plastica da riciclo

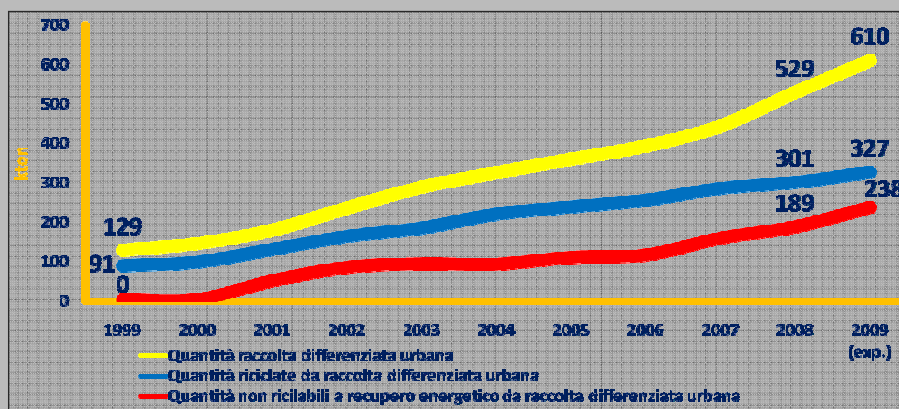
Il sottoprodotto della selezione dei rifiuti solidi urbani è in massima percentuale destinato all'**incenerimento con o senza recupero energetico**



Riciclo e recupero energetico della plastica post-consumo in Europa



Il recupero della plastica in Italia



⊕ In Italia si selezionano circa **200.000 ton/anno** di miscele di poliolefine derivanti dalla raccolta differenziata dei RSU:

⊕ il 50% (prodotti) circa è utilizzato per granulo da stampaggio;

⊕ il restante 50% (sottoprodotti) è destinato alla **termovalorizzazione**. Tale frazione **eterogenea** è **difficile da riciclare** a causa delle diverse temperature di lavorazione dei polimeri presenti.





Plastica da riciclo proveniente dagli RSU



Raccolta differenziata, selezione

Prodotti: PET, PP, HDPE, LDPE (bottiglie e flaconi)

Sottoprodotti (dicitura COREPLA: Plasmix) :

- ⊕ Miscela di plastica eterogenea: LDPE, HDPE, PP, PS, PVC, etc
- ⊕ Impurezze: carta, vetro metalli, materiale organico



Plastica da riciclo proveniente dagli RSU

⊕ Il **PET** riciclato può essere usato per: tessuti/abbigliamento, arredo, casalinghi.



⊕ Il **PP, l'HDPE, l'LDPE** possono essere usati per arredo, prodotti per l'edilizia, accessori vari.



⊕ Il **sottoprodotto della selezione** (miscela di plastica eterogenea) può essere usato per: arredo urbano, edilizia. La percentuale maggiore è destinata all'incenerimento o alla discarica.





La gestione dei rifiuti: il riciclo

⊕ DIRETTIVA 2008/98/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO
del 19 novembre 2008
Sui rifiuti

"[...] la priorità principale della gestione dei rifiuti dovrebbe essere la prevenzione e che il riutilizzo e il **riciclaggio** di materiali dovrebbero preferirsi alla valorizzazione energetica dei rifiuti, nella misura in cui essi rappresentano le alternative migliori dal punto di vista ecologico [...]"

⊕ **Uno studio di LCA** (Life Cycle Assessment) sulle plastiche eterogenee da riciclo mostra che il **riciclo meccanico** comporta un **impatto ambientale minore rispetto al recupero energetico** (Fonte: EPRO, European Association of Plastics Recycling and Recovery Organisations; http://www.epro-plasticsrecycling.org/c_93_1.html)



La gestione dei rifiuti: il riciclo

D.M. 8 Maggio 2003, n. 203

Norme affinché gli uffici pubblici e le società a prevalente capitale pubblico coprano il fabbisogno annuale di manufatti e beni con una quota di prodotti ottenuti da materiale riciclato nella misura non inferiore al 30% del fabbisogno medesimo.

- ⊕ Definizione di **materiale riciclato**: un materiale che sia realizzato utilizzando rifiuti derivanti dal **post-consumo**, [...], nei limiti in peso imposti dalle tecnologie impiegate per la produzione del materiale medesimo.
- ⊕ Categorie di prodotto: tipologie di manufatti e beni ottenuti con materiale riciclato; l'elenco è predisposto ed aggiornato, almeno una volta l'anno [...]



Importanza di individuare applicazioni possibili per il sottoprodotto della selezione degli RSU





SOMMARIO

- Smaltimento e riciclo dei Rifiuti Solidi Urbani
- Il brevetto REMIX
- Analisi di normativa
- Caratterizzazione sperimentale
- Conclusioni

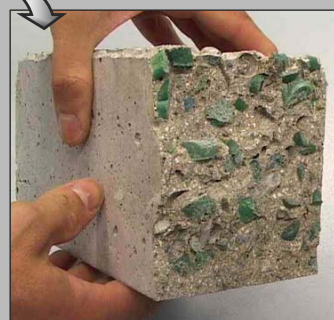


Il brevetto REMIX



Obiettivo

Individuare possibili applicazioni della plastica eterogenea da riciclo (ottenuta come sottoprodotto della selezione della plastica da RSU), altrimenti destinata in discarica o utilizzata per applicazioni con scarso valore aggiunto



granuli espansi a bassa densità per applicazioni nel settore edile





Il brevetto REMIX

⊕ La **tecnologia** messa a punto per la produzione del **granulo espanso** è il processo di **schiumatura mediante estrusione**, brevettata nei paesi della **Comunità Europea**.

⊕ Il processo è stato sviluppato prima in scala da laboratorio, poi, mediante opportuno scaling-up, è stato messo a punto in **scala industriale**, ottimizzando le varie fasi del processo, dalla preparazione della materia prima, alla fase di taglio dell'estruso espanso.



(19)		(11)	EP 1 598 164 B1
(12)	EUROPEAN PATENT SPECIFICATION		
(45)	Date of publication and mention of the grant of the patent: 16.05.2007 Bulletin 2007/20	(51) Int Cl:	B29B 17/00 (2006.01) C04B 18/20 (2006.01) B09B 3/00 (2006.01)
(21)	Application number: 05009062.0		C04B 16/00 (2006.01) C04J 11/00 (2006.01) C04B 28/00 (2006.01)
(22)	Date of filing: 26.04.2005		
(54)	Polymeric foam extrusion process Verfahren zur Kunststoffschaumherstellung Procédé pour l'extrusion d'une mousse polymérisée		
(84)	Designated Contracting States: AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR		• Manni, Orazio Maglie (IT) • Barone, Luigi Lecce (IT)
(30)	Priority: 21.05.2004 IT BA20040025	(56)	References cited: EP-A- 0 554 705 WO-A-98/50318 WO-A-2004/024793 DE-A1- 1 471 451 US-A- 5 352 390 US-A1- 2002 050 233
(43)	Date of publication of application: 23.11.2005 Bulletin 2005/47		EP-A- 0 924 173 WO-A-2004/022503 AT-B- 391 862 DE-A1- 4 320 852 US-A- 5 622 556 US-A1- 2003 109 592
(73)	Proprietor: CONSORZIO CETMA 72100 Brindisi (IT)		• PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 01, 31 January 2000 (2000-01-31) & JP 11 292589 A (JAPAN HIGHWAY PUBLIC CORP; MARUMAN CORPORATION KK), 26 October 1999 (1999-10-26)
(72)	Inventors: • Maffezzoli, Alfonso Lecce (IT) • Marseglia, Alessandro Mesagne (BR) (IT) • Greco, Antonio Lecce (IT)		

CETMA_Centro di progettazione, design & tecnologie dei materiali

0831.449111
0831.449120www.cetma.it
info@cetma.it

Il brevetto REMIX: le materie prime

⊕ frazione eterogenea ottenuta come sottoprodotto della selezione della plastica da RSU: tale frazione eterogenea è difficile da riciclare a causa delle diverse temperature di lavorazione dei polimeri presenti. Questo problema esclude la possibilità d'impiego per la realizzazione di prodotti di forma complessa con piccoli spessori.

⊕ gesso di risulta delle centrali termoelettriche utilizzato come agente espandente

solo materiali da riciclo



CETMA_Centro di progettazione, design & tecnologie dei materiali

0831.449111
0831.449120www.cetma.it
info@cetma.it



Processo di produzione del granulo espanso

⊕ **SELEZIONE:** il processo prevede diverse fasi, ciascuna rivolta a separare le varie frazioni di plastica presenti e gli scarti. Affinché il sottoprodotto ottenuto dalla selezione (miscela eterogenea di plastiche) sia idoneo ad essere utilizzato come materia prima per la produzione dei granuli espansi occorre che la percentuale di impurezze (vetro, metalli, materiale celluloso, plastiche alto-fondenti) sia inferiore a circa il 5%. Minore è tale percentuale, maggiore sarà la produttività del processo di estrusione/espansione e più omogenee saranno le caratteristiche del granulo (densità, morfologia). Tale obiettivo può essere raggiunto con un opportuno processo di **separazione/pulizia**, anche in assenza di lavaggio.



⊕ **TRITURAZIONE e DENSIFICAZIONE:** la miscela di plastiche viene **tritettata** (riduzione dimensionale) e **densificata** (compattazione) al fine di ottenere un granulo estrudibile.



Processo di produzione del granulo espanso

⊕ **ESTRUSIONE:** il densificato alimenterà l'estrusore insieme al gesso, per la produzione del granulo espanso.

⊕ A valle dell'estrusore è previsto un sistema di **granulazione**.



I test da laboratorio e il successivo scaling-up su scala pilota ha evidenziato la convenienza ad utilizzare estrusori bivate, che garantiscono:

- ❖ una migliore miscelazione con il gesso,
- ❖ una migliore omogeneizzazione delle plastiche presenti, garantendo una parziale fusione anche delle frazioni a maggiore temperatura di fusione.





Processo di produzione del granulo espanso

Modulando opportunamente i parametri di estrusione e la procedura di granulazione è possibile variare la **densità**, la **forma** e la **dimensione** del granulo espanso, oltre che la **morfologia** del materiale schiumato.



REMIX



SOMMARIO

- Smaltimento e riciclo dei Rifiuti Solidi Urbani
- Il brevetto REMIX
- Analisi di normativa
- Caratterizzazione sperimentale
- Conclusioni





Normative di riferimento

- ⊕ **UNI 10667 – 14 (giugno 2003):** *Miscele di materiali polimerici di riciclo e di altri materiali a base cellulosica di riciclo da utilizzarsi come aggregati nelle malte cementizie.* → solo per malte cementizie e non per calcestruzzi
- ⊕ **UNI EN 13055 – 1 (aprile 2003):** *Aggregati leggeri – Parte 1: Aggregati leggeri per calcestruzzo, malta e malta per iniezione.* → **errata corrige del 25 maggio 2006**
 “Nota – [...] Il mandato M/125 “Aggregati” comprende, oltre ad aggregati naturali e industriali comuni e tradizionali, aggregati riciclati e alcuni materiali provenienti da fonti nuove o non comuni. [...] tali materiali non comuni, quando immessi sul mercato come aggregati, devono essere completamente conformi alla presente norma [...]”.
- ⊕ **Nuove norme tecniche per le costruzioni – Cap. 11: Materiali e prodotti per uso strutturale – par. 11.2.9.2. “Aggregati”.** → *“Sono idonei alla produzione di calcestruzzo per uso strutturale gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, ovvero provenienti da processi di riciclo conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 12620 e, per gli aggregati leggeri, alla norma europea armonizzata UNI EN 13055 – 1.”*



SOMMARIO

- Smaltimento e riciclo dei Rifiuti Solidi Urbani
- Il brevetto REMIX
- Analisi di normativa
- Caratterizzazione sperimentale
- Conclusioni





Il mercato degli aggregati leggeri

Applicazioni non strutturali

Applicazioni strutturali

Argilla espansa strutturale



Poliuretano espanso



Foglie di plastica riciclata



Argilla espansa



CETMA_Centro di progettazione, design & tecnologie dei materiali

0831.449111
0831.449120www.cetma.it
info@cetma.it

REMIX: scheda tecnica di prodotto



Granulometria (UNI EN 933 - 1)	2 - 8
Assorbimento medio di acqua superficiale [%] (UNI EN 1097 - 6)	3 - 30*
Massa volumica media apparente dei granuli pre essiccati [kg/m ³] (UNI EN 1097 - 3)	380-500
Massa volumica media in mucchio [kg/m ³] (UNI EN 1097 - 3)	140* - 300
Percentuale media vuoti intergranulari [%] (UNI EN 1097 - 3)	40 - 70
Resistenza alla frantumazione [N/mm ²] (UNI EN 13055 - 1; App. A)	1.90
Contenuto di solfati solubili in acido [%] (UNI EN 1744 - 1)	0.12
Contenuto di sostanze organiche (UNI EN 1744 - 1)	tracce

*valore riferito all'aggregato tritato

Conforme alle norme **UNI EN 13055 - 1** e **UNI 10667 - 14**

CETMA_Centro di progettazione, design & tecnologie dei materiali

0831.449111
0831.449120www.cetma.it
info@cetma.it



Aggregati leggeri a confronto



Argilla espansa



REMIX: Aggregato plastico riciclato espanso

Granulometria (UNI EN 933 - 1)	3 - 8	4 - 8	
Assorbimento medio di acqua superficiale [%] (UNI EN 1097 - 6)	18	3	←
Massa volumica media in mucchio [kg/m ³] (UNI EN 1097 - 3)	380	140-300	←
Resistenza alla frantumazione [N/mm ²] (UNI EN 13055 - 1: App. A)	1.50	1.90	←



REMIX: applicazioni

Prefabbricazione:

- ⊕ mattoni in calcestruzzo alleggerito per murature verticali (portanti e non) ad elevato isolamento termo-acustico,
- ⊕ pannelli in calcestruzzo alleggerito per usi strutturali ad elevato isolamento termo-acustico,
- ⊕ barriere stradali antirumore,
- ⊕ recinzioni.

Calcestruzzo pronto all'uso:

- ⊕ massetti alleggeriti fonoassorbenti,
- ⊕ massetti alleggeriti a rapida disidratazione (p.e. installazione di parquet).





REMIX: work in progress

⊕ **Numix "Aggregate for concrete from recycling of plastic waste"**
CIP ECO-INNOVATION 2008 (CETMA (IT), Centro riciclo (IT), Acciona (ES), SGI (IT), DFS (MNE))

- ⊕ **riduzione** della quantità di **scarto** della selezione della plastica da riciclo destinata alla discarica o all'incenerimento;
- ⊕ **industrializzazione** di prodotti eco-sostenibili per l'edilizia: granuli espansi per il calcestruzzo alleggerito e granuli densificati per malte e come materia prima dei granuli espansi;
- ⊕ **promozione** a livello europeo di tali aggregati innovativi.

⊕ **"P.O.R. Umbria Colabeton" Re.sta INDUSTRIA 2008** (Colabeton (IT), CETMA (IT), Edilcemento (IT), CF (IT), Università degli studi di Perugia (IT))

- ⊕ **studio** e **ottimizzazione** di miscele di conglomerato cementizio con migliorate proprietà meccaniche e di **isolamento**, **riduzione** del costo, del peso e dell'**impatto ambientale** rispetto agli analoghi attualmente presenti in commercio;
- ⊕ utilizzo di **nanomateriali** (nanosilice ovvero particelle nanometriche di silice amorfa);
- ⊕ utilizzo di **nanoprodotti** (fibre di polipropilene nanomodificate);
- ⊕ utilizzo di aggregati innovativi (**scarti di fonderia** e **scarti della selezione delle plastiche eterogenee** derivanti dalla raccolta di rifiuti solidi urbani).



SOMMARIO

- ✓ Smaltimento e riciclo dei Rifiuti Solidi Urbani
- ✓ Il brevetto REMIX
- ✓ Analisi di normativa
- ✓ Caratterizzazione sperimentale
- ✓ Conclusioni





Conclusioni

- ⊕ Lo **smaltimento della plastica** rappresenta un problema sempre crescente dal punto di vista ambientale, a causa della **riduzione dei costi della plastica vergine** (calo dei consumi, calo del prezzo del petrolio) e del conseguente **accumulo della plastica da riciclo**
- ⊕ Le **discariche**, pur essendo l'**opzione meno adeguata** dal punto di vista ambientale, rappresentano la via di gestione ancora **maggiormente utilizzata**
- ⊕ La **normativa europea** stabilisce che il **riciclo è obbligatorio**; i **polimeri termoplastici** possono essere **riciclati**
- ⊕ Il **50% della plastica da RSU** (frazione eterogenea, sottoprodotto della selezione) è difficile da riciclare a causa delle diverse temperature di lavorazione dei polimeri presenti; destinato alla **termovalorizzazione**
- ⊕ Il **brevetto REMIX utilizza questa frazione destinata alla termovalorizzazione** per la produzione di **granuli espansi** da utilizzare come aggregati per il confezionamento di **calcestruzzi leggeri** e **malte**
- ⊕ La prima fase di **caratterizzazione sperimentale** ha evidenziato come sia possibile ottenere miscele di conglomerato cementizio di **densità variabile tra 1450 e 2000 kg/m³**, con **resistenze meccaniche medie a compressione variabili tra 15 e 35 N/mm²** dopo 28 giorni
- ⊕ Preliminari **test qualitativi** hanno evidenziato come prototipi, realizzati con alcune delle miscele testate, presentino una **propensione all'isolamento termoacustico** paragonabile a quella ottenibile con miscele di calcestruzzo alleggerito con argilla espansa di analoghe proprietà fisico-meccaniche
- ⊕ **Attività in corso: studio e ottimizzazione di miscele** di conglomerato cementizio con migliorate proprietà meccaniche e di isolamento, riduzione del costo, del peso e dell'impatto ambientale e **industrializzazione di prodotti eco-sostenibili** per l'edilizia

