

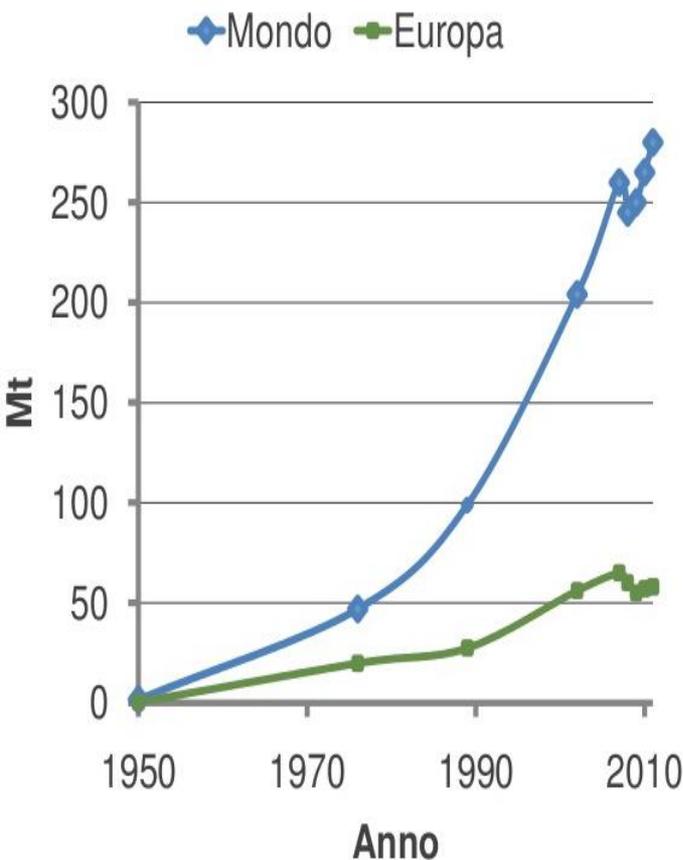
## Riciclabilità e biodegradabilità: qual è il meglio per l'ambiente

GREEN SINKS LIFE 12/ IT/ENV/000736



**Prof. Enrico Marcantoni**  
Università degli Studi di Camerino  
Scuola di Scienze e Tecnologie  
Sezione Chimica

## La produzione mondiale di materie plastiche



- in media +8% l'anno dal 1950 ad oggi
- 4-5% dei consumi annui di petrolio

## Plastics Development

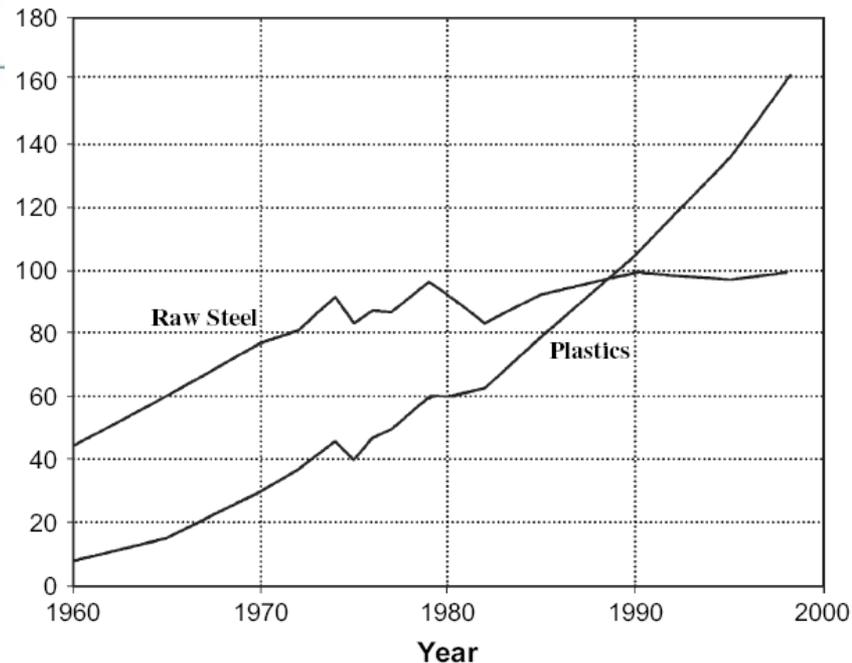


Fig. 1. Plastics production compared to steel production.

Energy consumption for production of materials and processing to articles in relation to the volume

Material	Energy consumption (kJg/cm <sup>3</sup> )
Polyethylene (PE)	54
Polypropylene (PP)	65
Poly(vinyl chloride) (PVC)	70
Polystyrene (PS)	82
Glass	104
Steel	316
Copper	438
Aluminium	617

## Plastica e sostenibilità ambientale



- Essere in grado di definire il concetto di sostenibilità e spiegare il suo impatto sul settore delle materie plastiche.
- Bisogna confrontare le principali iniziative del settore per cercare di raggiungere la sostenibilità.
- Necessità di essere in grado di spiegare il motivo per cui i materiali di plastica sono la scelta migliore per l'ambiente.

## Plastic or Glass?

Making containers out of plastic instead of glass leads to reductions in fuel costs and emissions as well.

Glass



Plastic



	Weight		Weight	
	(oz.)	%	(oz.)	%
Mustard	9.0	64	8.0	86
Package	5.0	36	1.3	14
	14.0	100	9.3	100

**71% less packaging per ounce of product**

## Plastic or Glass?

Peanut Butter anyone?



Glass



Plastic

**Weight of the jar: 10.2 oz.**

**1.7 oz.**

**% of total weight**

**that's product: 64%**

**91%**

**Shipping and energy comparison: you can ship the same amount of peanut butter in 2 tractor trailers that you would need to ship in 3 tractor trailers if you use plastic packaging instead of glass**

## Plastica ed Energia

C'è un sacco di energia rinchiusa in una catena polimerica e molti considerano alcuni polimeri essere come “benzina congelata”. Invece di produrre benzina e gasolio per riscaldamento da combustibili fossili, perché non produrre polimeri, utilizzarli come tali ed infine riottenere “energia” che contengono.



## Processi di recupero energia

**Pirolisi:** scomposizione delle molecole mediante riscaldamento sotto vuoto ottenendo una miscela di idrocarburi liquidi e gassosi simili al petrolio. La pirolisi può avvenire a bassa temperatura (450-550° C), o ad alta temperatura (650-850° C), ed il prodotto di essa può essere miscelato al petrolio grezzo e quindi tornare in ciclo.

**Idrogenazione:** trattamento di degradazione a base di idrogeno e calore, in cui i polimeri si trasformano in idrocarburi liquidi e vari gas olefinici (etilene, propilene, butadiene, ecc.) dai quali si può ricavare nuovamente polietilene, polipropilene, PVC, gomma sintetica.

**Gassificazione:** procedimento ad alta temperatura (800-1600° C) basato sul riscaldamento in mancanza di aria con cui si produce una miscela di idrogeno e ossido di carbonio che può essere utilizzata come combustibile nelle centrali, o per sintesi di prodotti chimici come il metanolo oppure può essere utile nella lavorazione di altre materie.

**Chemiolisi:** che lavora le singole materie dismesse con processi che le trasformano nelle materie prime di origine.

**Glicolisi (o Alcolisi), Metanolisi, Ammonolisi:** processi di depolimerizzazione tramite l'utilizzo rispettivamente di glicol tereftalico, di metanolo e di ammoniaca come reagenti che innescano la depolimerizzazione dei polimeri di policondensazione (PET, PA, PUR).

## Applicazione industriale della termovalorizzazione

- I termovalorizzatori sono inceneritori dotati di una sezione di combustione, una di recupero di energia e una di trattamento fumi.
- Nei moderni impianti le emissioni nette di inquinamenti atmosferici sono così basse che il loro effetto sulla qualità dell'aria nelle zone circostanti è praticamente trascurabile rispetto a quello causato da molte altre comunissime sorgenti di emissione alle quali la collettività non riserva la dovuta attenzione.



## Diossine emesse

- La dose giornaliera incrementale di diossine che sarebbe assunta da un individuo ubicato nel punto di massima ricaduta delle emissioni di un termovalorizzatore è pari:
  - Al **134%** della dose assunta attraverso la **dieta alimentare**
  - A circa **8.2%** della dose assunta bevendo **un bicchiere di latte**
  - Alla dose assunta mangiando **2 g di burro**
  - Alla dose se esposto per meno di **un minuto ai fumi di barbecue**
  - Alla dose assunta fumando **una sigaretta**

## Plastica biodegradabile



**Un materiale viene definito biodegradabile quando esprime la capacità di decomporsi in sali minerali, anidride carbonica e acqua grazie all'azione enzimatica dei microorganismi.**

**Biodegradazione di un polimero è causata dall'attività biologica, in particolare dall'azione di funghi e batteri in grado di modificare in modo irreversibile la struttura chimica del materiale.**

## Riciclaggio o biodegradabilità

Il riciclaggio e la biodegradabilità sono le due iniziative che alcuni fa hanno iniziato ad essere studiate per ottimizzare il destino della plastica.

Le due iniziative conducono a soluzioni opposte come può essere il fatto che un prodotto ottenuto con materaile riciclato spesso è chiamato a durare molto tempo.

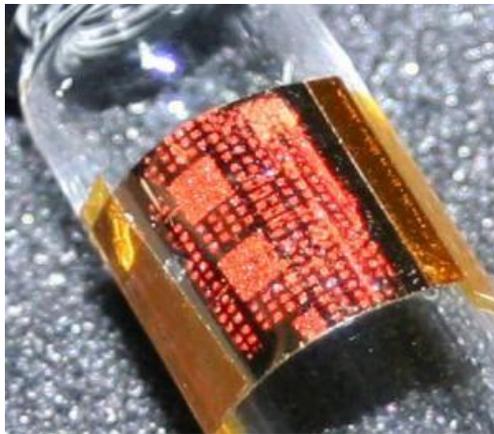


Se dei materiali biodegradabili vengono mescolati con materiali riciclati, generalmente si ha una prematura rottura del prodotto finale.

## Plastica ideale?

La plastica perfetta dovrebbe essere un materiale fotodegradabile nel momento che viene gettato via. Tuttavia, sarebbe ancora più opportuno che la plastica possa essere completamente riciclabile in modo da non finire in discarica.

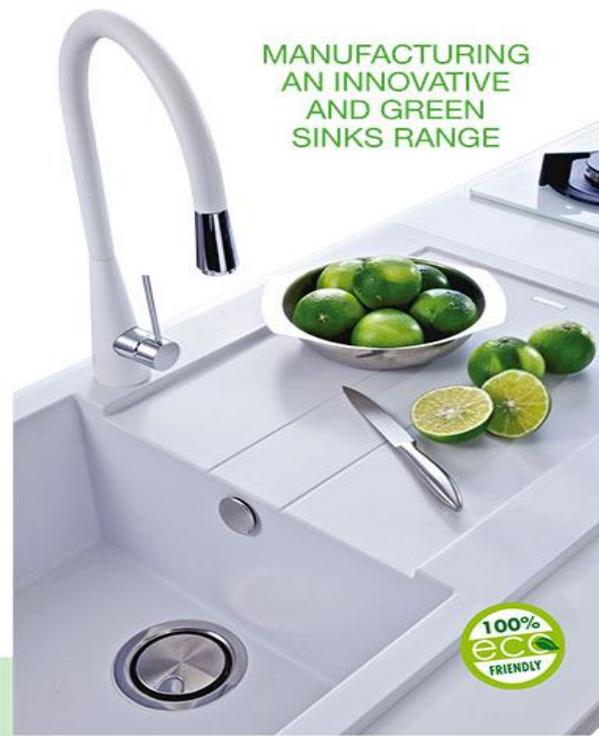
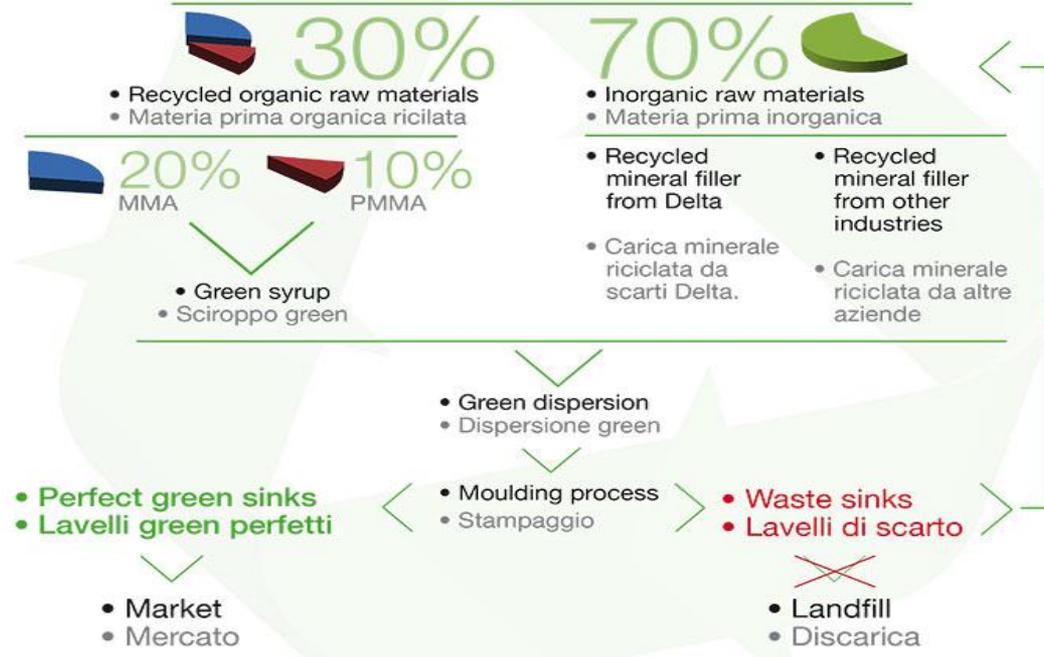
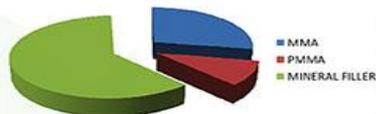
Resta chiaro che prima ancora bisogna lavorare per ottenere un materiale che richieda la minore energia possibile per la sua produzione e pertanto ancora diverse vie dovranno essere esplorate e sviluppate



## Lead Market Initiative



**GREEN SINKS PRODUCTION**  
**PRODUZIONE DI LAVELLI GREEN**



Printed on recycled paper

Scientific Collaborations:  
Collaborazioni scientifiche:

Università di Camerino  
Università di Brescia  
Università politecnica delle Marche

Other Collaborations/ Altre Collaborazioni:  
Sasil S.p.A.

Main Productive plant:  
Via Grazia Deledda, 3  
62010 Montecassiano (MC), Italy

Productive plants and  
Laboratories:  
Via Tambroni Armaroli, 2  
62010 Montelupone (MC), Italy

Tel. +39 0733 290561  
Fax +39 0733 290593

I materiali compositi sono preferiti per molte applicazioni ed un corretto riciclaggio al termine della vita utile dei materiali compositi è necessario.

Diverse tecnologie sono state sviluppate come il riciclaggio meccanico, riciclaggio termico e riciclaggio chimico. La ricerca continua per lo sviluppo di nuovi compositi meglio riciclabili e di tecnologie che contribuiranno allo sviluppo sostenibile del settore dei materiali compositi

**MATERIALE COMPOSITO**



**FRAZIONE  
ORGANICA**

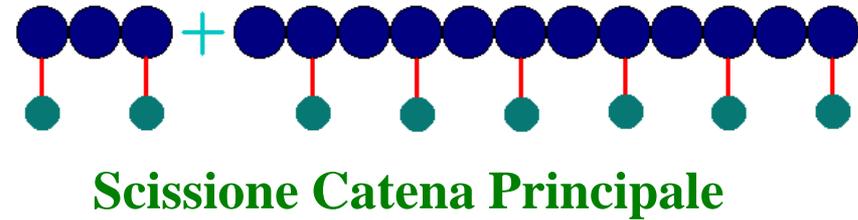


**FRAZIONE  
INORGANICA**

MATRICE ORGANICA  
DI VARIA NATURA

NANOPARTICELLE

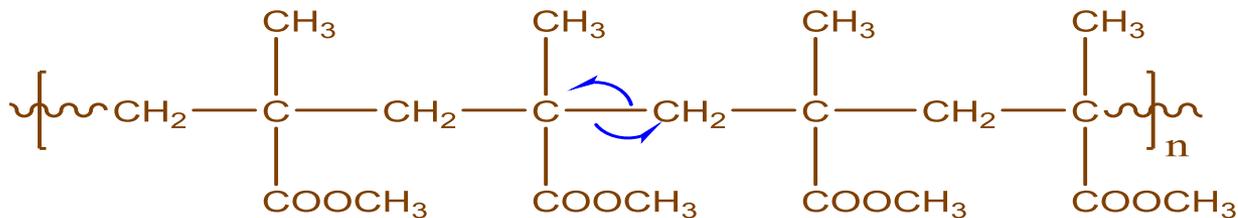
- Riciclaggio Meccanico
- Riciclaggio Chimico
- Riciclaggio Termico



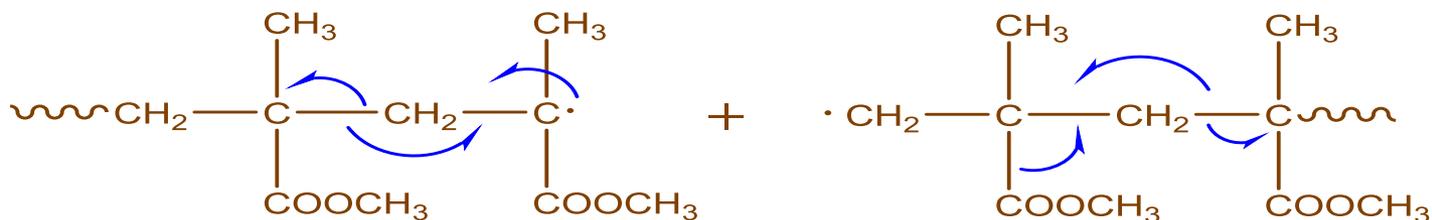
## Degradazione termica del PMMA mediante pirolisi

- ✓ Nel range di temperatura 350-400° C, la degradazione casuale di PMMA è avviata da una scissione omolitica di un gruppo laterale metossicarbonil e successivamente ha luogo la scissione della catena principale.
- ✓ A temperature superiori ai 400° C inizia un processo di scissione omolitica di primo ordine nella parte terminale della catena con conseguente propagazione della reazione di depolimerizzazione.

*Macromolecules 1991, 24, 3304-3309*



**Homolytic Bond Dissociation**



**Tertiary Alkyl Radical**

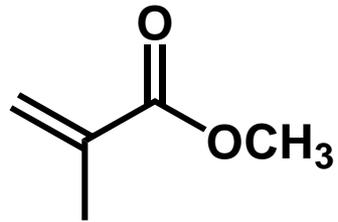
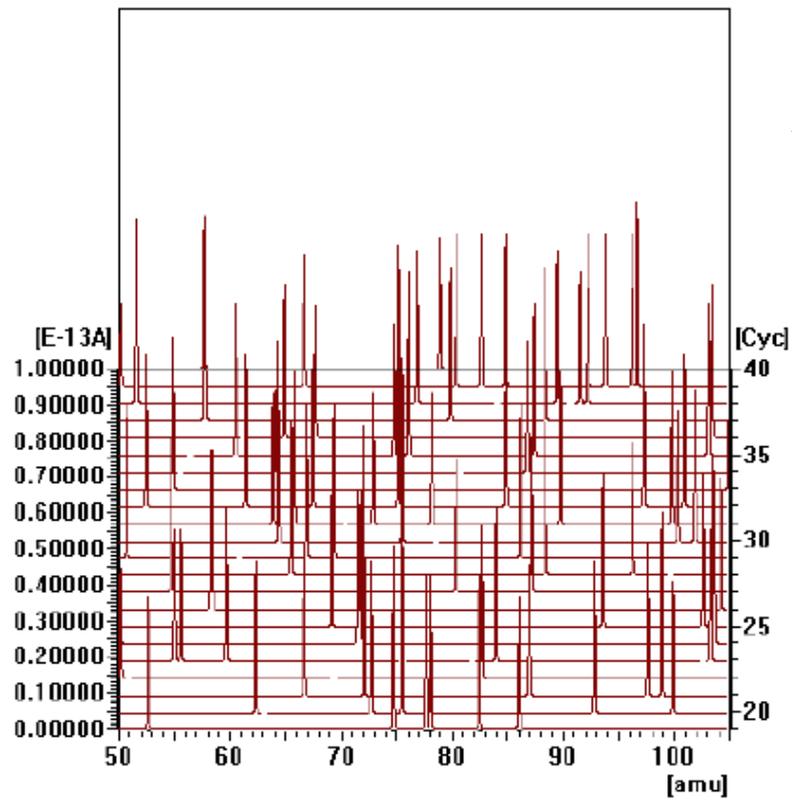
**Fragmentation**



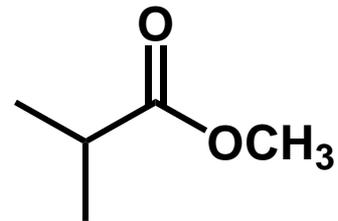
**CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>, CH<sub>3</sub>O·**

## Pyrolyzer coupled to GC-MS

[D3] Display Saved Values < Ig920.sac >  
 File Display Select Setup Function Special Info  
 Scan #2

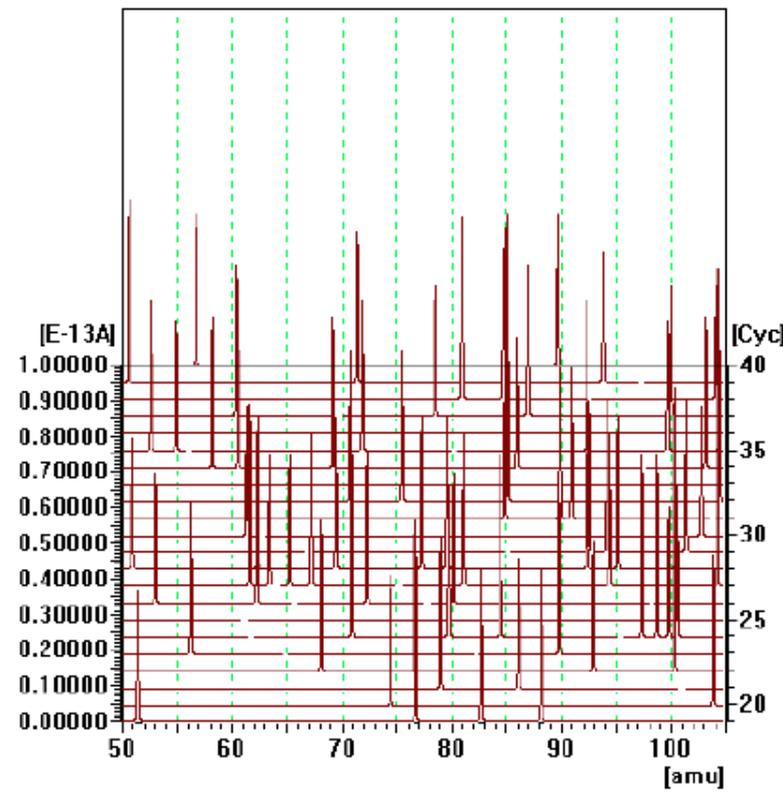


100 Da

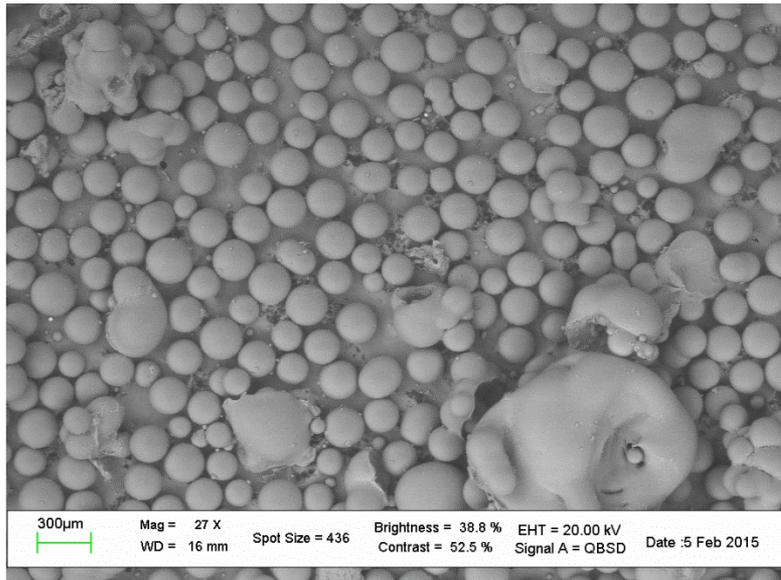


102 Da

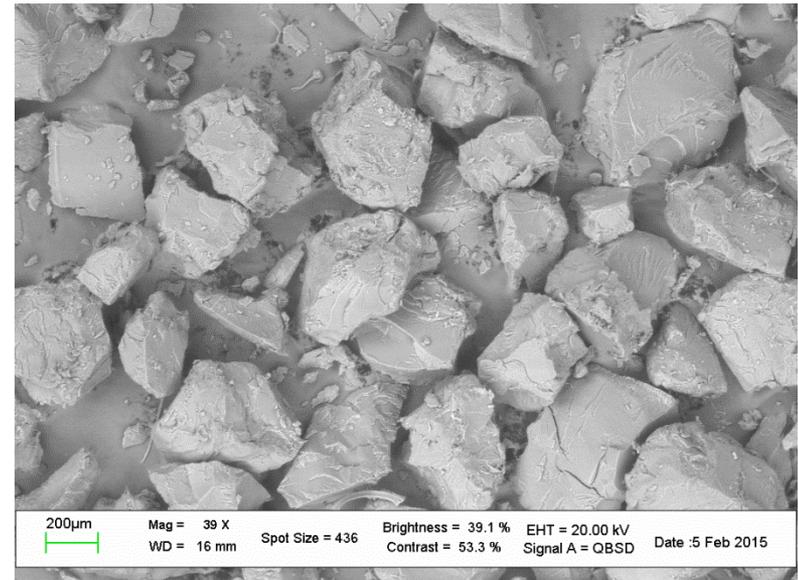
[D2] Display Saved Values < xp125.sac >  
 File Display Select Setup Function Special Info  
 Scan #2



## Risultati SEM



Pure Mol. W. 130000



Recycled Mol. W. 125000

Spectrum	In stats.	Mg	Al	S	Ca	Cu	Br	Total
PMMA ric	Yes		56.5	0.9		12.8	29.7	100.0
PMMA verg	Yes	1.5	0.7	0.1	95.3	0.7	1.6	100.0

## Riciclabilità e biodegradabilità: qual è il meglio per l'ambiente



I risultati di successo presentati sono il frutto di un programma di collaborazione basato sulla fiducia e comprensione reciproca

**Logic will get you from A to B**

**Imagination will take you anywhere** (A. Einstein)

## Riciclabilità e biodegradabilità: qual è il meglio per l'ambiente



I risultati di successo presentati sono il frutto di un programma di collaborazione basato sulla fiducia e comprensione reciproca

**Craziness is doing the same thing,  
and to expect different results** (A. Einstein)

## Riciclabilità e biodegradabilità: qual è il meglio per l'ambiente



I risultati di successo  
pre o il frutto di  
omma di  
basato sulla  
mprensione

**Grazie**

**Craziness is doing the same thing,  
and to expect different results** (A. Einstein)