



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Unibo is member of the
European
Bioplastics
Association

La plastica biodegradabile: lo stato dell'arte della ricerca verso un futuro sostenibile

Prof Paola Fabbri

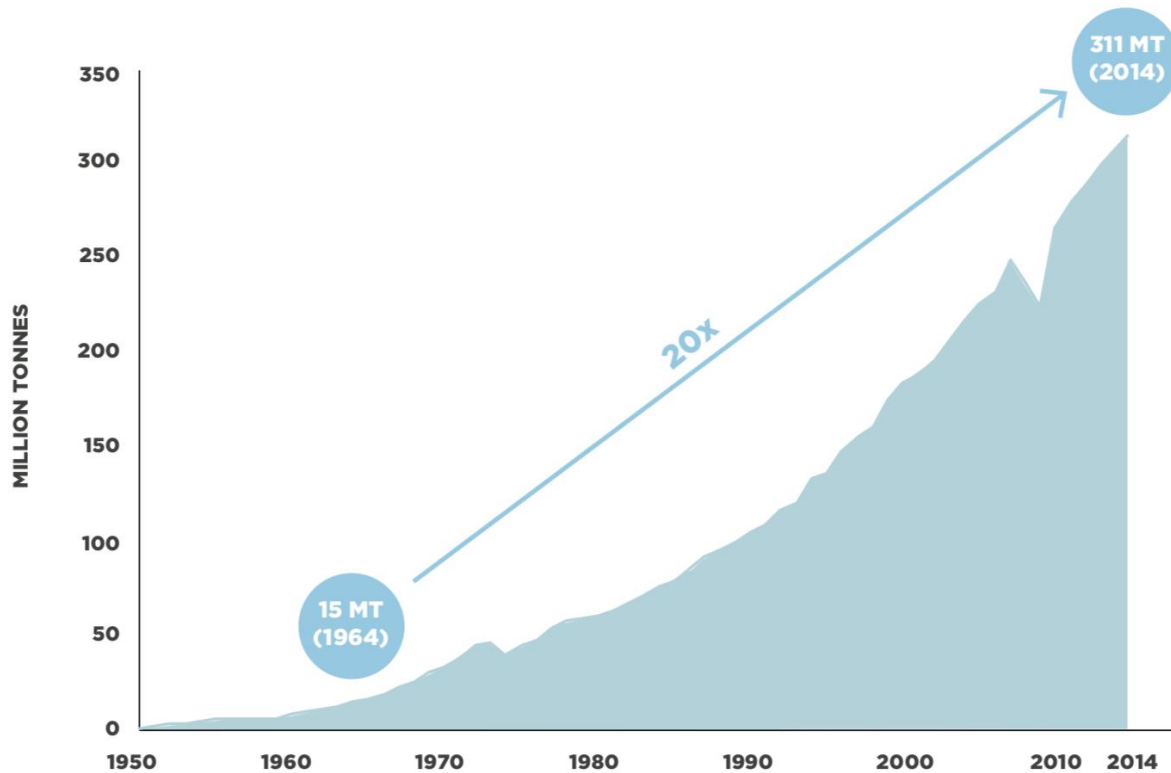
Associate Professor of Materials Science and Technology at UNIBO
Senior Consultant and Key Expert for the European Commission – DG
RTD – for the BIOSPRI Tender "Study on support to R&I policy in the field
of bio-based products"

Le plastiche sono state soggette a uso esponenzialmente crescente nei decenni grazie alla specifica combinazione di proprietà e vantaggi

Plastics and Plastic Packaging Are an Integral and Important Part of the Global Economy

Their use has increased **twenty-fold** in the past half-century and is expected to **double** again in the next 20 years

Figure 1: Growth in Global Plastics Production 1950–2014



Note: Production from virgin petroleum-based feedstock only (does not include bio-based, greenhouse gas-based or recycled feedstock)

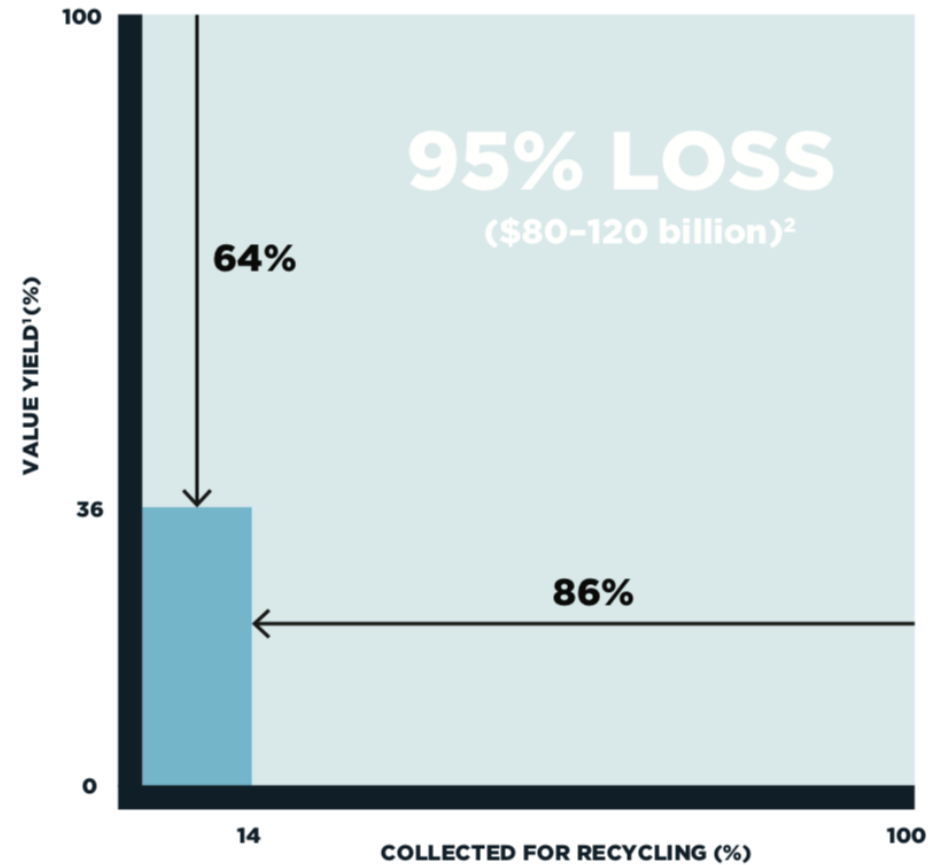
Source: PlasticsEurope, Plastics – the Facts 2013 (2013); PlasticsEurope, Plastics – the Facts 2015 (2015).

Figure 2: Main Plastic Resin Types and Their Applications in Packaging



Il packaging plastico tradizionalmente inteso è un esempio di economia lineare, e genera perdite di valore annuale per il materiale di > 100 miliardi

Figure 3: Plastic Packaging Material Value Loss after One Use Cycle



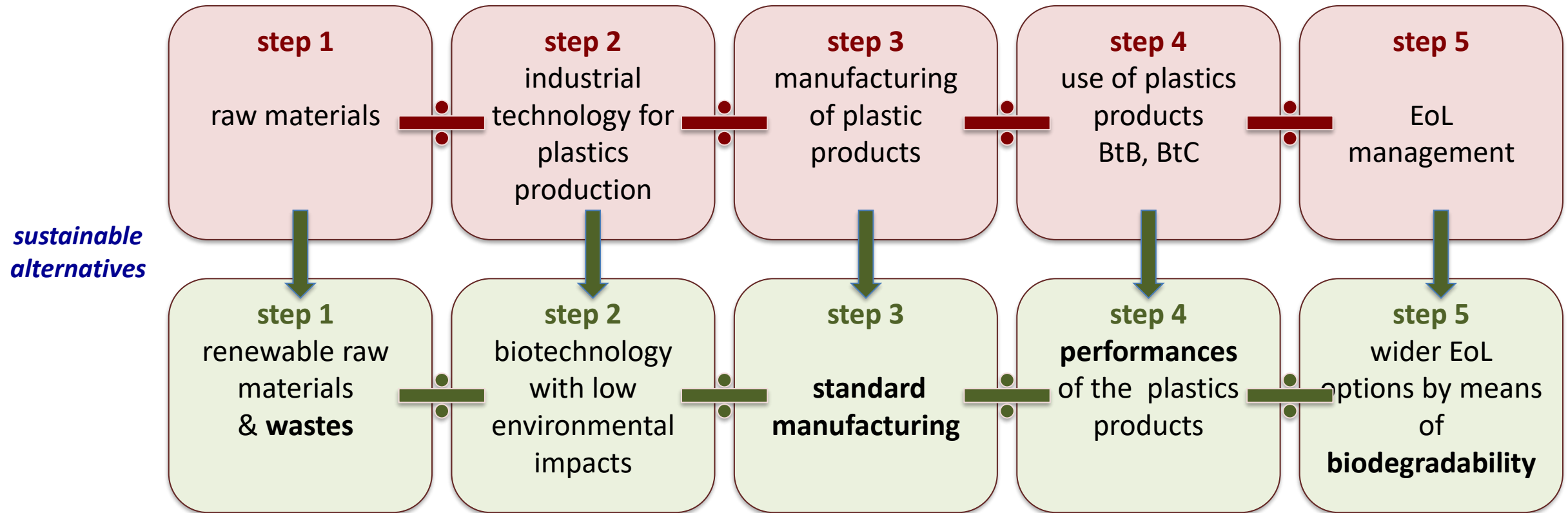
1 Value yield = volume yield * price yield, where volume yield = output volumes / input volumes, and price yield = USD per tonne of reprocessed material / USD per tonne of virgin material

2 Current situation based on 14% recycling rate, 72% volume yield and 50% price yield. Total volume of plastic packaging of 78 Mt, given a weighted average price of 1,100-1,600 USD/t

Source: Expert interviews; Plastic News; Deloitte, Increased EU Plastics Recycling Targets: Environmental, Economic and Social Impact Assessment – Final Report (2015); The Plastics Exchange; plasticker; EUWID; Eurostat

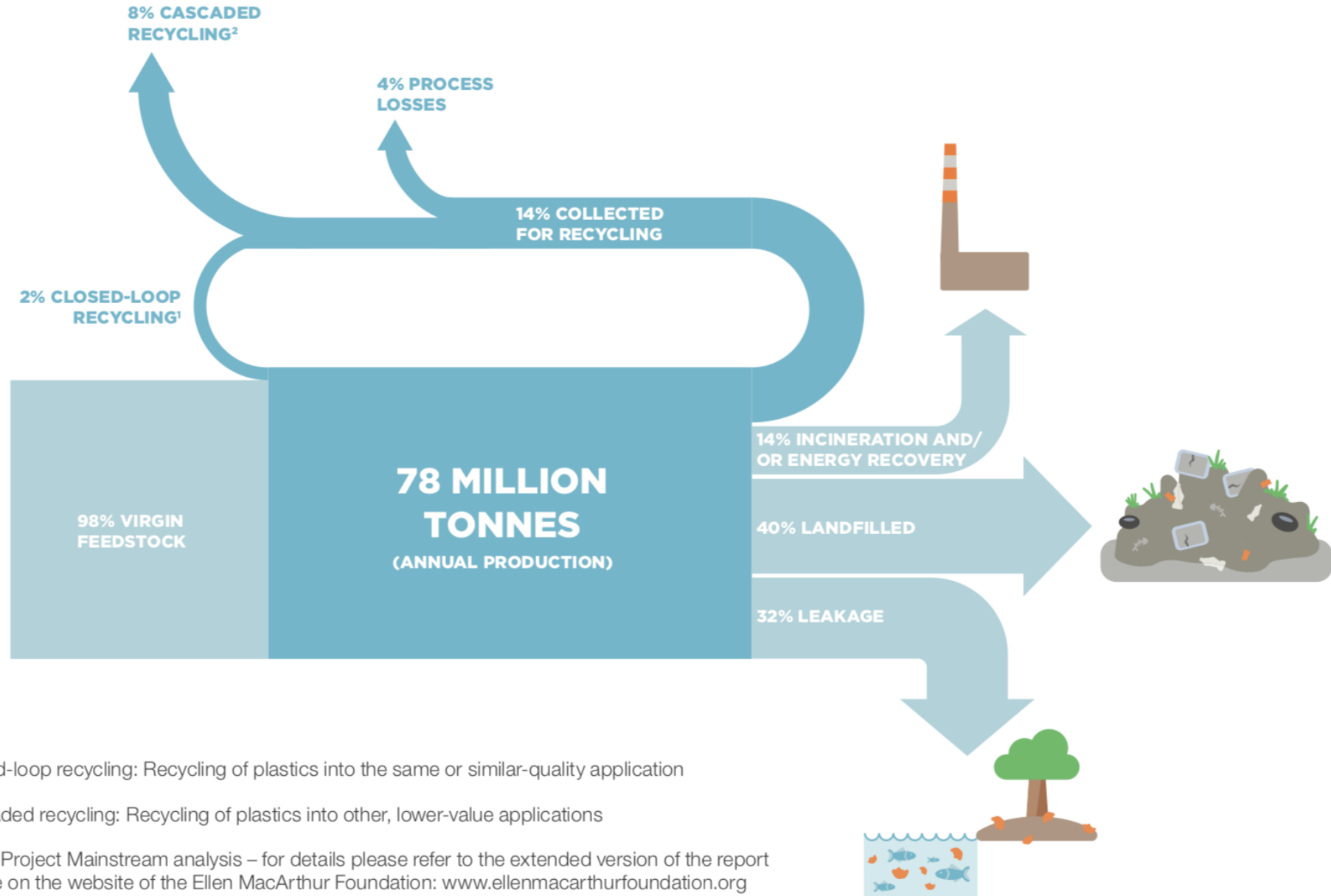
Cosa significa INNOVAZIONE PER LA SOSTENIBILITÀ per il settore plastico?

LO SVILUPPO SOSTENIBILE del settore plastico deve tener presente l'intera catena di valore del prodotto plastico, e ricercare SOSTENIBILITÀ in quanti più passaggi possibile



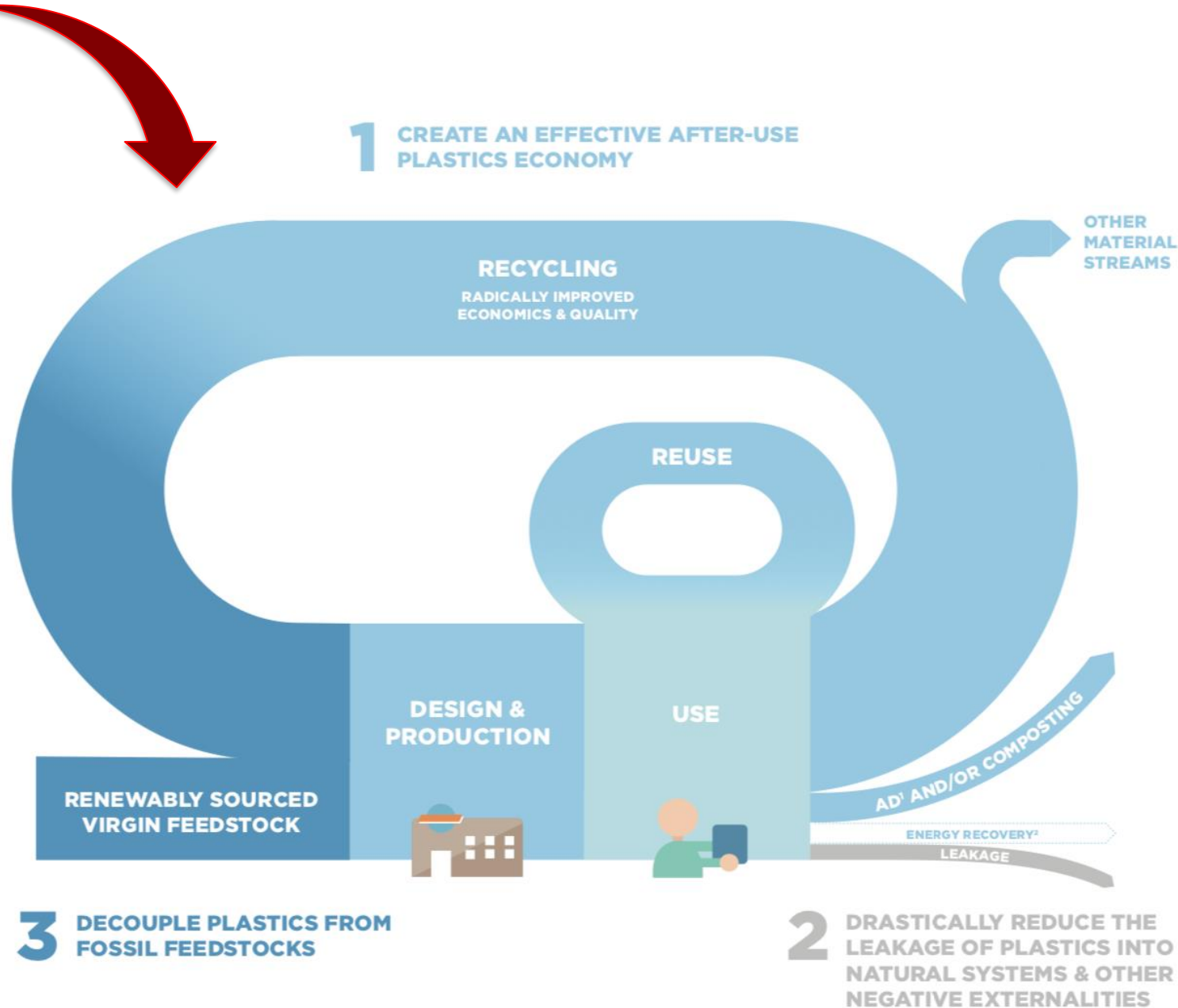
Abbandonare l'ottica LINEARE dell'economia delle plastiche:

Figure 4: Global Flows of Plastic Packaging Materials in 2013



Ricerca un nuovo modello di ECONOMIA CIRCOLARE per le plastiche:

**INNOVAZIONE
RESPONSABILE**

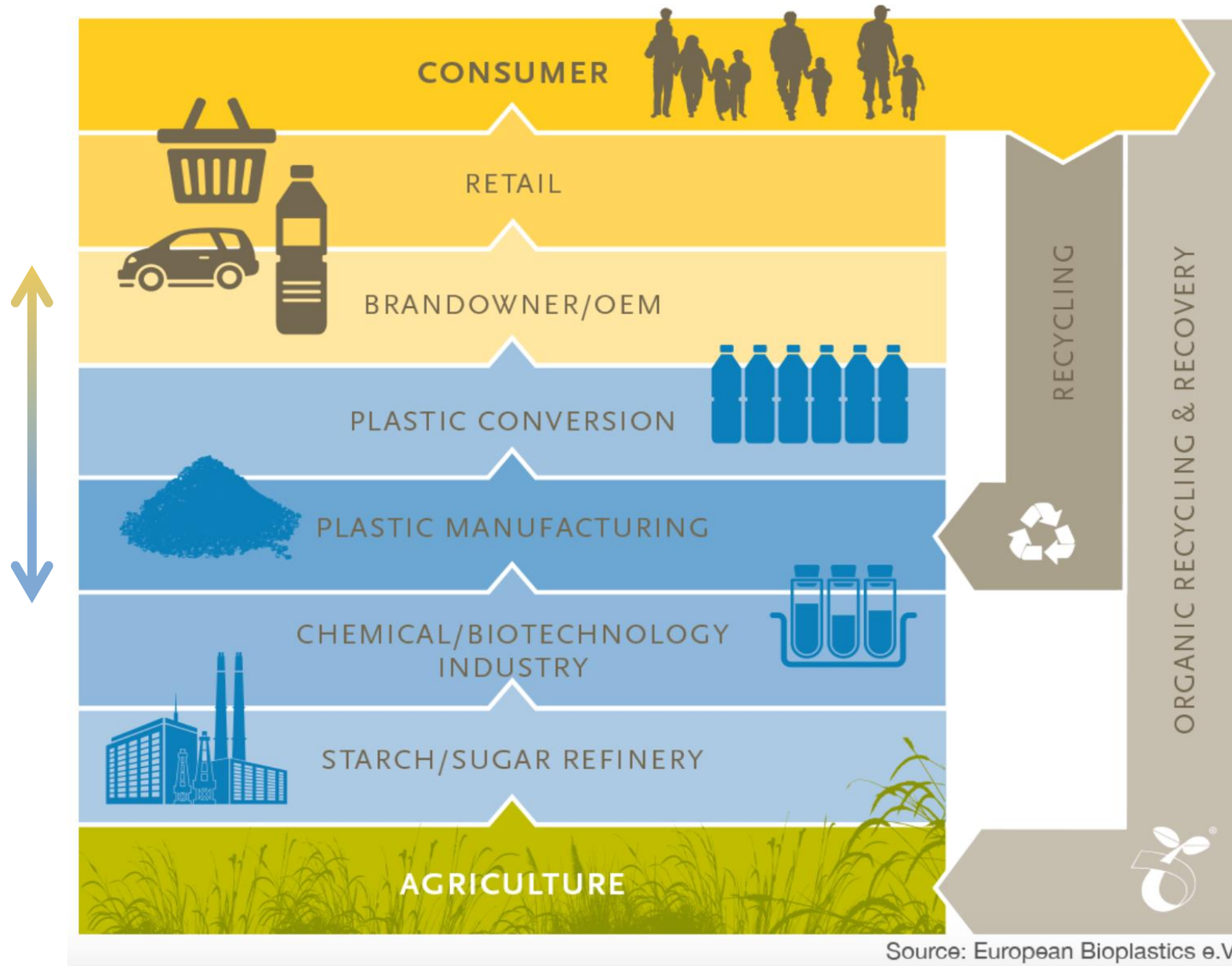


1 Closed-loop recycling: Recycling of plastics into the same or similar-quality application

2 Cascaded recycling: Recycling of plastics into other, lower-value applications

Source: Project Mainstream analysis – for details please refer to the extended version of the report available on the website of the Ellen MacArthur Foundation:
www.ellenmacarthurfoundation.org

Nuove tecnologie abilitano nuove possibilità:



Source: European Bioplastics e.V.



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

COSA SONO LE BIOPLASTICHE?

Ci sono **3 principali tipologie** di bioplastiche, ognuno con caratteristiche peculiari:

1. Plastiche provenienti in tutto o in parte da **fonte biologica**, che **non sono biodegradabili**
2. Plastiche provenienti da **fonte biologica**, che **sono biodegradabili**
3. Plastiche provenienti da **fonte fossile**, che **sono biodegradabili**



ATTENZIONE:

LA **BIODEGRADABILITÀ** NON DIPENDE DALL'ORIGINE RINNOVABILE DEL MATERIALE!
DIPENDE ESCLUSIVAMENTE DALLA SUA STRUTTURA CHIMICA

BIODEGRADABILITÀ

La biodegradabilità è la capacità di un materiale di essere degradato in sostanze più semplici mediante l'attività enzimatica di microrganismi. Al termine del processo di biodegradazione le sostanze organiche di partenza vengono trasformate in molecole inorganiche semplici: acqua, anidride carbonica e metano, senza il rilascio di sostanze inquinanti. Questa caratteristica non dipende dalla materia prima ma dalla struttura chimica del materiale, ragion per cui si può avere un prodotto da fonte rinnovabile non biodegradabile e un prodotto da petrolio biodegradabile.

COMPOSTABILITÀ

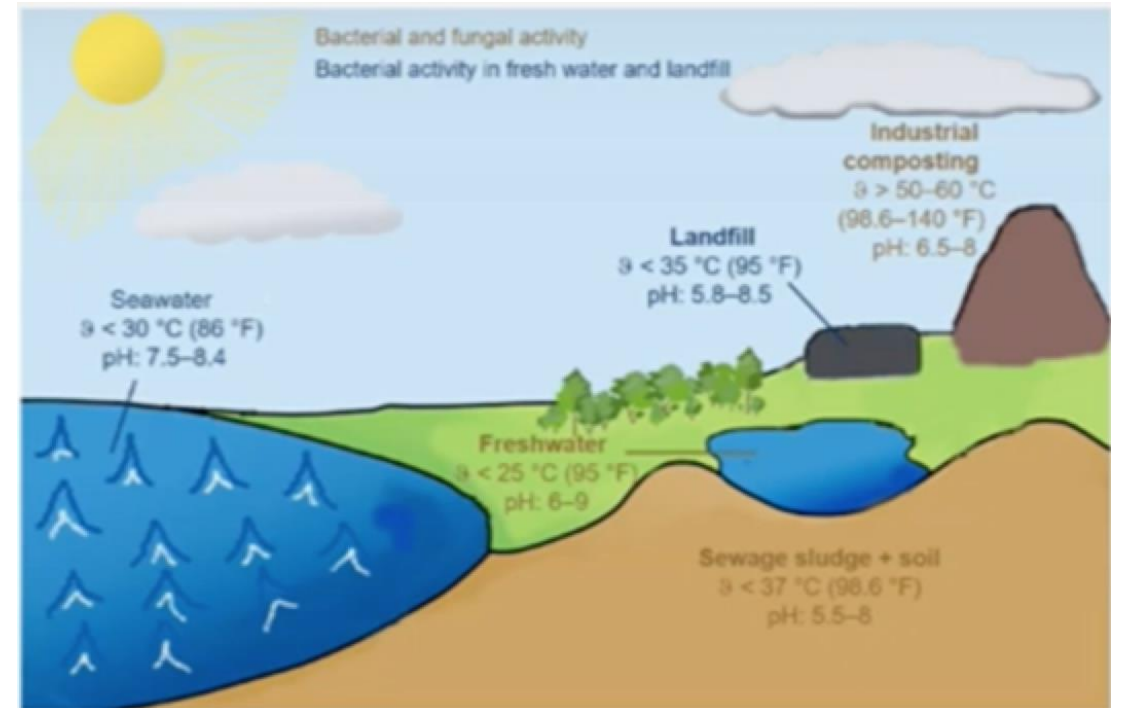
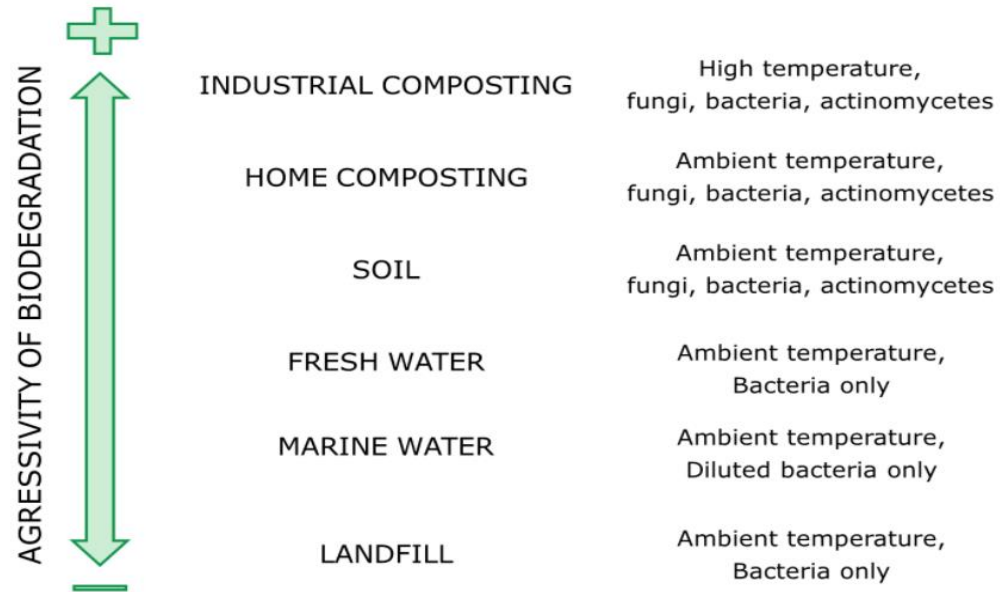
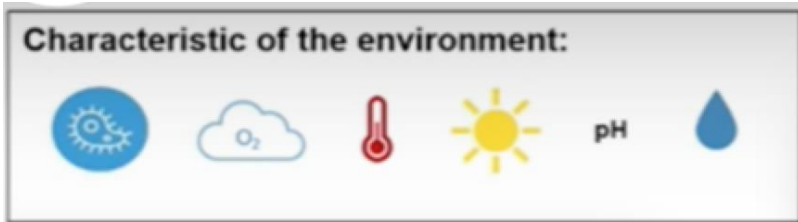
La compostabilità – che riguarda il fine vita di un prodotto – è la capacità di un materiale organico di essere riciclato organicamente assieme all'umido trasformandosi in compost mediante il compostaggio, un processo di decomposizione biologica della sostanza organica che avviene in condizioni controllate. Al termine del processo di compostaggio si ottiene un prodotto biologicamente stabile, inerte e inodore, in cui la componente organica presenta un elevato grado di maturazione. Ricco in humus, in flora microbica attiva e in microelementi, il compost è la soluzione ideale contro la desertificazione dei suoli e l'impoverimento di carbonio nonché un prodotto di impiego agronomico (fertilizzante per florovivaismo, colture praticate in campo).

RINNOVABILITÀ

Riguarda l'origine di un prodotto e in particolare la caratteristica di quelle materie prime - prevalentemente di origine vegetale e animale – di rigenerarsi in tempi brevi (piante, alberi, loro derivati e scarti), in opposizione alle materie prime da fonte fossile (petrolio).



La biodegradabilità vista come proprietà di sistema:



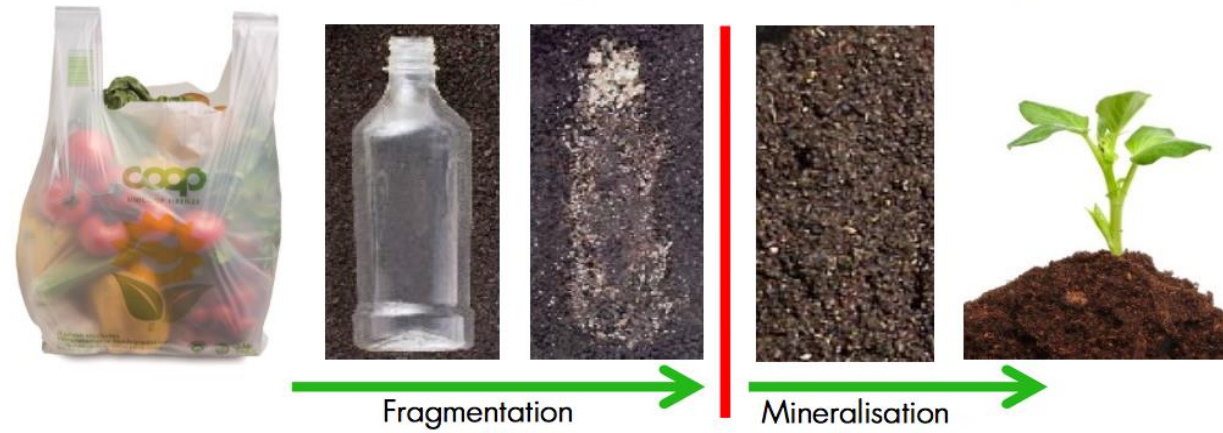


Figura 7. Differenza tra degradazione e biodegradazione

La biodegradazione consiste nella completa assimilazione del materiale frammentato da parte dei microrganismi, come se fosse cibo.

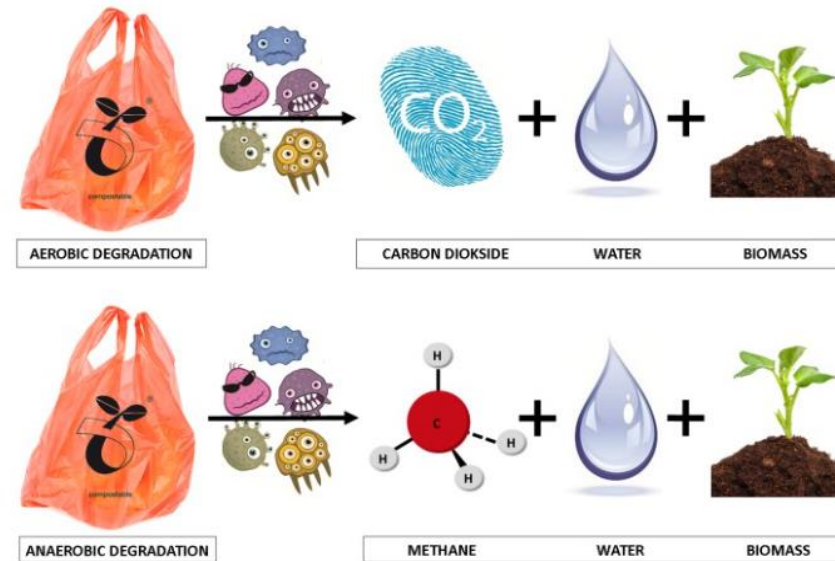


Figura 8. Prodotti del processo di biodegradazione in condizioni aerobiche e anerobiche

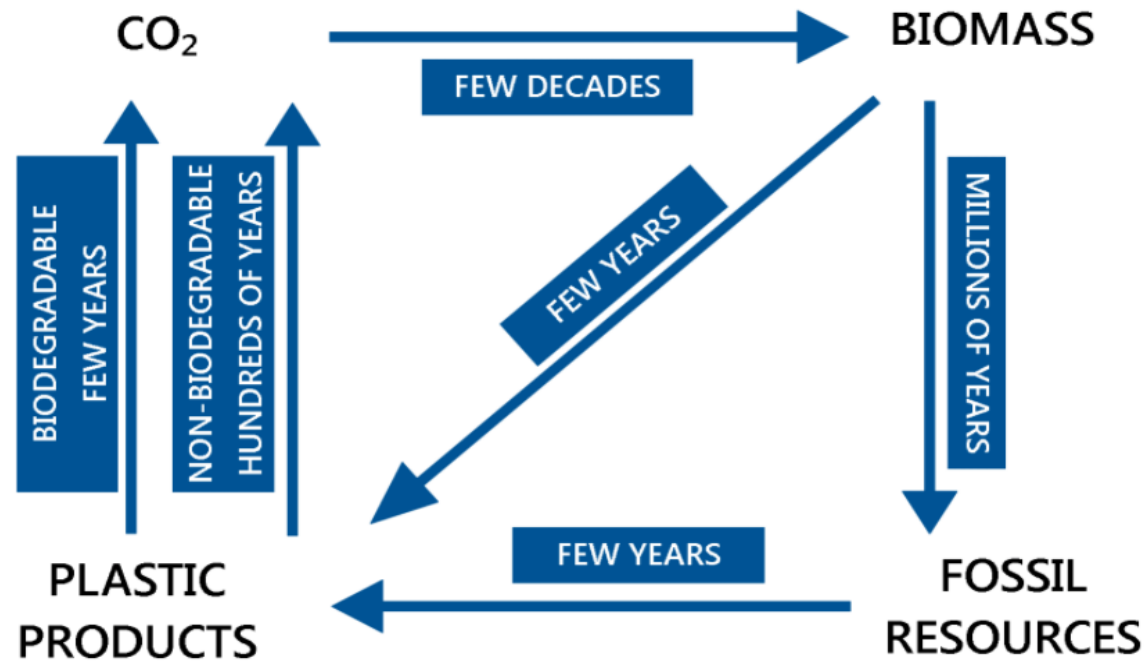


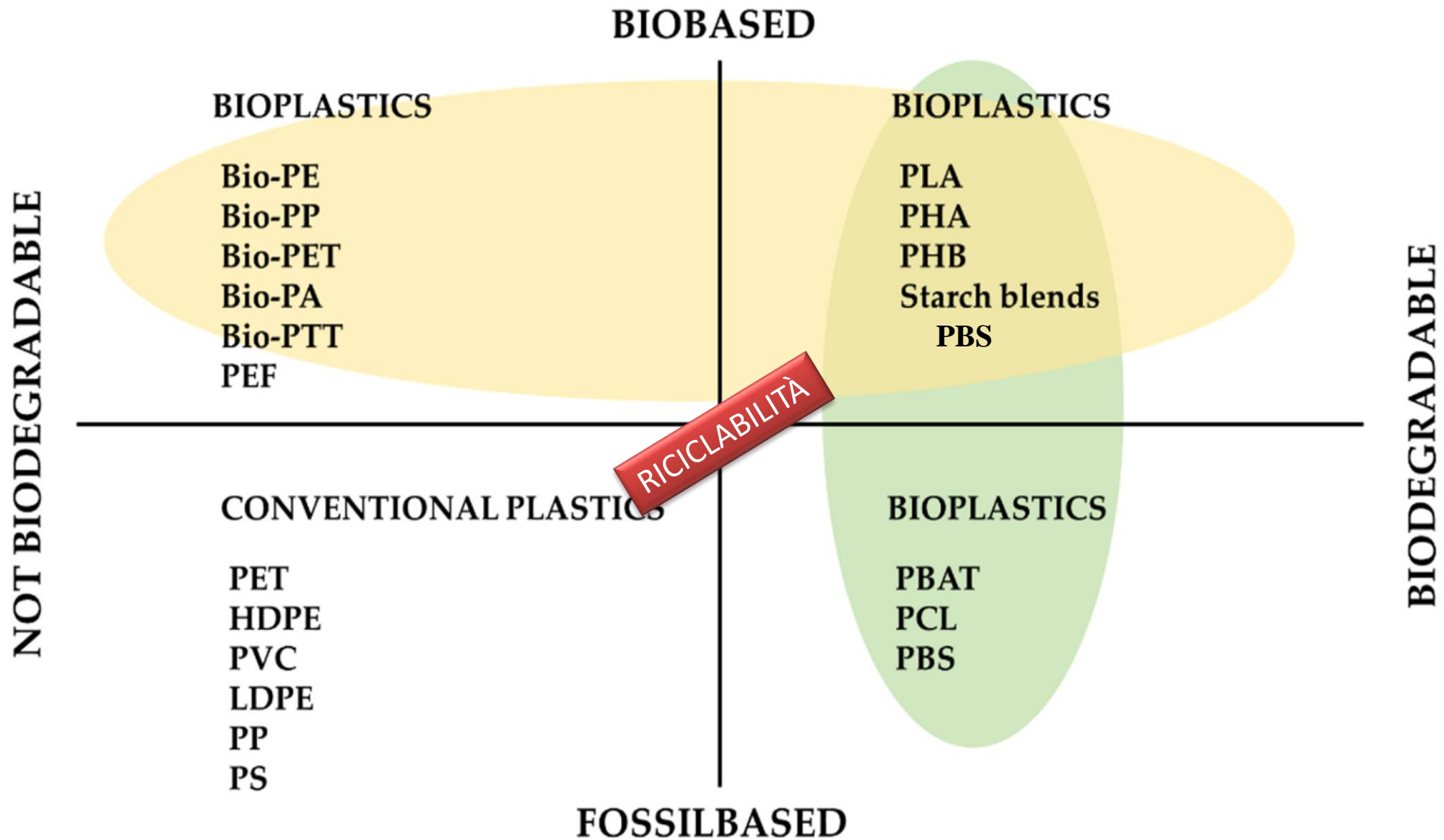
Figura 27. Ciclo del carbonio (R. Narayan)

la differenza tra **carbonio “vecchio”** e **carbonio “nuovo”**. L’età del carbonio indica il tempo richiesto per l’ottenimento del carbonio necessario per la produzione di un certo prodotto. Le plastiche classiche sono prodotte a partire da risorse fossili e contengono carbonio generato nel corso di milioni di anni. Le plastiche derivate da risorse rinnovabili (come frumento, zucchero di canna, patate o rifiuti alimentari) contengono carbonio che circola in natura al massimo da pochi anni.

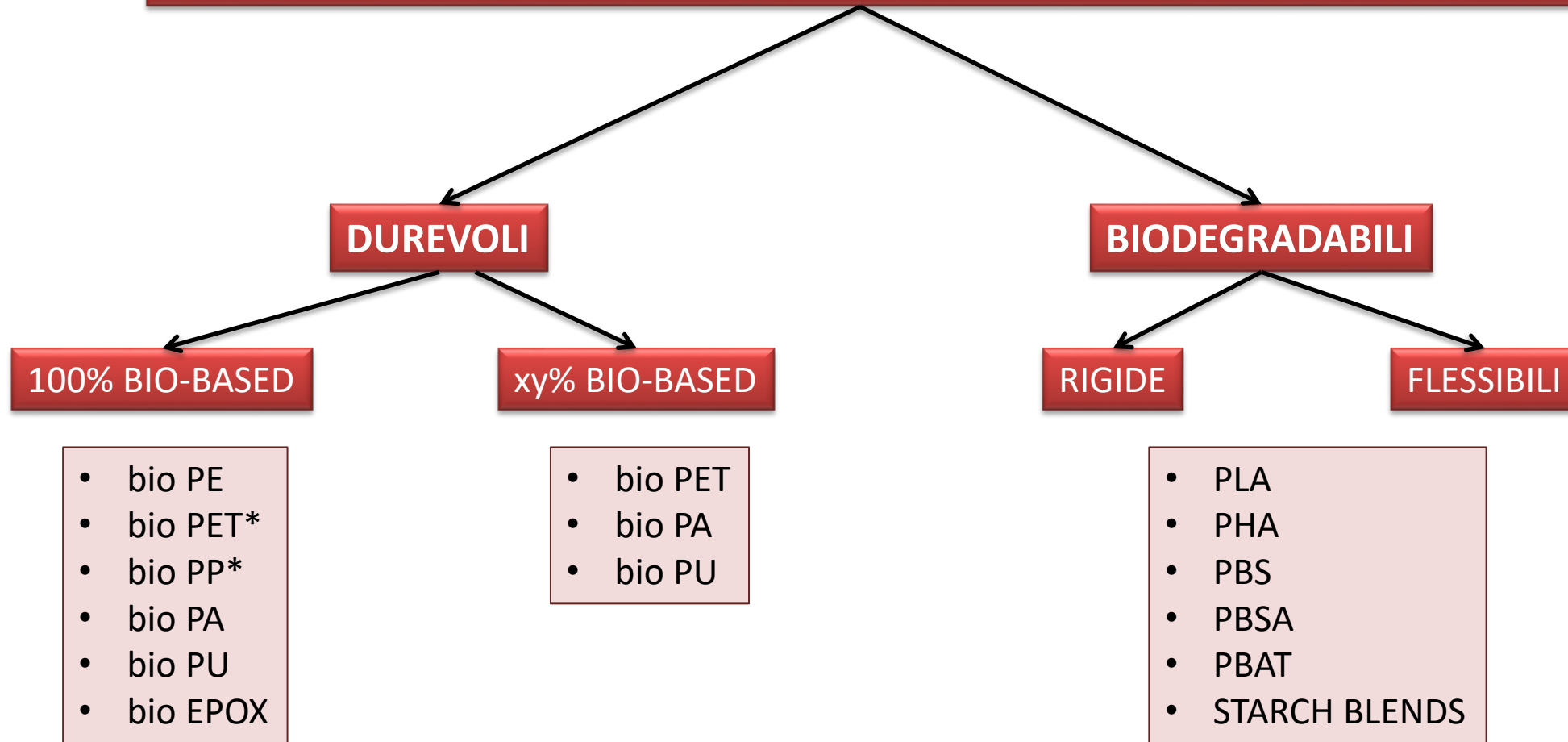
Il contenuto di carbonio rinnovabile nelle bioplastiche commerciali non è necessariamente del 100%

Polimero	Contenuto in % da fonte rinnovabile
CA	50%
PA	fino a 60%
PBAT	fino a 50%
PBS	fino a 80%
PE	100%
PET	fino a 35%
PHAs	100%
PLA	100%
PP	100%
PVC	43%
PUR	30%
Mescole amidi	40%





Le tipologie di bioplastiche più diffuse per applicazione industriale



** di prossima commercializzazione, al momento non disponibili sul mercato*






Biodegradable Polymers in Various Environments

According to Established Standards & Certification Schemes

Update
2021

NOTES

-  proven biodegradability
-  proven biodegradability for certain grades
-  biodegradability not proven

The biodegradability of plastics derived from these biodegradable polymers can only be guaranteed if all additives and (organic) fillers are biodegradable, too. Dyeing and finishing of cellulosic fibres, for example, may prevent their biodegradation in the environment.

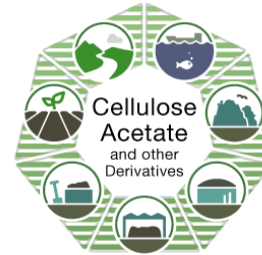
Biodegradability depends on the complex biogeochemical conditions at each testing site (e.g. temperature, available nutrients and oxygen, microbial activity, etc.). Therefore, these generalised claims about biodegradation can only serve as approximations and need to be confirmed by standardised testing under lab conditions. In-situ behaviour can vary, depending on the mentioned conditions, size of the plastic, grade of the polymer and other factors. For instance, biodegradation testing is often performed after milling, showing the inherent nature of the material to biodegrade. In reality, the same level of biodegradation will be obtained, be it possibly within a different timeframe.

SLOWER BIODEGRADING POLYMERS

The polymers shown in the poster are rapidly biodegraded in the labelled environments, within the time frame of the corresponding standards or certificates. Some biopolymers, such as PBS or PLA in soil and also lignin/wood for virtually all environments, also biodegrade, but (much) more slowly. Full biodegradation can take several years to decades to be achieved. In addition, for some applications with a use phase in a certain environment (e.g. geotextiles), too rapid biodegradation is not desired, as their function should first be given for a few years. However, for these cases no standards exist so far.

¹ incl. P3HB, P4HB, P3HB4HB, P3HB3HV, P3HB3HV4HV, P3HB3Hx, P3HB3HO, P3HB3HD

² PLA is likely to be biodegradable in thermophilic anaerobic digestion at temperatures of 52°C within the time frame mentioned in standards. This does not apply to mesophilic digestion.



— in thermophilic digestion²

ENVIRONMENTS

IMPORTANT TEST CONDITIONS, CERTIFICATION SCHEMES AND STANDARDS

For more details, refer to the original documents.



MARINE ENVIRONMENT

Temperature 30°C, 90 % biodegradation within a maximum of 6 months. Certification: TÜV Austria OK biodegradable MARINE. Research on standards (both on test methods and requirements) is on-going.



FRESH WATER

Temperature 21°C, 90 % biodegradation within a maximum of 56 days. Certification: TÜV Austria OK biodegradable WATER. Research on standards (especially on requirements) is on-going.



SOIL

Temperature 25°C, 90 % biodegradation within a maximum of 2 years. Certification: TÜV Austria OK biodegradable SOIL and DIN CERTCO DIN-Geprüft Biodegradable in Soil. DIN-Geprüft Biodegradable in Soil is based on the European standard EN 17033 dedicated to mulch films but can be used for other products as well.



HOME COMPOSTING

Temperature 28°C, 90 % biodegradation within a maximum of 12 months. Certification: TÜV Austria OK compost HOME and DIN CERTCO DIN-Geprüft Home Compostable.



LANDFILL

No European standard specifications or certification scheme available since this is not a preferred end-of-life option for biodegradable waste.



ANAEROBIC DIGESTION

Thermophilic 52°C / Mesophilic 37°C. A specific European standard or certification scheme for anaerobic digestion is not yet available. Anaerobic digestion in a biogas plant is mentioned in EN 13432 and EN 14995: 50 % biodegradation within two months, usually followed by aerobic digestion.



INDUSTRIAL COMPOSTING

Temperature 58°C, 90 % biodegradation within a maximum of 6 months. Certification: TÜV Austria OK compost INDUSTRIAL, DIN CERTCO DIN-Geprüft Industrial Compostable and both „Seeding“. EN 13432 and EN 14995 are the European reference standards and the basis of these certification schemes.



More figures available at
www.renewable-carbon.eu/graphics

Partners



Sponsors



Your feedback is welcome:
michael.carus@nova-institut.de



© nova-Institut GmbH
nova-Institute.eu
2021-11-10



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Principali manufatti **compostabili**
industrializzati e diffusi
sui mercati nazionali e internazionali:



Sacchetti per la raccolta dei rifiuti organici,
dai cittadini indicati come i sacchetti per l'umido;



Sacchetti per trasporto merci, gli shopper,
ovvero i sacchetti della spesa che vengono forniti ai
consumatori presso supermercati, negozi ecc.;



Sacchetti ultraleggeri per imballaggio e
confezionamento di alimenti sfusi (con spessori inferiori
a 15 micron), chiamati anche sacchetti ortofrutta o
rotolini ortofrutta, in quanto largamente diffusi per il
confezionamento a libero servizio di frutta e verdura;



Altro film per imballaggio alimentare, ovvero a diretto
contatto con gli alimenti, utilizzato nel confezionamento
di un'ampia serie di prodotti, tra cui l'insalata lavata e
pronta all'uso, pane (tipicamente in sacchetti finestrati),
snack, ecc.;



Articoli monouso ovvero piatti, bicchieri, posate,
contenitori utilizzati nella gastronomia, nel catering e
nella ristorazione collettiva;



Film agricolo, utilizzato in pacciamatura (copertura del
suolo a protezione delle colture);







Altro film per imballaggio non alimentare, ovvero per
il confezionamento di altre tipologie di beni;

Altri articoli compostabili, rappresentati in prevalenza
da manufatti stampati a iniezione, che spaziano dalle
capsule del caffè, agli accessori per agricoltura, agli
articoli per animali, ad accoppiati carta/plastica
compostabile e così via.

I DATI DELLA FILIERA DELLE BIOPLASTICHE

Nel 2020 i volumi complessivi di manufatti in polimeri compostabili prodotti in Italia sono stati pari a 110.700 tonnellate, in crescita del 9,6% rispetto all'anno precedente.

	 INTERMEDI E BASE CHEMICALS	 GRANULI	 PRIMA TRASFORMAZIONE	 INDOTTO SECONDE LAVORAZIONI	TOTALE FILIERA INDUSTRIALE
OPERATORI	4	21	193	≈ 60	≈ 280
ADETTI DEDICATI	≈ 300	≈ 385	≈ 1.870	≈ 220	≈ 2.775
FATTURATO	≈ 75 Mn/€	≈ 305 Mn/€	≈ 405 Mn/€	≈ 33 Mn/€	≈ 815 Mn/€

Il buon andamento della filiera è dovuto allo sviluppo di diversi segmenti applicativi: i best performer dello scorso anno sono stati gli **articoli monouso** (piatti, bicchieri e posateria) con un +116% in volume, seguiti dal **film per imballaggio** (+20% per il film da imballaggio alimentare e +19% per il film destinato ad applicazioni non food).





Norma tecnica standard EN 13432:2002

"Requisiti per imballaggi recuperabili mediante compostaggio e biodegradazione – Schema di prova e criteri di valutazione per l'accettazione finale degli imballaggi"

è una norma armonizzata del Comitato Europeo di normazione relativa alle caratteristiche che un materiale deve possedere per potersi definire biodegradabile o compostabile.

Il termine "compostabile" fa riferimento a norme legate alla non tossicità del materiale decomposto se disperso in natura.

Secondo la norma EN 13432, un materiale per definirsi compostabile deve:

- degradarsi almeno del 90% in 6 mesi se sottoposto ad un ambiente ricco di CO₂; tali valori testati con il metodo standard EN14046 (ISO14855)
- a contatto con materiali organici per un periodo di 3 mesi, la massa del materiale deve essere costituita almeno per il 90% da frammenti di dimensioni < 2mm; tali valori testati con il metodo standard EN14045
- il materiale non deve avere effetti negativi sul processo di compostaggio
- bassa concentrazione dei metalli pesanti additivati al materiale
- contenuto di sali entro limiti stabiliti
- concentrazione di solidi volatili entro limiti stabiliti
- concentrazione di azoto, fosforo, magnesio e potassio entro limiti stabiliti

Norma tecnica standard EN 17033:2018

"Standard pacciamature biodegradabili"

è una norma armonizzata del Comitato Europeo di normazione relativa alle caratteristiche che un materiale deve possedere per essere utilizzato nella produzione di teli da pacciamatura biodegradabili in suolo (che possono essere lasciati sui terreni a fine coltura).



Norma tecnica standard EN 16640:2017

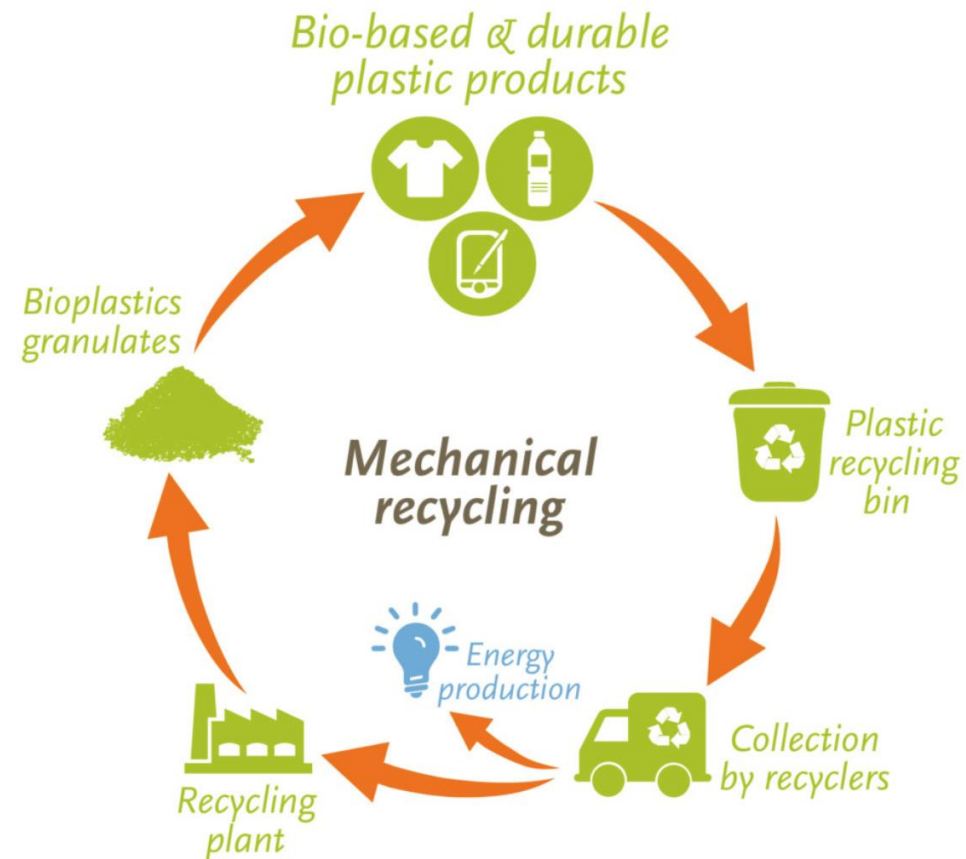
"Standard materie prime rinnovabili"

è lo standard che definisce i metodi di prova (LSC, BI, AMS) per la determinazione nei prodotti del contenuto di carbonio bio-based tramite il metodo del radiocarbonio. La quantità di carbonio rinnovabile è espressa come frazione della massa o del carbonio totale del campione. Questo metodo è applicabile a qualsiasi prodotto contenente carbonio organico, inclusi i biocompositi.



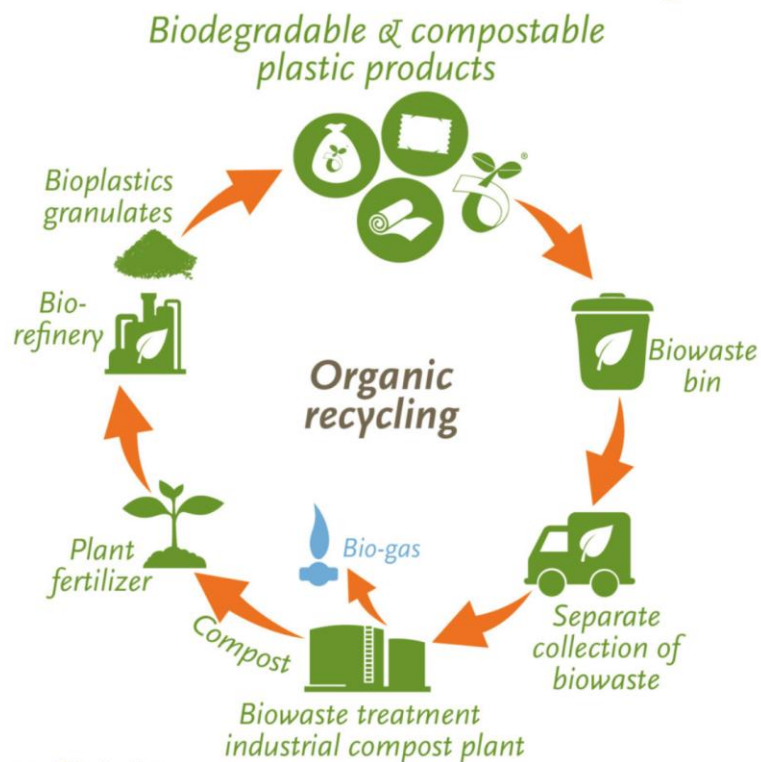
La riciclabilità delle bioplastiche

End-of-life options for **BIOPLASTICS**
– Closing the loop –





End-of-life options for **BIOPLASTICS** – Closing the loop –



© European Bioplastics

Riciclo organico e compostaggio

La compostabilità rappresenta un chiaro beneficio per tutti i rifiuti plastici che non potrebbero essere avviati al riciclo meccanico perché contaminati da residui organici.

Il recupero del biowaste può essere favorito e massimizzato grazie all'utilizzo di plastiche compostabili certificate



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

GRAZIE PER
L'ATTENZIONE



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



Paola Fabbri

Associate Professor of Materials Science and Technology

Polymer scientist

Department of Civil, Chemical, Environmental and Materials Engineering

Via Terracini 28, Bologna (Italy)

p.fabbri@unibo.it

www.unibo.it