

## MATERIE PLASTICHE E AMBIENTE Fine Vita e Inizio Vita

Francesco Paolo La Mantia

Università di Palermo e INSTM

Il rilascio di manufatti in materie plastiche sia nell'ambiente terrestre che marino ha rappresentato e rappresenta un importante problema ambientale anche perché può portare alla formazione di microplastiche che possono interagire col suolo, con le acque e con le specie animali. Inoltre, la perdita di materiali plastici e dell'energia con cui sono stati prodotti e trasformati rappresentano anche una significativa perdita economica.

Tuttavia, le interazioni fra plastica e ambiente non possono essere limitate solo al fine vita. Circa il 99% delle materie plastiche prodotte nel mondo sono prodotte a partire dal petrolio. Questo significa che oltre al costo economico ed a quello ambientale dovuto al loro smaltimento, bisogna considerare il costo ambientale dovuto alla loro nascita, insomma, anche l'inizio vita dei polimeri – come quello di tutti gli altri materiali – ha un costo ambientale e quindi un'impronta ambientale dovuta all'emissione di CO<sub>2</sub> nelle varie fasi della loro vita dall'estrazione del petrolio, alla raffinazione, alla polimerizzazione alla trasformazione e anche dal loro fine vita.

Nella Fig. 1 è riportato schematicamente l'impronta ambientale di un polimero – misurata in ton di CO<sub>2</sub> per ton di polimero – nelle varie fasi della sua vita.

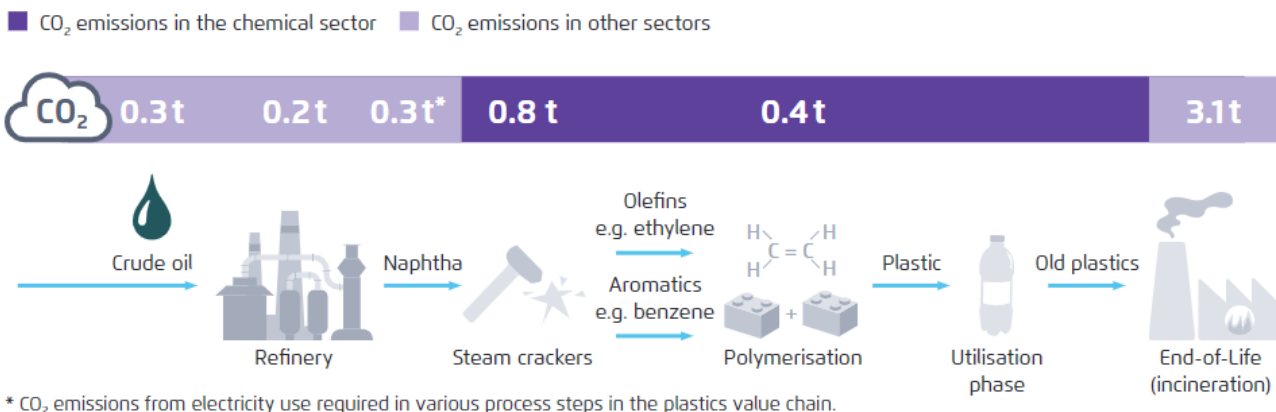


Fig. 1 "Costo" ambientale della produzione e trasformazione dei polimeri  
("Breakthrough Strategies for Climate-Neutral Industry in Europe", Agora Energiewende, April 2021)

Come è evidente, la fase più "costosa" da un punto di vista ambientale è quella di steam crackers per la produzione dei monomeri di base per la polimerizzazione e, soprattutto, l'eventuale fase di incenerimento. Ovviamente questa fase è essenzialmente simile, se non uguale, a quella di combustione diretta del petrolio per produrre energia. Ogni ton di polimero prodotto e trasformato in un manufatto, quindi rilascia nell'ambiente circa 2 ton di CO<sub>2</sub>. Naturalmente sono dati medi, ma rappresentano bene l'impatto ambientale del mondo dei polimeri. Poiché sono stati prodotti e trasformati nel 2022 circa 400 milioni di ton di polimeri, si può stimare in circa 800 milioni di ton di CO<sub>2</sub> il contributo dell'industria dei polimeri all'emissione globale di CO<sub>2</sub>. La quantità di CO<sub>2</sub> emessa

da tutte le attività umane (antropogenica) è di circa 35- 40 miliardi di ton e quindi il contributo dell'intera filiera delle materie plastiche è circa il 2.5%. Certamente molto modesto in assoluto e modesto rispetto a molti altri settori industriali e civili, tuttavia, è corretto adoperarsi per ridurre tale emissione. Nell'ottica dell'economia circolare, che coniuga la salvaguardia dell'ambiente con la sostenibilità economica, il riciclo è un'opzione fondamentale che, per le materie plastiche, si può coniugare con l'uso di materie prime provenienti da fonti rinnovabili e non dal petrolio per la loro produzione.

### Polimeri biodegradabili da fonti rinnovabili

E infatti, i polimeri da fonti rinnovabili sono il secondo pilastro su cui si basa il processo di decarbonizzazione delle materie plastiche. E' opportuno precisare che "polimeri da fonti rinnovabili" non è equivalente a "polimeri biodegradabili". Infatti, i polimeri possono classificarci in 4 grandi classi secondo lo schema riportato in Fig. 2.

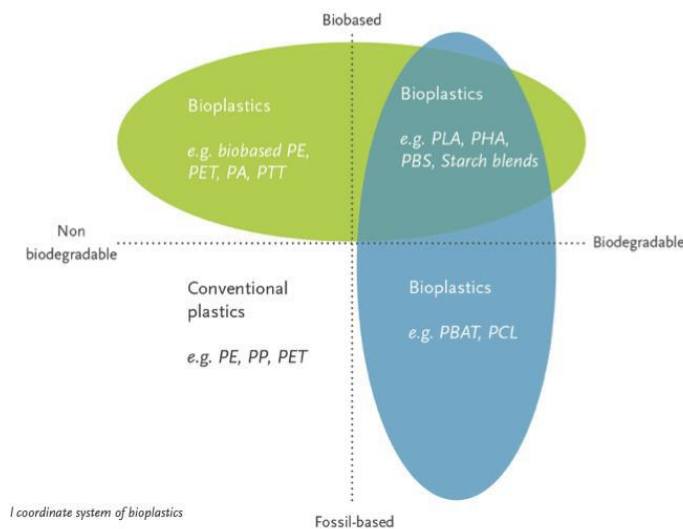


Fig. 2 Classificazione dei polimeri in base alla loro origine e biodegradabilità

L'asse orizzontale riporta qualitativamente la biodegradabilità dei polimeri e l'asse verticale la loro "nascita". Rappresenta quindi il quadro generale delle due caratteristiche: il fine vita: l'asse orizzontale; l'inizio vita: l'asse verticale. Nel primo quadrante in basso a sinistra sono presenti i polimeri provenienti dal petrolio e non biodegradabili. Sono le plastiche tradizionali come poliolefine, PET, poliammidi che appartengono a questa classe. Nel quadrante a sinistra in alto, sono presenti i polimeri provenienti da fonti naturali rinnovabili (biobased), ma non biodegradabili. Appartengono a questa classe polimeri come PET, PE, poliammidi che sono identici ai polimeri del quadro precedente, ma vengono polimerizzati a partire da biomasse. Nel quadrante in basso a destra sono presenti polimeri provenienti da petrolio, ma biodegradabili, PBAT e PCL sono esempi di questi polimeri. Infine, nel quadrante in alto a destra, vivono i polimeri provenienti da fonti rinnovabili e sono biodegradabili. La maggior parte dei polimeri prodotti nel mondo appartengono al primo quadrante a sinistra in basso, mentre i polimeri appartenenti agli altri tre quadranti sono meno dell' 1%. Ovviamente, solo i polimeri presenti nel quadrante in alto a destra risolvono entrambi i problemi di emissione di CO<sub>2</sub> e di fine vita che, anzi sono interconnessi. Infatti, le

biomasse crescono attraverso la fotosintesi clorofilliana assorbendo acqua dal terreno e CO<sub>2</sub> dall'aria grazie ai raggi solari. CO<sub>2</sub> che viene rilasciata durante il processo di biodegradazione e compostaggio. Quindi non c'è emissione di CO<sub>2</sub> antropogenica in nessuna fase della vita del polimero.

Abbiamo, quindi, due pilastri su cui fondare la strategia di economia circolare e quella di decarbonizzazione delle materie plastiche: riciclo e polimeri da fonti rinnovabili.

## **Riciclo**

Nell'ottica della riduzione della quantità di polimeri ed in generale dei principi *dell'economia circolare*, il riciclo di materie plastiche post-lavorazione e post-consumo è certamente uno strumento fondamentale perché:

- diminuisce la quantità di CO<sub>2</sub> da fonti fossili immessa nell'ambiente
- diminuisce il consumo energetico per la produzione di manufatti in materie plastiche
- diminuisce lo smaltimento in discarica.
- 

Contrariamente ad altri materiali, le materie plastiche, in particolare quelle post-consumo, possono essere riciclate con diversi tipi di tecnologie:

Riciclo meccanico

Riciclo chimico

Riciclo organico

Riciclo energetico.

### *Riciclo meccanico*

Come è noto, il riciclo meccanico è il diretto riuso dei manufatti post-consumo per formare altri manufatti dopo operazioni di lavaggio ed estrusione. Risulta evidente come questo riciclo permette di risparmiare le materie prime e la relativa energia per le fasi di estrazione, cracking e polimerizzazione. A causa di possibili fenomeni degradativi, le proprietà di questi polimeri, però, saranno certamente inferiori a quelle del polimero vergine, ma certamente adatte a molte altre applicazioni.

### *Riciclo Chimico*

Il riciclo chimico nasce come tecnologia per depolimerizzare le materie plastiche, per ottenere, cioè, i monomeri da cui il polimero è costituito i quali possono essere polimerizzati per ottenere un polimero vergine. I vantaggi di questa tecnologia consistono proprio nel poter immettere sul mercato polimeri vergini senza dover usare altro petrolio. D'altro canto, il costo energetico e quindi ambientale cresce dato che sono necessarie due nuove operazioni (depolimerizzazione e polimerizzazione) certamente energivore.

Con riciclo chimico, si intendono, però, anche operazioni di pirolisi in cui il polimero viene depolimerizzato ottenendo miscele di oli o di gas da usarsi come combustibile. In questo caso le materie plastiche vengono usate come un combustibile e quindi come il petrolio.

### Riciclo energetico

Consiste semplicemente nella termovalorizzazione delle materie plastiche post-consumo. Anche in questo caso, le materie plastiche post-consumo sono trattate come un combustibile.

### Riciclo organico

Il riciclo organico consiste nel compostaggio di polimeri biodegradabili che porta alla produzione di CO<sub>2</sub>, acqua e compost. La CO<sub>2</sub> ritorna quindi in ciclo per produrre, attraverso la sintesi clorofilliana, di nuova biomassa e quindi si chiude il ciclo senza immissione di CO<sub>2</sub> antropogenica.

Considerando la Fig. 1, la filiera della produzione e trasformazione delle materie plastiche, si modifica come riportato in Fig. 3 considerando il riciclo meccanico e quello chimico che porta alla produzione di monomeri e quindi di polimeri vergini.

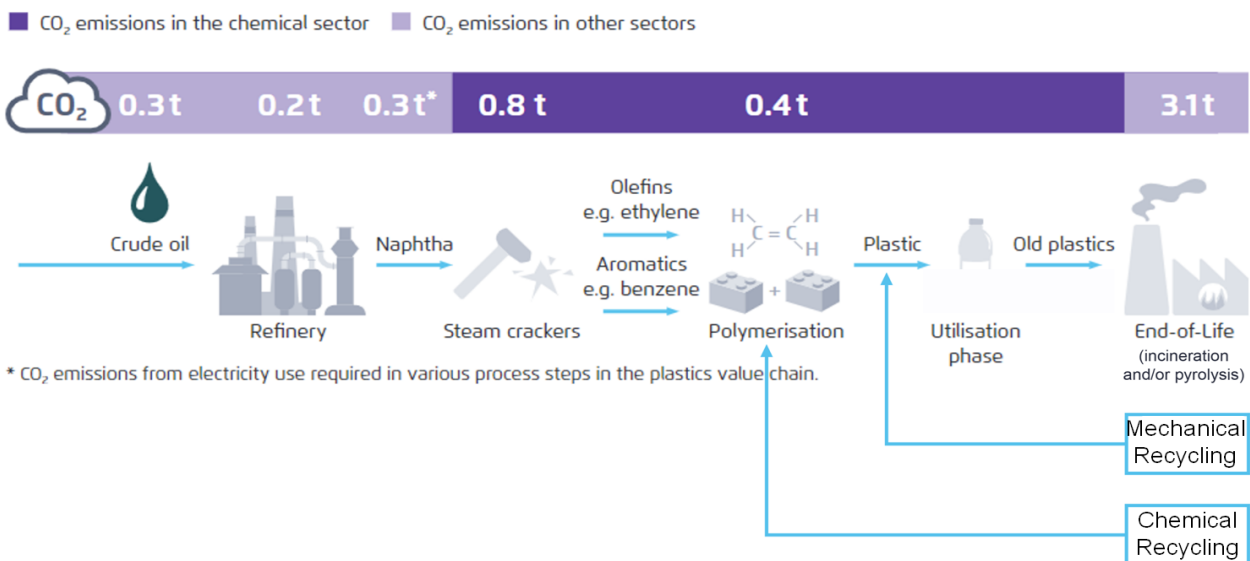


Fig. 3 “Costo” ambientale della produzione e trasformazione dei polimeri e dei polimeri riciclati

Risulta evidente come il riciclo meccanico sia di gran lunga l’opzione ambientalmente più favorevole. Infatti, elimina dalla filiera tutti i passi dall’estrazione del petrolio alla polimerizzazione. Il riciclo chimico, invece, evita i passi dall’estrazione del petrolio nella produzione dei monomeri. Occorre, ovviamente, tener presente che i polimeri riciclati meccanicamente presentano proprietà peggiori di quelli vergini dovuti a fenomeni degradativi sia durante le fasi di riciclo che, soprattutto, durante il loro utilizzo.

Il diagramma riportato in Fig. 4 espone sinteticamente queste considerazioni, includendo anche le emissioni di CO<sub>2</sub> delle bioplastiche provenienti da fonti naturali e da petrolio. Non sono considerate le emissioni di CO<sub>2</sub> nelle fasi di riciclo che possono essere significative soprattutto per il riciclo chimico.

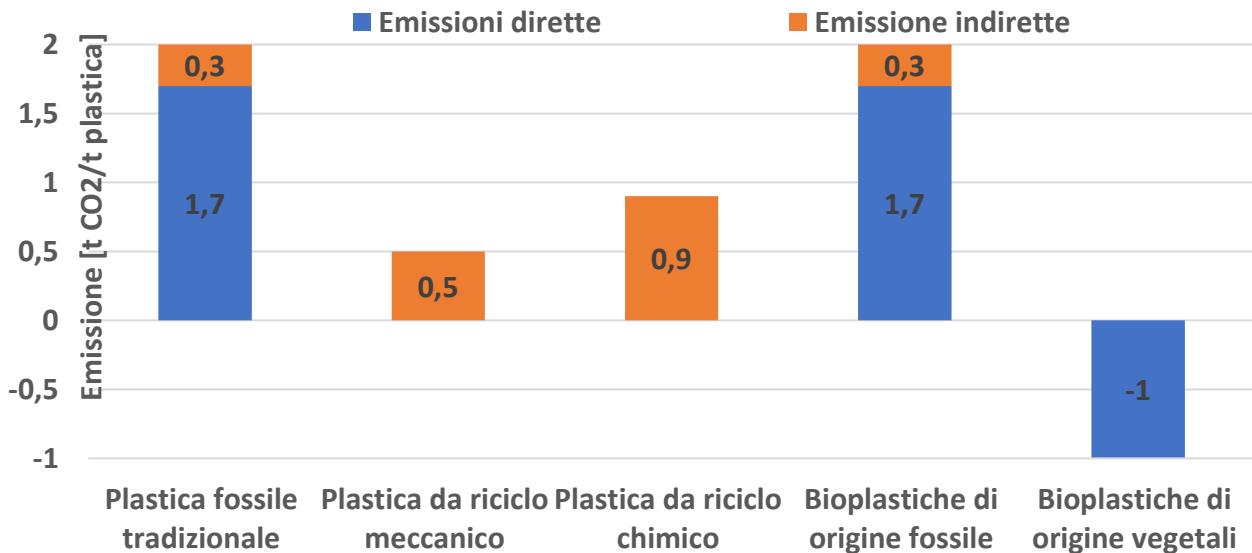


Fig. 4 Emissione di CO<sub>2</sub> per plastica proveniente da petrolio, da fonti rinnovabili e riciclata  
 Autori vari "Plastics in Italy. A vice or a virtue?" <https://eccoclimate.org/wp-content/uploads/2022/04/Plastics-in-Italy.pdf>

Risulta evidente come è il riciclo meccanico che riduce fortemente le emissioni di CO<sub>2</sub>, anche considerando quelle provenienti dalle operazioni di riciclo, mentre non si ha alcun vantaggio rispetto ai polimeri tradizionali se si usano polimeri biodegradabili provenienti da fonti fossili. I polimeri provenienti da fonti rinnovabili, invece, presentano emissioni di CO<sub>2</sub> negative perché la biomassa da cui derivano assorbono CO<sub>2</sub> per crescere.

In definitiva, i polimeri provenienti da fonti rinnovabili eliminano l'emissione di CO<sub>2</sub> antropogenica ed i polimeri riciclati la riducono anche significativamente, mentre i polimeri da fonti rinnovabili biodegradabili e compostabili ed i polimeri riciclati diminuiscono i problemi di rilascio nell'ambiente di manufatti in materia plastica. In Fig. 5 sono riportati schematicamente questi concetti.

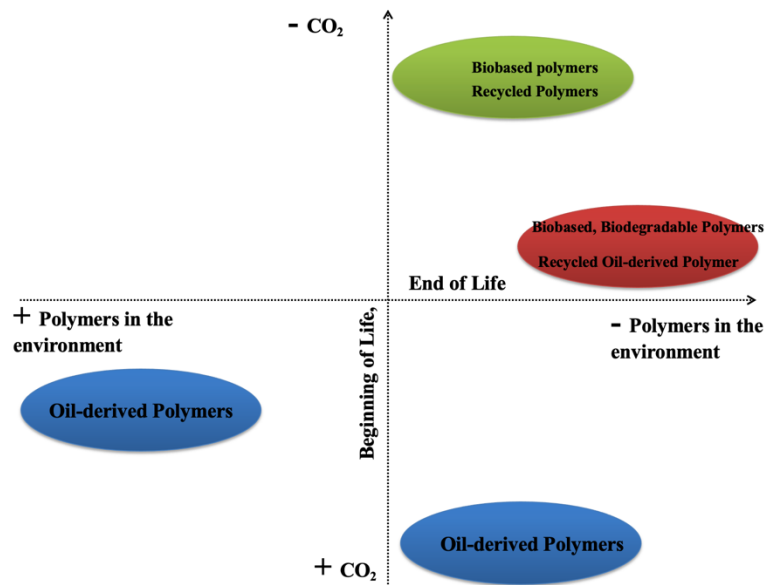


Fig. 5 Diagramma della decarbonizzazione (asse delle ordinate) e del fine vita (asse delle ascisse) delle materie plastiche

Sull'asse delle ascisse è riportato "il fine vita" dei manufatti post-consumo, cioè l'inquinamento ambientale dovuto al loro abbandono nell'ambiente. I polimeri biodegradabili e compostabili ed i polimeri riciclati eliminano o riducono questo problema. I primi attraverso il riciclo organico ed i secondi attraverso il riciclo meccanico, chimico o energetico. Al contrario, i polimeri da petrolio non riciclati costituiscono il problema fondamentale in quanto sono smaltiti in discarica o dispersi nell'ambiente.

Sull'asse delle ordinate è riportato "l'inizio vita", cioè l'emissione di CO<sub>2</sub>. I polimeri biobased - biodegradabili o meno - eliminano l'emissione di CO<sub>2</sub> ed anzi catturano CO<sub>2</sub>; i polimeri riciclati, come già detto, la diminuiscono significativamente. I polimeri da petrolio, invece, rilasciano CO<sub>2</sub>, come già precedentemente descritto.