Le filiere del recupero degli imballaggi in Lombardia

Lucia Rigamonti, Mario Grosso, Michele Giugliano

L'analisi del ciclo di vita (Life Cycle Assessment – LCA) consente una visione globale della filiera prodotto-rifiuto-riciclo-recupero-smaltimento ai fini di una più attenta e consona pianificazione regionale in materia. Questa metodologia può essere utilizzata come strumento di supporto decisionale in merito a scelte strategiche fin dalla fase di pianificazione del sistema di gestione rifiuti. L'esempio della Lombardia.

Si riporta una sintesi dei risultati ottenuti nell'ambito del progetto GERLA (GEstione Rifiuti in Lombardia – Analisi del ciclo di vita), commissionato da CESTEC-Regione Lombardia alla Sezione Ambientale del Dipartimento IIAR del Politecnico di Milano. L'obiettivo dell'attività è stato quello di fornire a Regione Lombardia delle indicazioni utili per la formulazione dei futuri scenari di Piano per la gestione dei rifiuti urbani in un contesto di sviluppo sostenibile. Regione Lombardia sta infatti predisponendo il nuovo Programma Regionale di Gestione dei Rifiuti e nell'ottica di una politica di sostenibilità ha deciso di considerare la prestazione ambientale come criterio di valutazione nelle future scelte di pianificazione. In particolare, ha individuato nell'analisi del ciclo di vita (*Life Cycle Assessment* – LCA) lo strumento più adatto per farlo, così da consentire una visione globale della filiera prodotto-rifiuto-riciclo-recupero-smaltimento atta ad una più attenta e consona pianificazione regionale in materia. Nel progetto GERLA, quindi, è stata applicata la metodologia LCA per l'analisi delle prestazioni ambientali dell'attuale gestione regionale e provinciale dei rifiuti urbani; sulla base dell'interpretazione dei risultati ottenuti sono stati formulati degli scenari di gestione al 2020, anch'essi valutati con metodologia LCA per verificare e quantificare i miglioramenti associati alle varie azioni implementate. Tutto ciò ha permesso così di fornire a Regione Lombardia delle utili indicazioni per la proposta di Piano per la gestione dei rifiuti urbani al 2020. L'LCA è stata quindi utilizzata come strumento di supporto decisionale in merito a scelte strategiche fin dalla fase embrionale di elaborazione del nuovo Piano.

Per una valutazione ambientale dell'intero sistema di gestione il primo passo necessario è la ricostruzione nel dettaglio del flusso dei rifiuti, dalla raccolta fino allo smaltimento finale e alla fuoriuscita dal sistema come materie prime secondarie (MPS). Questo articolo si focalizza dunque sul bilancio di materia delle filiere del riciclo implementate in Lombardia nell'anno 2009, a partire dalla raccolta differenziata fino alla produzione delle MPS e alla corrispondente sostituzione di materie prime vergini.

Quantitativi raccolti

Il quantitativo di rifiuti urbani raccolti in Lombardia nel 2009, considerando solo le frazioni merceologiche più importanti che compongono il rifiuto urbano e sulle quali si può maggiormente agire per migliorare l'intero sistema di gestione dei rifiuti, è risultato pari a 4.403.066 tonnellate, distribuite nelle diverse frazioni come riportato in Tabella 1.

Tabella 1.
Quantitativi di rifiuti urbani raccolti in Lombardia nell'anno 2009, suddivisi per classe merceologica considerata (t) [1].

Produzione di rifiuti in Lombardia nel 2009 (t)	
Alluminio	1.385
Carta e cartone	538.730
Legno	159.731
Materiali ferrosi	61.312
Plastica	127.283
Vetro	356.608
Raccolta multimateriale	136.425
Organico	419.038
Verde	436.207
Totale rifiuti differenziati	2.236.717
Rifiuto urbano residuo (RUR)	2.166.350
Totale rifiuti prodotti	4.403.066

Tipologie di raccolta

Un'approfondita valutazione è stata effettuata sulla tipologia di raccolta delle varie frazioni merceologiche, in quanto una diversa gestione di questa fase influisce sulla qualità del materiale e, di conseguenza, sulla quantità e/o qualità delle frazioni indesiderate che devono essere separate dal flusso idoneo al riciclo. Elaborando i dati a disposizione presenti nel database O.R.SO[1], la raccolta dei rifiuti in Lombardia risulta suddivisa come riportato in Tabella 2.

Le filiere di recupero dei materiali da imballaggio

Le filiere di recupero di ciascuno dei sei materiali da imballaggio possono essere concettualmente schematizzate tutte allo stesso modo, come mostrato in Figura 1. Esse sono caratterizzate da due flussi entranti provenienti rispettivamente da raccolta monomateriale e multimateriale. Il primo subisce una selezione caratterizzata da una certa efficienza $\eta 1$, mentre il secondo subisce dapprima una fase di separazione (con efficienza $\eta 2$) delle diverse frazioni raccolte congiuntamente, e successivamente ciascuna frazione separata subisce una selezione con efficienza $\eta 3$. Per conoscere il quantitativo totale raccolto riferito a ciascuna frazione merceologica è quindi necessario innanzitutto analizzare la frazione "raccolta multimateriale" per calcolare come essa si suddivide tra le diverse frazioni.
Da tutti questi trattamenti si ottiene una certa percentuale di scarti che vanno a diminuire l'efficienza totale del processo di recupero (selezione + riciclo) del materiale.
Si riportano di seguito nel dettaglio i bilanci di materia delle filiere associate alla raccolta multimateriale e alle frazioni carta e plastica, ritenute le più interessanti per far comprendere meglio cosa avviene dopo che il cittadino ha effettuato la raccolta differenziata.

Raccolta multimateriale

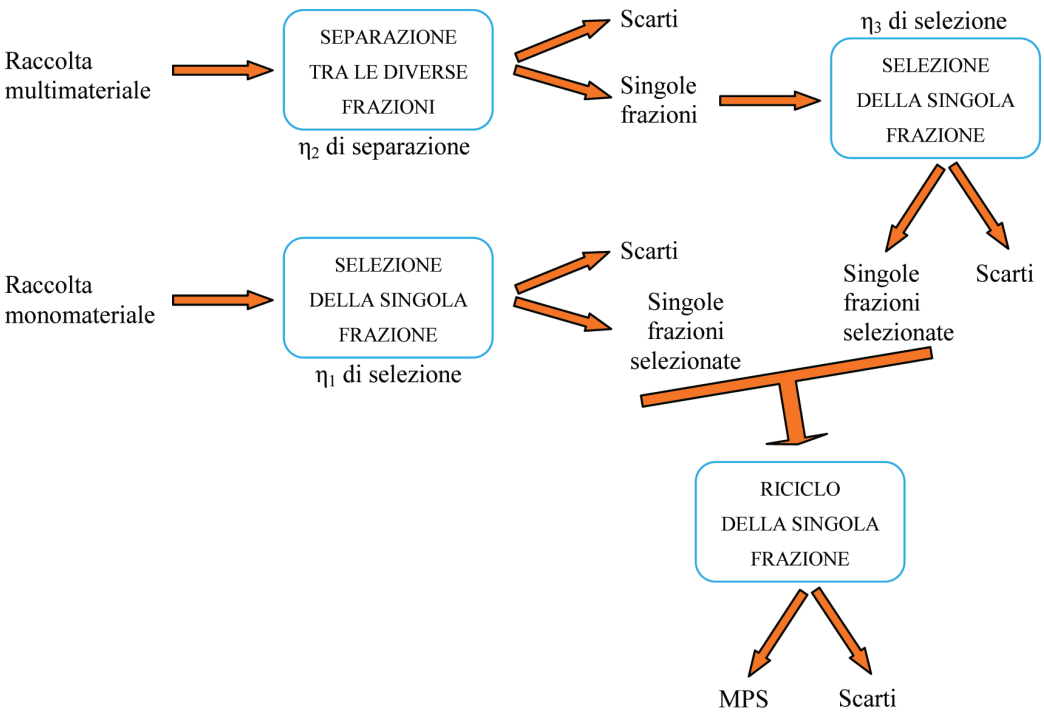
La raccolta multimateriale può avvenire secondo varie modalità, ovvero considerando diverse frazioni raccolte contestualmente e con composizione differente. Grazie al database O.R.SO. è stato possibile conoscere le tipologie di raccolta multimateriale presenti in Lombardia e, utilizzando dati acquisiti presso alcuni impianti che trattano tale raccolta e da Comuni che la utilizzano, è stato possibile calcolare il quantitativo di ciascuna frazione merceologica in essa contenuta.

1 L'Osservatorio Regionale sui Rifiuti, presso ARPA Lombardia, raccoglie ed elabora i dati relativi alla gestione dei rifiuti in Regione tramite l'applicativo web O.R.SO. (Osservatorio Rifiuti SOvraregionale), un'applicazione per la gestione completa delle informazioni richieste annualmente ai Comuni e ai soggetti gestori degli impianti sulla produzione e gestione dei rifiuti, in sostituzione della compilazione e dell'invio di schede cartacee. In questo modo, tutti i dati provenienti da Comuni e impianti sono immediatamente disponibili per le successive elaborazioni, facilitando l'analisi dei flussi di materia nella Regione.

Tabella 2. Tipologie di raccolta dei rifiuti urbani in Lombardia (%) per ciascuna frazione merceologica, ridistribuite secondo le assunzioni effettuate.

Rifiuto	Porta a porta	Contenitore stradale (cassonetto)	Area attrezzata
Alluminio	-	-	100%
Carta e cartone	62,4%	27,2%	10,4%
Legno	-	-	100%
Materiali ferrosi	-	-	100%
Plastica	58,7%	29,3%	11,9%
Vetro	40,0%	49,8%	10,2%
Raccolta multimateriale	67,5%	32,5%	-
Organico	100%	-	-
Verde	-	-	100%
Rifiuto urbano residuo (RUR)	70,8%	29,2%	-

Figura 1. Schema di flusso generale per i rifiuti da imballaggio.



Per semplificare la fase di ripartizione tra le diverse frazioni merceologiche della quantità raccolta in modo multimateriale, sono state considerate sei principali tipologie di raccolta:

- carta e plastica;
- carta, plastica, alluminio, materiali ferrosi;
- plastica, alluminio, materiali ferrosi;
- vetro, carta, alluminio, materiali ferrosi;
- vetro, alluminio, materiali ferrosi;
- carta, vetro, plastica, alluminio.

Sempre da una estrapolazione dal database O.R.SO., è stato possibile calcolare la quantità totale di rifiuti raccolta con ciascuna tipologia, di cui ne è stata calcolata l'incidenza: i valori ottenuti sono riportati in Tabella 3.
Il materiale raccolto in modalità multimateriale viene dunque inviato ad im-

Tabella 3. Suddivisione della raccolta multimateriale nelle sei tipologie considerate (% sul peso del materiale raccolto secondo tale modalità).

Tipologie di raccolta multimateriale (%)	
Carta, plastica	15,3%
Carta, plastica, alluminio, materiali ferrosi	33,9%
Plastica, alluminio, materiali ferrosi	3,2%
Vetro, carta, alluminio, materiali ferrosi	5,3%
Vetro, alluminio, materiali ferrosi	37,0%
Carta, vetro, plastica, alluminio	5,4%

pianti di separazione che consentono di preparare le varie frazioni merceologiche all'invio alle rispettive filiere di recupero. Per costruire un corretto bilancio dei flussi è necessario conoscere, per ciascuna tipologia di raccolta multimateriale, la suddivisione percentuale tra i vari materiali che la costituiscono, in modo da poter calcolare le quantità di ciascuna frazione merceologica destinate alla rispettiva filiera di riciclo. La ricostruzione del bilancio di massa complessivo della raccolta effettuata secondo la modalità multimateriale è mostrata in Figura 2.
Le frazioni così separate sono inviate ad un'ulteriore fase di selezione, da cui, unitamente al corrispondente quantitativo raccolto in modalità monomateriale già selezionato, sono avviate alla fase di riciclo finale, come è possibile vedere qui di seguito per le frazioni carta e plastica.

Carta e cartone
La ricostruzione dei flussi della filiera di recupero di carta e cartone è piuttosto articolata, in quanto la raccolta monomateriale viene effettuata con tutte e tre le modalità porta a porta (62,4%), contenitori stradali (27,2%) e area attrezzata (10,4%), a seconda del Comune. Poiché la qualità del materiale raccolto è funzione della modalità di raccolta stessa, i corrispondenti impianti di selezione operano con efficienze differenti. Come già evidenziato, la carta proviene anche da raccolta multimateriale: prima di essere inviata a riciclo, la carta separata dalle altre frazioni merceologiche presenti nel multimateriale viene destinata anch'essa ad un processo di selezione, per eliminare gli eventuali residui ancora presenti che potrebbero creare problemi nella fase di riciclo.
Il bilancio di materia dell'intera filiera di recupero della carta è rappresentato in Figura 3.

Plastica
I polimeri plastici seguono una filiera di selezione più complicata rispetto agli altri cinque materiali da imballaggio. Infatti il materiale inviato a riciclo, compresa la parte selezionata proveniente dalla raccolta multimateriale, deve essere ulteriormente suddiviso in tre flussi, ovvero PET (polietilentereftalato), HDPE (polietilene ad alta densità) e mix di poliolefine. Questo perché per poter produrre manufatti di buona qualità dal riciclo, che abbiano la possibilità di competere sul mercato con quelli ottenuti da materia prima vergine, è necessario ottenere un grado di purezza molto alto e suddividere perciò la plastica nei principali polimeri costituenti. La composizione della plastica selezionata in PET, HDPE e mix di poliolefine è stata ottenuta come media tra i dati relativi ad impianti visitati nel corso degli anni dal Politecnico di Milano. Ciascun flusso viene poi trattato in una specifica linea di riciclo [2].
Come per la carta, la plastica che proviene da raccolta multimateriale, in uscita dalla fase di separazione dalle altre frazioni merceologiche, viene inviata ad una fase di selezione per eliminare i materiali plastici non idonei al riciclo e le eventuali frazioni indesiderate che non rientrano nella filiera di recupero della plastica. Si fa notare che questa fase di

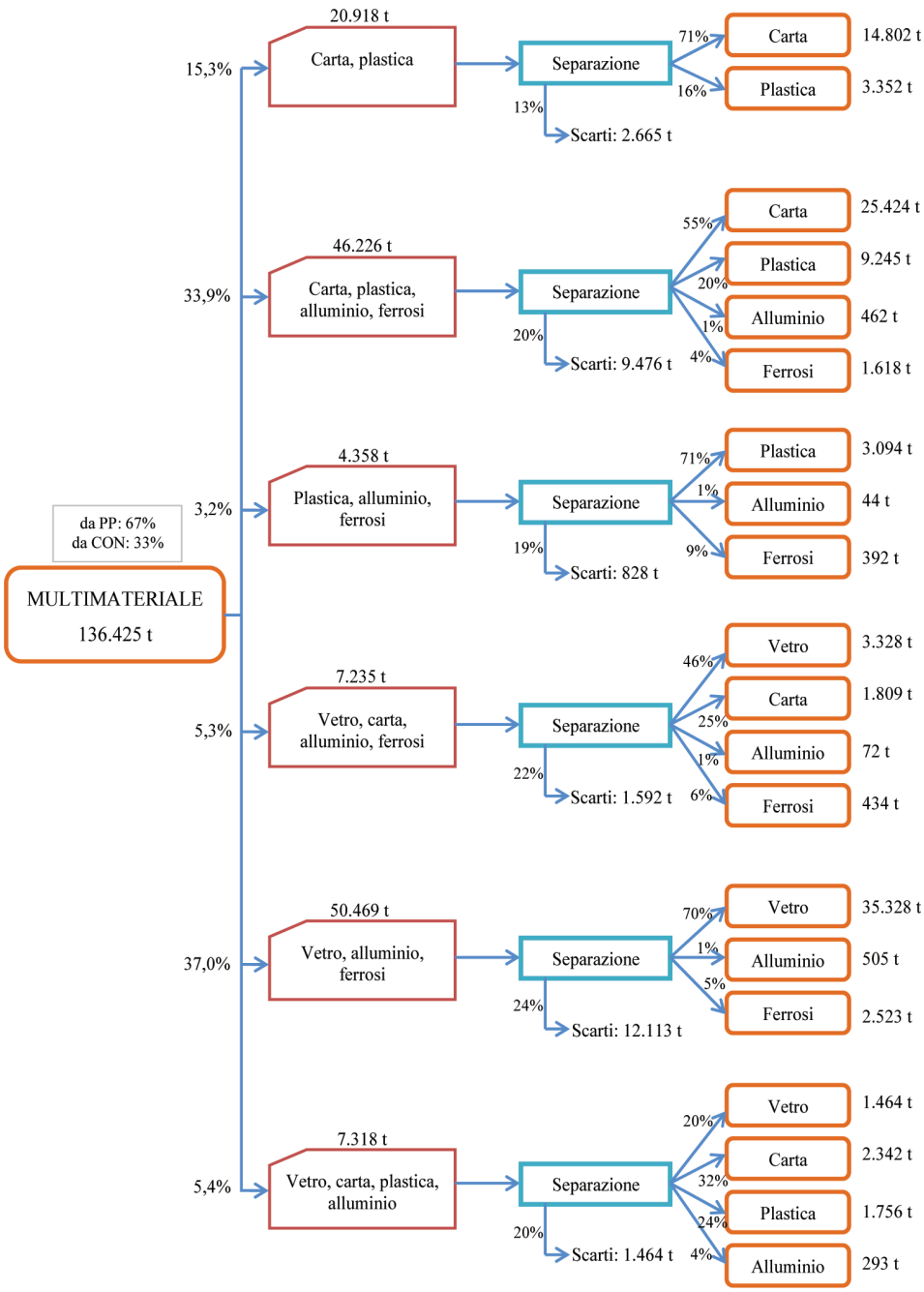


Figura 2. Schema di flusso della raccolta multimateriale così come implementata in Lombardia al 2009 (PP = raccolta porta a porta; CON = raccolta con contenitori stradali).

selezione viene effettuata con un'efficienza piuttosto bassa, pari al 56% [3]: ciò significa che il 44% del flusso in ingresso alla selezione costituirà lo scarto di processo.
Il bilancio di materia della filiera della plastica è riassunto in Figura 4.

Efficienza della filiera di raccolta differenziata dei rifiuti da imballaggio nel suo complesso

Il processo di recupero dei materiali da imballaggio può essere schematizzato quindi come in Figura 5: dopo una pri-

Figura 3. Schema di flusso della filiera di recupero di carta e cartone in Lombardia nel 2009 (PP = raccolta porta a porta; CON = raccolta con contenitori stradali; AA = raccolta in area attrezzata).

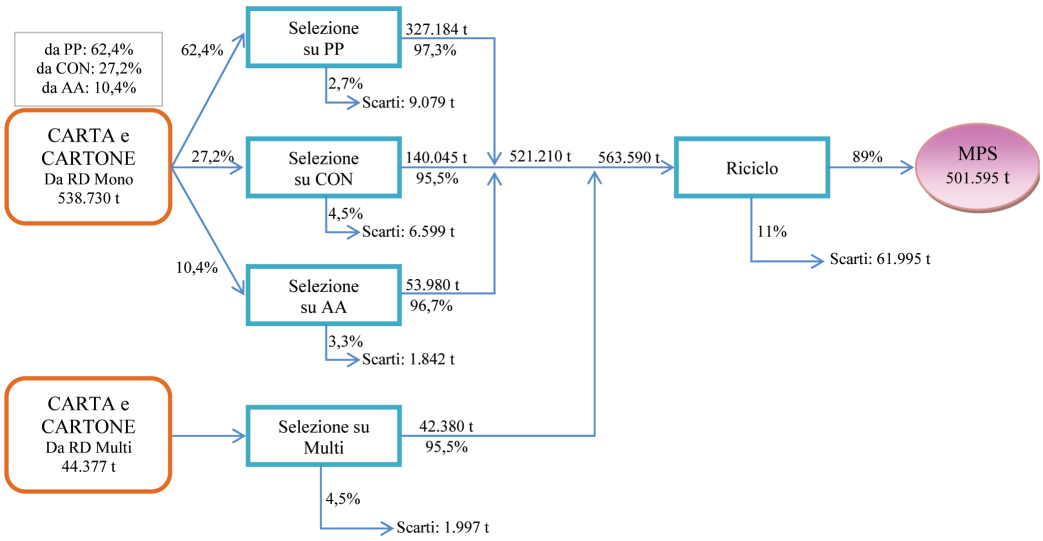
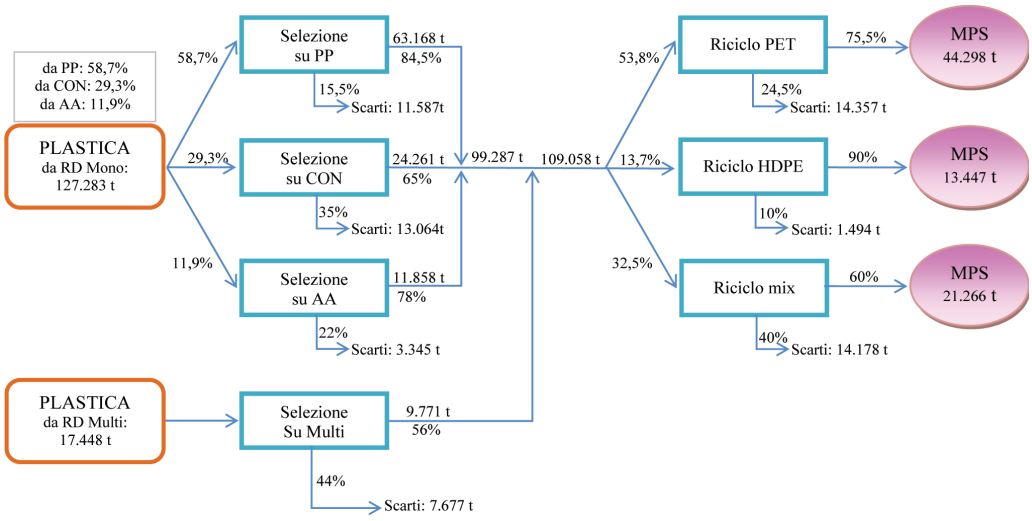


Figura 4. Schema di flusso della filiera di recupero della plastica in Lombardia nel 2009 (PP = raccolta porta a porta; CON = raccolta con contenitori stradali; AA = raccolta in area attrezzata).



ma fase di separazione e selezione, segue il riciclo vero e proprio, che si attua, a seconda della frazione, in vetrerie, cartiere, pannellifici, acciaierie secondarie, fonderie di alluminio, impianti di riciclo della plastica.
Calcolando il rapporto tra la quantità di MPS prodotta negli impianti di riciclo e il materiale in ingresso alla filiera di recupero proveniente da raccolta monomateriale e multimateriale già separato (senza pertanto considerare gli scarti del processo di separazione del multimateriale in quanto non è possibile ripartire il valore complessivo di tali scarti tra le diverse frazioni raccolte assieme), si ottiene l'efficienza di recupero. Non essendoci perdite di processo apprezzabili, il complemento a 100 di tale valore indica invece il quantitativo di scarti

Figura 5. Processo di recupero dei materiali da imballaggio.

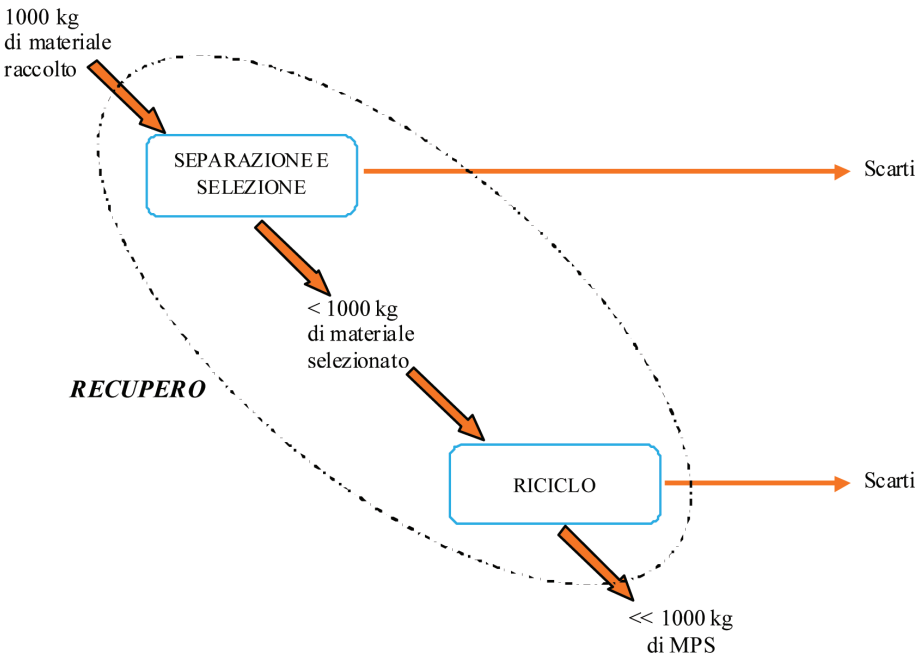


Tabella 4. Efficienza del processo di recupero dei rifiuti da imballaggio (fase di selezione e fase di riciclo) (%).

		Efficienza di selezione [A]	Efficienza di riciclo [B]	Efficienza di recupero* [A]*[B]
Alluminio	Area attrezzata	93,0%	83,5%	**77,7%**
	Multimateriale	93,0%		
Carta e cartone	Porta a porta	97,3%	89,0%	**86,0%**
	Contenitori stradali	95,5%		
	Area attrezzata	96,7%		
	Multimateriale	95,5%		
Legno	Area attrezzata	90,7%	95,0%	**86,2%**
Materiali ferrosi	Area attrezzata	91,0%	88,1%	**80,1%**
	Multimateriale	91,0%		
Plastica	Porta a porta	84,5%	PET: 75,5% HDPE: 90% Mix Poliolefine: 60%	**54,6%**
	Contenitori stradali	65,0%		
	Area attrezzata	78,0%		
	Multimateriale	56,0%		
Vetro	Porta a porta	86,0%	100%	**91,7%**
	Contenitori stradali	94,7%		
	Area attrezzata	90,8%		
	Multimateriale	94,7%		
Efficienza di recupero totale				**84,0%****

* L'efficienza di recupero si ottiene moltiplicando l'efficienza di selezione media (data dalla media pesata dei diversi valori di efficienza di selezione rispetto alla relativa quantità di materiale trattato) per l'efficienza di riciclo (anch'essa pesata rispetto alle quantità dei diversi polimeri per quanto riguarda il riciclo della plastica).
** Tale valore si abbassa a 82,3% tenendo conto anche degli scarti derivanti dalla separazione della multimateriale.

prodotti durante le attività recupero. Dai valori riportati in Tabella 4, si nota come il materiale recuperato in modo più efficiente in Lombardia sia il vetro, soprattutto grazie all'elevata efficienza della fase di riciclo. Valori piuttosto elevati si hanno anche per la filiera della carta e del legno, la prima per gli elevati rendimenti del processo di selezione, mentre il secondo per entrambe le fasi di selezione e riciclo. Valore decisamente basso assume l'efficienza di recupero della plastica, a causa delle modeste efficienze di selezione e del riciclo del mix di poliolefine.
La Tabella 5 riassume i quantitativi di rifiuti raccolti in Lombardia nel 2009 per le frazioni analizzate e i quantitativi di materie prime secondarie prodotte dal riciclo dei materiali da imballaggio raccolti.
Gli scarti prodotti dalle filiere di recupero dei materiali da imballaggio sono riportati in Tabella 6: dividendo il valore totale degli scarti per i quantitativi separati con la raccolta differenziata si ottiene un valore pari al 17,7%. Ciò significa che l'intera filiera di trattamento di 100 kg di imballaggi differenziati in Lombardia nel 2009 ha comportato una produzione di residui pari a 17,7 kg. A questi vanno aggiunti i residui generati dalle filiere di trattamento di organico e verde (non esaminate nel presente articolo), tutti materiali per i quali è necessario esplorare possibili opzioni di recupero energetico, ai sensi delle normative italiane ed europee vigenti.

Tabella 5. Quantitativi dei materiali da imballaggio raccolti e dei prodotti del recupero in Lombardia nel 2009.

	t raccolte	**t dopo la separazione della multimateriale**	**t di MPS prodotte dal recupero**
Alluminio	1.385	2.760	2.143
Carta e cartone	538.730	583.107	501.595
Legno	159.731	159.731	137.632
Materiali ferrosi	61.312	66.280	53.119
Plastica	127.283	144.730	79.011
Vetro	356.608	396.727	363.944
Multimateriale	136.425	-	-
Scarti nella multimateriale	-	28.137	-

Tabella 6. Dettaglio degli scarti prodotti durante l'intera filiera di recupero dei rifiuti di imballaggio in Lombardia nel 2009.

Dettaglio scarti (t)	**Lombardia 2009**
Scarti della selezione su raccolta monomateriale	98.691
Scarti della separazione su raccolta multimateriale	28.137
Scarti della selezione su multimateriale separata	10.295
Scarti della fase di riciclo	106.904
Scarti totali dagli imballaggi	**244.027**
% degli scarti rispetto al raccolto	**17,7%**

Conclusioni

Per molti anni l'attività di pianificazione della gestione dei rifiuti è avvenuta fissando generici obiettivi di raccolta differenziata che non tenevano in debito conto l'effettiva potenzialità di recupero di materia, la diversa qualità dei materiali raccolti in modo differenziato, le connessioni esistenti tra recupero di materia e recupero di energia, né le implicazioni energetiche, ambientali ed economiche del conseguimento di tali obiettivi. Solo con la nuova Direttiva europea sui rifiuti (la 2008/98/CE) si sono introdotti degli obiettivi non più sulla raccolta differenziata bensì sul quantitativo di rifiuti avviati a riciclo e recupero, sottolineando quindi come la raccolta differenziata, certamente essenziale, sia funzionale alle fasi successive che portano al recupero effettivo di materiali.
Inoltre, sempre nella Direttiva 2008/98 viene dichiarato che nell'applicare la gerarchia dei rifiuti (prevenzione; preparazione per il riutilizzo; riciclaggio; recupero di altro tipo, per esempio il recupero di energia; smaltimento) gli Stati membri dovranno adottare misure volte ad incoraggiare le opzioni che danno il miglior risultato ambientale complessivo e che a tal fine può essere necessario che flussi di rifiuti specifici si discostino dalla gerarchia laddove ciò sia giustificato dall'impostazione in termini di ciclo di vita, in relazione agli impatti complessivi della produzione e della gestione di tali rifiuti. In questo contesto la metodologia LCA può quindi essere utilizzata come strumento di supporto decisionale in merito a scelte strategiche fin dalla fase di pianificazione del sistema di gestione rifiuti.

Ringraziamenti

Si ringraziano i numerosi gestori degli impianti che hanno fornito un importante supporto allo studio e gli ingg. Vera Brambilla e Rossella Luglietti per il supporto nella elaborazione dei dati.

Bibliografia

1. ARPA Lombardia (Azienda Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Lombardia), *Relazione Regionale*. http://www.arpalombardia.it, 2009.
2. Rigamonti L., Grosso M., *Riciclo dei rifiuti – Analisi del ciclo di vita dei materiali da imballaggio*, Dario Flaccovio Editore, 2009.
3. Giugliano M., Cernuschi S., Grosso M., Rigamonti L., "Material and energy recovery in integrated waste management system. An evaluation based on life cycle assessment", *Waste Management*, 31, 2092-2101, 2011.