



MILANO  
ROMA  
PISA  
TREVISO

# Analisi ambientale della raccolta e del riciclo di prodotti sanitari assorbenti



MILANO  
ROMA  
PISA  
TREVISO

**AMBIENTE ITALIA S.R.L.**  
Via Carlo Poerio 39 - 20129 Milano  
tel +39.02.27744.1 / fax +39.02.27744.222  
[www.ambienteitalia.it](http://www.ambienteitalia.it)  
Posta elettronica certificata:  
[ambienteitaliasrl@pec.ambienteitalia.it](mailto:ambienteitaliasrl@pec.ambienteitalia.it)

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE  
PER LA QUALITÀ CERTIFICATO DA DNV  
= UNI EN ISO 9001:2008 =  
**CERT-12313-2003-AQ-MIL-SINCERT**  
Progettazione ed erogazione di servizi  
di ricerca, analisi, pianificazione e consulenza  
nel campo dell'ambiente e del territorio

Partita Iva, CF e Iscrizione  
Registro Imprese MI 11560560150  
R.E.A. 1475656  
Capitale Sociale Interamente  
versato € 100.000,00

---

# Risultati sintetici

---

Fater ha proposto di avviare la raccolta differenziata e il riciclo dei prodotti sanitari assorbenti (PSA) usati, in particolare i pannolini per bambini.

Le quantità di rifiuto generate dall'uso di questi prodotti in Italia sono significative (circa 900.000 t annue di PSA di cui oltre 170.000 t annue di soli pannolini per bambini) e rappresentano una quota molto rilevante del rifiuto residuo laddove sono attive raccolte differenziate domiciliari.

La proposta progettuale di Fater, già sottoposta a un ampio test dimostrativo, si basa sulla raccolta differenziata di questo flusso, sanitizzazione e separazione delle frazioni riciclabili (frazione plastica e frazione cellulosica mista a sorbente) in autoclave, il riciclo come granulo di plastica mista poliolefinica e come fibra di cellulosa. I test mostrano un tasso di recupero pressoché pari al 100% delle frazioni teoricamente valorizzabili e un tasso di impiego effettivo nel riciclo (dedotti gli scarti) pari al 92%\*.

Ambiente Italia, istituto indipendente di analisi e ricerca ambientale, ha analizzato il ciclo di vita del progetto, sulla base dei dati della sperimentazione e integrati con dati di letteratura e simulazioni ove necessario.

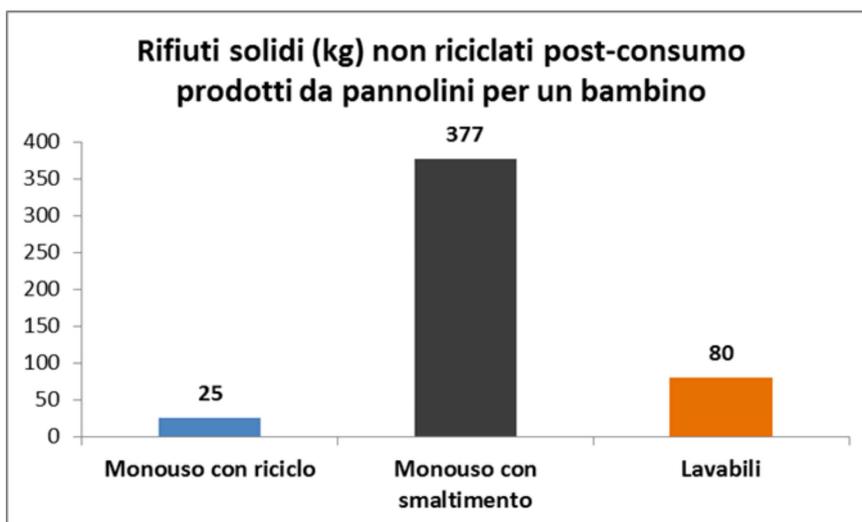
L'analisi energetica e delle emissioni di CO<sub>2</sub>, condotta con tecniche di analisi del ciclo di vita (pur senza essere in senso stretto una LCA), ha mostrato che:

- Il bilancio energetico complessivo consente una riduzione netta dei fabbisogni energetici, dovuti in primo luogo alla riduzione dei fabbisogni di cellulosa e di materie prime plastiche;
- Il processo di riciclo è un processo da "carbon neutral a carbon negative", cioè un processo nel quale le emissioni di CO<sub>2</sub> evitate dai processi di riciclo (sia dalla produzione di materie plastiche che dalla produzione di cartone) risultano superiori alle emissioni necessarie alla fase di raccolta differenziata e ai processi di separazione e trattamento;
- Il processo di riciclo è un processo ambientalmente più favorevole rispetto alla discarica o all'incenerimento, anche con efficiente recupero energetico. Oltre a minimizzare le emissioni pericolose associate a processi di combustione o di degradazione anaerobica e a ridurre i consumi di suolo, le minori emissioni di CO<sub>2eq</sub> da riciclo rispetto allo smaltimento indifferenziato (pari a 375 kg di CO<sub>2eq</sub>/t di rifiuto di pannolini) equivarrebbero, sul totale dei rifiuti di pannolini Italia, ad un risparmio annuo di oltre 64 milioni di kg di CO<sub>2</sub>.

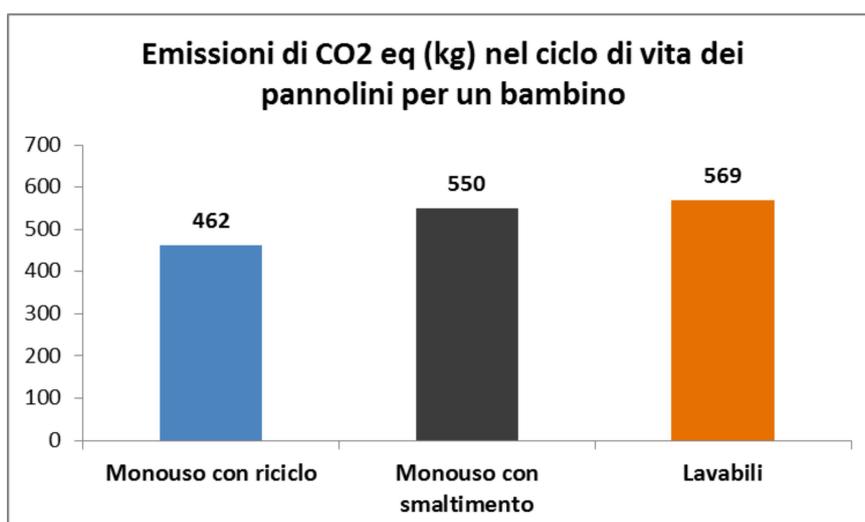
- **Emissioni climalteranti da alternative di gestione dei rifiuti di pannolini (kg CO<sub>2eq</sub> / t)**

	Raccolta differenziata pannolini con			Raccolta indifferenziata e smaltimento
	RICICLO	DISCARICA	INCENERIMENTO	
CO <sub>2eq</sub> generata	519,8	387,9	691,8	457,9
CO <sub>2eq</sub> evitata	-537,5	-48,1	-277,0	-100,8
Bilancio CO <sub>2eq</sub>	<b>-17,7</b>	<b>339,8</b>	<b>414,8</b>	<b>357,1</b>

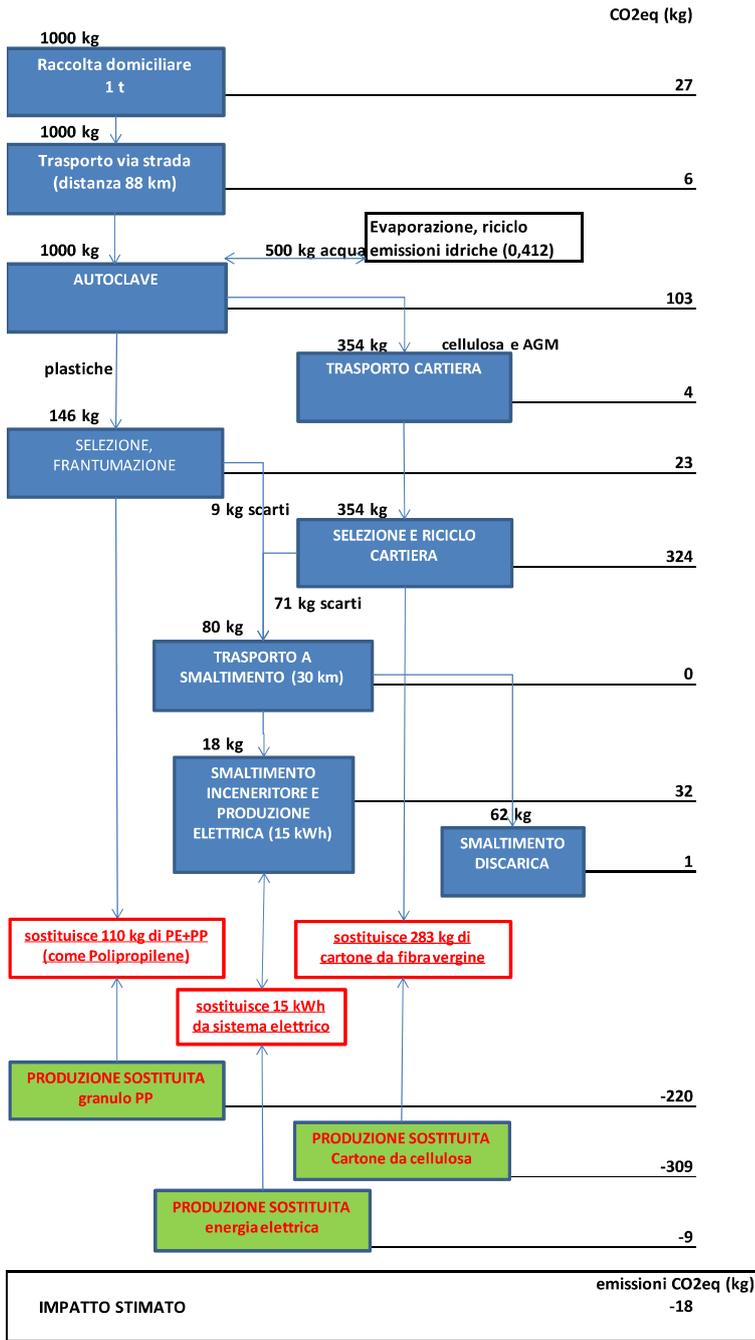
- Attraverso un processo di riciclo, la generazione di rifiuti che deriva dall'uso di prodotti monouso equivale a 8 kg/anno per bambino (il 2% della produzione annua di rifiuti di un adulto, per avere un dato di raffronto); si tratta di una quantità finale di rifiuto analoga a quella che deriva dall'uso di prodotti lavabili e ri-utilizzabili, ma inferiore a quella dei prodotti lavabili considerando l'intero ciclo di vita di questi ultimi, che include la produzione e l'uso e lavaggio del bene (sulla base dei dati riportati da UK Environment Agency, 2005)



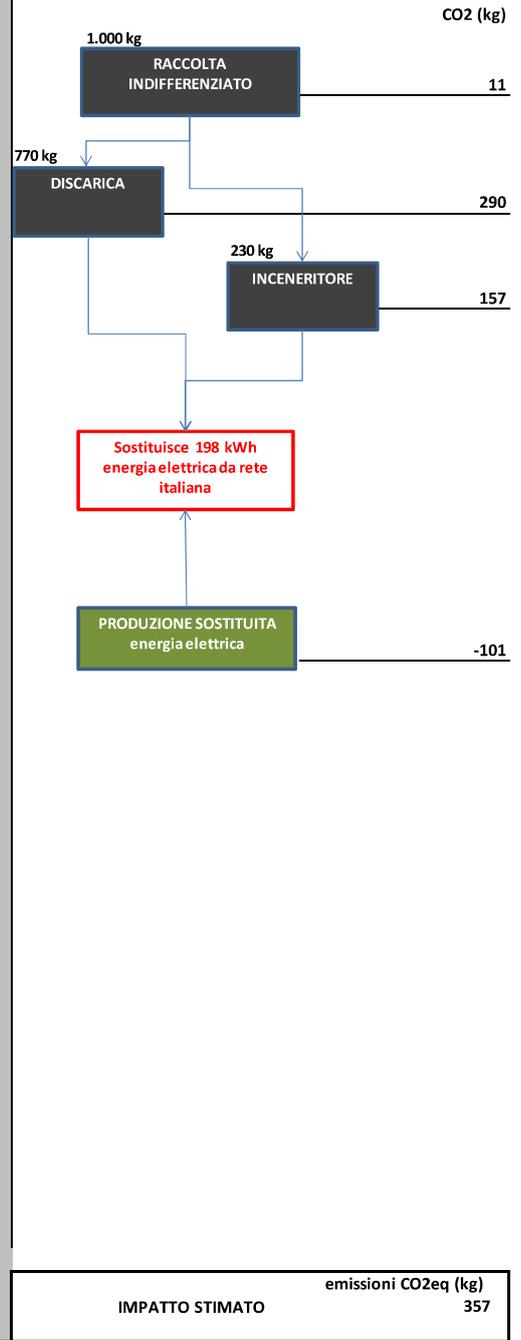
- azzerando le emissioni di CO<sub>2</sub> derivate dal fine vita tramite smaltimento, il bilancio di CO<sub>2</sub> del pannolino monouso diventa ambientalmente preferibile rispetto al ciclo di vita del prodotto lavabile anche considerando sistemi efficienti di asciugatura (sulla base dei dati riportati in UK Environment Agency, 2005 e 2008)



### RD E RICICLO PANNOLINI



### SMALTIMENTO PANNOLINI



## Note sul confronto tra pannolini monouso riciclati, monouso a smaltimento e pannolini lavabili

La comparazione tra pannolini riciclati e pannolini lavabili è basata sul numero di pannolini usati da un bambino medio (3796 pezzi) secondo lo studio *UK Environment Agency: Life Cycle Assessment of Disposable and Reusable Nappies in the UK, 2005 (update 2008)*. Con i dati 2008, essi sono pari a un peso di 146,5 kg per bambino.

**Rifiuti.** I pannolini monouso hanno una produzione di rifiuti non riciclati, dai dati UKEA 2005, pari a 73 kg (+4 riciclati) in fase di produzione e generano (secondo i fattori di peso usati in questo studio) una quantità di rifiuto non riciclato post-consumo pari a 304 kg (80 g \* 3796 unità). I pannolini con riciclo hanno una analoga quantità di rifiuti da produzione e, da questo studio, una quantità di rifiuto non riciclato post-consumo pari a 25 kg. I pannolini lavabili hanno, dallo studio UKEA 2005, una quantità di rifiuto da produzione pari a 9 kg in produzione e un rifiuto non riciclato post-consumo pari a 80 kg (escludendo acque e rifiuti fognari che pesano per circa 200 kg).

**Emissioni CO<sub>2</sub>.** Le emissioni di CO<sub>2</sub> sono calcolate sull'intero ciclo di vita come GWP, cioè come CO<sub>2eq</sub>. Le emissioni da monouso per bambino sono stimate (UKEA 2008) pari a 550 kg; poiché non è fornita disaggregazione tra fasi del ciclo di vita, si assume che il fine vita incida per la stessa quota stimata nel precedente studio del 2005 (94 kg su 626 kg), ottenendo una stima di 83 kg CO<sub>2eq</sub> per il fine vita e di 467 kg CO<sub>2eq</sub> per la produzione. Lo scenario monouso con riciclo è derivato dal precedente sommando ai 467 kg CO<sub>2</sub> di produzione i -5 kg CO<sub>2</sub> da riciclo dedotti dal presente studio per una quantità equivalente a 3796 pezzi (1 tonnellata di rifiuti di PSA corrisponde, in questo studio, a 12.500 pezzi). Lo scenario lavabili è dedotto integralmente dallo studio UKEA 2008 che stima un impatto di 569 kg CO<sub>2eq</sub>. Essendo quindi basate su assunzioni parzialmente diverse e su dati in taluni casi frammentari, le comparazioni debbono essere considerate "approssimative", ma possono comunque essere giudicate indicative.

\* Nel modello è stato comunque considerato un tasso di impiego effettivo più conservativo, pari al 84% piuttosto che al suddetto 92%, al fine di tenere in conto eventuali ulteriori scarti che si verificano nelle fasi di produzione del granulo riciclato (sezione 4) e del cartone riciclato (sezione 5).

## 1 Prodotti sanitari assorbenti: quantità usate e rifiuti prodotti

Il consumo di prodotti sanitari per bambini e incontinenti riguarda approssimativamente circa 2,3 milioni di individui in Italia. Questa analisi si concentra sul consumo di pannolini.

Il consumo medio di pannolini è stimato pari a una media 4,5 pezzi/giorno per i bambini di età tra 0-36 mesi, con un consumo totale annuo nell'ordine di 2,15 miliardi di pezzi. Poiché non tutti i bambini utilizzano pannolini per l'intero periodo 0-36 mesi, gli individui considerati sono cautelativamente pari al 75% del potenziale. Considerando un peso medio del prodotto di 40 grammi, si ottiene un peso del prodotto secco di 86.000 t.

Il prodotto post-consumo è caratterizzato da elevata umidità e forte variabilità, a seconda delle età e dei comportamenti. Dai dati disponibili dalle sperimentazioni, è emerso un peso medio umido pari a 80 grammi/pezzo, con un tasso di umidità di circa il 50% (un valore inferiore a quello di altri studi internazionali). Su scala nazionale, si stima quindi una produzione di circa 172 mila tonnellate di rifiuto di pannolini con un volume di circa 614 mila di metri cubi (come dire una media discarica all'anno).

### Dati caratteristici pannolini

bambini	1.308.000	Densità (kg/l)	0,28
consumo pezzi giorno	4,5	Rifiuto giorno per utente (kg)	0,336
consumo annuo	2.149.200.000	Totale Italia peso secco (kg)	85.968.000
peso pannolino non usato(g)	40	Totale Italia peso umido (kg)	171.936.000
peso pannolino umido usato(g)	80	Totale Italia volume umido (litri)	614.057.143

Il pannolino è composto da uno strato di assorbente igienico "topsheat" in polipropilene e/o polietilene a diretto contatto con la pelle, da più strati di polietilene e polipropilene di contenimento dell'umidità, da materiale assorbente costituito da fluff di cellulosa e da poliacrilato di sodio che ha la funzione di assorbimento dei liquidi organici. Il prodotto secco ha un elevato potere calorifico, parzialmente di origine biologica (la componente cellulosica).

### Composizione media ponderata pannolini

	non usato	usato
Cellulosa	48,0%	23,8%
AGM (poliacrilato)	23,0%	11,6%
Polipropilene	13,0%	6,6%
Polietilene	8,0%	3,9%
Altri(PE/PP/PET/Lycra)	8,0%	4,0%
Urine/feci	0,0%	50,0%

Fonte Rielaborazione su dati Enea-Edana

### Composizione chimica elementare media

	non usato	usato
H <sub>2</sub> O	0,00%	50,00%
O	36,39%	17,83%
H	9,45%	4,63%
C (bio)	20,53%	10,06%
C (fos)	33,16%	16,25%
S	0,09%	0,05%
N	0,03%	0,51%

Cl	0,12%	0,08%
Altro	0,23%	0,59%
MJ/kg	23,60	10,36

Fonte Rielaborazione su dati Enea-Edana

## 2 Raccolta dei rifiuti

La raccolta dei rifiuti di prodotti sanitari assorbenti è generalmente svolta in maniera congiunta con la raccolta dei rifiuti residui. Ma in alcune aree con un esteso sistema di raccolta differenziata - e in particolare laddove vi è anche una tariffazione puntuale ad utente in base al peso o volume di rifiuto conferito - sono state avviate anche specifiche raccolte differenziate di pannolini e pannoloni. Fater ha studiato l'esperienza del comune di Ponte nelle Alpi, il comune italiano con il più elevato tasso di raccolta differenziata. Sulla base dell'esperienza del comune di Ponte nelle Alpi, si è messo a punto un modello di raccolta differenziata con prestazioni commisurate ad una situazione italiana standard.

Il modello base prevede:

- la raccolta settimanale di pannolini, che vengono conferiti in alcuni punti sorvegliati (centri di raccolta, farmacie, ecc.) in contenitori chiusi
- il loro trasporto ad un centro di raccolta
- Il prelievo con un autocarro e il trasferimento all'impianto di valorizzazione.

La fase di raccolta comporta consumi di carburante pari a 9 litri per tonnellate (ed associate emissioni pari a 27 kg CO<sub>2eq</sub>/t). I consumi energetici di raccolta potrebbero diminuire prevedendo pochi punti centralizzati di raccolta o una raccolta differenziata effettuata congiuntamente alla raccolta domiciliare del rifiuto residuo o, viceversa, aumentare prevedendo una raccolta differenziata autonoma completamente domiciliare.

### Consumi ed emissioni raccolta

consumi specifici (litri/t)	9,0
consumi specifici (MJ/t)	416
CO <sub>2eq</sub> (kg/t)	27,0

Nel caso dell'invio a riciclo, il sistema prevede una rete di stazioni di deposito – presso centri di raccolta, stazioni ecologiche, stazioni di trasferta – da cui il rifiuto destinato a recupero è movimentato verso l'impianto di riciclo. Il bacino di utenza di un impianto da 5.000 t/a (per pannolini e pannoloni), quale quello progettato da Fater per l'impianto pilota, è infatti approssimativamente pari a ca. 400.000 abitanti.

Per il trasporto, si assume un autocarro 25-40 t di portata utile, con medi fattori di carico (60%)<sup>1</sup>.

La distanza di trasporto è stata assunta, molto cautelativamente, pari a 88 km.

I consumi di trasporto sono limitati a circa 2,1 litri per tonnellata, con emissioni di CO<sub>2eq</sub> corrispondenti a 7 kg/t PSA.

### Consumi ed emissioni trasporto a riciclo

consumi specifici (litri/t)	2,1
consumi specifici (MJ/t)	99
CO <sub>2eq</sub> (kg/t)	6,5

<sup>1</sup> Le assunzioni di Ecotransit sono relative a un mezzo con consumo di circa 35 litri/100 km e portata effettiva di 15 t.

### 3 Impianto di selezione - Autoclave

L'impianto di trattamento è un autoclave rotante con vapore ad alta pressione. Il vapore ad alta pressione sterilizza i materiali, che opportunamente separati generano due flussi riciclabili: materiali plastici da un lato, materiali cellulosici con sorbente dall'altro.

Gli output di processo, da test di prova condotti, sono costituiti da:

- 50% scarichi idrici (riciclati, evaporati o smaltiti come reflui per circa 2.000 litri)
- 14,6% frazioni riciclabili a base plastica (poliolefine miste a base di PE e PP)
- 35,4% frazioni riciclabili cellulosiche miste con sorbente AGM

Non sono presenti rifiuti solidi.

I consumi energetici dell'autoclave sono consumi di energia elettrica e consumi di gas naturale, per la produzione di vapore. Le emissioni dipendono dai consumi di metano, dai consumi di energia elettrica e da emissioni specifiche di ammoniaca e metano legate alla composizione del materiale.

Le emissioni idriche sono attese generare fanghi per 1,4 kg/t di pannolini usati.

#### Consumi ed emissioni autoclave

consumi energia primaria (MJ/t)	1.870
CO <sub>2eq</sub> (kg/t)	103

Fonte: Elaborazioni su dati di consumo energetico ed emissioni specifiche da Rapporto Finale dei Trial Test condotti da Fater su impianto dimostrativo da 5.000 t/a

### 4 Produzione granulo riciclato PP-PE

L'impianto di selezione in autoclave è contiguo all'impianto di valorizzazione delle plastiche.

La frazione plastica destinata a riciclo è costituita da poliolefine e, in particolare, da polipropilene e polietilene. Il materiale è selezionato e separato per densità, quindi frantumato ed estruso per ottenere un granulo riciclato pronto all'uso in nuove produzioni.

Le emissioni di CO<sub>2eq</sub> dal processo (da consumi elettrici) corrispondono a 23 kg/t PSA.

#### Consumi energetici ed emissioni produzione granulo riciclato

	Valori a t	Valori a t PSA
Consumi energia primaria (MJ)	47.228	6.500
CO <sub>2eq</sub> (kg)	158	23

Per le caratteristiche intrinseche del materiale, si prevede una efficienza di sostituzione pari al 75%, rapportata al polipropilene. In altri termini, a fronte del trattamento di 146 kg/t di PSA, si considerano sostituiti processi di produzione del granulo di polipropilene per un equivalente di 110 kg.

### 5 Produzione cartone riciclato

La frazione a base cellulosica (fluff da polpa di cellulosa + sorbente) è destinata ad impiego in cartiera. Per il trasporto, si assume un autocarro 25-40 t di portata utile, con medi fattori di carico (60%) e una distanza assunta pari convenzionalmente a 150 km.

La frazione a base cellulosica, pari a 354 kg/t PSA, è recuperata nei processi di produzione di cartone come materia prima sostitutiva di polpa di cellulosa vergine e di amidi.

Per le caratteristiche del materiale, in particolare la presenza di una elevata quota di sorbente, si assume una effettiva valorizzazione, inclusa la resa di sostituzione come cartone in fibra vergine, pari al 80% del flusso, equivalenti a 283 kg/t di PSA.

I residui solidi della selezione di valorizzazione del flusso avviato a cartiera sono pari 71 kg/t di PSA. Consumi energetici ed emissioni dai processi di produzione di cartone sono assimilati ai processi di produzione da carta da macero.

#### Consumi energetici ed emissioni da trasporto e produzione cartone da fibre di riciclo

	Valori a t	Valori a t PSA
Consumi energia primaria (MJ)	31.227	9.919
CO <sub>2eq</sub> (kg)	925,1	327,9

(\*) calcolata al netto degli scarti

Gli effetti ambientali sostituiti (vedi: processi sostituiti cartiera) sono attribuiti al ciclo di vita del PSA per la quota parte equivalente al prodotto vergine sostituito, pari a 283 kg/t PSA valorizzabili.

## 6 Processi di smaltimento

Dal processo di riciclo si generano due flussi ordinari di rifiuti solidi da smaltire:

- Scarti del processo di selezione delle plastiche recuperate, per un totale di 9kg/t di PSA, modellati come polipropilene
- Scarti del processo di valorizzazione della frazione cellulosica, per un totale di 71 kg/t di PSA, modellati come poliacrilato di sodio

Il potere calorifico dell'insieme dei rifiuti è calcolato pari a 16,9 MJ/kg come Potere Calorifico Inferiore (PCI).

I rifiuti, per un totale di 80 kg/t di PSA, sono conservativamente considerati come avviati a smaltimento in discarica (per il 77%, pari a 62 kg) e in incenerimento (per il 23%, pari a 18 kg), in rapporto analogo a quello del sistema di gestione dei rifiuti urbani in Italia (4,6 milioni di tonnellate in incenerimento, 15,4 milioni di tonnellate a discarica, nel 2009).

Poiché il materiale presumibilmente esitato a discarica è biologicamente inerte, non sono attese emissioni specifiche né recuperi di biogas.

Dalla combustione della quota avviata a incenerimento, è atteso un recupero energetico elettrico, con rendimento lordo del 23%, pari 964 kWh/t ed equivalente a 17 kWh/t di PSA. Le emissioni di CO<sub>2</sub> da incenerimento sono per intero emissioni di CO<sub>2</sub> di origine fossile. Le emissioni sostituite sono considerate in "processi sostituiti di produzione di energia elettrica".

#### Consumi energetici ed emissioni da smaltimento (incluso trasporto)

	Valori a t		Valori a t PSA trattato	
	Discarica	incenerimento	Discarica	Incenerimento
consumi energetici (MJ)	18.552	19.478	1.150	350,6
Recuperi elettrici (kWh)	0	964	0	17
CO <sub>2eq</sub> (kg)	13,2	1.763	0,84	32,0

## 7 Processi sostituiti:

### 7.1 produzione di granulo di polipropilene

La plastica recuperata è assunta come riciclata in sostituzione di produzioni di qualità medio-bassa tipicamente prodotte con poliolefine (polipropilene, polietilene a bassa o alta densità).

Si assume una resa di sostituzione equivalente al 75% del prodotto vergine (con 1 kg di poliolefine di recupero si sostituiscono 750 grammi di poliolefine vergini).

La poliolefina di riferimento per l'attribuzione del processo sostituito è il polipropilene, con tecnologia e sistema energetico medio europeo.

Per ogni t di PSA recuperata, sulla base dei fattori di equivalenza assunti (sostituzione di 110 g di PP per t di PSA recuperati), si ha una sostituzione di consumi energetici per 8 GJ/t di PSA e una sostituzione di emissioni di CO<sub>2eq</sub> per 220kg/t di PSA.

#### Consumi energetici ed emissioni sostituite da produzione granulo di polipropilene

	Valori a t	Valori a t PSA trattato
consumi energia primaria (MJ)	73.370	8.071
CO <sub>2eq</sub> (kg)	2.000	220

### 7.2 produzione di cartone da fibra vergine

La componente cellulosa recuperata è assunta come riciclata in sostituzione di produzione di cartone da fibra vergine (come mix di fluting semichimica al 42% e di kraftliner al 58%), prodotta con tecnologia media europea (da Fefco), in cartiera non integrata, con sistema elettrico italiano.

Per ogni t di PSA recuperati, sulla base dei fattori di equivalenza assunti (sostituzione di 283 kg di cartone da fibre vergini per t di PSA recuperati), si ha una sostituzione di consumi energetici per 13,3 GJ/t di PSA e una sostituzione di emissioni di CO<sub>2eq</sub> per 309kg/t di PSA.

#### Consumi energetici ed emissioni sostituite da produzione cartone da fibra vergine

	Valori a t	Valori a t PSA
consumi energia primaria (MJ)	46.917	13.278
CO <sub>2eq</sub> (kg)	1.091	309

### 7.3 Generazione di energia elettrica

La generazione di energia elettrica da processi di smaltimento dei rifiuti sostituisce la produzione di energia elettrica consumata in Italia al 2009 (incluse tutte le fonti).

Per ogni kWh prodotto vi è un consumo energetico complessivo di 9,77 MJ (di cui 7,9 come consumi diretti di trasformazione). Per ogni kWh prodotto, vi è una emissione complessiva pari a 508 grammi di CO<sub>2eq</sub>, dei quali 404 come emissioni dirette.

Per ogni t di PSA recuperati, è sostituito il consumo di 15 kWh e la generazione di 8 kg CO<sub>2</sub>/t PSA.

#### Consumi energetici ed emissioni sostituite da produzione energia elettrica

	Valori a t	Valori a t PSA
Produzione elettrica (kWh)	820	15
consumi energia primaria (MJ)	8.011	147
CO <sub>2eq</sub> (kg/t)	417	8

## 8 Confronto con gli effetti ambientali della raccolta e dello smaltimento senza riciclo dei PSA

Il modello di raccolta differenziata con riciclo dei PSA può essere comparato con la situazione attuale della gestione dei PSA.

Allo stato attuale vi sono 2 modalità di gestione dei PSA:

- Raccolta indifferenziata dei PSA, insieme agli altri rifiuti urbani residui, con smaltimento
  - in discarica o
  - in inceneritore
- Raccolta differenziata dei PSA, una modalità già presente quasi esclusivamente laddove vi sono raccolte differenziate domiciliari, con successivo smaltimento dei PSA in discarica o inceneritore

### 8.1 Raccolta dei PSA nel flusso dei rifiuti indifferenziati o come raccolta domiciliare

I PSA sono ordinariamente raccolti nel flusso dei rifiuti indifferenziati. In un sistema di raccolta differenziata domiciliare, i PSA sono frequentemente raccolti con un sistema a bidone e un veicolo compattatore di grandi dimensioni. In un sistema di raccolta stradale, essi saranno prevalentemente raccolti con compattatore laterale e cassonetto stazionario.

La raccolta dei PSA nel flusso dei rifiuti indifferenziati – una modalità che ovviamente non consente il successivo riciclo – comporta consumi unitari inferiori a quelli delle raccolte differenziate, perché è maggiore la densità territoriale di rifiuti raccolta. Sia come raccolta indifferenziata che come raccolta separata e differenziata, il flusso è avviato a smaltimento, in discarica o incenerimento.

Consumi energetici ed emissioni da raccolta (indifferenziata come RUR; RD pannolini) con trasporto a smaltimento

	Raccolta pannolini come RUR		RD pannolini
	domiciliare	stradale	a smaltimento
consumi specifici (litri/t)	3,7	2	11,1
consumi energia primaria (MJ/t)	172,6	96,5	515
CO <sub>2eq</sub> (kg)	11,3	6,1	33,5

RUR sono i Rifiuti Urbani Residui; RD è Raccolta Differenziata

### 8.2 Smaltimento in impianto di incenerimento o discarica

In un impianto di incenerimento con recupero elettrico e rendimento lordo del 23%, nel caso dei PSA si ottiene una produzione di 545 kWh/t.

Consumi energetici ed emissioni complessive del ciclo di incenerimento includono anche discarica scorie, additivi etc.

Nello smaltimento a discarica, si assume che solo una frazione (60%) dei materiali potenzialmente biodegradabili sia effettivamente biodegradata e che pertanto la discarica costituisca un parziale “sink” di carbonio. La produzione calcolata di biogas nel caso specifico è pari a 112 Nm<sup>3</sup>/t, con una captazione del 50% di biogas e una valorizzazione energetica in motori a combustione interna del 60% del captato. Il recupero elettrico da discarica, nelle condizioni date, è pari a 95 kWh/t. Le emissioni dirette di CH<sub>4</sub> sono stimate equivalenti a 14,6 kg/t.

I consumi energetici e le emissioni complessive del ciclo di discarica e del ciclo di incenerimento sono i seguenti:

**Consumi energetici ed emissioni da discarica e incenerimento con recupero energetico**

	Discarica	Incenerimento
consumi energia primaria (MJ/t)	12.786	13.553
Recuperi elettrici (kWh/t)	94,75	545,3
CO <sub>2eq</sub> (kg/t) prodotte	376,7	680,6
Energia primaria sostituita (MJ/t)	-925,5	-5.326,3
CO <sub>2eq</sub> sostituite (kg/t)	-48,1	-277,0