



**POLITECNICO DI MILANO**

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE E AMBIENTALE**

**Sezione Ambientale**



Assessment on WAste  
and REsources

**Gruppo di ricerca AWARE - Assessment on WAste and  
REsources**

**VALUTAZIONE DEI FLUSSI DI SCARTO NELLA  
GESTIONE DEI RIFIUTI URBANI IN ITALIA**

*Committente: Nica s.r.l.*

**A cura di:**

*Prof. Mario Grosso  
(responsabile scientifico)  
Dott.ssa Martina Bellan*

*24 Marzo 2020*

## ***Sommario***

1	Introduzione e obiettivo dello studio .....	1
2	Fonti utilizzate .....	1
3	Elaborazione dei dati e risultati .....	1
3.1	Raccolte multimateriale .....	1
3.2	Vetro .....	3
3.2.1	Destino degli scarti .....	4
3.3	Carta .....	4
3.3.1	Destino degli scarti .....	5
3.4	Plastica.....	6
3.4.1	Destino degli scarti .....	7
3.5	Acciaio.....	7
3.5.1	Destino degli scarti .....	8
3.6	Alluminio.....	9
3.6.1	Destino degli scarti .....	10
3.7	Legno .....	11
3.7.1	Destino degli scarti .....	11
3.8	Rifiuti organici: umido e verde .....	12
3.8.1	Destino degli scarti .....	13
4	Sintesi dei risultati .....	14
5	Limiti dell'analisi .....	18
6	Bibliografia.....	19

# ***1 Introduzione e obiettivo dello studio***

Nella gestione dei rifiuti urbani si è sempre posta particolare attenzione al raggiungimento di determinati obiettivi di raccolta differenziata. Più recentemente sono stati definiti obiettivi relativi alla quantità di rifiuti avviati ad effettivo recupero, nella consapevolezza che la raccolta differenziata rappresenta solo la prima fase di una virtuosa gestione dei rifiuti.

I rifiuti raccolti in modo differenziato non possono essere avviati tal quali agli impianti di riciclo, ma necessitano di selezione, in modo da rendere il più omogeneo possibile il flusso destinato al riciclo. Ciò comporta la generazione di scarti, ossia rifiuti che non sono idonei all'avvio a recupero di materia.

Anche nella fase di riciclo è possibile che si generino degli scarti dal processo di recupero vero e proprio.

Tenendo presente queste considerazioni di tipo tecnico, risulta evidente che anche una raccolta differenziata molto spinta, che mira alla minimizzazione del rifiuto indifferenziato, non consente comunque di recuperare il 100% della materia di cui sono costituiti i rifiuti.

Nella maggior parte dei casi è possibile estrarre comunque valore dagli scarti generati, attraverso il recupero di energia, prevalentemente esercitato per mezzo dell'incenerimento, che consente di recuperare energia sotto forma di calore che può essere utilizzato come tale o convertito in energia elettrica, oppure mediante processi di co-incenerimento in impianti industriali.

Obiettivo di questo lavoro è proprio l'analisi delle quantità di scarti che si generano a partire dalle frazioni differenziate dei rifiuti urbani ai fini di stimare le effettive necessità impiantistiche per la gestione degli stessi, in aggiunta al rifiuto residuo, nel rispetto del principio di autosufficienza e prossimità nella gestione dei rifiuti urbani.

## ***2 Fonti utilizzate***

Sono stati utilizzati solo dati pubblici e tratti da fonti ufficiali, quali ISPRA, ARPA, Conai e consorzi di filiera, relativi all'anno più recente disponibile, che per la maggior parte dei documenti consultati è il 2018. Si rimanda alla bibliografia per l'elenco completo delle fonti utilizzate.

## ***3 Elaborazione dei dati e risultati***

### ***3.1 Raccolte multimateriale***

I rifiuti urbani complessivamente intercettati attraverso le raccolte multimateriale nel 2018 sono risultati pari a circa 1,7 milioni di tonnellate (ISPRA, 2019).

Le quantità di scarti derivanti dalla separazione delle frazioni presenti nella raccolta multimateriale sono diverse in funzione della specifica tipologia di raccolta adottata. ISPRA fornisce solo un dato aggregato sulla composizione merceologica complessiva e sulla quota media di scarti. Per conoscere la quota di scarti derivante dalla separazione delle principali raccolte multimateriale è stato necessario fare riferimento anche al rapporto "Analisi dei costi della raccolta differenziata multimateriale in Italia" (UTILITALIA, 2017) e al rapporto rifiuti urbani di ARPA Emilia Romagna (ARPA Emilia Romagna, 2018), che approfondisce la tematica del multimateriale raccolto e gestito nella regione.

Sono state prese in considerazione le seguenti principali modalità di raccolta multimateriale:

- VM: Vetro e Metalli
- PM: Plastica e Metalli
- VPM: Vetro Plastica e Metalli
- CVPM: Carta Vetro Plastica Metalli
- CPM: Carta Plastica Metalli.

In Tabella 1 sono riportati i risultati delle elaborazioni dei dati pubblicati nei rapporti sopra citati.

Tabella 1 distribuzione delle frazioni derivanti dalla separazione della raccolta multimateriale: dettaglio per le diverse modalità di raccolta. Elaborazione su dati ISPRA, UTILITALIA, ARPA Emilia Romagna. Valori percentuali: peso/peso.

	Ripartizione delle principali modalità di raccolta	Frazioni					
		Vetro	Pastica	Carta	Ferro	Alluminio	Scarti
VM	23%	93%	-	-	2%	1%	5%
PM	42%	-	71%	-	6%	3%	20%
VPM	25%	66%	12%	-	3%	-	19%
CVPM	5%	30%	7%	36%	4%	1%	23%
CPM	5%	-	12%	62%	4%	1%	23%

In base a questi dati è possibile ripartire il flusso nazionale di rifiuti raccolti con raccolta multimateriale come rappresentato in Figura 1.

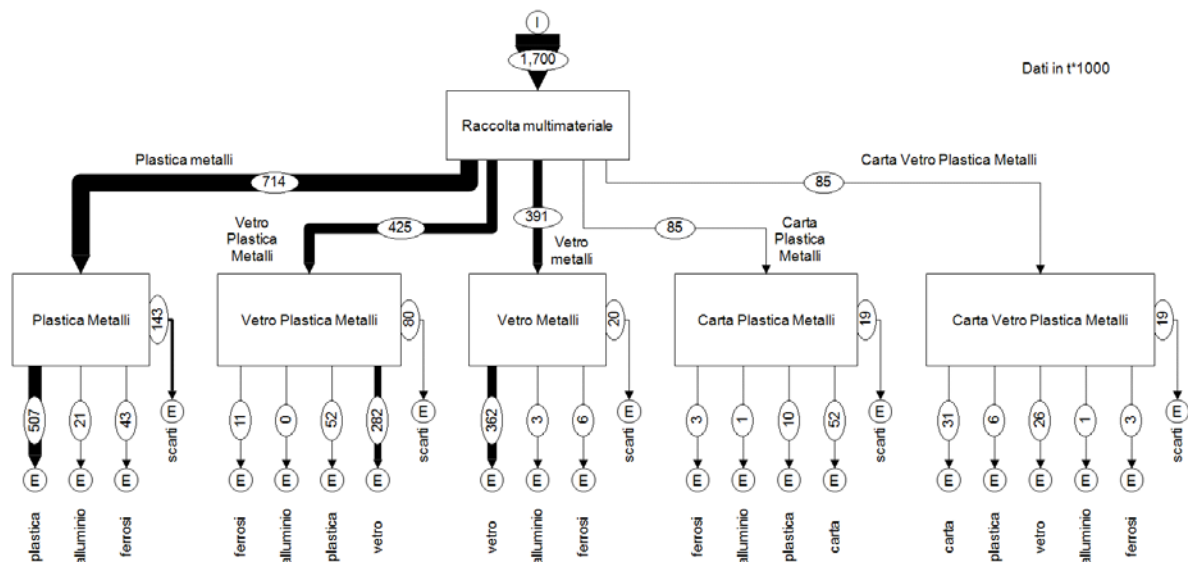


Figura 1 ripartizione del flusso di rifiuti raccolti con raccolta multimateriale. Dati in migliaia di tonnellate.

Gli output del processo di separazione della raccolta multimateriale sono poi avviati alla fase di selezione, che consente di rimuovere ulteriormente le frazioni estranee, separare i materiali che non possono essere avviati a riciclo e generare flussi distinti in base al materiale (ad es. i polimeri della plastica) o al colore (per la plastica ed eventualmente per il vetro).

Fanno eccezione i processi di separazione delle raccolte multimateriale Plastica-Metalli e Vetro-Metalli, per i quali è possibile assumere che l'output prevalente in peso (rispettivamente plastica e vetro) sia già sufficientemente selezionato da poter essere avviato direttamente al processo di riciclo.

Per tutti i processi di separazione delle raccolte multimateriale è possibile assumere che gli scarti possano essere avviati a recupero energetico.

### 3.2 Vetro

Per quanto attiene il processo di selezione, è stato assunto che gli scarti generati siano dati dalla differenza tra le quantità di materiale raccolto e il vetro in uscita dal processo di selezione. Tali quantitativi sono riportati nel rapporto del consorzio COREVE (COREVE, 2019).

L'efficienza di riciclo del vetro all'interno delle vetrerie è invece pari al 100%, perciò non si generano scarti in questa fase.

I dati utilizzati sono riportati in Tabella 2.

*Tabella 2 quantità di rifiuti da RD del vetro raccolti, selezionati e avviati a riciclo nel 2018; elaborazioni su dati COREVE. Valori percentuali: peso/peso.*

		t
Selezione	Quantità di imballaggi in vetro raccolti al netto degli stock	2.173.000
	Imballaggi in vetro avviati a riciclo	1.885.957
	<b>Scarti di selezione su raccolto (%)</b>	<b>13%</b>
Efficienza di riciclo		100%

COREVE dichiara un quantitativo di scarti di selezione, riferiti alla propria gestione diretta, pari a 311 mila tonnellate. Tuttavia, questo dato include una quota di vetro stoccato e di imballaggi metallici delle raccolte multimateriale e ciò non consente di valutare l'entità degli scarti reali.

La Figura 2 illustra la ripartizione del flusso di rifiuti in vetro da raccolta differenziata in Italia. L'input di rifiuti in vetro non è quello dichiarato da COREVE (2.173.000 t) ma è il valore pubblicato da ISPRA, ovvero 2.118.459 t, al quale sono stati aggiunti gli scarti generati dalla separazione del multimateriale e imputabili al vetro che ISPRA scorpora e rendiconta nella voce "altro" della raccolta differenziata. Il totale considerato, al lordo di tutti gli scarti, è stato quindi ripartito tra vetro da raccolta monomateriale, direttamente avviato a selezione, e vetro da raccolta multimateriale, che può essere avviato direttamente a riciclo (come generalmente accade per la raccolta congiunta vetro-metalli) o avviato alla fase di selezione (per tutte le altre tipologie di raccolta multimateriale) insieme al vetro da raccolta monomateriale.

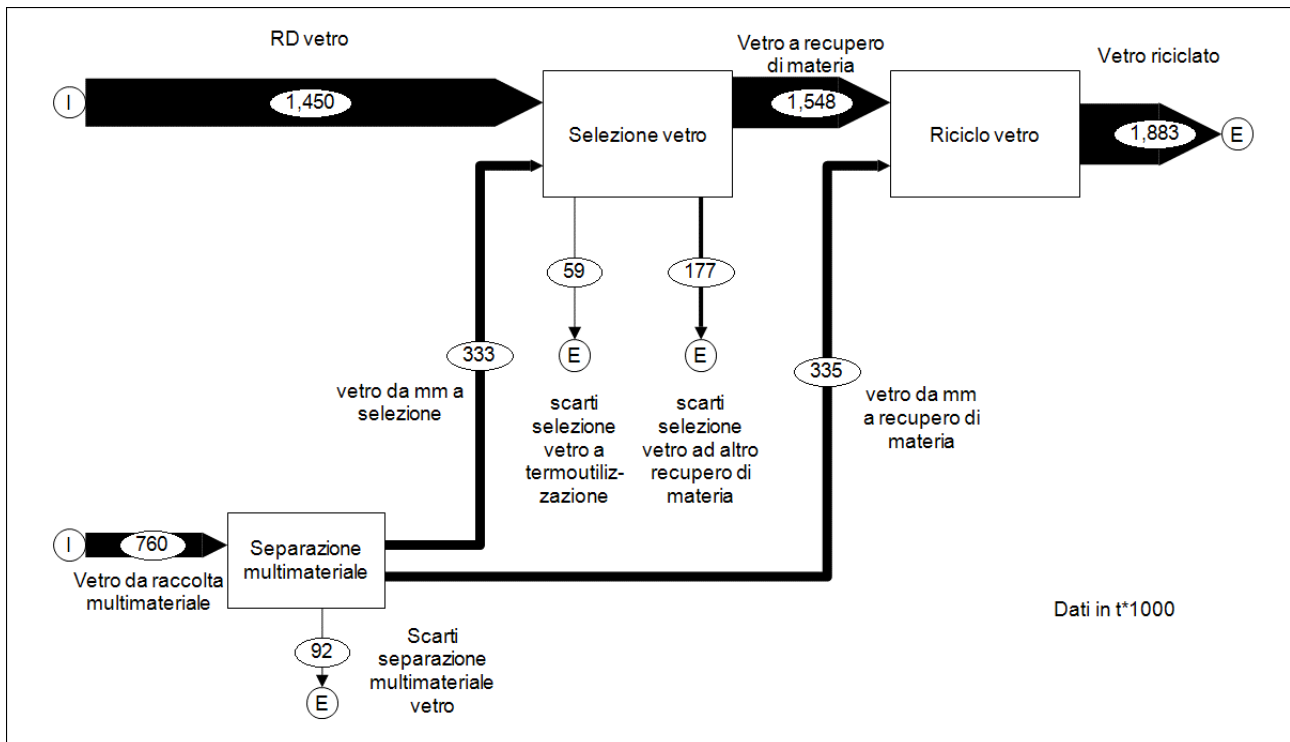


Figura 2 ripartizione del flusso di raccolta differenziata del vetro. Dati in migliaia di tonnellate.

### 3.2.1 Destino degli scarti

Attualmente gli scarti di selezione sono inviati per il 75% ad altre forme di recupero di materia (onerose per gli impianti che effettuano la selezione); questa quota è costituita da vetro al piombo, scarti di ceramica e porcellana, pietre.

La quota rimanente, circa 25%, è frazione estranea non vetrosa; non sono disponibili informazioni sul suo attuale destino, ma si può assumere sia idonea alla termovalorizzazione.

### 3.3 Carta

I rapporti del Consorzio COMIECO non contengono informazioni sufficienti per calcolare l'efficienza di selezione della carta da raccolta differenziata, pertanto si fa riferimento ai dati di ARPA Campania (ARPA Campania, 2018), Emilia Romagna (ARPA Emilia Romagna, 2018), Lombardia (ARPA Lombardia, 2018) e ai dati del Rapporto Rifiuti (ISPRA, 2019).

È stato assunto che gli scarti derivanti dal processo di selezione della carta siano dati dalla differenza tra le quantità di rifiuti in ingresso e di rifiuti in uscita dal processo di selezione. Allo stesso modo, per il processo di riciclo è stata valutata la differenza tra le quantità di rifiuti gestiti da COMIECO avviati a riciclo e di materia prima risparmiata (Montalbetti C., 2018).

I risultati delle elaborazioni sono riportati in Tabella 3.

Tabella 3 quantità di rifiuti da RD carta raccolti, selezionati e avviati a riciclo nel 2018; elaborazioni su dati ARPA Campania, ARPA Emilia Romagna, ARPA Lombardia, ISPRA. Valori percentuali: peso/peso.

		t
RD urbana carta e cartone		3.418.193
Selezione	ARPA Campania (%)	80%
	ARPA Lombardia (%)	95%
	ARPA Emilia Romagna (%)	97%
	Media* (%)	94%
	Scarti di selezione (calcolato)	205.092
	<b>Scarti rispetto a rifiuti in ingresso a selezione (%)</b>	<b>6%</b>
Riciclo	Totale carta avviata a riciclo (gestione COMIECO)	1.043.000
	Materia prima risparmiata con riciclo (gestione COMIECO)	869.000
	Scarti processo di riciclo (calcolato)	174.000
	<b>Scarti del processo rispetto a quantità avviata a riciclo (%)</b>	<b>17%</b>

\*media pesata sulle quantità di carta raccolte nella regione nell'anno

In base a questi risultati è possibile rappresentare la ripartizione del flusso nazionale di rifiuti urbani da raccolta differenziata di carta e cartone, come illustrato nel diagramma di Figura 3. La quantità di rifiuti raccolti totali è calcolata a partire dal valore pubblicato da ISPRA, al quale sono stati aggiunti gli scarti generati dalla separazione del multimateriale e imputabili alla carta, che ISPRA scorpora e rendiconta nella voce "altro" della raccolta differenziata. Il totale considerato, al lordo di tutti gli scarti, è stato quindi ripartito tra carta da raccolta monomateriale, direttamente avviata a selezione, e carta da raccolta multimateriale.

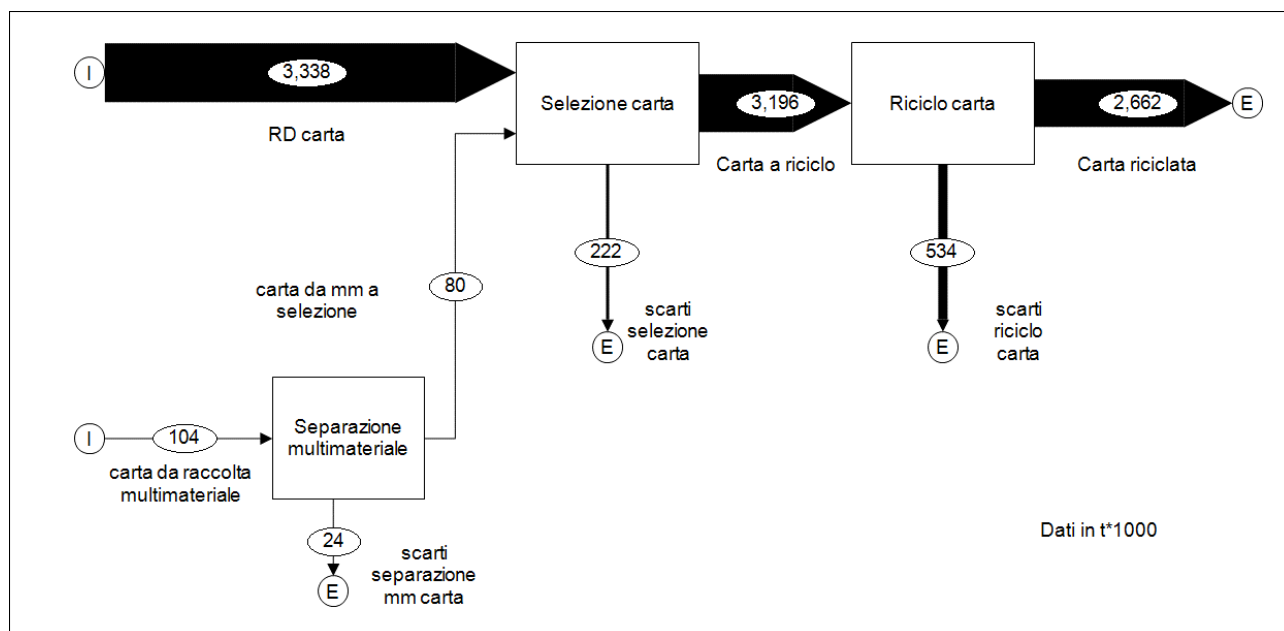


Figura 3 ripartizione del flusso di rifiuti da raccolta differenziata della carta. Dati in migliaia di tonnellate

### 3.3.1 Destino degli scarti

È possibile assumere che il 100% degli scarti dal processo di selezione e di riciclo possano essere avviati a recupero energetico, come generalmente avviene. Non sono tuttavia disponibili informazioni puntuali sull'attuale destino degli scarti.

### 3.4 Plastica

I dati necessari al calcolo degli scarti di selezione e riciclo della plastica sono stati ricavati dal Rapporto Sostenibilità 2018 del Consorzio Nazionale per la Raccolta, il Riciclo e il Recupero degli Imballaggi in Plastica (COREPLA, 2019). I dati e le elaborazioni sono riportati in Tabella 2.

Gli scarti di selezione sono dichiarati direttamente da COREPLA e si dividono in frazione estranea (materiali diversi dalla plastica) e imballaggi in plastica che non possono essere avviati a recupero di materia (plasmix). COREPLA fornisce informazioni anche sull'attuale destino degli scarti.

Gli scarti di riciclo della plastica non sono quantificati esplicitamente da COREPLA, che indica solo la quantità di materia prima vergine risparmiata grazie al riciclo della plastica gestita. È stato quindi assunto che gli scarti derivanti dal processo di riciclo della plastica siano dati dalla differenza tra il materiale in ingresso e il materiale in uscita dagli impianti di riciclo.

Tabella 4 quantità di rifiuti da RD della plastica raccolti, selezionati e avviati a riciclo nel 2018; elaborazioni su dati COREPLA. Valori percentuali: peso/peso

		t
RD urbana plastica		1.219.571
Selezione	Plastica in uscita da selezione a riciclo	616.178
	Perdite di processo e stock (calcolato)*	20.092
	Plasmix a discarica	89.421
	Plasmix a cementifici nazionali + esteri	271.970
	Plasmix a termovalorizzazione	111.087
	Frazione estranea a discarica	20.974
	Frazione estranea a termovalorizzazione	89.849
	<b>Scarti di selezione rispetto a rifiuti in ingresso (%)</b>	<b>48%</b>
	<b>Scarti del processo di riciclo rispetto a plastica avviata a riciclo (%)</b>	<b>32%</b>
Riciclo	Plastica da raccolta piattaforme avviata a riciclo	27.366
	Totale plastica avviata a riciclo	643.544
	Materia prima risparmiata con riciclo	436.000
	Scarti processo di riciclo (calcolato)	207.544

\*dovute alla riduzione del peso dell'imballaggio dal momento della raccolta a quello del trattamento (ad esempio per l'evaporazione di liquidi presenti «impropriamente» nell'imballaggio al momento della raccolta) e la differenza tra le giacenze di materiali presenti negli impianti a inizio e fine periodo di rendicontazione

In base a questi risultati è possibile rappresentare la ripartizione del flusso nazionale di rifiuti urbani da raccolta differenziata della plastica come rappresentato in Figura 4. Per questa elaborazione è stato utilizzato il dato di raccolta differenziata della plastica pubblicato da ISPRA, al quale sono stati aggiunti gli scarti generati dalla separazione del multimateriale e imputabili alla plastica, che ISPRA scorpora e rendiconta nella voce "altro" della raccolta differenziata. Il totale considerato, al lordo di tutti gli scarti, è stato quindi ripartito tra plastica da raccolta monomateriale, direttamente avviata a selezione, e plastica da raccolta multimateriale.



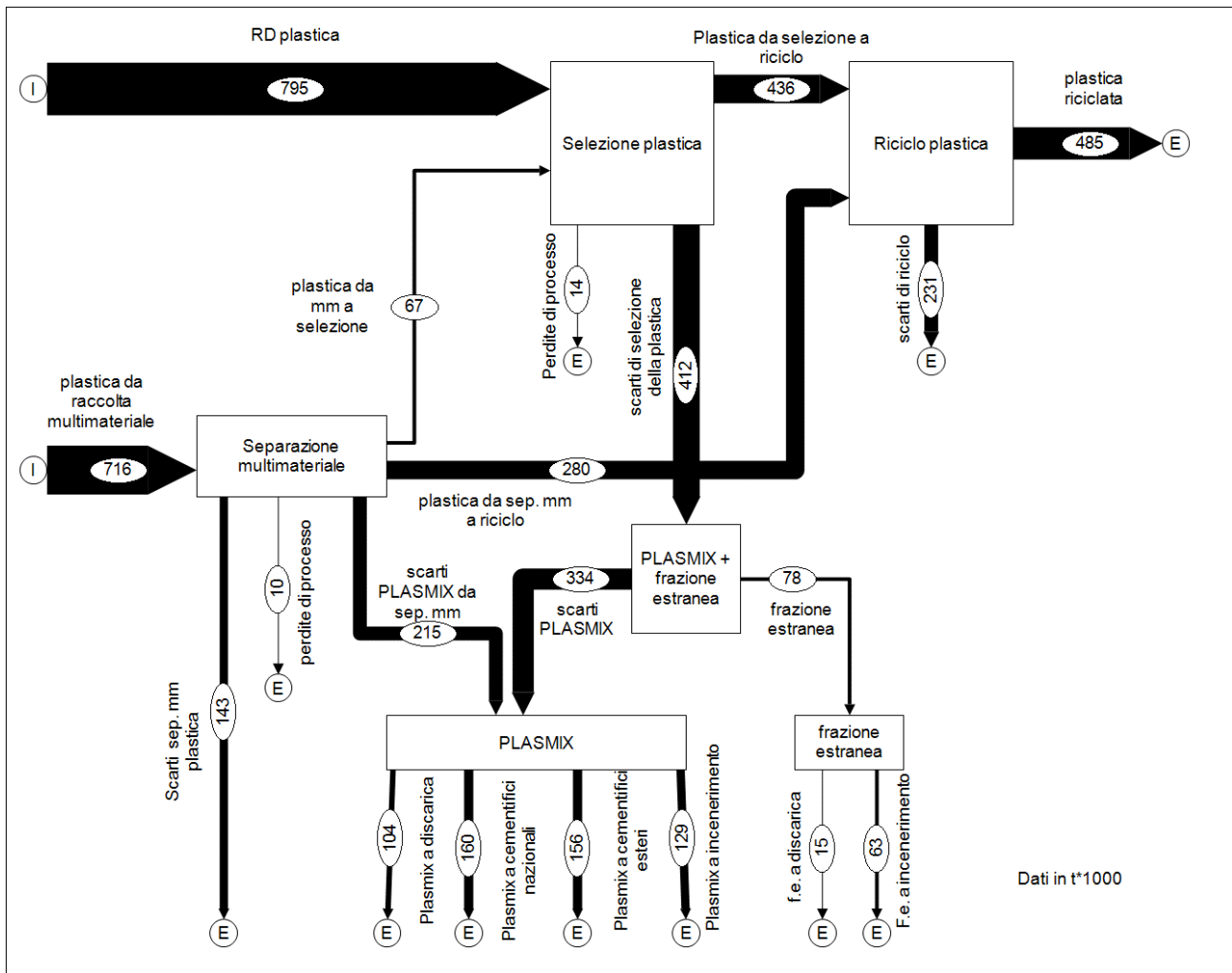


Figura 4 ripartizione del flusso di rifiuti da raccolta differenziata della plastica. Dati in migliaia di tonnellate.

### 3.4.1 Destino degli scarti

È ragionevole assumere che tutti gli scarti dal processo di selezione e di riciclo possano essere avviati a recupero energetico, a termovalorizzazione o in cementifici.

Attualmente, invece, il 19% della frazione estranea e del plasmix dal processo di selezione sono avviati a discarica, a causa della difficoltà di trovare altri sbocchi. Non è invece possibile risalire al destino degli scarti del processo di riciclo.

## 3.5 Acciaio

Il rapporto del Consorzio RICREA (RICREA, 2019) indica le quantità di impurità e Frazione Merceologica Similare (FMS) che costituiscono gli scarti di selezione del rifiuto raccolto in modo differenziato.

Gli scarti della fase di riciclo sono invece stati dedotti dai dati indicati nel documento di riferimento sulle BAT (IPPC, 2012), assumendo che gli scarti derivanti dal processo di riciclo siano dati dalla differenza tra le quantità di rifiuti in ingresso e di prodotto in uscita.

I dati utilizzati sono riportati in Tabella 5.

Tabella 5 quantità di rifiuti da RD dell'acciaio raccolti, selezionati e avviati a riciclo nel 2018; elaborazioni su dati RICREA e IPPC. Valori percentuali: peso/peso.

Selezione	Quantità di acciaio raccolto con RD da superficie pubblica	258.602
	<b>Scarti di selezione su raccolto (%)</b>	<b>16%</b>
Riciclo	Totale acciaio avviato a riciclo (calcolato)	217.889
	Quantità di rottami di acciaio in ingresso a processo di riciclo per 1 t di prodotto in uscita	1,14
	<b>Scarti del processo rispetto a quantità avviata a riciclo (%)</b>	<b>12%</b>

La Figura 5 rappresenta la ripartizione del flusso dei rifiuti urbani in acciaio raccolti in Italia. La quantità di acciaio raccolto è stata calcolata a partire dal dato pubblicato da ISPRA che aggrega tutti i rifiuti metallici (acciaio e alluminio), rielaborato attraverso i dati di rifiuti raccolti e dichiarati dai consorzi di filiera di acciaio (RICREA, 2019) e alluminio (CiAl, 2019). A questa quantità sono stati aggiunti gli scarti generati dalla separazione del multimateriale e imputabili all'acciaio, che ISPRA scorpora e rendiconta nella voce "altro" della raccolta differenziata. Il totale considerato, al lordo di tutti gli scarti, è stato ripartito tra acciaio da raccolta monomateriale, direttamente avviato a selezione, e acciaio da raccolta multimateriale.

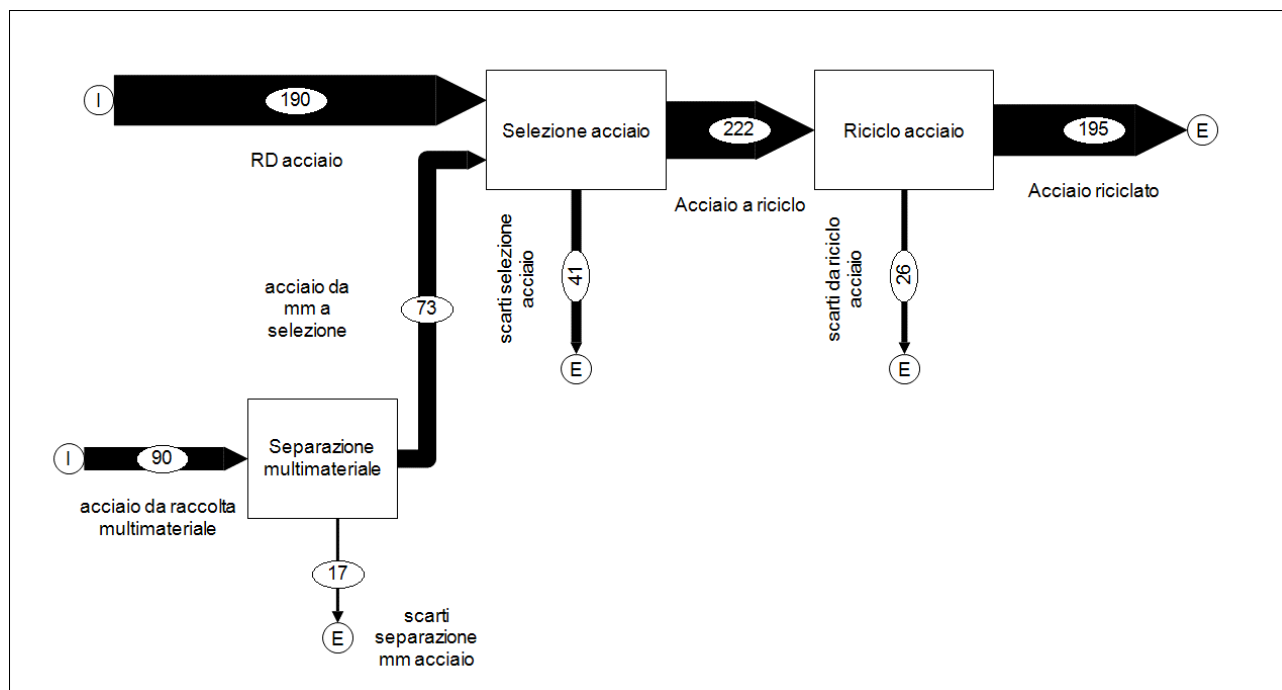


Figura 5 ripartizione del flusso di rifiuti urbani in acciaio. Dati in migliaia di tonnellate.

### 3.5.1 Destino degli scarti

RICREA non dichiara l'attuale destino degli scarti di selezione. Se questi sono costituiti da una miscela di frazioni estranee, è ragionevole assumere che possano essere avviati a recupero energetico. In caso contrario, essi devono essere smaltiti in discarica.

Gli scarti del processo di riciclo devono essere avviati a smaltimento in discarica.

### 3.6 Alluminio

I rapporti del Consorzio CiAl non contengono informazioni sufficienti per calcolare l'efficienza di selezione dell'alluminio da raccolta differenziata, pertanto si fa riferimento ai dati specifici di Campania (ARPA Campania, 2018), Emilia Romagna (ARPA Emilia Romagna, 2018), Lombardia (ARPA Lombardia, 2018) e ai dati del Rapporto Rifiuti (ISPRA, 2019), che forniscono l'efficienza di selezione complessiva dei metalli. Non essendo disponibili informazioni più accurate, è stato mediato il valore di efficienza di selezione in base alle quantità raccolte nelle regioni sopra citate.

È stato infine assunto che gli scarti di selezione corrispondano alla differenza tra la quantità di rifiuto in ingresso alla selezione e di rifiuto in uscita (calcolato sulla base dell'efficienza di selezione).

Gli scarti della fase di riciclo sono invece stati calcolati assumendo che siano pari alla differenza tra le quantità di rifiuto in ingresso e di prodotto in uscita dagli impianti dei "Refiners" che lavorano rottami pre e post-consumo (Bianchi D., 2015).

I dati utilizzati sono riportati in Tabella 6.

*Tabella 6 quantità di rifiuti da RD dell'alluminio accolti, selezionati e avviati a riciclo nel 2018; elaborazioni su dati ARPA Campania, ARPA Emilia Romagna, ARPA Lombardia, ISPRA. Valori percentuali: peso/peso.*

		t
Alluminio immesso al consumo*		67.700
Selezione	ARPA Campania (%)	80%
	ARPA Lombardia (%)	93%
	ARPA Emilia Romagna (%)	92%
	Media** (%)	90%
	Scarti di selezione (calcolato)	6.770
	<b>Scarti rispetto a rifiuti in ingresso a selezione (%)</b>	<b>10%</b>
Riciclo	Pani di alluminio in uscita da riciclo per 1 t di rottami in input	0,79
	Scorie di alluminio (recuperate internamente all'impianto) per 1 t di rottami in input	0,05
	Scarti processo di riciclo (calcolato)	0,16
	<b>Scarti del processo di riciclo rispetto a rottami alluminio avviati a riciclo (%)</b>	<b>16%</b>

\*Il dato sulla quantità di alluminio presente nei rifiuti urbani raccolti non è disponibile, pertanto si è fatto riferimento alla quantità immessa al consumo.

\*\*Media pesata sulle quantità di metalli raccolti nella regione nell'anno di riferimento

La Figura 6 rappresenta la ripartizione del flusso dei rifiuti urbani in alluminio raccolti in Italia. La quantità di alluminio raccolto è stata calcolata a partire dal dato pubblicato da ISPRA, che aggrega tutti i rifiuti metallici (acciaio e alluminio) in un'unica voce, rielaborato attraverso i dati di rifiuti raccolti e dichiarati dai consorzi di filiera di acciaio (RICREA, 2019) e alluminio (CiAl, 2019). A questa quantità sono stati aggiunti gli scarti generati dalla separazione del multimateriale e imputabili all'alluminio, che ISPRA scorpora e rendiconta nella voce "altro" della raccolta differenziata. Il totale considerato, al lordo di tutti gli scarti, è stato ripartito tra alluminio da raccolta monomateriale, direttamente avviato a selezione, e alluminio da raccolta multimateriale.

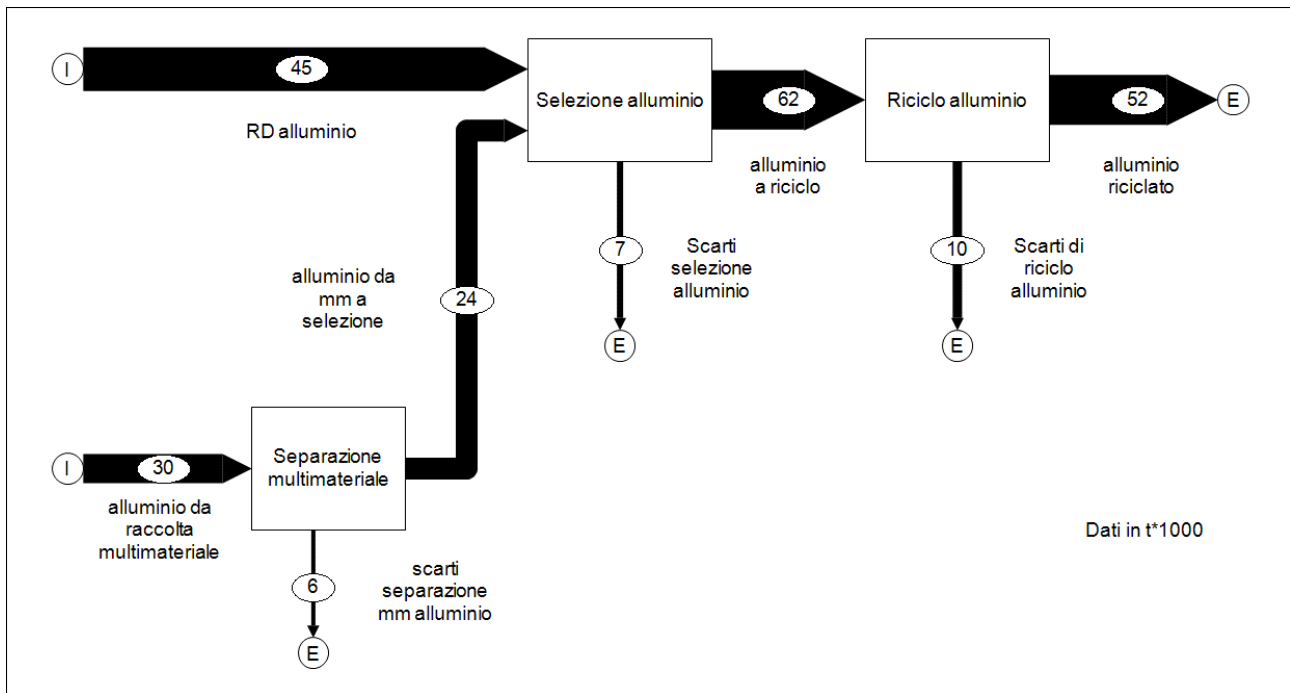


Figura 6 ripartizione del flusso di rifiuti urbani in alluminio. Valori in migliaia di tonnellate

### 3.6.1 Destino degli scarti

È possibile ipotizzare che gli scarti di selezione siano idonei al recupero energetico. Si può assumere infatti che questi siano costituiti da materiali diversi dall'alluminio oppure da fogli di alluminio di spessore inferiore a 50  $\mu\text{m}$ , che sono recuperabili in termini energetici in impianti di termovalorizzazione (CiAI, 2019).

Gli scarti del processo di riciclo devono invece essere avviati a smaltimento in discarica.

### 3.7 Legno

I dati pubblicati dal consorzio Rilegno (Rilegno, 2018) non contengono sufficienti informazioni per calcolare l'efficienza di selezione del legno, pertanto si fa riferimento ai dati di Campania (ARPA Campania, 2018), Emilia Romagna (ARPA Emilia Romagna, 2018), Lombardia (ARPA Lombardia, 2018) e a quelli del Rapporto Rifiuti (ISPRA, 2019).

Gli scarti della fase di riciclo sono invece stati calcolati sulla base della letteratura scientifica riferita a casi italiani (Giugliano et al., 2011) ed è stato assunto che tali scarti siano pari alla differenza tra le quantità di rifiuto in ingresso e di prodotto in uscita dal trattamento.

Tabella 7 quantità di rifiuti da RD del legno accolti, selezionati e avviati a riciclo nel 2018; elaborazioni su dati ARPA Campania, ARPA Emilia Romagna, ARPA Lombardia, ISPRA e su pubblicazione Giugliano et al, 2011. Valori percentuali: peso/peso.

		t
Selezione	RD legno	908.441
	ARPA Campania (%)	80%
	ARPA Lombardia (%)	96%
	ARPA Emilia Romagna (%)	99%
	Media* (%)	96%
	Scarti di selezione (calcolato)	36.338
	<b>Scarti rispetto a rifiuti in ingresso a selezione (%)</b>	<b>4%</b>
<b>Scarti rispetto a rifiuti in ingresso a riciclo (Giugliano et al, 2011)</b>		<b>5%</b>

\*Media pesata sulle quantità di legno raccolto nella regione nell'anno di riferimento

La Figura 7 rappresenta la ripartizione del flusso di rifiuti di legno da RD in Italia.

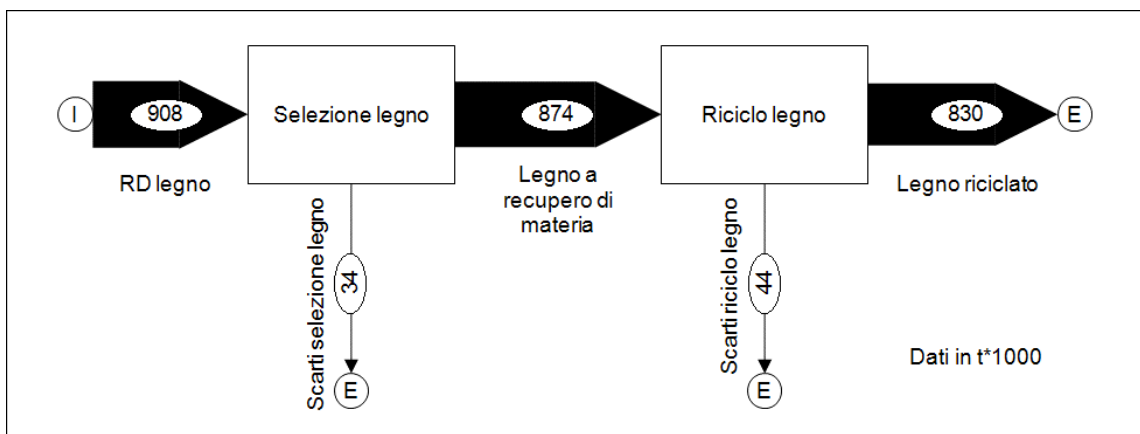


Figura 7 ripartizione del flusso di raccolta differenziata del legno. Valori in migliaia di tonnellate.

#### 3.7.1 Destino degli scarti

RILEGNO non dichiara l'attuale destino degli scarti di selezione o di riciclo. Si assume che tutti gli scarti siano idonei al recupero energetico.

### 3.8 Rifiuti organici: umido e verde

I rifiuti organici sono costituiti dagli scarti di cucine e mense (di seguito chiamati “frazione umida”) e dai rifiuti da sfalci e potature (di seguito chiamati “frazione verde”).

La selezione dei rifiuti organici e la rimozione della frazione estranea avvengono generalmente prima del trattamento, che può essere il compostaggio, la digestione anaerobica o il trattamento integrato che prevede digestione anaerobica seguita da compostaggio.

I rifiuti prodotti da questi impianti sono costituiti da:

- Rifiuti da pretrattamenti: rappresentati da frazione estranea e da una piccola parte di rifiuto organico compostabile che, a causa dell’effetto di trascinamento del materiale da parte dei sacchetti in bioplastica utilizzati per la raccolta, viene aggregato alla frazione estranea e rimosso dal flusso di rifiuti avviati al trattamento.
- Rifiuti derivanti dal trattamento, costituiti da percolato e altro materiale.

Nel Catasto Rifiuti di ISPRA (ISPRA, 2018) sono disponibili le quantità di rifiuti organici avviati alle diverse tipologie di trattamento e le quantità di rifiuti in uscita dai trattamenti stessi.

Specificatamente per la frazione verde è possibile assumere una minor produzione di scarti, rispetto alla frazione umida, sia nella fase di pretrattamento sia nella fase di processo, pertanto si è fatto riferimento al dato dichiarato da ARPA Emilia Romagna (ARPA Emilia Romagna, 2018) di avvio a effettivo recupero di materia dal verde, pari al 99% del materiale raccolto. Lo scarto viene calcolato anche in questo caso come differenza tra il quantitativo avviato a recupero e quello raccolto.

Tabella 8 quantità di rifiuti da RD rifiuti organici raccolti, selezionati e avviati a trattamento nel 2018; elaborazioni su dati ISPRA. Valori percentuali: peso/peso.

		Compostaggio	Trattamento integrato aerobico-anaerobico	Digestione anaerobica	
Tipologie di trattamenti	Umido	41%	53%	7%	
	Verde	82%	18%	0%	
Rifiuti in ingresso	Rifiuto urbano trattato (umido + verde)	3.271.168	2.758.703	303.904	
	Rifiuto totale trattato*	4.008.608	2.970.376	793.361	
Scarti in uscita da trattamento	frazione umida	Rifiuti liquidi	171.363	125.000	25.235
		Rifiuti solidi**	544.920	461.000	37.000
		Scarti totali	716.283	586.000	62.235
		<b>Scarti rispetto alla quantità in ingresso al trattamento</b>	<b>18%</b>	<b>20%</b>	<b>8%</b>
	frazione verde	<b>Scarti rispetto alla quantità in ingresso al trattamento</b>	<b>1%</b>	<b>1%</b>	<b>n.a.</b>

\*include input di rifiuti speciali

\*\*include rifiuti da pretrattamenti e altri rifiuti derivanti dal processo

In base a questi risultati è possibile rappresentare la ripartizione del flusso nazionale di rifiuti urbani da raccolta differenziata della frazione verde e della frazione umida come mostrato in Figura 8. La quantità di rifiuti raccolti è stata calcolata utilizzando il dato dichiarato da ISPRA per l'anno 2018 (raccolta di frazione organica, senza distinzione tra umido e verde) e ripartendo il quantitativo in base alle quote di umido e di verde avviati alle varie tipologie di trattamento.

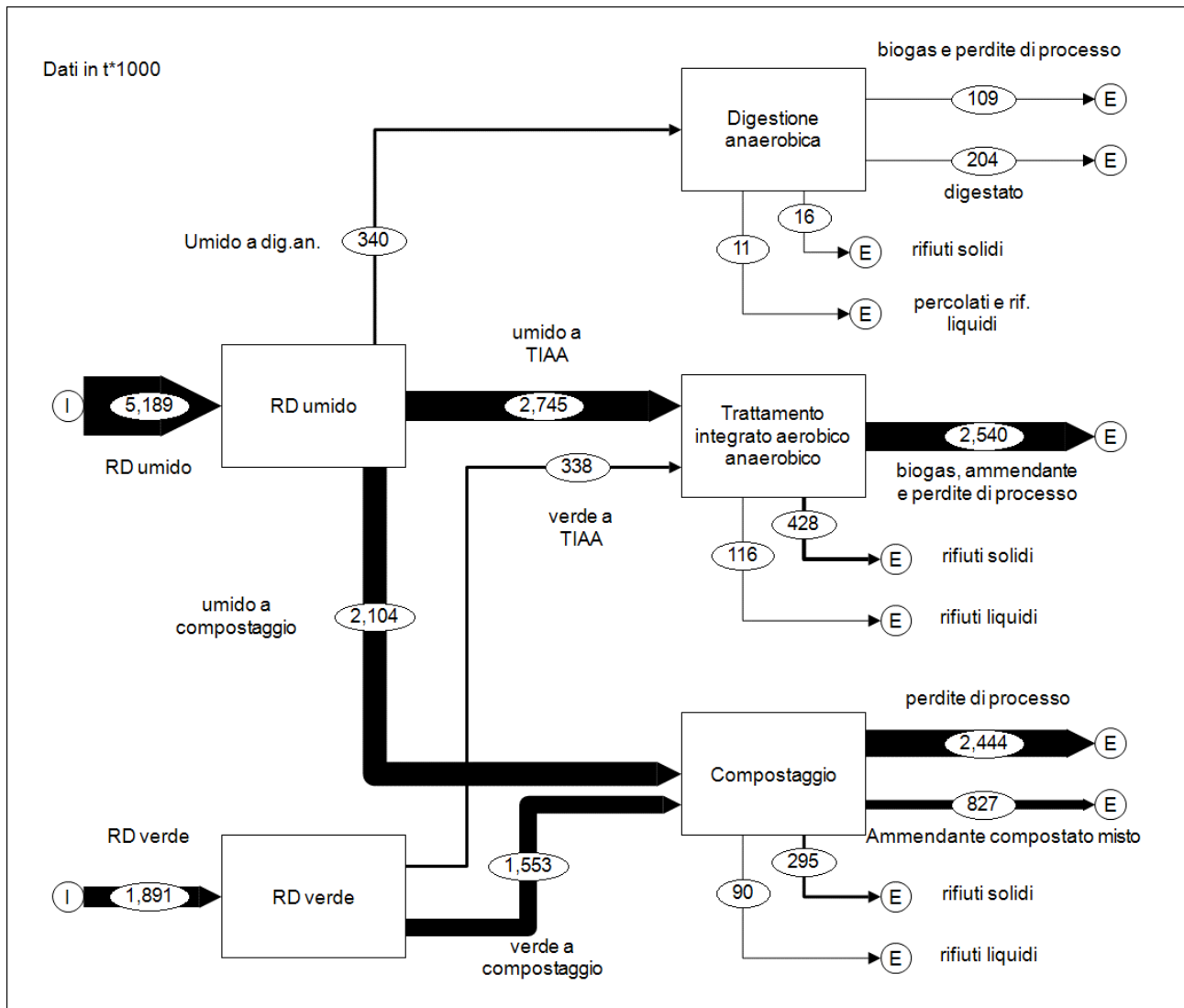


Figura 8 ripartizione del flusso di rifiuti da raccolta differenziata della frazione organica (verde e umido). Dati in migliaia di tonnellate.

### 3.8.1 Destino degli scarti

Non è noto nel dettaglio l'attuale destino degli scarti del trattamento dei rifiuti organici. Tuttavia è possibile assumere che tutti i rifiuti solidi siano idonei per il recupero energetico, mentre i rifiuti liquidi sono avviati a trattamento presso depuratori di acque reflue.

## ***4 Sintesi dei risultati***

La Tabella 9 e la Tabella 11 riassumono i risultati ottenuti dalle analisi delle singole frazioni.

La Tabella 10 riporta il dettaglio degli scarti generati dalla gestione delle raccolte di plastica e vetro. Come anticipato nel paragrafo 2.1 relativo alla raccolta multimateriale, infatti, il processo di separazione delle raccolte multimateriale di Plastica-Metalli e Vetro-Metalli genera dei flussi di rifiuti rispettivamente di plastica e vetro già sufficientemente selezionati da poter essere avviati direttamente a riciclo. Per questo motivo sono state necessarie le ulteriori elaborazioni di seguito riportate.

Ciò che risulta da questa analisi è che l'attuale gestione e trattamento delle principali frazioni della raccolta differenziata dei rifiuti urbani generano circa 3,2 milioni di tonnellate di scarti, di cui 3 milioni di tonnellate sono idonei al recupero energetico, che rappresenta la forma di gestione prioritaria rispetto allo smaltimento in discarica per i rifiuti che non possono essere sottoposti a recupero di materia.

A questi si aggiungono 203.000 tonnellate di scarti derivanti dal trattamento delle altre frazioni della raccolta differenziata dei rifiuti urbani e non approfonditi in questa analisi (RAEE, raccolta selettiva, tessili, rifiuti da costruzione e demolizione e spazzamento stradale a recupero). Per queste frazioni è stato assunto un valore di scarti generati dal trattamento per l'avvio a riciclo pari a 10% in peso della quantità raccolta, come indicato nel DPCM del 10 agosto 2016.

Gli scarti generati dal trattamento di tutte le frazioni della raccolta differenziata dei rifiuti urbani costituiscono complessivamente circa il 19% del materiale raccolto per via differenziata, e se sommati al RUR attualmente generato lo incrementano del 26%, portando il quantitativo complessivo a sfiorare le 16 milioni di tonnellate all'anno.



Tabella 9 Sintesi dei risultati - parte 1 (% scarti generati per ogni frazione). Valori percentuali: peso/peso.

	Multimateriale		Scarti da processo di selezione (% su rifiuti raccolti con RD)	Scarti da processo di riciclo (% su materiale in ingresso a riciclo)	Totale scarti (% su totale della frazione raccolta con RD)	
	Quota raccolta	Scarti da separazione			Totali	Idonei al recupero energetico
Vetro	Vedere tabella di dettaglio				14,8%	6,8%
Carta	3,0%	22,6%	6,5%	16,7%	22,6%	22,6%
Plastica	Vedere tabella di dettaglio				66,3%	66,3%
Alluminio	40,0%	18,6%	9,9%	16,1%	30,0%	16,6%
Acciaio	32,2%	19,1%	15,7%	11,9%	30,4%	20,9%
Legno			3,8%	5,0%	8,6%	8,6%
Umido			18,2%		18,2%	14,0%
Verde			0,6%		0,6%	0,6%

Tabella 10 - Dettaglio delle elaborazioni per le frazioni che dalla raccolta multimateriale possono essere avviate direttamente a riciclo (vetro da raccolta Vetro-Metalli e plastica da raccolta Plastica-Metalli) o avviate al processo di selezione insieme alle raccolte monomateriali (vetro e plastica per tutte le altre tipologie di raccolta multimateriale). Valori percentuali: peso/peso

	Quota raccolta	Scarti da separazione multimateriale	Scarti da processo di selezione (% su rifiuti raccolti con RD)	Scarti da processo di riciclo (% su materiale in ingresso a riciclo)	Totale scarti (% su totale della frazione raccolta con RD)	
					Totali	Idonei al recupero energetico
Vetro (totale)					14,8%	6,8%
Vetro_mono	65,6%		13,2%	0,0%	8,7%	2,2%
Vetro_multiL	17,2%	12,1%	13,2%	0,0%	4,1%	2,6%
Vetro_multiH	17,2%	12,1%		0,0%	2,1%	2,1%
Plastica (totale)					66,3%	66,3%
Plastica_mono	52,6%		47,8%	32,3%	33,7%	33,7%
Plastica_multiL	5,5%	20,0%	47,8%	32,3%	3,9%	3,9%
Plastica_multiH	41,9%	54,1%*		32,3%	28,6%	28,6%

mono = da raccolta monomateriale

multiL = da raccolta multimateriale e avviato a selezione dopo la fase di separazione delle frazioni del multimateriale

multiH = da raccolta multimateriale e avviato a riciclo dopo la fase di separazione delle frazioni del multimateriale

\* include la plastica non destinabile a riciclo (PLASMIX)

Tabella 11 Sintesi dei risultati - parte 2 (ammontare degli scarti da gestione e trattamento della raccolta differenziata rispetto al totale dei rifiuti urbani gestiti nel 2018)

	Totale scarti (% su totale della frazione raccolta con RD)		Rifiuti raccolti (valori ISPRA rielaborati) tonnellate	Quota frazione raccolta con RD		Totale scarti	
	Totali	Idonei al recupero energetico		% su RU	% su RD	Totali	Idonei al recupero energetico
Vetro	14,8%	6,8%	2.210.072	7,3%	12,6%	327.177	150.504
Carta	22,6%	22,6%	3.441.663	11,4%	19,6%	778.682	778.682
Plastica	66,3%	66,3%	1.511.241	5,0%	8,6%	1.001.535	1.001.535
Alluminio	30,0%	16,6%	74.431 <sup>a</sup>	0,2%	0,4%	22.313	12.330
Acciaio	30,4%	20,9%	280.410 <sup>a</sup>	0,9%	1,6%	85.124	58.663
Legno	8,6%	8,6%	908.441	3,0%	5,2%	78.019	78.019
Umido	18,2%	14,0%	5.188.810 <sup>b</sup>	17,2%	29,6%	944.168	727.899
Verde	0,6%	0,6%	1.891.013 <sup>b</sup>	6,3%	10,8%	10.603	10.603
Altre frazioni della RD	n.d.	10%	2.038.124	6,8%	11,6%	n.d.	203.812
Totale RD (t)			17.544.204 <sup>c</sup>	58,1%	100,0%		
Totale RUR <sup>d</sup>			12.629.114	41,9%			
Totale RU			30.173.318	100%			
Scarti da RD (tonnellate)						3.247.621	3.022.047
Scarti da RD (% su totale RU)						10,8%	10,0%

<sup>a</sup> il dato ISPRA aggrega tutte le tipologie di metalli. Questo valore è stato calcolato elaborando i quantitativi di alluminio raccolto dichiarato da CIAI, i quantitativi di acciaio raccolto da superficie pubblica dichiarato da RICREA e considerando le loro reciproche percentuali al contributo dei metalli totali, per ripartire così il dato ISPRA tra queste due frazioni.

<sup>b</sup> il dato ISPRA aggrega i dati sui rifiuti organici raccolti (umido + verde). questo valore è stato calcolato elaborando i quantitativi di umido avviato a recupero, i quantitativi di verde avviato a recupero e considerando le loro reciproche percentuali al contributo della frazione organica totale raccolta, per ripartire così il dato ISPRA tra umido e verde.

<sup>c</sup> Valori che non corrispondono esattamente al dato ISPRA perché la frazione "Altro RD" che è costituita dagli scarti di selezione delle raccolte multimateriale è stata riassorbita nelle frazioni di riferimento. L'aver considerato degli scarti di separazione multimateriale più accurati rispetto alla media complessiva indicata da ISPRA porta una piccola discrepanza tra i due risultati (30.173.318 qua riportato rispetto a 30.164.516 dato ufficiale ISPRA).

<sup>d</sup> RUR = Rifiuti Urbani Residui (indifferenziati, ingombranti a smaltimento, spazzamento stradale a smaltimento)

I risultati presentati nelle precedenti tabelle sono stati rappresentati graficamente in un diagramma di flusso (Figura 10) dove sono messi in evidenza gli scarti adatti al recupero energetico (freccie rosse) e gli scarti non idonei a recupero energetico che devono essere avviati a smaltimento.

Si segnala, in riferimento alla gestione e trattamento della frazione organica rappresentato nel diagramma, che le perdite di processo potrebbero essere sovrastimate e la materia prima seconda (ammendanti per l'agricoltura) sottostimati a causa dell'insufficienza di dati per un'analisi accurata di questi flussi e per l'esclusione da questa analisi della produzione di biogas. Ciononostante, si può considerare affidabile il risultato relativo al flusso di scarti idonei al recupero energetico (freccia rossa), pari a circa 739 mila tonnellate

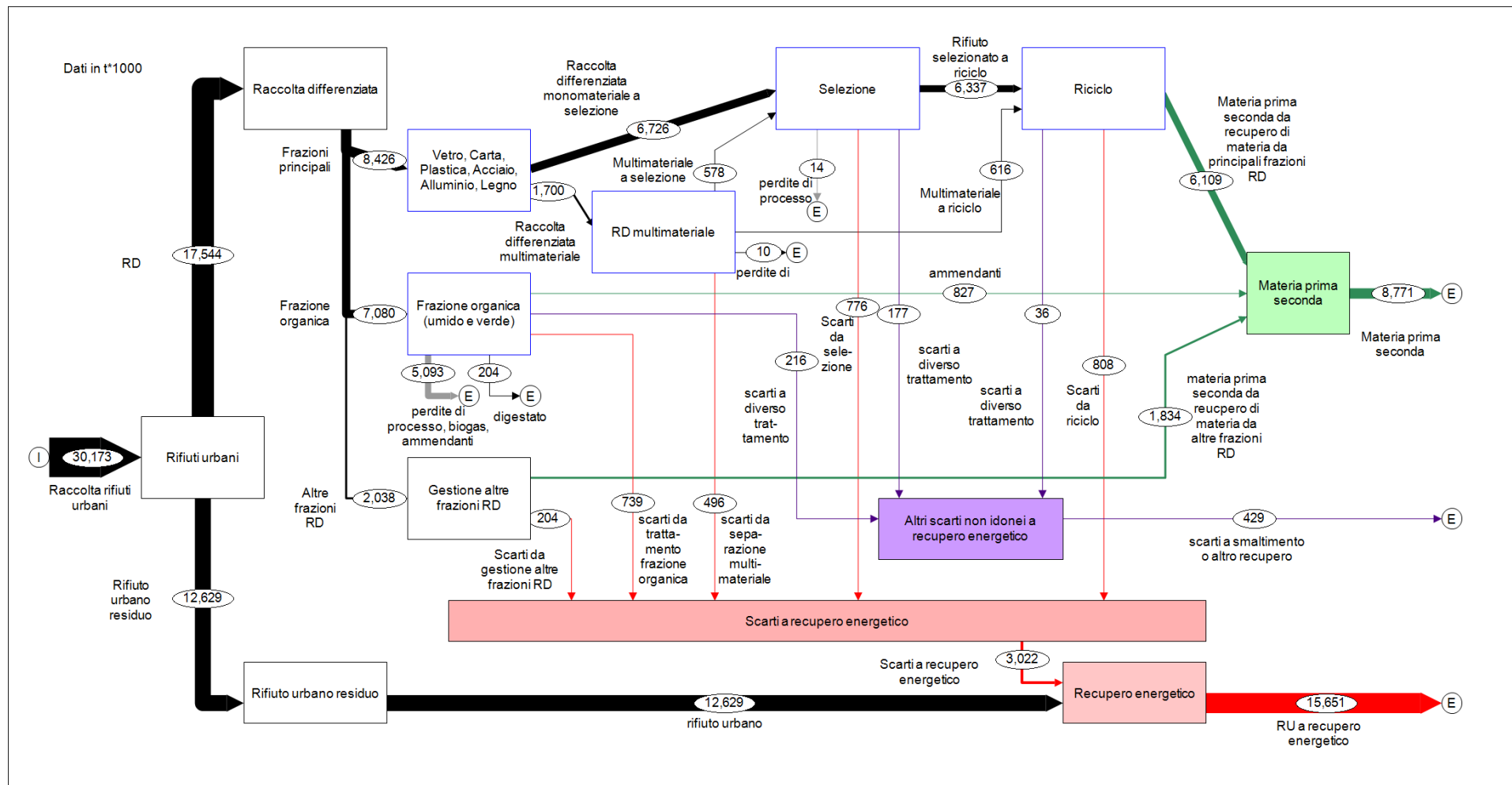


Figura 9 ripartizione dei flussi di rifiuti urbani differenziati e indifferenziati in Italia. Dati in migliaia di tonnellate e riferiti all'anno 2018.

## **5 Limiti dell'analisi**

È necessario tenere presente i limiti di questo lavoro:

- I risultati elaborati a partire dalle fonti utilizzate rappresentano delle medie nazionali, pertanto potrebbero non essere del tutto rappresentativi di specifici impianti che adottano particolari configurazioni e tecnologie
- Dove non è stato dichiarato un valore assoluto in peso degli scarti generati da un processo, si è reso necessario dedurre la quantità di scarti sottraendo dal totale dei rifiuti in ingresso al trattamento la quantità di rifiuti selezionati o riciclati in uscita e assumendo che tale differenza rappresenti correttamente la quota di scarti generati dal processo. Ogni volta che è stato adottato questo approccio per il calcolo degli scarti, è stato indicato. Questo approccio non è stato adottato per il calcolo degli scarti del trattamento dei rifiuti organici, i quali subiscono delle rilevanti perdite in peso durante il processo a causa della degradazione della sostanza organica e/o della perdita di umidità
- Sono state analizzate le frazioni merceologiche della raccolta differenziata dei rifiuti urbani ritenute più rilevanti; sono esclusi dall'analisi i RAEE, i rifiuti ingombranti a recupero, i rifiuti da raccolta selettiva, i tessili, i rifiuti da costruzione e demolizione derivanti da attività domestiche, i rifiuti da spazzamento stradale a recupero.

## **6 Bibliografia**

ARPA Campania. 2018. Rapporto sulla Gestione dei Rifiuti Urbani in Campania - Report 2018. [online] URL: [www.arpacampania.it](http://www.arpacampania.it), 2018.

ARPA Emilia Romagna. 2018. La gestione dei rifiuti in Emilia-Romagna. [online] URL: [www.arpae.it](http://www.arpae.it), 2018.

ARPA Lombardia. 2018. Relazione Produzione e Gestione dei Rifiuti in Regione Lombardia. [online] URL: [www.arpalombardia.it](http://www.arpalombardia.it), 2018.

CiAl. 2019. Bilancio 2018 Relazione sulla gestione. [online] URL: [www.cial.it](http://www.cial.it), 2019.

COREPLA. 2019. Rapporto di sostenibilità 2018. [online] URL: [www.corepla.it](http://www.corepla.it), 2019.

COREVE. 2019. Piano Specifico di Prevenzione 2019 Risultati di Raccolta e Riciclo 2018. [online] URL: [www.coreve.it](http://www.coreve.it), 2019.

Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 10 agosto 2016,

Fondazione per lo sviluppo sostenibile; FISE UNICIRCULAR. 2019. L'Italia del Riciclo. [online] URL: [www.fondazionevilupposostenibile.org](http://www.fondazionevilupposostenibile.org) 2019.

IPPC. 2012. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Iron and Steel Production. [online] URL: [ec.europa.eu](http://ec.europa.eu), 2012.

ISPRA. 2018. Catasto Rifiuti. [Online] URL: [www.catasto-rifiuti.isprambiente.it](http://www.catasto-rifiuti.isprambiente.it).

ISPRA. 2019. Rapporto rifiuti urbani - Edizione 2019. [online] URL: [www.isprambiente.it](http://www.isprambiente.it), 2019.

Montalbetti C. 2018. La filiera del riciclo degli imballaggi in carta. Materia Rinnovabile, supplemento al n. 23-24, Edizioni Ambiente, 2018.

Bianchi D. 2015. Le miniere urbane dell'alluminio, il contesto italiano. Materia Rinnovabile, supplemento al n. 06-07, Edizioni Ambiente, 2015.

Giugliano M., et al. 2011. Material and energy recovery in integrated waste management systems. An evaluation based on life cycle assessment. Waste Management, p. 2092-2101, 2011.

RICREA. 2019. Relazione sulla Gestione e Bilancio. [online] URL: [www.consorzioricrea.org](http://www.consorzioricrea.org), 2019.

Rilegno. 2018. Rilegno - i numeri. [Online] URL: [www.rilegno.org](http://www.rilegno.org), 2018