

BILANCIO AMBIENTALE 2017

Committente:

Consorzio Ecoped
Consorzio Ridomus

Responsabile dello studio:

IMPRONTAMBIENTALE
Via Europa 2/A
21040 Vedano Olona (VA)

Redatto da:

Ing. Luglietti Rossella

Anno di riferimento: 2017

Sommario

BILANCIO AMBIENTALE DELLA GESTIONE DEI RAEE NEL 2017 PER I CONSORZI ECOPEDE E RIDOMUS...	3
INTRODUZIONE	5
LA GESTIONE DEI RIFIUTI	6
Il trasporto dei rifiuti	9
Il trattamento dei rifiuti.....	12
RAGGRUPPAMENTO R1.....	17
RAGGRUPPAMENTO R2.....	19
RAGGRUPPAMENTO R3.....	21
RAGGRUPPAMENTO R4.....	23
RAGGRUPPAMENTO R5.....	25
PILE	27
RAGGRUPPAMENTO R1.....	29
Il riciclo e lo smaltimento finale	31
CARBON FOOTPRINT	33
Il trasporto dei rifiuti	33
Il trattamento dei rifiuti.....	34
Il riciclo e lo smaltimento finale	35
RISULTATI	36
ECOPEDE.....	36
RIDOMUS.....	38

BILANCIO AMBIENTALE DELLA GESTIONE DEI RAEE NEL 2017 PER I CONSORZI ECOPED E RIDOMUS

Il seguente report si propone di valutare gli effetti della gestione dei RAEE sull'ambiente, con particolare attenzione ai cambiamenti climatici, facendo riferimento alle emissioni di CO₂ equivalenti, espressi secondo la metodologia di Carbon Footprint.

I confini dello studio intendono analizzare le apparecchiature elettriche ed elettroniche a fine vita gestite dai Consorzi Ecoped e Ridomus nell'anno 2017, dalle fasi di raccolta iniziali fino all'invio dei materiali recuperati agli impianti di riciclo finale. Inoltre, per completezza dello studio, sono state incluse delle valutazioni sul possibile beneficio ambientale ottenuto dalla immissione sul mercato dei materiali riciclati (materie prime seconde).

Nel periodo di riferimento sono state gestite circa 12.717 tonnellate di RAEE da Ecoped e 6.558 tonnellate da Ridomus, inviate ad impianti specializzati distribuiti sul territorio nazionale.

Il seguente bilancio ha analizzato tutte le fasi che portano ad una corretta gestione dei RAEE all'interno dei confini selezionati, oltre alle fasi finali di riciclo dei materiali recuperati, che possono poi essere immesse nuovamente sul mercato come materie prime seconde. Queste attività comprendono:

- Raccolta dei rifiuti e trasporto verso gli impianti di trattamento primario;
- Trattamento meccanico per la separazione dei materiali;
- Riciclo e smaltimento delle frazioni recuperate.

Dall'analisi sono state escluse le fasi di trasporto delle frazioni in uscita dagli impianti primari verso gli impianti di destinazione finale per le attività di riciclo e smaltimento, in quanto, in mancanza di informazioni non è stato possibile valutare in modo puntuale questa attività.

Per una valutazione completa dell'impatto ambientale del ciclo di gestione dei rifiuti, secondo una prospettiva del ciclo di vita, è necessario tenere in considerazione il beneficio ottenuto dai materiali riciclati, che evitano quindi la produzione di materiali vergini, con conseguente vantaggio ambientale.

La Tabella 1 e la Tabella 2 riportano i risultati del bilancio ambientale per l'anno 2017 per i due consorzi utilizzando l'indicatore di Carbon Footprint espresso in kg di CO₂ equivalenti. Il valore ottenuto per le fasi esterne al campo di applicazione, e quindi di riciclo dei materiali e gli impatti evitati che ne derivano, sono da considerarsi come indicazione teorica, in quanto non tengono conto delle effettive efficienze di riciclo. Inoltre, per semplificazione e mancanza di informazioni, sono stati esclusi alcuni processi di riciclo, e la conseguente re-immissione dei materiali. Questa semplificazione non porta alterazioni dei risultati, in quanto i quantitativi sono molto ridotti e ininfluenti, ad esclusione del recupero energetico durante le fasi di termovalorizzazione, mantenendo comunque i risultati in una situazione precauzionale.

Tabella 1: Risultati della filiera dei rifiuti di Ecoped includendo gli impatti evitati espressi in kg di CO2 eq.

Raggruppamento	Trasporto	Trattamento	Recupero	Smaltimento	Impatti evitati	Totale
R1	198	3.301	26.707	346	-55.936	-25.384
R2	26.965	161.718	1.859.659	79.626	-5.725.953	-3.597.985
R3	32	330	2.417	345	-4.134	-1.009
R4	79.634	320.945	5.206.632	222.781	-19.334.765	-13.504.773
R5	11	35	1.733	2	-2.015	-233
P1	2.316	-	12.162	273	-37.521	-22.771
TOTALE	109.156	486.331	7.109.310	303.373	-25.160.325	-17.152.155

Tabella 2: Risultati della filiera dei rifiuti di Ridomus includendo gli impatti evitati espressi in kg di CO2 eq.

Raggruppamento	Trasporto	Trattamento	Recupero	Smaltimento	Impatti evitati	Totale
R1	60.671	706.297	5.331.423	101.194	-12.085.928	-5.886.344

Si riportano inoltre, i risultati ottenuti per la gestione di una tonnellata di ciascuna tipologia di RAEE, riportate per entrambi i consorzi in Tabella 3.

Tabella 3: Risultati espressi per 1 tonnellata di RAEE.

Raggruppamento	Ecoped Carbon Footprint [kgCO2 eq]	Ecoped Carbon Footprint [kgCO2 eq]
R1	-831,4	-897,6
R2	-943,9	
R3	-245,5	
R4	-1.539,6	
R5	-105,9	
P1	-235,9	
TOTALE	-3.902,2	

INTRODUZIONE

Il seguente report vuole riportare l'impatto della gestione dei Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (RAEE) gestiti dai consorzi Ecoped e Ridomus per l'anno 2017. I risultati saranno evidenziati in termini di emissioni di anidride carbonica equivalenti, secondo un indicatore più generalmente conosciuto come Carbon Footprint (CF).

La Carbon Footprint rappresenta le emissioni di gas ad effetto serra generate attraverso l'intero ciclo di vita di un prodotto o un servizio, durante un determinato periodo. Per il calcolo della Carbon Footprint, i confini sono stabiliti in base al ciclo di vita del prodotto. Includono quindi tutti i processi produttivi e i servizi relativi al prodotto stesso, partendo dall'estrazione e produzione di materie prime, passando dalla fabbricazione del prodotto e finendo con la fase di utilizzo e fine vita. Nel caso della gestione dei rifiuti, la Carbon Footprint fa riferimenti alle fasi preliminari di raccolta dei rifiuti (quindi una volta che il rifiuto è stato prodotto), fino alle fasi finali di trasformazione in nuove materie prime da immettere sul mercato o allo smaltimento finale.

Come stabilito dal Protocollo di Kyoto, le sei tipologie di gas che fanno parte del gruppo dei gas ad effetto serra (GHG) sono anidride carbonica (CO₂), metano (CH₄), protossido d'azoto (N₂O), idrofluorocarburi (HFCs), esafluoruro di zolfo (SF₆) e perfluorocarburi (PFCs).

La Carbon Footprint si misura in emissioni di CO₂ equivalente, e permette di pesare il contributo dei diversi gas serra per il loro aspetto clima alterante. La normalizzazione avviene attraverso un indice denominato GWP Global Warming Potential, che rappresenta proprio il potenziale di riscaldamento globale dei gas ad effetto serra. Tale indice è stato elaborato dalla IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*).

Per una corretta valutazione della Carbon Footprint, sono state elaborate delle linee guida internazionali dall'organizzazione ISO (International Organization of Standardization), con la norma ISO 14067, che fornisce proprio le linee guida per il calcolo della Carbon Footprint di prodotti e servizi, facendo riferimento alle linee guida generali sulla valutazione del ciclo di vita (o Life Cycle Assessment) normata dal gruppo di norme ISO 14040 e 14044. L'analisi del ciclo di vita prevede la valutazione degli impatti ambientali di un prodotto, che può essere inteso come bene o servizio, durante il suo intero ciclo di vita.

Per il calcolo della Carbon Footprint si tengono in considerazione tutti gli impatti, lungo il ciclo di vita, relativi alle emissioni di CO₂, secondo il potenziale di riscaldamento globale definite dalla IPCC.

La normativa ISO 14044 definisce la procedura con cui deve essere implementata una analisi del ciclo di vita.

1. Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione: è la fase preliminare di uno studio LCA ed è determinante per le fasi successive in quanto in questa fase sono definiti l'obiettivo, l'Unità Funzionale e i confini del sistema.
2. Analisi di inventario (*Life Cycle Inventory - LCI*): consiste nella descrizione quantitativa di tutti i flussi di materiali e di energia attraverso i confini del sistema sia in ingresso sia in uscita. Il risultato di questa fase è una tabella di inventario che mostra tutti gli usi delle risorse e le emissioni associate all'Unità Funzionale.
3. Valutazione degli impatti (*Life Cycle Impact Assessment - LCIA*): è un processo tecnico-quantitativo e/o qualitativo per valutare gli effetti degli impatti ambientali delle sostanze identificate nell'inventario.

4. Interpretazione dei risultati: è la fase finale della procedura LCA, nella quale sono analizzati i risultati delle fasi precedenti, e dove vengono valutate e selezionate le parti del sistema in cui è possibile apportare delle modifiche per ridurre gli impatti e i carichi ambientali dell'Unità Funzionale considerata.

I due consorzi gestiscono la filiera dei rifiuti per conto dei loro consorziati, garantendo il rispetto della normativa vigente. In particolare, utilizzando una serie di fornitori distribuiti su tutto il territorio nazionale, si occupano della raccolta delle apparecchiature fuori uso dai centri di raccolta, opportunamente identificati sul territorio nazionale, fino agli impianti di trattamento primario (previo eventuale attività di stoccaggio). Inoltre, i consorzi sono responsabili del trattamento primario che consente la separazione manuale e la triturazione dei rifiuti per consentirne la messa in sicurezza, lo smaltimento dei rifiuti pericolosi e il recupero delle materie prime seconde, rispettando i target fissati dalla normativa nazionale.

In conformità con la filiera di gestione attuale, i risultati saranno presentati utilizzando la suddivisione nei cinque raggruppamenti: R1 - Grandi elettrodomestici: frigoriferi, condizionatori, congelatori, ecc., R2 - Altri grandi elettrodomestici: lavatrici, forni, cappe, ecc., R3 - TV e monitor, R4 - Elettronica di consumo: aspirapolveri, PC, telefoni, hi-fi, ecc., R5 - Sorgenti luminose.

I due consorzi gestiscono diverse tipologie di RAEE e altri rifiuti. In particolare, Ecoped nel 2017 ha gestito tutti i cinque raggruppamenti RAEE, oltre alle Pile e accumulatori, mentre Ridomus ha gestito rifiuti solamente del raggruppamento R1.

LA GESTIONE DEI RIFIUTI

Come suggerito dalla metodologia LCA per il calcolo della Carbon Footprint è stato individuato un campo di applicazione, che prevede la definizione dei confini del sistema, quindi le fasi della gestione dei rifiuti tenute in considerazione per l'analisi, e una unità di riferimento, definita unità funzionale, che equivale ad 1 tonnellata di RAEE per ciascun raggruppamento gestiti dai consorzi. Partendo dall'unità funzionale sono poi state calcolate le emissioni di gas ad effetto serra dei rifiuti gestiti dai due consorzi durante il 2017.

La Figura 1 riporta il ciclo di vita della gestione dei rifiuti in esame. La prima fase per il calcolo degli impatti è la fase di trasporto dei RAEE dai centri di raccolta agli impianti di trattamento primario. Si evidenzia come in alcuni casi è prevista una fase di stoccaggio senza operazioni di trattamento sulle apparecchiature. Il trasporto è effettuato da fornitori selezionati dai due consorzi e avviene interamente su gomma.

Una volta che le apparecchiature raggiungono gli impianti di trattamento primario, vengono svolte tutte le attività di messa in sicurezza e smontaggio manuale di alcuni componenti, oltre che le attività di triturazione meccanica per la separazione dei materiali. Le frazioni così separate vengono inviate ai diversi impianti di destinazione finale. Si precisa che il campo di applicazione dei due consorzi termina a valle della separazione delle materie recuperate dai rifiuti.

Per una corretta e completa analisi della Carbon Footprint della gestione dei RAEE a fine vita è stato esteso il campo di applicazione, alle attività non direttamente gestite dai consorzi, ma legate alla gestione delle apparecchiature a fine vita. Sono stati quindi inclusi nel bilancio ambientale i processi di riciclo dei materiali separati, che consentono la rivalorizzazione e la re-immissione sul mercato delle frazioni separate, quali materiali ferrosi, plastica, alluminio e rame, come materie prime seconde da riutilizzare

per nuovi prodotti. Infine, sono stati inclusi i processi legati allo smaltimento delle frazioni non recuperabili e legati al recupero energetico in impianti specializzati.

In un'ottica di economia circolare, la re-immissione sul mercato dei materiali riciclati consente un potenziale beneficio, ottenuto contabilizzando il danno evitato dovuto alle relative fasi di estrazione e/o produzione di nuovi materiali. La decisione di andare ad includere gli impatti evitati nasce dal fatto che nel caso in cui le apparecchiature fuori uso non venissero smaltite in modo corretto, e quindi senza recuperare le frazioni di valore, si dovrebbe colmare la quota parte di materiale vergine da immettere sul mercato.

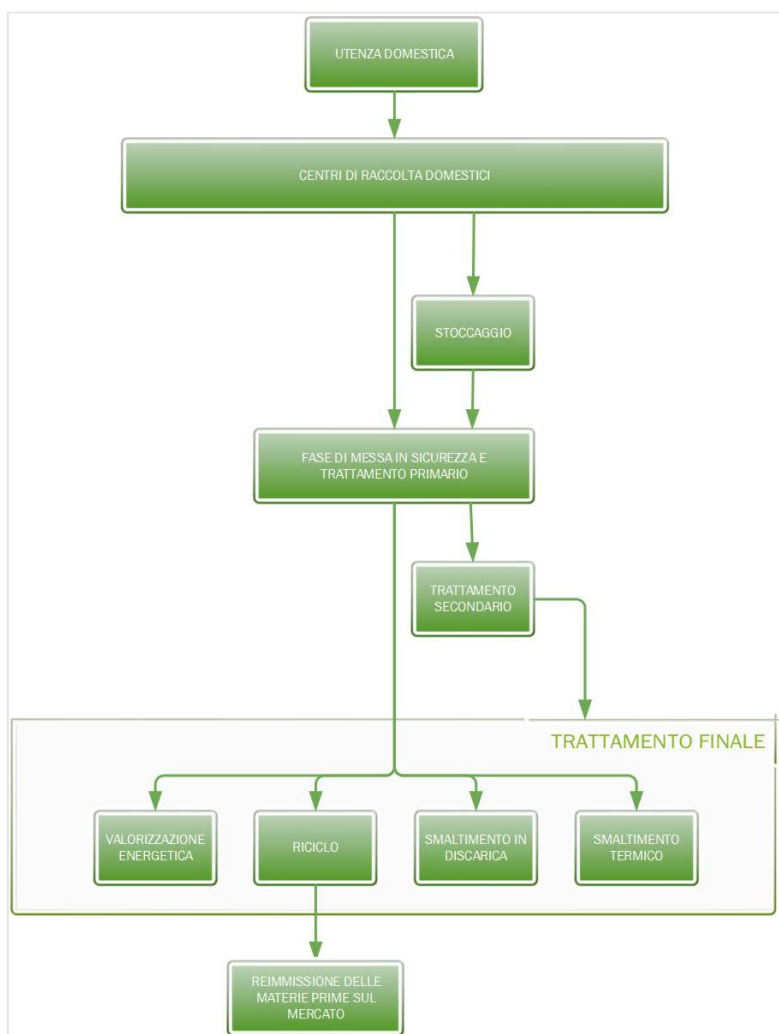


Figura 1: Catena di gestione dei RAEE domestici.

Per l'anno 2017 sono state gestite dai due consorzi rispettivamente 12.717 tonnellate di RAEE da Ecoped e 6.558 tonnellate da Ridomus (suddivise come in Tabella 4). I dati raccolti all'interno del campo di applicazione dei consorzi sono dati primari e quindi raccolti direttamente dai consorzi stessi. Per il trasporto dai centri di raccolta agli impianti di trattamento sono stati utilizzati i dati dei singoli formulari per i singoli viaggi. La Tabella 5 riporta il numero di viaggi analizzati per il calcolo delle distanze.

Tabella 4: Rifiuti gestiti dai due consorzi per ciascun raggruppamento.

Raggruppamento	ECOPEL Tonnellate gestite	RIDOMUS Tonnellate gestite
R1	30,53	6.558
R2	3.811,87	
R3	4,11	
R4	8.771,72	
R5	2,20	
P1	96,54	

Tabella 5: Numero di viaggi analizzati per il calcolo delle distanze.

Consorzio	Numero di viaggi
Ecoped	6.379
Ridomus	3.404

Nel caso degli impatti del trattamento primario sono stati utilizzati degli impianti campione, sulla quale è stato determinato un valore di riferimento medio su cui sono stati calcolati gli impatti di tutti i rifiuti trattati per ciascun consorzio. Gli impianti analizzati a campione per ciascun consorzio sono riportati in Tabella 6.

Tabella 6: Impianti di trattamento meccanico.

Impianto	Ecoped	Ridomus
Dismeco s.r.l.	✓	
Nec new ecology s.r.l.	✓	✓
Puli ecol recuperi s.r.l.		✓
Raetech s.r.l.	✓	
Ri. Plastic s.p.a. - Balvano	✓	✓
Ri.PLASTIC S.P.A. - ISERNIA	✓	✓
S.e.val. Società elettrica valtellinese s.r.l. - Colico	✓	✓
S.e.val. Società elettrica valtellinese srl - Piantedo	✓	✓
Stena Technoworld s.r.l.	✓	✓
Transistor s.r.l.	✓	
Vallone s.r.l. - Montalto	✓	✓
Vallone s.r.l. - Anagni	✓	

Rispetto al totale dei rifiuti gestiti, il campione analizzato direttamente con dati primari dagli impianti corrisponde al 97% per i rifiuti gestiti da Ecoped e all'84% per Ridomus

Per ciascun impianto di trattamento e tipologia di RAEE trattato è stata compilata una scheda per la raccolta puntuale delle seguenti informazioni:

- Tipologia di RAEE trattato e quantità gestite per i due consorzi nel 2017.

- Per gli impianti che hanno effettuato anche attività di logistica le tipologie di parco mezzi, con la categoria di EURO.
- Il tipo di energia utilizzata e la quantità utilizzata per ciascuna tipologia di RAEE.
- Il bilancio di massa per ciascuna tipologia di RAEE.

Per quanto riguarda i dati esterni al campo di applicazione dei consorzi sono stati utilizzati dei valori di riferimento presi da database internazionali. In particolare per i processi di trasformazione dei materiali recuperati in nuovi materiali da reimmettere sul mercato sono stati utilizzati processi standardizzati e riconosciuti a livello internazionale del database Gabi. Il database Gabi è implementato esclusivamente con dati industriali, generalmente di riferimento europeo e in alcuni casi italiano (come ad esempio nel caso del processo di produzione dell'energia).

Per quanto riguarda le efficienze di riciclo si è fatto riferimento ai dati forniti dagli impianti campione, congiuntamente ai dati della letteratura scientifica di riferimento. In particolare per i bilanci di massa per determinare i materiali recuperati a valle dei trattamenti successivi si è fatto riferimento a valori di letteratura, anch'essi calcolati da dati industriali, e da elaborazioni interne.

Il trasporto dei rifiuti

La prima fase della gestione dei rifiuti è la fase di trasporto dal punto di raccolta nelle piattaforme ecologiche agli impianti di trattamento. Per il calcolo delle distanze sono stati utilizzati i dati primari raccolti dai formulari per ciascuna missione effettuata. Dal punto di vista ambientale l'impatto è dato dalla distanza percorsa dal punto di partenza fino al punto di arrivo e ritorno al punto di partenza. Per convenzione non sono stati inclusi i chilometri percorsi dall'impianto di trattamento fino alla località del trasportatore in quanto il camion lavora ottimizzando il carico, e si è ipotizzato che durante il viaggio di ritorno sia stato effettuato un nuovo carico. Le distanze medie per il calcolo degli impatti ambientali sono così classificate:

- Distanza percorsa dalla località del trasportatore fino al punto di raccolta dei rifiuti.
- Distanza percorsa dal punto di raccolta dei rifiuti fino all'impianto di trattamento primario.
- Distanza percorsa dal punto di raccolta dei rifiuti ad un transit point, e dal transit point fino all'impianto di trattamento primario.

Il calcolo delle distanze è stato effettuato conoscendo le coordinate geografiche delle località di riferimento, attraverso un programma di geolocalizzazione ed excel, che ha permesso di calcolare la distanza tra i due punti sulla mappa. Per quelle missioni effettuate sulle isole italiane che hanno portato i RAEE in alcuni impianti del territorio della penisola sono state considerate le distanze percorse via mare, per cui non si ha avuto un impatto su gomma. Per ciascun raggruppamento è stata quindi calcolata la distanza media, pesata con la quantità di rifiuti trasportata durante ciascuna missione.

La Tabella 7 e la Tabella 8 riportano la distanza media percorsa per i due consorzi per ciascun raggruppamento nella tratta dalla località del trasportatore fino al punto di raccolta dei rifiuti. Si sottolinea che il calcolo degli impatti ambientali è stato fatto ipotizzando che il camion viaggi vuoto in questo tratto di strada, in quanto deve ancora caricare i rifiuti di competenza dei due consorzi.

Tabella 7: Distanza percorsa dalla località del trasportatore fino al punto di raccolta dei rifiuti per le attività di gestione del consorzio Ecoped.

Raggruppamento	Numero di missioni	Distanza media percorsa [km]	Distanza totale percorsa [km]
R1	35	60,48	2.116,87
R2	1.192	70,82	84.418,07
R3	3	129,41	388,24
R4	4.894	99,56	487.229,58
R5	26	61,79	1.606,46
P1	229	61,73	14.136,43
Totale	6.379	80,63	589.895,65

Tabella 8: Distanza percorsa dalla località del trasportatore fino al punto di raccolta dei rifiuti per le attività di gestione del consorzio Ridomus.

Raggruppamento	Numero di missioni	Distanza media percorsa [km]	Distanza totale percorsa [km]
R1	3.404	118,34	402.826,91

La Tabella 9 e la Tabella 10 invece riportano il numero di missioni e i chilometri totali percorsi nella tratta successiva, cioè dal punto di raccolta fino all'impianto di trattamento. In alcuni casi i trasporti sono stati divisi in due tratte, stoccando i rifiuti in un transit point dove non è stata svolta alcuna attività di trattamento sui RAEE, ma sono solo stati stoccati in attesa di essere trasportati alla destinazione finale degli impianti di trattamento.

Tabella 9: Trasporti da punto di raccolta a impianto di trattamento per i rifiuti gestiti da Ecoped.

Raggrup- pamento	Da produttore a impianto finale			Da produttore a transit point			Da transit point a impianto finale
	Numero missioni	% missioni	Distanze totali [km]	Numero missioni	% missioni	Distanze totali [km]	Distanze totali [km]
R1	28,00	80,00%	2.133,68	7,00	20,00%	231,61	1.567,60
R2	1.017,00	85,32%	73.926,22	175,00	14,68%	17.600,14	50.391,96
R3	3,00	100,00%	388,24	-	-	-	-
R4	3.897,00	79,63%	341.162,88	997,00	20,37%	52.089,04	325.415,39
R5	14,00	53,85%	957,70	12,00	46,15%	551,21	1.353,54
P1	5,00	2,18%	1.183,80	224,00	97,82%	16.342,90	74.974,67
TOTALE	4.964,00	77,82%	419.752,52	1.415,00	22,18%	86.814,90	453.703,17

Tabella 10: Trasporti da punto di raccolta a impianto di trattamento per i rifiuti gestiti da Ridomus.

Raggruppamento	Da produttore a impianto finale			Da produttore a transit point			Da transit point a impianto finale
	Numero missioni	% missioni	Distanze totali [km]	Numero missioni	% missioni	Distanze totali [km]	Distanze totali [km]
R1	3012,00	88,48%	364.328,99	392,00	11,52%	17.881,89	161.933,53

Per i due consorzi i risultati sono riportati anche per la distanza media, pesata per le tonnellate trasportate durante ciascuna missione, inoltre sono stati riportati i tratti percorsi via mare per ciascun raggruppamento (Tabella 11 e Tabella 12).

Tabella 11: Distanza media per la tratta dai punti di raccolta agli impianti di trattamento per i rifiuti gestiti dal consorzio Ecoped.

Raggruppamento	Da produttore a impianto finale		Da produttore a transit point		Da transit point a impianto finale	
	via terra	via mare	via terra	via mare	via terra	via mare
R1	71,00	0,00	4,71	-	31,91	0,00
R2	58,67	0,00	16,51	-	31,62	10,69
R3	129,41	0,00	-	-	0,00	0,00
R4	78,34	0,06	8,15	-	52,52	11,68
R5	39,37	0,00	13,97	-	31,77	0,00
P1	61,54	0,00	50,63	-	285,13	0,99

Tabella 12: Distanza media per la tratta dai punti di raccolta agli impianti di trattamento per i rifiuti gestiti dal consorzio Ridomus.

Raggruppamento	Da produttore a impianto finale		Da produttore a transit point		Da transit point a impianto finale	
	via terra	via mare	via terra	via mare	via terra	via mare
R1	110,08	-	4,15	-	29,14	10,32

Infine, si riporta il totale dei chilometri percorsi per i due consorzi per i raggruppamenti gestiti.

Tabella 13: Distanze totali percorse.

Consorzio	Distanze percorse Ecoped	Distanze Percorse Ridomus
R1	6.050	946.971
R2	226.336	
R3	776	
R4	1.205.897	
R5	4.469	
P1	106.638	
TOTALE	1.550.166	946.971

Nell'analisi di Carbon Footprint si è deciso di non includere gli impatti legati al trasporto secondario, tra gli impianti di trattamento primario e lo smaltimento e riciclo finale. Infatti, queste informazioni sono complesse da raccogliere in modo puntuale, e non possono essere stimate dalla letteratura, poiché i materiali separati vengono inviati a diversi impianti prima di raggiungere la destinazione reale.

Il trattamento dei rifiuti

La seconda fase del ciclo dei rifiuti è il trattamento primario che permette la messa in sicurezza dei componenti pericolosi e la separazione dei materiali da inviare alle fasi finali di riciclo e/o smaltimento. Questi trattamenti richiedono una lavorazione manuale da parte degli operatori per le prime operazioni di messa in sicurezza e una successiva fase meccanica per la triturazione e separazione dei materiali, che richiede l'ausilio di energia elettrica. Nel caso particolare del trattamento del raggruppamento R1 è previsto, in alcuni casi, il trattamento in situ del gas refrigerante che avviene mediante l'utilizzo di gas metano. Si riporta in Tabella 14 una breve sintesi del tipico trattamento per ciascuna tipologia di rifiuti analizzati per i due consorzi.

Tabella 14: Descrizione della linea di trattamento dei rifiuti gestiti dai tre consorzi.

Raggruppamento	Descrizione linea di trattamento
R1	Dopo una prima fase di asportazione manuale di cavi elettrici, guarnizioni e parti in vetro, viene effettuata la bonifica del circuito di raffreddamento, costituito dal gas refrigerante, dall'olio per la lubrificazione del rotore del compressore e dal compressore stesso. L'operazione preliminare di bonifica viene condotta utilizzando due appositi impianti di messa in sicurezza. La carcassa prosegue il trattamento in una piramide di triturazione che permette di ottenere materiale a granulometria uniforme. Successivamente il materiale viene trasportato ad un nastro separatore a magnete permanente che ha la funzione di attrarre tutto il materiale ferroso. Il materiale restante (plastica, rame, alluminio, poliuretano) viene incanalato in una coclea e trasportato verso due ulteriori fasi di riduzione volumetrica. Una volta separato il poliuretano dal resto dei componenti, tramite un sistema di cicloni, questi ultimi vengono introdotti in due macchine di separazione densimetrica in successione, le quali separano plastica e metalli non ferrosi.
R2	Una prima fase di trattamento manuale, svolta da un operatore prevede la rimozione dei componenti pericolosi o facilmente separabili che non devono essere inviati al trituratore, come ad esempio cavi, contrappeso di calcestruzzo, condensatori, legno. Le carcasse rimanenti vengono inviate ad un trituratore meccanico, che permette la riduzione della carcassa in una pezzatura di qualche centimetro, che può essere inviata a separatori in serie. La fase di separazione dei materiali è costituita in generale da un deferrizzatore che consente la separazione del materiale ferroso tramite un magnete, da separatori ad aria, che permettono la separazione in base alla densità del materiale (per separare plastiche da materiali più pesanti) e da correnti indotte, che consentono la separazione dei metalli non ferrosi. Le polveri che si generano nei macchinari di macinazione vengono aspirate e filtrate tramite filtro a ciclone e/o tramite filtro a maniche.
R3	I monitor ed i televisori sono smantellati manualmente per estrarre in maniera controllata il tubo catodico al fine di evitarne rotture premature. L'involucro esterno, costituito da materiale plastico e ferroso, viene smantellato manualmente ed inviato alla fase di macinazione, mentre il tubo catodico viene inviato ad idoneo recupero presso impianti terzi.

<p>R4</p>	<p>I rifiuti vengono sottoposti ad una preliminare fase di selezione delle componenti e ad una prima bonifica manuale, consistente nell'asportazione dei cavi elettrici, vetro, motori, ecc. Successivamente, le carcasse delle apparecchiature vengono inviate a dei trituratorini in serie per ridurne la pezzatura. Lungo il percorso del nastro degli operatori effettuano un'ulteriore selezione manuale finalizzata all'asportazione delle altre componenti interne (circuiti stampati, condensatori, pile, toner ...). A valle di questa operazione le apparecchiature sono private di tutte le componenti interne (pericolose e non), il materiale restante (mix di metalli e plastiche) è inviato ad un frantumatore finale, nel quale viene operata la frantumazione e la regolarizzazione granulometrica necessaria per poter effettuare l'asportazione dei materiali ferrosi. Il materiale tritato viene suddiviso, grazie a separazioni che sfruttano il magnetismo ed il magnetismo indotto, in plastiche, metalli ferrosi e metalli non ferrosi.</p>
<p>R5</p>	<p>L'impianto è racchiuso in un container stagno sottoposto ad aspirazione con scarico di aria dopo il filtraggio in batteria di filtri a carboni attivi dopo essere passata per un doppio sistema filtrante: filtro a ciclone e due filtri a maniche. I tubi neon vengono frammentati all'ingresso nell'impianto ed il materiale eterogeneo che si origina viene separato nei diversi materiali quali vetro, metallo ferroso, metallo non ferroso, polveri fluorescenti.</p> <p>Le lampade a basso consumo subiscono una pre-macinazione tramite un dispositivo accessorio esterno per distaccarne lo zoccolo contenente l'elettronica, mentre il resto del materiale viene immesso nell'impianto principale subendo un processo di separazione identico a quello del materiale dei tubi neon. Il materiale tritato viene inviato a setacciatura per separare i metalli dal vetro. Il metallo e le frazioni di vetro vengono quindi nuovamente tritati e i metalli ferrosi vengono rimossi dai metalli non ferrosi mediante un magnete. La polvere generata durante il processo di triturazione viene rimossa per mezzo di una fase di filtrazione, la cui efficienza è stata assunta pari al 100%.</p>
<p>P1</p>	<p>Completata una prima differenziazione manuale, che consiste nella rimozione di tutto ciò che non può essere definito pila o accumulatore in una prima fase e nella separazione delle diverse tipologie di pile e accumulatori in una seconda fase, si procede alla frantumazione delle pile alcaline e zinco-carbone e successivamente alla separazione del metallo (utilizzato per l'involucro) e delle eventuali componenti plastiche dalla black mass, ossia la pasta di pile, che costituisce il 60% del materiale utilizzato ed è composta, soprattutto, da carbonio, zinco e manganese, metalli pregiati, separabili attraverso un processo idrometallurgico che garantisce un'efficienza pari al 100% a fronte di reflui praticamente nulli.</p> <p>Il processo di trattamento comprende una parte dedicata alla cernita del materiale in ingresso e una di triturazione e separazione delle frazioni fisiche recuperabili. Dal trattamento meccanico si hanno in uscita 4 frazioni: carta e plastica, inviate a recupero energetico, materiale ferromagnetico, inviato a recupero, collettori anodici in ottone, inviati a recupero, "pasta di pile" conferita ad impianto di recupero.</p>

A partire dagli impianti presi ad esame come impianti campione sono state raccolte informazioni in merito ai consumi energetici delle linee di trattamento e del tipo di energia utilizzata, inoltre, per l'energia elettrica è stato richiesto se l'impianto utilizzasse energia dalla rete elettrica o avesse dei pannelli solari.

A partire dai dati raccolti tra i singoli impianti in esame è stato definito un impianto medio con il quale sono stati calcolati i consumi energetici totali dei due consorzi nel 2017, riportati in Tabella 15 per il consorzio Ecoped e in Tabella 16 per Ridomus.

Tabella 15: Consumo energetico medio per il trattamento primario per i rifiuti gestiti d Ecoped.

Raggruppamento	Consumo energetico medio [kWh/t]	Consumo energetico totale [kWh]	Consumo energetico totale da energia rinnovabile [kWh]
R1	267	8.147	407
R2	105	401.218	6.687
R3	142	583	0
R4	89	782.189	101.489
R5	40	88	0
Totale	140	1.192.226	108.583

Tabella 16: Consumo energetico medio per il trattamento primario per i rifiuti gestiti d Ridomus.

Raggruppamento	Consumo energetico medio [kWh/t]	Consumo energetico totale [kWh]	Consumo energetico totale da energia rinnovabile [kWh]
R1	267	1.749.981	43.750

Nel caso del raggruppamento R1 negli impianti di trattamento primario avviene anche la distruzione del gas refrigerante. Per mancanza di informazioni primarie del processo di termodistruzione all'interno degli impianti analizzati, questa fase è stata calcolata utilizzando i dati forniti dal database Gabi per la termodistruzione di materiali pericolosi. I risultati sono mostrati nella sezione del riciclo e smaltimento delle frazioni separate.

Grazie al trattamento primario dei RAEE per i due consorzi sono state separate le diverse frazioni, ottenendo le efficienze di recupero e smaltimento riportate rispettivamente in Tabella 17 per Ecoped e in Tabella 18 per Ridomus.

Tabella 17: Efficienze di recupero del consorzio Ecoped.

Raggruppamento	Riciclo diretto	Recupero in impianti specializzati	Recupero energetico	Smaltimento termico e in discarica
R1	65,9%	16,2%	16,0%	1,9%
R2	88,8%	7,8%	0,7%	2,8%
R3	58,7%	3,4%	7,9%	30,0%
R4	80,1%	13,6%	2,6%	3,6%
R5	76,3%	-	17,1%	6,6%
P1	64,3%	17,9%	-	17,8%

Tabella 18: Efficienze di recupero del consorzio Ecoped.

Raggruppamento	Riciclo diretto	Recupero in impianti specializzati	Recupero energetico	Smaltimento termico e in discarica
R1	66,1%	16,1%	13,0%	4,8%

Durante il trattamento primario avviene una prima fase di messa in sicurezza e rimozione di alcuni componenti che vengono poi inviati a recupero in impianti specializzati. Dai dati raccolti negli impianti in esami sono stati identificati i seguenti componenti (Tabella 19).

Tabella 19: Descrizione e bilancio di massa dei componenti separati a valle del trattamento primario.

Raggruppamento	Componente separata	Descrizione
R1	Cavi	Sono sottoposti a triturazione e separazione dei materiali per il recupero del rame e l'invio del materiale plastico in impianti specializzati per il recupero energetico. Sono costituiti circa dal 70% di plastica e il 30% di rame.
	Compressori	Sono inviati a triturazione e separazione dei materiali per il recupero di materiali ferrosi e plastica. Sono costituiti da circa 89% di materiale ferroso, 4,5% alluminio e 4% rame, il restante 1,5% è costituito da plastica e altri materiali inviati a smaltimento.
R2	Cavi	Sono sottoposti a triturazione e separazione dei materiali per il recupero del rame e l'invio del materiale plastico in impianti specializzati per il recupero energetico. Sono costituiti circa dal 70% di plastica e il 30% di rame.
	Motori	Sono inviati a triturazione e separazione dei materiali per il recupero di materiali ferrosi e non ferrosi. Sono costituiti da circa il 76% di materiale ferroso, l'11% di rame, il 4% di alluminio e il restante da plastica e materiali non recuperabili.
	Pompe	Sono inviati a triturazione e separazione dei materiali per il recupero di materiali ferrosi e non ferrosi. Sono costituiti dal 55% di materiali ferrosi, il 27% da plastica e il 18% da rame.
	Schede elettroniche	Subiscono dei trattamenti di triturazione e rifusione per il recupero dei materiali preziosi in impianti specializzati. Sono costituite da circa 50% di plastica e resine, 5% alluminio, 30% altri materiali preziosi quali argento, palladio, oro, rame.
	Condensatori	Quelli che non sono inviati a smaltimento possono essere inviati a recupero, recuperando circa il 10% di ferro.
R3	Cavi	Sono sottoposti a triturazione e separazione dei materiali per il recupero del rame e l'invio del materiale plastico in impianti specializzati per il recupero energetico. Sono costituiti circa dal 70% di plastica e il 30% di rame.
	Schede elettroniche	Subiscono dei trattamenti di triturazione e rifusione per il recupero dei materiali preziosi in impianti specializzati. Sono costituite da circa 60% di plastica e

		resine, 40% altri materiali preziosi quali argento, palladio, oro, rame.
R4	Cavi	Sono sottoposti a triturazione e separazione dei materiali per il recupero del rame e l'invio del materiale plastico in impianti specializzati per il recupero energetico. Sono costituiti circa dal 70% di plastica e il 30% di rame.
	Motori	Sono inviati a triturazione e separazione dei materiali per il recupero di materiali ferrosi e non ferrosi. Sono costituiti da circa il 73% di ferro, il 14% di rame, 5% di alluminio e il restante 8% da plastica e altri materiali non recuperabili.
	Schede	Subiscono dei trattamenti di triturazione e rifusione per il recupero dei materiali preziosi in impianti specializzati. Sono costituite da circa 50% di plastica e resine, 11% alluminio, 14% materiali ferrosi e 25% altri materiali preziosi quali argento, palladio, oro, rame.
	Condensatore	Quelli che non sono inviati a smaltimento possono essere inviati a recupero, recuperando circa il 10% di ferro.
	Cartucce	Per quella quota parte che è inviata a recupero di materiali si ha una separazione delle plastiche recuperabili (circa il 9%) e il restante è inviato a smaltimento.
	Batterie al piombo	Sono inviate in fonderia per il recupero del piombo (60%) e di altri materiali, quali plastica e acciaio.
	Hard disc Ram Processore	Sono inviati a triturazione e separazione dei materiali per il recupero di materiali ferrosi e non ferrosi. Sono costituiti dal 75% di materiali ferrosi, il 15% da plastica e il 10% da alluminio.
	Alimentatore	Sono inviati a triturazione e separazione dei materiali per il recupero di materiali ferrosi e non ferrosi. Sono costituiti dal 61% di materiali ferrosi, il 21% da rame e il restante è inviato a smaltimento.

A partire dalle efficienze di recupero di ciascun raggruppamento per i diversi materiali separati è stato possibile calcolare il bilancio di massa finale in uscita dagli impianti di trattamento primario e a valle di eventuali trattamenti successivi per i quali è stato possibile ricostruire il trattamento a cui sono sottoposti e il bilancio di massa finale.

Il consorzio Ecoped ha gestito tutti i raggruppamenti RAEE, oltre alle PILE. Per ciascun raggruppamento ha inviato i materiali in uscita a destinazioni finali diverse, recupero di materiale, recupero di componenti (per recuperi successivi), recupero energetico e smaltimento, termico o in discarica. Per ciascun raggruppamento si riporta il dettaglio delle destinazioni finali, oltre che un breve riassunto del ciclo di gestione di 1 tonnellata di RAEE di ciascun raggruppamento.

In generale, la gestione di Ecoped ha permesso di recuperare circa 7.500 tonnellate di ferro, pari a circa 62 km di binari dei treni, 2.700 tonnellate di plastica, pari a circa 74 milioni di bottiglie di plastica, 862 tonnellate di calcestruzzo, 250 tonnellate di rame, pari a circa 51.000 chilometri di cavi di rame, 200 tonnellate di alluminio, pari a circa 12 milioni di lattine di alluminio, e altri materiali in quantità inferiori. La Tabella 20 riporta un dettaglio dei principali materiali recuperati.

Tabella 20: Riassunto delle frazioni recuperate dal consorzio Ecoped.

MATERIALI	Materiali recuperati [tonnellate]
Materiale ferroso	7.439,88
Plastica	2.680,29
Contrappeso in calcestruzzo	861,87
Rame	246,72
Alluminio	201,58
Vetro	82,96
Legno	75,50
Deferrizzato	68,48
Materiale non ferroso	50,27
Ottone	18,75
Manganese	12,87
Carta e cartone	11,47
Zinco	8,58
Altre frazioni	260,69

RAGGRUPPAMENTO R1

Il bilancio di massa finale del raggruppamento R1 è riportato nella Tabella 21, per cui si può vedere come circa l'82% è inviato a recupero di materia, mentre il 16% a recupero energetico e il restante a smaltimento. La Figura 2 riporta lo schema di gestione di una tonnellata di R1, mettendo in evidenza i flussi in uscita dall'impianto primario.

Tabella 21: Bilancio di massa del raggruppamento R1 per il consorzio Ecoped a valle dei trattamenti primari.

Materiale	Recupero dei materiali	Recupero dei materiali dopo trattamento	Recupero energetico	Smaltimento termico	Smaltimento in discarica	TOTALE
Materiale ferroso	14.466,29	4.438,46	-	-	-	18.904,76
Plastica	4.153,94	52,89	129,89	-	-	4.336,72
Alluminio	689,45	218,38	-	-	-	907,83
Rame	210,73	239,64	-	-	-	450,37
Scarti/Residui	-	-	-	68,30	335,39	403,69
Poliuretano	6,80	-	4.634,00	-	118,80	4.759,60
Vetro	237,79	-	-	-	-	237,79
Olio	126,78	-	-	-	-	126,78
CFC	-	-	106,92	55,90	-	162,82
Condensatori	-	-	-	0,67	0,43	1,10
Legno	60,59	-	-	-	-	60,59
Carta e cartone	44,55	-	-	-	-	44,55
Materiale non ferroso	132,97	-	-	-	-	132,97
Interruttori al mercurio	-	-	-	0,43	-	0,43
TOTALE	20.129,90	4.949,38	4.870,81	125,29	454,62	30.530,00

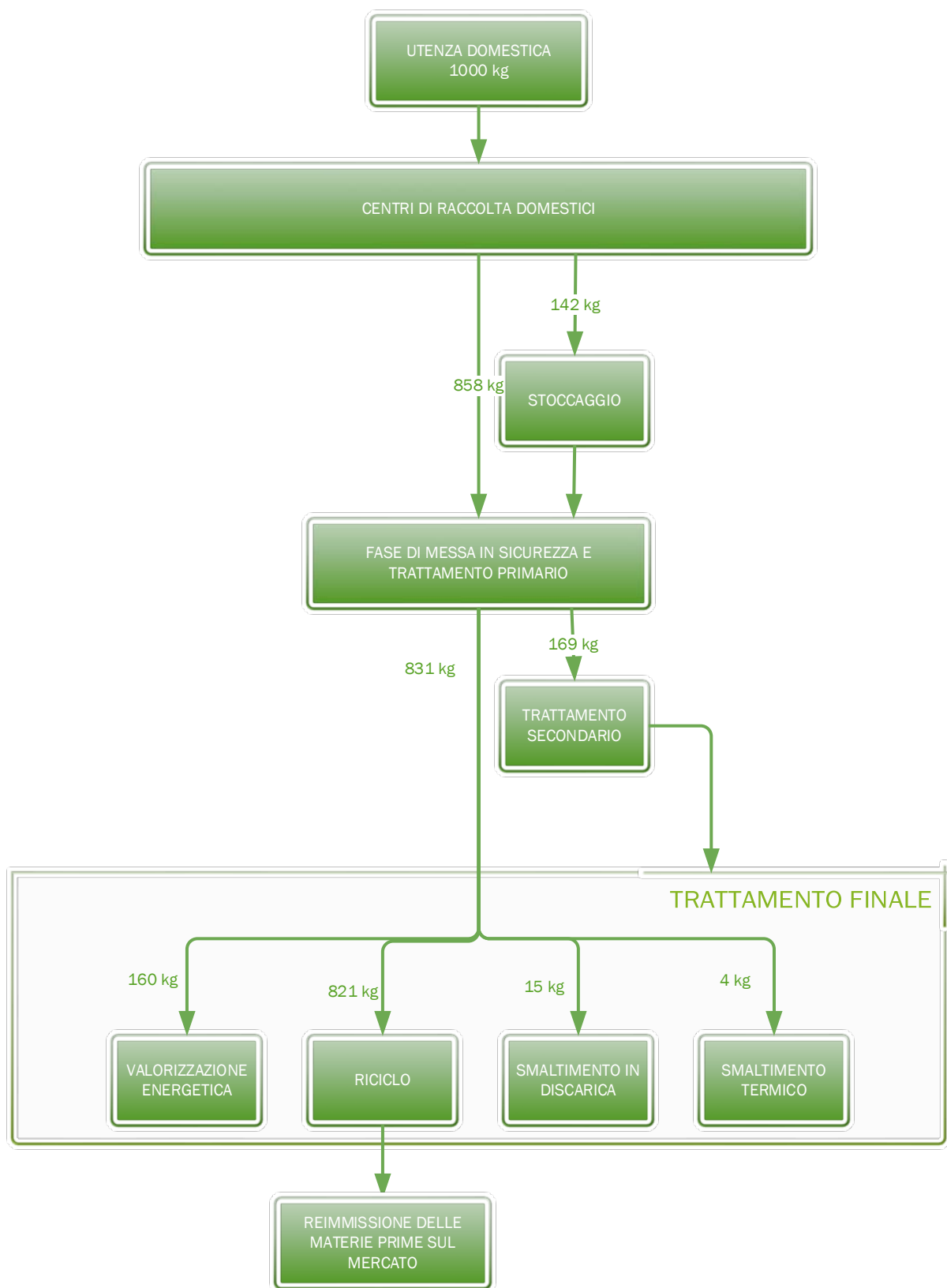


Figura 2: Schema di processo della gestione di una tonnellata di rifiuti del raggruppamento R2 per il consorzio Ecoped.

RAGGRUPPAMENTO R2

Il bilancio di massa finale del raggruppamento R2 è riportato in Tabella 22, dove si vede che circa il 97% dei rifiuti categorizzati come grandi bianchi sono recuperabili sotto forma di nuove materie, mentre il restante 3% è inviato a recupero energetico e smaltimento. La Figura 3 riporta il flusso di gestione di una tonnellata di R2.

Tabella 22: Bilancio di massa del raggruppamento R2 per il consorzio Ecoped a valle dei trattamenti primari.

Materiale	Recupero dei materiali	Recupero dei materiali dopo trattamento	Recupero energetico	Smaltimento termico	Smaltimento in discarica	TOTALE
Materiale ferroso	1.863.559,78	236.934,27	-	-	-	2.100.494,04
Plastica	525.759,21	4.491,48	23.517,76	-	-	553.768,44
Alluminio	15.389,36	13.377,28	-	-	-	28.766,64
Rame	4.205,21	42.791,30	-	-	-	46.996,52
Altri metalli	-	499,97	-	-	-	499,97
Scarti/Residui	-	-	-	747,40	101.646,59	102.394,00
Contrappeso in calcestruzzo	861.865,45	-	-	-	-	861.865,45
Legno	33.097,67	-	-	-	-	33.097,67
Vetro	75.136,92	-	-	-	-	75.136,92
Condensatori	-	-	1.623,21	1.114,07	1.878,83	4.616,11
Ottone	395,99	-	-	-	-	395,99
Deferrizzato	3.834,16	-	-	-	-	3.834,16
Materiale non ferroso	4,10	-	-	-	-	4,10
TOTALE	3.383.247,84	298.094,30	25.140,97	1.861,47	103.525,42	3.811.870,00

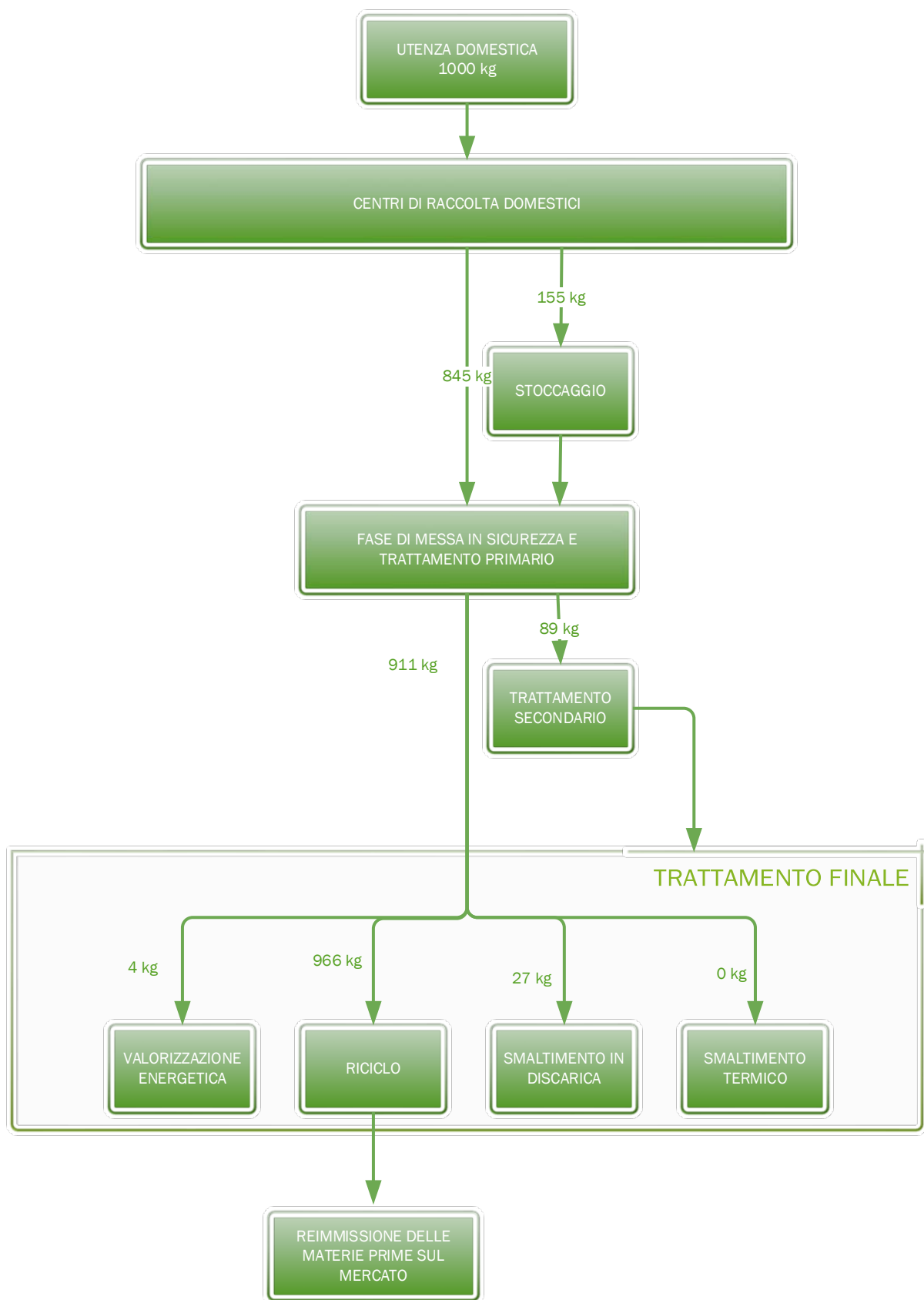


Figura 3: Schema di processo della gestione di una tonnellata di rifiuti del raggruppamento R2 per il consorzio Ecoped.

RAGGRUPPAMENTO R3

Il bilancio di massa finale del raggruppamento R3 è riportato in Tabella 23. In questo caso il 62% è inviato a recupero di materia. Infatti, il vetro cono dei tubi catodici deve essere smaltito in impianti specializzati. La Figura 4 riporta il flusso di gestione di una tonnellata di R3.

Tabella 23: Bilancio di massa del raggruppamento R3 per il consorzio Ecoped a valle dei trattamenti primari.

Materiale	Recupero dei materiali	Recupero dei materiali dopo trattamento	Recupero energetico	Smaltimento termico	Smaltimento o in discarica	TOTALE
Vetro	1.344,79	-	-	-	-	1.344,79
Vetro cono	-	-	-	-	878,31	878,31
Plastica	706,92	-	324,67	-	-	1.031,59
Materiale ferroso	345,65	-	-	-	-	345,65
Condensatori	-	-	-	206,32	-	206,32
Giochi	-	-	-	123,71	-	123,71
Cannoncino retrotubo	-	-	-	22,19	-	22,19
Alluminio	13,15	-	-	-	-	13,15
Rame	-	136,86	-	-	-	136,86
Altri metalli	-	3,31	-	-	-	3,31
Scarti/Residui	-	-	-	-	3,29	3,29
Polvere tubo catodico	-	-	-	-	0,82	0,82
TOTALE	2.410,52	140,17	324,67	352,23	882,42	4.110,00

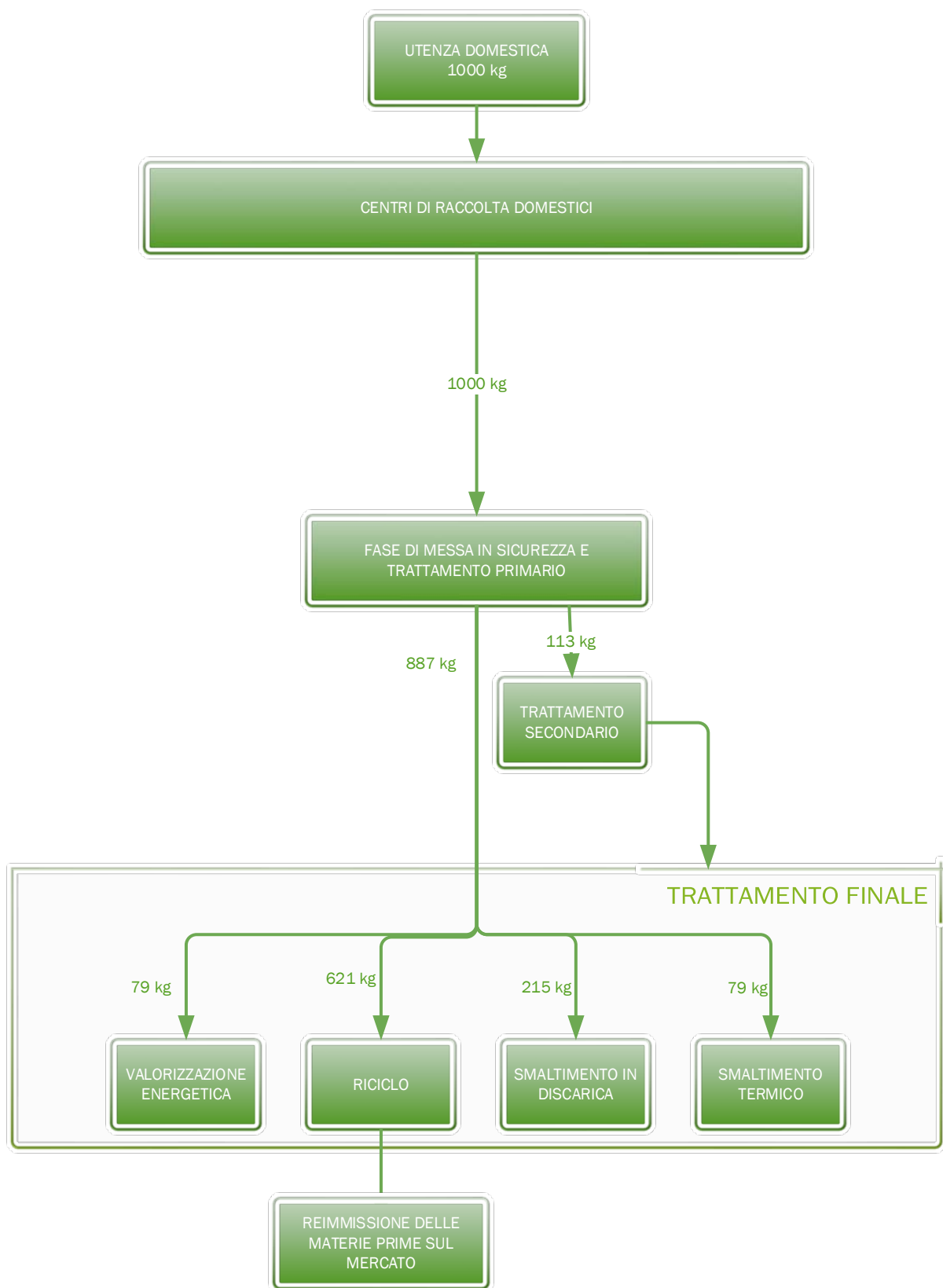


Figura 4: Schema di processo della gestione di una tonnellata di rifiuti del raggruppamento R3 del consorzio Ecoped.

RAGGRUPPAMENTO R4

Il bilancio di massa finale del raggruppamento R4 è riportato in Tabella 23. I rifiuti del raggruppamento R4, vengono suddivisi nei principali sotto-componenti prima di essere recuperati i materiali più importanti, raggiungendo dopo passaggi successivi circa il 94% di efficienza di riciclo. La Figura 5 mostra il flusso di gestione di una tonnellata di R4.

Tabella 24: Bilancio di massa del raggruppamento R4 per il consorzio Ecoped a valle dei trattamenti primari.

Materiale	Recupero dei materiali	Recupero dei materiali dopo trattamento	Recupero energetico	Smaltimento termico	Smaltimento o in discarica	TOTALE
Materiale ferroso	4.631.644,10	669.973,93	-	-	-	5.301.618,03
Alluminio	101.039,07	70.856,57	-	-	-	171.895,63
Altri metalli	-	47.053,82	-	-	-	47.053,82
Rame	1.401,46	197.676,97	-	-	-	199.078,44
Plastica	2.105.646,85	39.479,52	226.756,58	-	-	2.371.882,94
Piombo	-	17.866,86	-	-	-	17.866,86
Scarti/Residui	-	-	-	43.705,78	250.103,99	293.809,77
Interruttori al mercurio	-	-	-	4.546,67	-	4.546,67
Condensatori	-	-	-	9.548,19	5.755,39	15.303,58
Altri materiali	-	154.384,23	-	-	-	154.384,23
Legno	42.343,28	-	-	-	-	42.343,28
Metalli misti	-	1.700,52	-	-	-	1.700,52
Batterie alcaline	1.343,68	-	-	-	-	1.343,68
Materiale non ferroso	50.131,43	-	-	-	-	50.131,43
Ottone	18.352,13	-	-	-	-	18.352,13
Vetro	4.737,88	-	-	-	-	4.737,88
Cartucce e toner	-	-	-	-	1.712,90	1.712,90
Deferrizzato	64.647,72	-	-	-	-	64.647,72
Altre batterie	4.568,07	-	-	-	-	4.568,07
Carta e cartone	229,14	22,91	-	-	-	252,06
Imballaggi misti	4.783,61	-	-	-	-	4.783,61
TOTALE	7.030.868,42	1.199.015,33	226.756,58	57.800,64	257.572,28	8.772.013,24

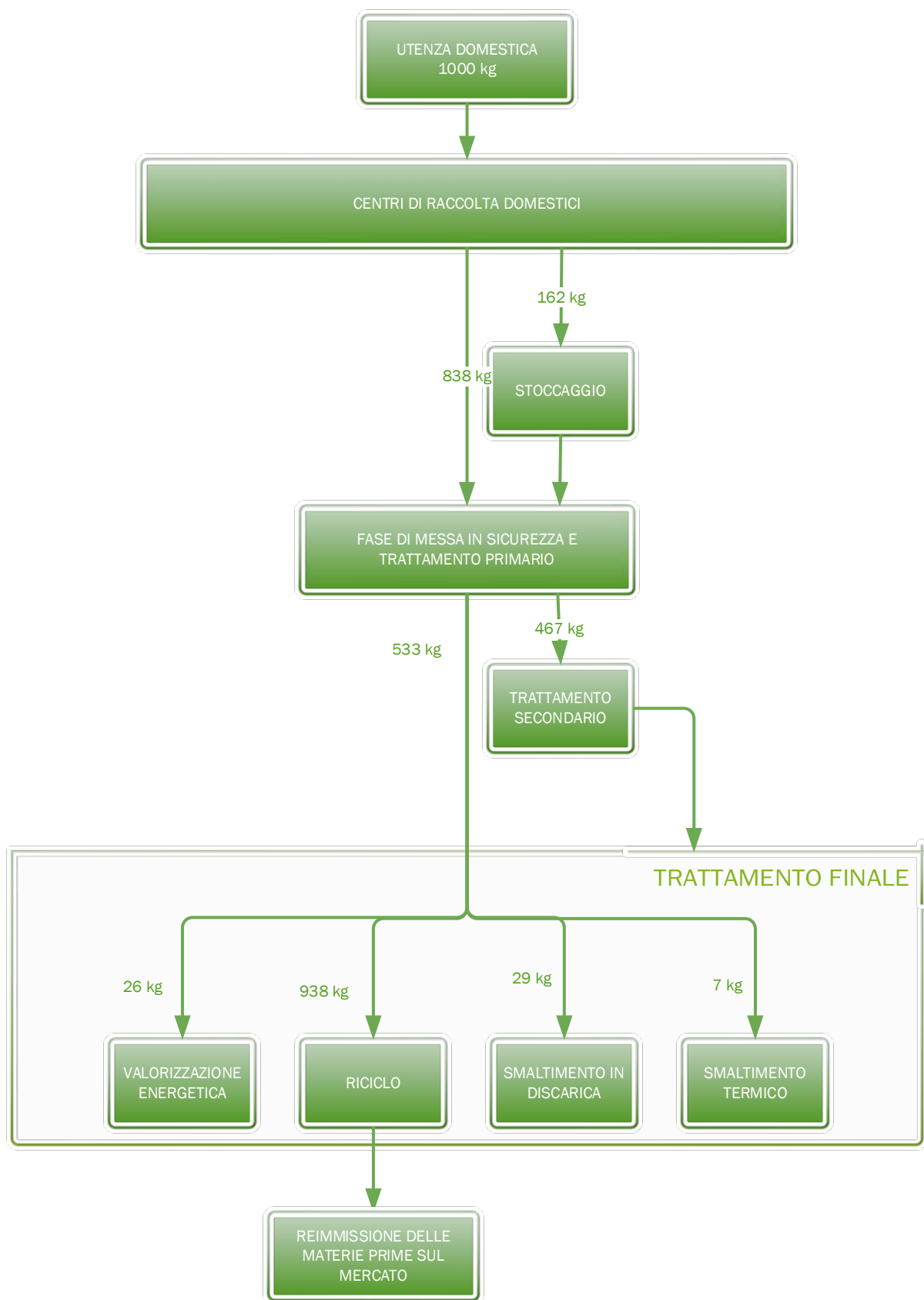


Figura 5: Schema di processo della gestione di una tonnellata di rifiuti del raggruppamento R4 del consorzio Ecoped.

RAGGRUPPAMENTO R5

Il bilancio di massa finale del raggruppamento R5 è riportato in Tabella 24, dove si vede l'elevata capacità di recupero delle sorgenti luminose se correttamente trattate, e circa pari al 76% per il recupero di materia e al 17% per il recupero energetico. Inoltre, il processo di trattamento primario è in grado di separare direttamente i materiali secondari senza ulteriori fasi di pretrattamento (Figura 6).

Tabella 25: Bilancio di massa del raggruppamento R5 per il consorzio Ecoped a valle dei trattamenti primari.

Materiale	Recupero dei materiali	Recupero dei materiali dopo trattamento	Recupero energetico	Smaltimento termico	Smaltimento o in discarica	TOTALE
Vetro	1.504,38	-	376,10	-	-	1.880,48
Polvere	-	-	-	-	146,50	146,50
Carta e cartone	79,53	-	-	-	-	79,53
Rame	59,10	-	-	-	-	59,10
Materiale ferroso	36,79	-	-	-	-	36,79
Alluminio	0,60	-	-	-	-	0,60
TOTALE	1.680,40	-	376,10	-	146,50	2.203,00

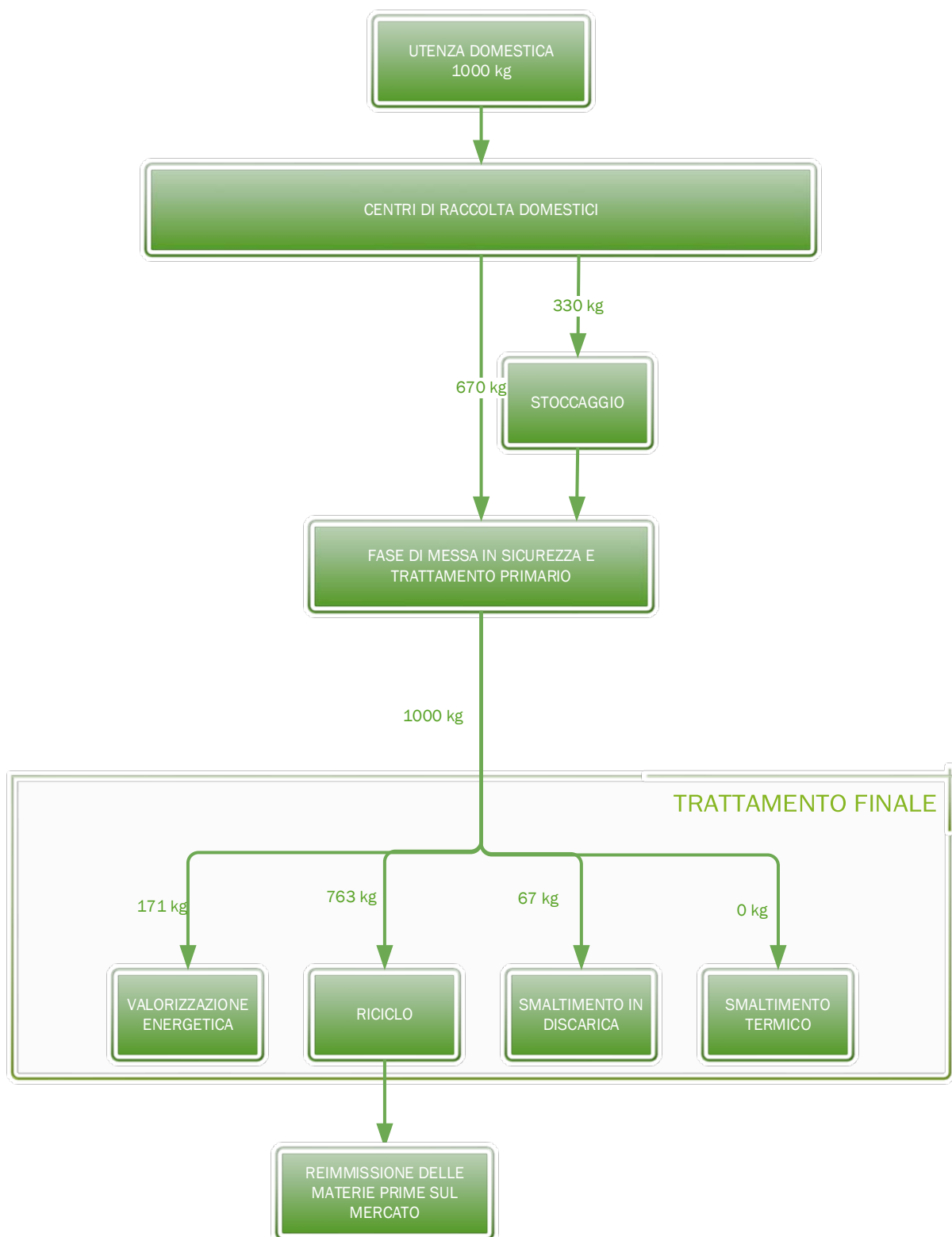


Figura 6: Schema di processo della gestione di una tonnellata di rifiuti del raggruppamento R5 del consorzio Ecoped.

PILE

Il bilancio di massa finale delle pile portatili è riportato in Tabella 26. In questo caso, alcune tipologie di materie devono subire un trattamento successivo per recuperare i materiali di cui sono costituiti. La fase di trattamento primario è in grado di separare e inviare a recupero di materia circa l'82%, mentre circa il 18% è inviato a smaltimento termico. La Figura 7 riporta il flusso di gestione delle pile portatili gestite da Ecoped nel 2017.

Tabella 26: Bilancio di massa delle pile portatili per il consorzio Ecoped a valle dei trattamenti primari.

Materiale	Recupero dei materiali	Recupero dei materiali dopo trattamento	Recupero energetico	Smaltimento termico	Smaltimento o in discarica	TOTALE
Altre batterie a recupero		17.316,16				17.316,16
Altre Frazioni	5.279,45	-	-	-		5.279,45
Materiale ferroso	18.483,42	-	-	-		18.483,42
Carta e cartone	11.094,34	-	-	-		11.094,34
Collettori Anodici	1.477,82	-	-	-		1.477,82
Fango C-Mn	-	-		-	12.872,00	12.872,00
Zinco	8.577,76	-	-	-		8.577,76
Manganese	12.872,00	-	-	-		12.872,00
Elettroliti	-	-		-	4.283,53	4.283,53
Acqua	4.283,53	-	-	-		4.283,53
TOTALE	62.068,31	17.316,16	-	-	17.155,53	96.540,00

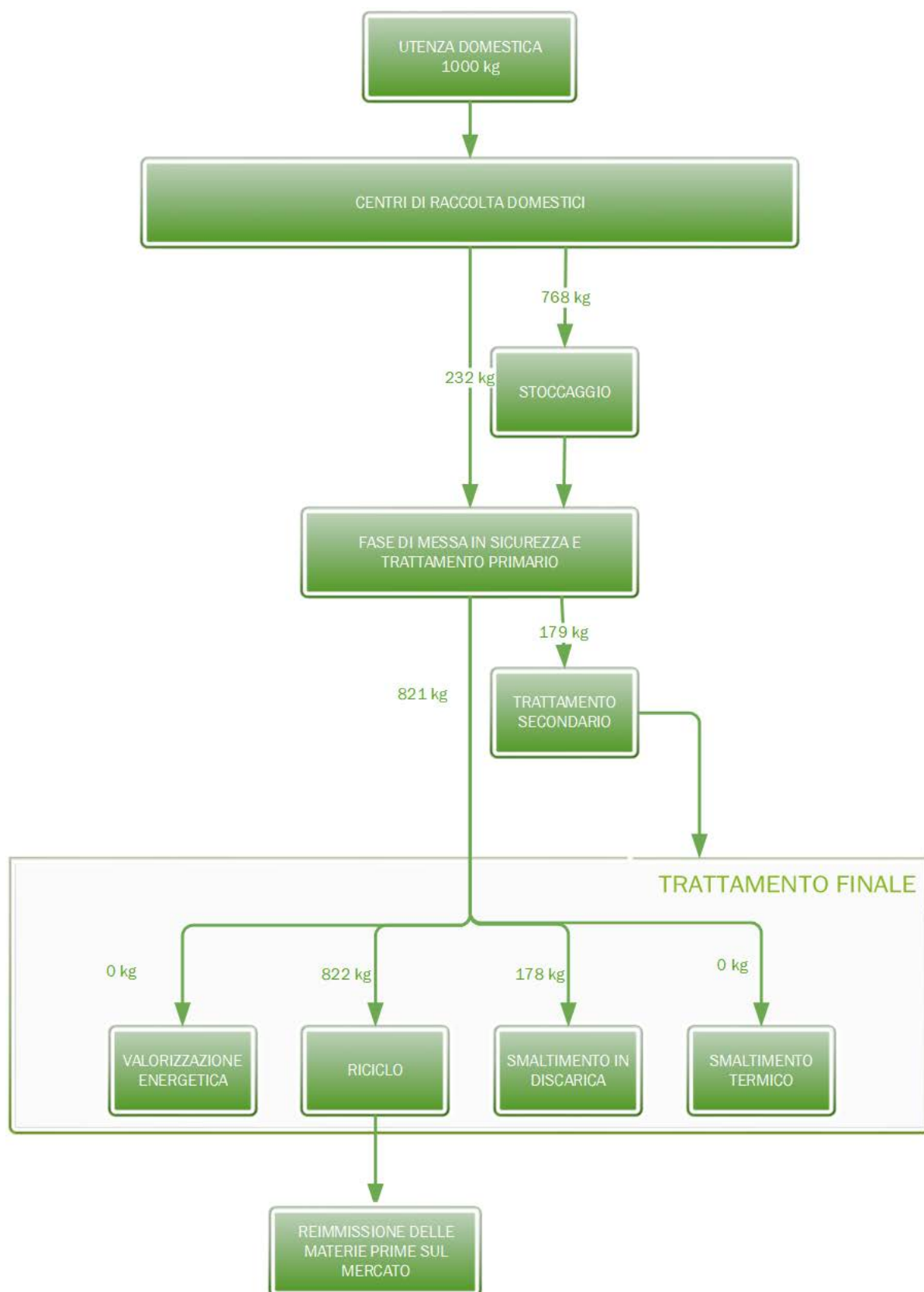


Figura 7: Schema di processo della gestione dei rifiuti di una tonnellata di pile e accumulatori del consorzio Ecoped.

Il consorzio Ridomus ha gestito solo il raggruppamento R1. In Tabella 27 sono riportati i quantitativi delle frazioni in uscita e la loro destinazioni. Inoltre si riporta il flusso di gestione di una tonnellata di R1 gestita dal consorzio Ridomus (Figura 8).

RAGGRUPPAMENTO R1

Tabella 27: Bilancio di massa del raggruppamento R1 per il consorzio Ridomus a valle dei trattamenti primari.

Materiale	Recupero dei materiali	Recupero dei materiali dopo trattamento	Recupero energetico	Smaltimento termico	Smaltimento in discarica	TOTALE
Materiale ferroso	3.128.363,80	940.107,39	-	-	-	4.068.471,19
Plastica	885.568,70	17.356,31	18.582,41	-	-	921.507,42
Alluminio	157.789,10	54.080,10	-	-	-	211.869,20
Rame	34.819,14	43.615,49	-	-	-	78.434,63
Scarti/Residui	-	-	-	4.556,02	90.185,99	94.742,01
Poliuretano	8.325,26	-	811.524,71	-	202.769,64	1.022.619,62
Vetro	44.467,53	-	-	-	-	44.467,53
Olio	29.624,91	-	-	-	-	29.624,91
CFC	-	-	20.705,53	16.612,72	-	37.318,25
Condensatori	-	-	-	44,67	372,59	417,26
Legno	14.599,25	-	-	-	-	14.599,25
Carta e cartone	8.627,30	-	-	-	-	8.627,30
Materiale non ferroso	24.952,81	-	-	-	-	24.952,81
Interruttori al mercurio	-	-	-	80,13	-	80,13
TOTALE	4.337.137,81	1.055.159,29	850.812,65	21.293,54	293.328,23	6.557.731,51

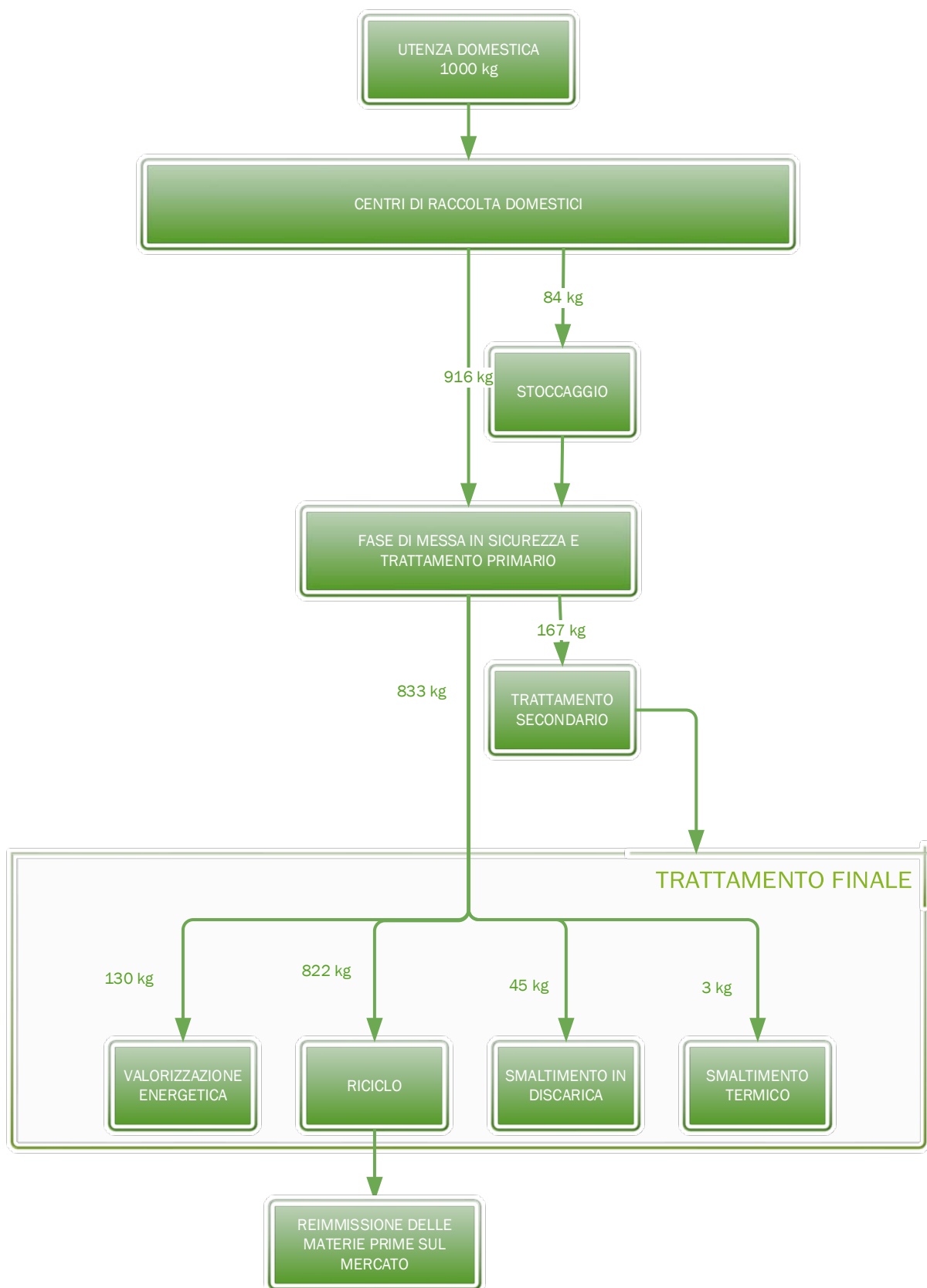


Figura 8: Schema di processo della gestione di una tonnellata di rifiuti del raggruppamento R1 del consorzio Ridomus.

Il riciclo e lo smaltimento finale

Come spiegato precedentemente per una corretta analisi della gestione integrata del ciclo di trattamento delle apparecchiature elettriche ed elettroniche e delle batterie fuori uso, in ottica di Life Cycle Thinking, sono stati estesi i confini dell'analisi includendo i processi di riciclo finale delle frazioni separate per rimettere i materiali sul mercato come materie prime seconde, oltre alle fasi di smaltimento finale per quelle frazioni non valorizzabili.

I flussi delle frazioni separate in fase di trattamento primario sono:

- Metalli ferrosi, grazie all'efficacia del processo di separazione possono essere inviati interamente a riciclo.
- Metalli non ferrosi, quali rame e alluminio, essendo separati direttamente negli impianti primari possono essere riciclati direttamente in impianti specializzati.
- Altri metalli, quali ottone, metalli preziosi o leghe possono essere riciclati in impianti specializzati. Il loro riutilizzo è legato ad efficienze di riciclo molto basse.
- Materiali plastici, possono essere inviati ad impianti di riciclo della plastica, ed essere riciclati a valle di una separazione successiva delle diverse tipologie di plastica presenti, oppure inviato ad impianti per il recupero energetico.
- Poliuretano, può essere inviato a recupero energetico in impianti specializzati, oppure viene inviato a smaltimento in discarica. In casi particolari può essere recuperato come nuovo materiale.
- Altri materiali, quali legno, vetro, carta, vengono inviati ad impianti per il riciclo. Il vetro può essere utilizzato nella filiera di produzione delle ceramiche e il legno viene riciclato in pannelli truciolari. Nei casi di rifiuti pericolosi, il vetro viene inviato a smaltimento.
- Piombo, viene riciclato direttamente nelle fonderie per il recupero delle batterie.
- Batterie, escluse quelle al piombo, vengono trattate in impianti di recupero specializzate per estrarre i metalli riciclabili e le plastiche che sono inviate a smaltimento.
- Olio lubrificante, può essere inviato ad impianti di trattamento di raffinazione per la reimmissione sul mercato.
- Cartucce e toner, possono essere inviati a riciclo o termodistrutti.
- Gas refrigerante, viene termodistrutto in impianti specializzati, oppure viene inviato in discariche specializzate per i rifiuti pericolosi.
- Componenti pericolosi, quali condensatori, gioghi dei tubi catodici, interruttori al mercurio, polveri, vengono inviati in impianti specializzati per lo smaltimento.
- Scarti, vengono inviati a smaltimento finale.

Per il calcolo degli impatti ambientali, riportati in emissioni di CO₂ equivalenti sono stati estesi i confini del campo di applicazione includendo i processi di riciclo e trattamento secondario per la valorizzazione delle frazioni in uscita dai trattamenti primari. Per ciascuna fase successiva al trattamento primario, sono stati analizzati i processi coinvolti, estrapolati dal database Gabi, aggiornato al 2018. In alcuni casi sono state fatte delle semplificazioni di esclusione, sia per la complessità dei processi da analizzare in

manca di dati diretti, sia per la quantità di materiale coinvolto che non porta variazioni sui risultati finali.

Tabella 28: Processi presi in esame per le valutazioni ambientali del riciclo e smaltimento finale delle frazioni separate

Frazione separata	Processi di trattamento	Materiale riciclato
Metalli ferrosi	<i>Material recycling</i>	<i>Liquid secondary steel from iron scraps</i>
Altri metalli	<i>Material recycling</i>	<i>Not included</i>
Plastica	<i>Material recycling</i>	<i>Granules of recycled plastic</i>
Piombo	<i>Material recycling</i>	<i>Liquid secondary lead</i>
Poliuretano	<i>Disposal to sanitary landfill</i> <i>Energy recovery</i> <i>Material recycling</i>	- - <i>Not included</i>
Alluminio	<i>Material recycling in smelter</i>	<i>Secondary aluminium ingots from scraps</i>
Rame	<i>Material recycling in smelter</i>	<i>Secondary copper from scraps</i>
Vetro	<i>Material recycling</i>	<i>Float flat glass</i>
Legno	<i>Material recycling</i>	<i>Particle board from recovered wood</i>
Calcestruzzo	<i>Material recycling</i>	<i>Gravel</i>
Carta e cartone	<i>Material recycling</i>	<i>Not included</i>
Cartucce e toner	<i>Material recycling</i> <i>Disposal</i>	<i>Not included</i> -
Olio	<i>Refinery process</i>	<i>Lubricant oil</i>
Altre batterie	<i>Material recycling</i>	<i>Not included</i>
Gas refrigerante	<i>Disposal to hazardous waste landfill and incinerator</i>	-
Componenti pericolosi	<i>Disposal to hazardous waste landfill and incinerator</i>	-
Scarti	<i>Disposal to sanitary landfill and incinerator</i>	-

A partire dalle informazioni delle frazioni recuperate è stato calcolato il contributo delle fasi di riciclo per reimmettere sul mercato le materie prime seconde, che possono essere utilizzate per nuovi prodotti.

In un'ottica di economia circolare, la re-immissione sul mercato dei materiali riciclati consente un potenziale beneficio ottenuto, contabilizzando il danno evitato dovuto alle relative fasi di estrazione e/o produzione di nuovi materiali. La decisione di andare ad includere gli impatti evitati nasce dal fatto che nel caso in cui i rifiuti non venissero smaltiti in modo corretto, e quindi senza recuperare le frazioni di valore, si dovrebbe colmare la quota parte di materiale vergine da immettere sul mercato.

I processi di estrazione e produzione delle materie prime messi a confronto con i materiali riciclati sono riportati in Tabella 29.

Tabella 29: Processi presi in esame per le valutazioni ambientali degli impatti ambientali dei processi evitati

Frazione riciclata	Processi per estrazione e produzione
Metalli ferrosi	<i>Liquid primary steel from pig iron</i>
Plastica	<i>Granules of virgin plastic</i>
Alluminio	<i>Primary aluminium ingots from bauxite</i>
Rame	<i>Sheet of primary copper</i>
Piombo	<i>Liquid primary lead</i>
Vetro	<i>Flat glass</i>
Legno	<i>Plywood from virgin wood</i>
Olio	<i>Lubricant oil</i>
Energy	<i>Not included</i>

CARBON FOOTPRINT

La valutazione dell'impatto ambientale del ciclo di gestione dei rifiuti a fine vita è stata espressa in emissioni di CO₂ equivalenti durante l'intera filiera di trattamento. Come già indicato, per il calcolo delle emissioni di CO₂ equivalente è stato utilizzato il metodo dell'IPCC 2013, sviluppato dall'istituto intergovernativo sui cambiamenti climatici (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), che calcola le emissioni dirette dei gas ad effetto serra.

Questo studio vuole identificare quali sono gli impatti ambientali all'interno del campo di applicazione legati alla corretta gestione dei rifiuti in oggetto, oltre a fornire un quadro generale della gestione del ciclo di trattamento in un'ottica di ciclo di vita, come richiesto dallo standard 14067 della Carbon Footprint. Per il calcolo degli impatti si è utilizzato il software Gabi che, grazie all'utilizzo di un database ha permesso di includere l'impatto delle attività non direttamente gestite dai consorzi e per la produzione e la trasformazione dell'energia.

Il trasporto dei rifiuti

La prima attività presa in esame all'interno del campo di applicazione è quella legata ai trasporti effettuati per trasportare i rifiuti raccolti verso gli impianti di trattamento primario. Questi possono infatti avvenire presso un unico impianto, oppure subire trasporti successivi per le fasi di trattamento primario. Come già anticipato non sono stati inclusi i trasporti per le frazioni separate, che comunque non sono significativi all'interno del ciclo di vita dei rifiuti.

Per calcolare l'impatto dovuto al trasporto è stato utilizzato un modulo di Gabi che calcola l'impatto del mezzo di trasporto in riferimento alla distanza percorsa e al peso trasportato. La Tabella 30 e la Tabella 31 riportano i risultati dell'impatto causato dalla raccolta dei rifiuti, per i due consorzi per i rifiuti gestiti nell'anno 2017. Il risultato è riportato sia per le quantità totali gestite dai consorzi, sia per la gestione di 1 tonnellata di tipologia di rifiuto

Nel caso dei rifiuti gestiti da Ecoped, si nota come l'impatto dovuto al trasporto delle Pile sia molto più elevato rispetto agli altri raggruppamenti. Questo è dovuto principalmente al fatto che le pile sono gestite da pochi impianti in Italia, e che quindi la distanza media tra i punti di raccolta e gli impianti di trattamento è molto maggiore rispetto agli altri raggruppamenti.

Tabella 30: Risultati della Carbon Footprint per la fase di trasporto per i rifiuti gestiti d Ecoped.

Raggruppamento	Carbon Footprint [kCO2 eq]	Impatto del raggruppamento sul totale	Carbon Footprint [kCO2 eq/t]
R1	197,93	0,2%	6,48
R2	26.964,74	24,7%	7,07
R3	32,04	0,0%	7,80
R4	79.634,19	73,0%	9,08
R5	11,38	0,0%	5,17
P1	2.315,59	2,1%	23,99
Totale	109.155,88	100,0%	59,58

Tabella 31: Risultati della Carbon Footprint per la fase di trasporto per il raggruppamento R1 gestito da Ridomus.

Raggruppamento	Carbon Footprint [kCO2 eq]	Impatto del raggruppamento sul totale	Carbon Footprint [kCO2 eq/t]
R1	60.694,87	100,0%	9,26

Il trattamento dei rifiuti

La seconda causa di impatti ambientali è dovuta al consumo elettrico e di gas naturale delle fasi di trattamento primario, che, come già anticipato, comprende sia la fase di triturazione sia quella di separazione delle diverse frazioni, oltre che la distruzione del gas refrigerante per il raggruppamento R1. Per il calcolo della Carbon Footprint dei consumi energetici si è fatto riferimento al modulo del database Gabi per l'utilizzo di energia dalla rete elettrica italiana e per l'utilizzo e la produzione dell'energia da pannelli fotovoltaici (così come indicato da alcuni impianti investigati). La Tabella 32 e la Tabella 33 riportano il contributo del trattamento. Si evidenzia che nel caso delle pile gestite da Ecoped non si ha il dato di consumo energetico del trattamento primario, per questo motivo non è stato calcolato l'impatto ambientale del processo.

Tabella 32: Risultati della Carbon Footprint per la fase di trattamento per i rifiuti gestiti d Ecoped.

Raggruppamento	Carbon Footprint [kCO2 eq]	Impatto del raggruppamento sul totale	Carbon Footprint [kCO2 eq/t]
R1	3.301	0,68%	108,1
R2	161.718	33,25%	42,4
R3	330	0,07%	80,4
R4	320.945	65,99%	36,6
R5	35	0,01%	16,1
P1	-	-	-
Totale	486.331	100,00%	57,0

Tabella 33: Risultati della Carbon Footprint per la fase di trattamento per il raggruppamento R1 gestito da Ridomus.

Raggruppamento	Carbon Footprint [kCO2 eq]	Impatto del raggruppamento sul totale	Carbon Footprint [kCO2 eq/t]
R1	706.297	100%	108,0

Il riciclo e lo smaltimento finale

Per il calcolo della Carbon Footprint delle fasi finali della gestione dei rifiuti si è fatto riferimento alle frazioni separate per ciascun raggruppamento, e alle informazioni raccolte sui materiali ricavati da alcuni componenti nei trattamenti successivi. Queste informazioni sono poi state completate dal database Gabi che ha permesso di calcolare l'impatto causato dall'intero processo di trattamento finale per la produzione di nuove materie prime o la distruzione finale dei materiali inviati a smaltimento.

Come anticipato nella sezione precedente, per complessità di calcolo e incertezza dei dati, alcuni processi di riciclo non sono stati inclusi nell'analisi. Questa semplificazione non è influente sul risultato totale, in quanto i quantitativi gestiti sono molto bassi.

Nella Tabella 34 e nella Tabella 35 sono stati riportati gli impatti di ciascun raggruppamento e per ciascun consorzio.

Tabella 34: Risultati della Carbon Footprint per la fase di riciclo e smaltimento per i rifiuti gestiti d Ecoped.

Raggruppamento	Carbon Footprint [kCO2 eq]	Impatto del raggruppamento sul totale	Carbon Footprint [kCO2 eq/t]
R1	27.052	0,36%	886
R2	1.939.285	26,16%	509
R3	2.763	0,04%	672
R4	5.429.413	73,24%	619
R5	1.735	0,02%	788
P1	12.435	0,17%	129
Totale	7.412.683	100,00%	3.602

Tabella 35: Risultati della Carbon Footprint per la fase di riciclo e smaltimento per il raggruppamento R1 gestito da Ridomus.

Raggruppamento	Carbon Footprint [kCO2 eq]	Impatto del raggruppamento sul totale	Carbon Footprint [kCO2 eq/t]
R1	5.432.617	100%	828

RISULTATI

Si riportano i risultati finali della Carbon Footprint per i due consorzi.

ECOPED

La Tabella 36 riporta i risultati della filiera dei rifiuti di Ecoped. Si evidenzia come l'impatto maggiore sia dovuto alle fasi di riciclo e recupero energetico, esterne al campo di applicazione di Ecoped. Mentre all'interno del campo di applicazione del consorzio gli impatti maggiori si abbiano per il trattamento primario. Nel suo complesso la filiera di gestione dei rifiuti di Ecoped ha un impatto di Carbon Footprint pari a circa 8.000 tonnellate di CO₂ equivalente.

Tabella 36: Risultati della filiera dei rifiuti di Ecoped espressi in kg di CO₂ eq..

Raggruppamento	Trasporto	Trattamento	Recupero	Smaltimento	Totale
R1	198	3.301	26.707	346	30.552
R2	26.965	161.718	1.859.659	79.626	2.127.968
R3	32	330	2.417	345	3.125
R4	79.634	320.945	5.206.632	222.781	5.829.993
R5	11	35	1.733	2	1.782
P1	2.316	-	12.162	273	14.750
TOTALE	109.156	486.331	7.109.310	303.373	8.008.170

Come anticipato, per una corretta analisi della gestione dei rifiuti si deve estendere il ciclo di gestione al beneficio dato dai materiali riciclati, grazie agli impatti evitati per la quota parte di materiale vergine non prodotto. Infatti, si considera che i materiali secondari in uscita dagli impianti di riciclo possano essere reinseriti sul mercato al posto dei materiali da materie prime vergini.

La Tabella 37 riporta gli impatti della filiera includendo anche gli impatti evitati. Si nota come, grazie agli impatti evitati, la filiera di gestione dei rifiuti di Ecoped abbia un impatto negativo sull'ambiente, e quindi la corretta gestione dei rifiuti porta ad un beneficio complessivo di 17.000 tonnellate di CO₂, pari alla CO₂ assorbita da circa 1800 ettari di foresta¹.

Tabella 37: Risultati della filiera dei rifiuti di Ecoped includendo gli impatti evitati espressi in kg di CO₂ eq..

Raggruppamento	Trasporto	Trattamento	Recupero	Smaltimento	Impatti evitati	Totale
R1	198	3.301	26.707	346	-55.936	-25.384
R2	26.965	161.718	1.859.659	79.626	-5.725.953	-3.597.985
R3	32	330	2.417	345	-4.134	-1.009
R4	79.634	320.945	5.206.632	222.781	-19.334.765	-13.504.773
R5	11	35	1.733	2	-2.015	-233
P1	2.316	-	12.162	273	-37.521	-22.771
TOTALE	109.156	486.331	7.109.310	303.373	-25.160.325	-17.152.155

Infine si riportano i risultati in Figura 9 per visualizzare il contributo di ciascun raggruppamento nelle fasi del ciclo di vita.

¹ 9,2 t di CO₂ assorbite per ettaro di foresta.

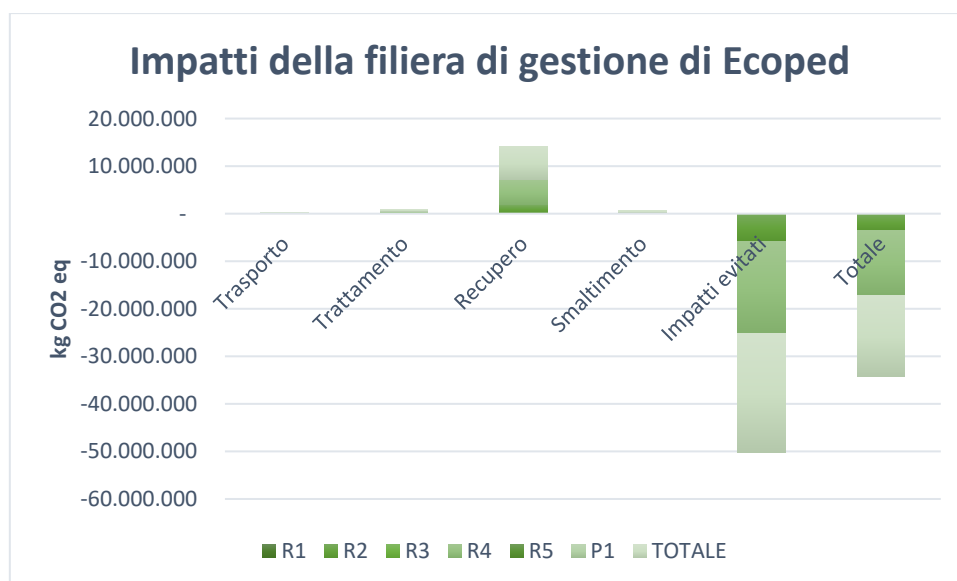


Figura 9: Impatti della filiera di gestione dei rifiuti di Ecoped.

In conclusione si riportano i risultati anche per 1 tonnellata di raggruppamento RAEE/pile gestita dal consorzio (Tabella 38).

Tabella 38: Risultati espressi per 1 tonnellata di RAEE gestito da Ecoped espressi in kg di CO2 eq..

Raggruppamento	Trasporto	Trattamento	Recupero	Smaltimento	Impatti evitati	Totale
R1	6,5	108,1	874,8	11,3	-1.832,1	-831,4
R2	7,1	42,4	487,9	20,9	-1.502,1	-943,9
R3	7,8	80,4	588,2	84,0	-1.005,9	-245,5
R4	9,1	36,6	593,6	25,4	-2.204,2	-1.539,6
R5	5,2	16,1	786,5	1,1	-914,7	-105,9
P1	24,0	-	126,0	2,8	-388,7	-235,9
TOTALE	59,6	283,6	3.456,8	145,5	-7.847,7	-3.902,2

Invece la Figura 10 riporta i valori per 1 tonnellata di RAEE di ciascun raggruppamento trattata.

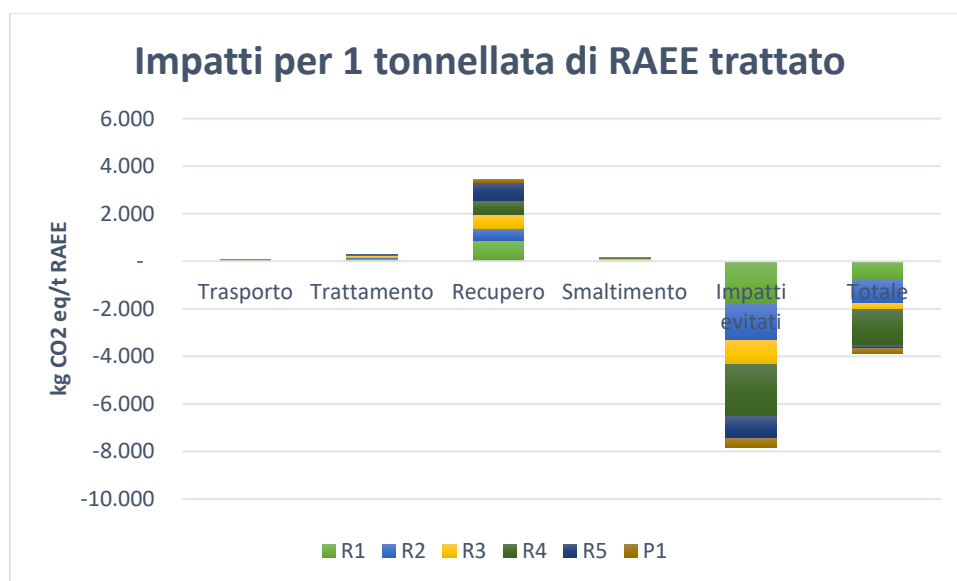


Figura 10: Impatti della filiera di gestione dei rifiuti di Ecoped per 1 tonnellata di RAEE gestita.

RIDOMUS

La Tabella 39 riporta i risultati della filiera dei rifiuti di Ridomus. Anche in questo caso l'impatto maggiore è dovuto alle fasi di riciclo e recupero energetico, esterne al campo di applicazione di Ridomus. Mentre all'interno del campo di applicazione del consorzio gli impatti maggiori si hanno per il trattamento primario. Nel suo complesso la filiera di gestione del raggruppamento R1 di Ridomus ha un impatto di Carbon Footprint pari a circa 6.200 tonnellate di CO2 equivalente.

Tabella 39: Risultati della filiera dei rifiuti di Ridomus espressi in kg di CO2 eq.

Raggruppamento	Trasporto	Trattamento	Recupero	Smaltimento	Totale
R1	60.671	706.297	5.331.423	101.194	6.199.584

La Tabella 40 riporta gli impatti della filiera includendo anche gli impatti evitati. Si nota come, grazie agli impatti evitati, la filiera di gestione dei rifiuti di Ridomus abbia un impatto negativo sull'ambiente, e quindi la corretta gestione dei rifiuti porta ad un beneficio complessivo di 5.800 tonnellate di CO2, pari alla CO2 assorbita da circa 630 ettari di foresta.

Tabella 40: Risultati della filiera dei rifiuti di Ridomus includendo gli impatti evitati espressi in kg di CO2 eq.

Raggruppamento	Trasporto	Trattamento	Recupero	Smaltimento	Impatti evitati	Totale
R1	60.671	706.297	5.331.423	101.194	-12.085.928	-5.886.344

Infine si riportano i risultati in Figura 11 per visualizzare il contributo di ciascun raggruppamento nelle fasi del ciclo di vita.

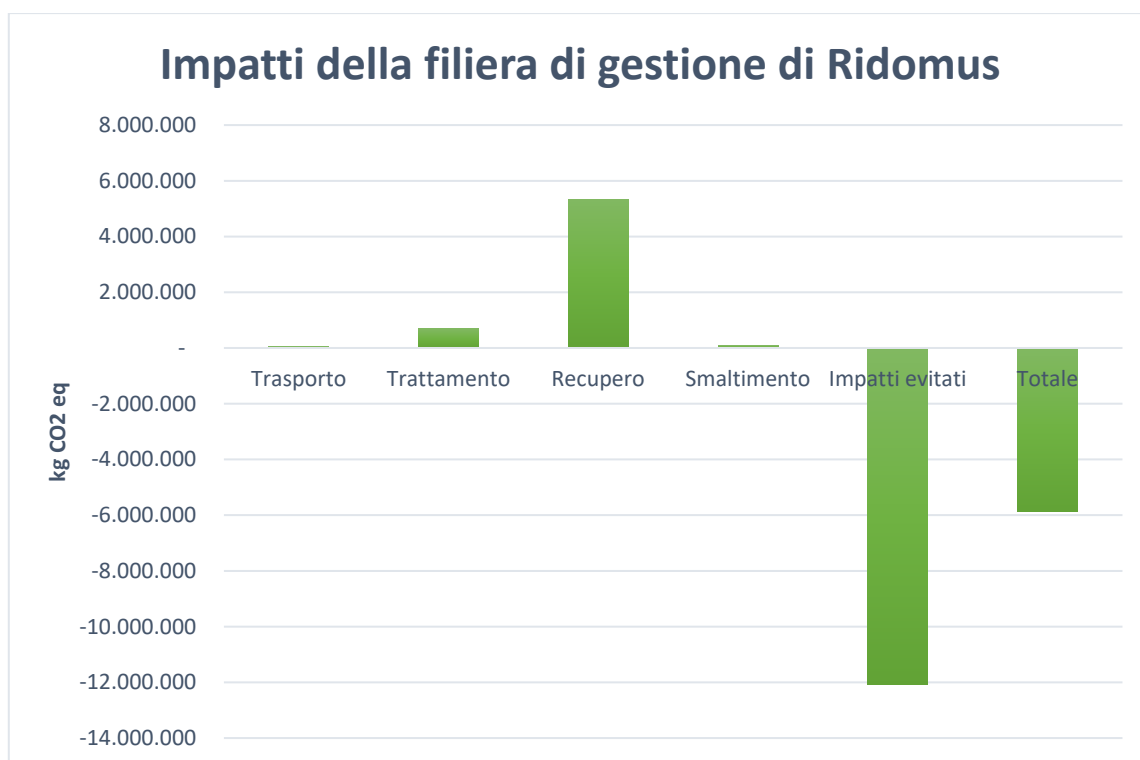


Figura 11: Impatti della filiera di gestione dei rifiuti di Ridomus.

In conclusione si riportano i risultati anche per 1 tonnellata del raggruppamento R1 gestita dal consorzio (Tabella 41).

Tabella 41: Risultati espressi per 1 tonnellata di RAEE gestito da Ridomus espressi in kg di CO2 eq.

Raggruppamento	Trasporto	Trattamento	Recupero	Smaltimento	Impatti evitati	Totale
R1	9,3	107,7	813	15,4	-1.843,0	-897,6