

Una ricerca Ambiente Italia per Ecodom,
Consorzio Italiano Recupero e Riciclaggio Elettrodomestici

RAEE, IL CONTRIBUTO DEL RICICLO AGLI OBIETTIVI DI KYOTO

Bilancio energetico-ambientale del recupero di alcune tipologie
di rifiuti elettrici ed elettronici

ECODOM
Consorzio Italiano
Recupero e Riciclaggio
Elettrodomestici



PREFAZIONE

Il settore degli elettrodomestici bianchi, che una quindicina di anni fa poteva essere considerato maturo, ha dovuto innovarsi profondamente per fronteggiare una serie di sfide ambientali.

La rarefazione della fascia stratosferica dell'ozono, con la conseguente proibizione dei clorofluorocarburi e idroclorofluorocarburi, ha imposto di ricercare nuovi materiali da utilizzare nei circuiti refrigeranti e nelle schiume isolanti e questa sostituzione ha comportato anche notevoli benefici rispetto alla problematica dei cambiamenti climatici.

Riguardo al tema del riscaldamento del pianeta contava però anche il consumo energetico legato all'uso degli elettrodomestici; il miglioramento del rendimento, già iniziato dopo la prima crisi petrolifera

degli anni Settanta del secolo scorso, ha così visto un'ulteriore accelerazione.

In Italia la modifica del mercato determinata dalla etichettatura che segnala la "bontà energetica" dei prodotti è stata formidabile: i frigoriferi più efficienti sono passati infatti dal 5% delle vendite nel 2000 al 78% nel 2007, con risparmi equivalenti alla produzione di una media centrale elettrica.

Ma un terzo tema è divenuto ora importante, ossia la gestione dell'elettrodomestico a fine vita.

Il decreto legislativo 151/2005 prevede in merito diverse alternative: la rigenerazione completa del bene che ne allunga la vita, posticipando la fase di trattamento (nel caso non siano presenti CFC o HCFC); la rigenerazione di alcuni componenti e, infine, il riciclaggio dei materiali, da destinarsi come materie prime secondarie ad altre attività.

È chiaro che l'introduzione di questa norma comporta un'impostazione più attenta già nella fase di progettazione degli elettrodomestici, in modo da facilitarne la dismissione.

Dal punto di vista pratico, come evidenzia lo studio realizzato da Ecodom in collaborazione con Ambiente Italia, i risultati di una corretta gestione del ciclo del recupero garantiscono significative valenze ambientali:

si evita la dispersione nell'ambiente di sostanze pericolose e si ottengono risparmi notevoli sia in termini di estrazione di materie prime che di energia.

Del milione di tonnellate annue di Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (RAEE) un quarto è riferito agli elettrodomestici bianchi. Se ben trattati, questi consentirebbero un recupero di materie seconde per 230.000 tonnellate, un recupero energetico di 119.000 TEP e minori emissioni pari a 3,4 milioni di tonnellate di CO₂ eq.

Insomma, per l'industria del settore la sfida continua. Del resto, per fronteggiare una competizione internazionale sempre più serrata, la qualità energetico-ambientale rappresenta una carta importantissima da giocare.

Gianni Silvestrini
Direttore Scientifico di Kyoto Club

INTRODUZIONE

Il Consorzio Ecodom nasce dalla volontà dei principali produttori di grandi elettrodomestici operanti nel mercato italiano di gestire in maniera responsabile ed efficiente le apparecchiature elettriche ed elettroniche a fine vita.

Per svolgere questo compito nell'interesse della collettività, Ecodom si è posto l'obiettivo imprescindibile di perseguire l'efficienza operativa e l'eccellenza ambientale durante tutto il processo di ritiro, trasporto, trattamento e riciclo dei rifiuti elettrici ed elettronici, a garanzia dei consumatori – che ne finanziano il recupero attraverso l'Eco-contributo RAEE – ed evitando la dispersione nell'ambiente delle sostanze inquinanti contenute al loro interno. Da questo impegno costante, e dagli incoraggianti

risultati ottenuti nel primo anno di operatività di Ecodom, deriva la volontà di approfondire i vantaggi e i benefici economici e ambientali della strada intrapresa.

Abbiamo dunque deciso di commissionare questa ricerca che, a partire da quanto è stato fatto finora, traccia un bilancio complessivo dei benefici energetici ed ambientali connessi al processo di riciclo dei RAEE, stimando la piena operatività a regime del Consorzio.

Ogni anno ciascun italiano produce circa 17 kg di rifiuti elettrici ed elettronici. Di questi, 15 kg finiscono attualmente in discarica, abbandonati ai lati delle strade o intercettati da soggetti non autorizzati che potrebbero trattarli in maniera ambientalmente non corretta.

Ciò offre un'idea di quanto ancora ci sia da fare in termini di raccolta differenziata di questa tipologia di rifiuti, soprattutto considerando le importanti conferme emerse dalla ricerca sul contributo della corretta gestione dei RAEE in termini di risparmio energetico e taglio delle emissioni climalteranti.

Permettere a questo sistema di raggiungere la piena operatività, assicurando il trattamento di tutti i rifiuti prodotti, significa non solo sottrarre ingenti volumi

di RAEE alle discariche e al circuito parallelo di recupero, ma, soprattutto, contribuire in maniera concreta al raggiungimento degli obiettivi di efficienza energetica e riduzione degli impatti ambientali che il nostro Paese si è dato con la ratifica del Protocollo di Kyoto.

*Piero Moscatelli
Presidente Consorzio Ecodom*

INDICE

	SUMMARY	6
1	BILANCIO ENERGETICO-AMBIENTALE DEL RECUPERO DI ALCUNE TIPOLOGIE DI RAEE E CRITERI DI OTTIMIZZAZIONE	8
1.1	Introduzione: inquadramento RAEE	8
1.1.1	La normativa	8
1.1.2	Il Consorzio Ecodom	9
1.2	Caratterizzazione della tipologia di prodotto: RAEE R1 e R2	10
1.2.1	Produzione di RAEE stimati per i raggruppamenti R1 e R2	10
1.2.2	Caratteristiche ambientali dei RAEE	11
1.2.3	Caratterizzazione del ciclo di recupero e trattamento dei RAEE	11
2	BILANCIO DI MASSA ED ENERGETICO DEL CICLO GENERALE DI TRATTAMENTO DEI RAEE DI COMPETENZA DEL CONSORZIO ECODOM	12
2.1	Il campione analizzato	12
2.2	Bilancio di massa	13
2.2.1	Bilancio di massa nell'ipotesi di massimo recupero potenziale	16
2.3	Bilancio energetico	18
2.3.1	Consumi energetici di raccolta e trasporto	18
2.3.2	Consumi energetici dei processi di trattamento e smaltimento finale dei RAEE R1 e R2	19
2.3.3	Bilancio energetico delle operazioni di riciclo (produzione secondaria e sostituzione produzione primaria)	19
2.3.4	Bilancio energetico del ciclo di gestione dei RAEE da parte di Ecodom "a regime" e al massimo potenziale teorico	20
2.4	Bilancio delle emissioni	20
2.5	Valutazione dei benefici del riciclo: confronto con scenari di riferimento	23
2.5.1	Gli scenari "no-riciclo" e "riciclo no-recupero CFC"	23
2.5.2	Bilancio energetico e bilancio di emissioni: comparazione tra scenari	23
3.	OTTIMIZZARE IL RECUPERO DEI RAEE. VALUTAZIONE DI ALCUNE IPOTESI	26
	APPENDICE	
	ANALISI DEL CICLO DI VITA DELL'ATTIVITÀ DI RECUPERO: IL FRIGORIFERO E LA LAVATRICE	29
	Metodologia di analisi	30
	Effetti ambientali considerati e analisi degli impatti	31
	LCA del frigorifero	32
	Risultati analisi LCA del fine vita del frigorifero	32
	LCA della lavatrice	35
	Risultati analisi LCA del fine vita della lavatrice	35
	CHI È ECODOM	39

SUMMARY

I Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (RAEE) rappresentano una delle tipologie di rifiuti destinate a crescere maggiormente nei prossimi anni in Italia. Stime prevedono un incremento atteso del totale dei RAEE prodotti dalle attuali 970 mila tonnellate a 1 milione e 270 mila tonnellate per il 2015 ("2008 Review of Directive 2002/96/EC on Waste Electrical and Electronic Equipment – Final report", United Nations University).

Si tratta di una tipologia di rifiuti molto importante, sia sotto il profilo ambientale che economico. Sotto il profilo ambientale perché contengono sostanze potenzialmente tossiche e con rilevanti effetti per la distruzione della fascia di ozono e per la crescita dell'effetto serra; sotto il profilo economico in quanto rappresentano una miniera di materie seconde di grande valore (acciaio, alluminio, rame, metalli preziosi...) e consentono un riciclo efficiente. All'interno di questo flusso di rifiuti, la voce principale

è costituita dai grandi e piccoli elettrodomestici "bianchi" (lavatrici, frigoriferi, condizionatori, lavastoviglie, microonde, etc...), che corrispondono ai raggruppamenti R1 e R2 dei RAEE (così come classificati dal decreto 151/2005) e costituiscono i rifiuti oggetto delle attività del consorzio Ecodom. Secondo una stima del Politecnico di Milano ("Dossier Tecnico: grandi e piccoli elettrodomestici scenario di riferimento e aspetti operativi", Ecodom 2008) gli elettrodomestici "bianchi" potenzialmente recuperabili (calcolando il possibile tasso di ritorno ad impianti di recupero) sono circa 6 milioni di pezzi, pari a 258.000 tonnellate complessive, di cui 89.500 tonnellate di frigoriferi e congelatori e 7.400 tonnellate di condizionatori (prodotti contenenti CFC, HCFC e altri refrigeranti).

Il sistema di recupero dei RAEE è appena agli inizi. Il presente studio ha valutato il bilancio di massa, energetico e di emissioni climalteranti (ad effetto serra) e ozono-distruttive (individuate come responsabili del cosiddetto "buco dell'ozono stratosferico") legati alle attività di recupero degli elettrodomestici bianchi effettuate da parte di Ecodom.

I risultati dello studio – basati su rilevamenti diretti e censimenti delle imprese che effettuano le attività di disassemblaggio, riciclo, recupero dei CFC – mostrano le potenzialità di recupero di materie seconde, di risparmio energetico, di contributo alla

riduzione delle emissioni climalteranti e di sostanze distruttive della fascia di ozono.

Già oggi il sistema consente di recuperare circa 50.000 tonnellate di materiali e di sottrarre al rilascio in atmosfera un equivalente di oltre 1 milione di tonnellate di CO₂ eq. e di circa 120 tonnellate dei potenti gas lesivi dello strato di ozono (espressi come CFC 11 eq.).

Raggiungendo il potenziale massimo stimato di recupero – individuato in circa 258.000 tonnellate di elettrodomestici sottratti allo smaltimento in discarica o all'abbandono, di cui circa 100.000 tonnellate di elettrodomestici contenenti CFC o altri refrigeranti – i benefici in termini assoluti per l'Italia saranno di grande impatto:

- un recupero di materie seconde per circa 230.000 tonnellate, in primo luogo metalli;
- una riduzione di emissioni climalteranti di 3,4 milioni di tonnellate di CO₂ eq. (calcolato rispetto al mancato recupero);
- una riduzione di emissioni dannose per l'ozono di circa 423 tonnellate di ODP (potenziale ozono distruttivo), come CFC 11 eq.;
- un recupero energetico (diretto e indiretto) pari a 119.000 TEP.

Si tratta di valori di assoluto rilievo, come di seguito evidenziato:

- il beneficio in termini di emissioni climalteranti,

attraverso il solo recupero dei gas ozono lesivi e il riciclo, equivale a circa il 3% delle emissioni di CO₂ che l'Italia dovrebbe ridurre entro il 2020, ed è pari alle emissioni di una moderna centrale a carbone;

- il beneficio in termini di riduzione delle emissioni distruttive per l'ozono è ancora più rilevante pari a circa il 40% delle emissioni nazionali;
- il recupero energetico ottenibile corrisponde ai consumi energetici di una città di circa 40.000 abitanti.

Lo studio ha, inoltre, messo in rilievo che esiste un ulteriore importante margine di miglioramento, connesso alle tecnologie di recupero e riciclo. Se tutti gli impianti adottassero le migliori tecnologie

disponibili (già implementate in almeno un impianto esistente in Italia) sarebbe possibile ridurre ulteriormente le emissioni climalteranti e incrementare l'intercettazione dei CFC.

Queste potenzialità emergono confrontando i benefici ambientali della situazione attuale con i benefici che vi sarebbero anche nel caso limite di concentrare tutte le operazioni su un unico sito dotato della migliore tecnologia già operativa in Italia.

I maggiori consumi e le maggiori emissioni dovute ai trasporti sarebbero largamente compensate dai benefici legati alla maggiore efficienza di captazione delle sostanze ozono-distruttive e climalteranti.

BILANCIO E BENEFICI DEL RECUPERO ECODOM DEI RAEE NELLA SITUAZIONE ATTUALE (60.000 TON ANNUE)

	Ecodom attuale	Ecodom centralizzato	No riciclo	Beneficio su attuale	Beneficio su centralizzato
Materiale recuperato (ton)	48.852	48.852	-	48.852	48.852
Effetto serra (ton CO ₂ eq.)	422.411,6	103.719	1.462.553	-1.040.141	-1.358.834
Danni all'ozono (kg CFC11)	73.143,2	18.813	191.629,9	-118.487	-172.817
Recupero energia (TEP)	-27.145	-25.793	795	-27.940	-26.588

BILANCIO E BENEFICI DEL RECUPERO ECODOM DEI RAEE NELLA SITUAZIONE DI SVILUPPO POTENZIALE (258.000 TON ANNUE)

	Ecodom massimo sviluppo	Ecodom centralizzato	No riciclo	Riciclo non CFC	Massimo beneficio
Materiale recuperato (ton)	227.662	227.662	-	227.662	227.662
Effetto serra (ton CO ₂ eq.)	877.993	110.968	3.512.488	3.148.420	-3.401.520
Danni all'ozono (kg CFC11)	175.565	37.164	459.969	459.969	-422.805
Recupero energia (TEP)	-116.247	-110.268	3.419	-118.524	-119.666

1. BILANCIO ENERGETICO AMBIENTALE DEL RECUPERO DI ALCUNE TIPOLOGIE DI RAEE E CRITERI DI OTTIMIZZAZIONE

1.1 INTRODUZIONE: INQUADRAMENTO RAEE

I Rifiuti da Apparecchiature Elettriche e Elettroniche (RAEE) sono una delle tipologie di rifiuti destinati ad una più forte crescita nei prossimi anni; le cause sono riscontrabili sia nell'aumento dei consumi che nella riduzione del tempo di vita. Nel nostro Paese le previsioni indicano un passaggio da circa 970.000 tonnellate generate nel 2005 a circa 1.200.000 tonnellate nel 2015 ("2008 Review of Directive 2002/96/EC on Waste Electrical and Electronic Equipment – Final report", United Nations University). Attualmente la produzione pro-capite italiana è di circa 17 kg/abitante, valore che è in linea con la produzione media dei paesi dell'Europa a 15. Un corretto recupero dei RAEE consente di ottenere notevoli benefici sia dal punto di vista ambientale che dal punto di vista economico. È in grado, infatti, di evitare la dispersione nell'ambiente di sostanze tossiche, con effetti lesivi sullo strato di ozono stratosferico e con potere climalterante, quali ad esempio i Clorofluorocarburi (CFC) usati come refrigeranti nei frigoriferi e nei congelatori. Al tempo stesso, produce notevoli quantità di materie prime secondarie (acciaio, ferro, rame, alluminio, plastiche) che vanno ad alimentare l'industria del riciclo, garantendo risparmi energetici e di emissioni di gas serra rispetto alla produzione ex-novo del materiale. Sotto il profilo economico si sottolinea, infine, l'elevato valore di mercato delle materie secondarie, i cui prezzi negli ultimi cinque anni sono cresciuti. Il beneficio ambientale dell'attività di recupero dipende, però, fortemente dalla sua efficacia ed efficienza: in questo senso innovazione tecnologica ed

una maggiore razionalizzazione dei processi potrebbe contribuire a migliorare nel futuro i risultati finora ottenuti.

1.1.1 La normativa

A livello normativo la direttiva europea 2002/96 (con le successive integrazioni), recepita in Italia con il Decreto Legislativo 151 del 2005, ha definito un sistema di raccolta e riciclaggio che fa ricadere sui produttori¹ la responsabilità della gestione dei rifiuti generati dalle apparecchiature elettriche ed elettroniche, a valle di una prima fase di raccolta urbana fino alla piattaforma, la cui gestione compete, invece, ai Comuni.

Oltre al coinvolgimento diretto di Produttori e Comuni, la normativa attribuisce un compito specifico anche ai Distributori, chiamati a ritirare gratuitamente i RAEE dai consumatori finali, in occasione di un nuovo acquisto equivalente (ritiro "uno contro uno")².

La normativa, identifica le seguenti dieci classi di apparecchiature elettriche ed elettroniche da sottoporre agli obblighi di raccolta e recupero:

1. Grandi elettrodomestici (lavatrici, frigoriferi, condizionatori...)
2. Piccoli elettrodomestici (microonde, ventilatori...)
3. Apparecchiature informatiche e per telecomunicazioni
4. Apparecchiature di consumo (televisioni, videocamere...)
5. Apparecchiature di illuminazione
6. Strumenti elettrici ed elettronici (ad eccezione degli utensili industriali fissi)
7. Giocattoli e apparecchiature per lo sport e per il tempo libero
8. Dispositivi medici (ad eccezione di tutti i prodotti impiantati e infettati)
9. Strumenti di monitoraggio e di controllo
10. Distributori automatici

È prevista poi una ripartizione, a seconda della provenienza, in RAEE domestici o professionali³ ed una distinzione tra RAEE "storici" e "nuovi", sulla base della data di immissione sul mercato.

Per i RAEE "storici" è prevista l'attribuzione di responsabilità ai produttori in base alla quota

¹ La legge indica come produttori tutti i soggetti che immettono sul mercato dei prodotti, indipendentemente dalla loro provenienza: rivenditori con il proprio marchio di prodotti acquistati da altri fornitori, importatori sul mercato nazionale e produttori in senso stretto.

² Al momento della redazione della presente ricerca (novembre 2008), il ritiro gratuito degli apparecchi da parte del Distributore è subordinato all'entrata in vigore di uno specifico Decreto in fase di definizione.

³ Come RAEE domestici, la normativa considera tutti i "RAEE originati dai nuclei domestici e i RAEE di origine commerciale, industriale, istituzionale e di altro tipo analoghi, per natura e per quantità, a quelli originati dai nuclei domestici" (D.Lgs. 151/05, Art.3 lettera o).

di mercato e la loro gestione deve avvenire obbligatoriamente attraverso forme consortili; per i RAEE "nuovi" la responsabilità di riciclo è attribuita in relazione al marchio e viene lasciata libera la scelta del sistema di gestione.

La data spartiacque tra RAEE "storici" e "nuovi" avrebbe dovuto inizialmente essere il 6 Agosto 2006, ma è stata successivamente prorogata e mai definitivamente fissata; ad oggi, quindi, tutti i RAEE sono da considerarsi "storici".

Per la gestione dei RAEE "storici" l'Italia si è dotata di un sistema "multi-consortile" con più sistemi collettivi che operano in concorrenza. Il produttore deve obbligatoriamente scegliere una gestione collettiva ma ha la facoltà di scegliere a quale forma aderire. Ciascun consorzio è tenuto a gestire una quota di RAEE pari alla somma delle quote di mercato dei singoli produttori aderenti e può istituire opportuni strumenti finanziari e operativi al fine di ottimizzare la gestione dei RAEE stessi: ha ad esempio la facoltà di imporre, già in fase di vendita, un sovrapprezzo alle apparecchiature elettriche ed elettroniche (Eco-contributo RAEE), che sia visibile al consumatore. La legge prevede anche l'istituzione di un Registro Nazionale, di un Comitato di Vigilanza e Controllo, di un Comitato di Indirizzo e di un Centro di Coordinamento Nazionale dei sistemi collettivi; un sistema sanzionatorio prevede multe in caso di mancato rispetto della normativa.

Il D.Lgs. 151/2005 fissa l'obiettivo annuo di raccolta dei RAEE a 4 kg/ab da raggiungersi entro il 31 Dicembre 2008, un target già ampiamente superato da molti stati dell'Europa a 15 e che vede invece più in difficoltà i nuovi membri dell'Unione.

Oggi in Italia il recupero pro-capite di RAEE domestici è pari a circa 1,8 kg/ab e solo nella Regione del Friuli Venezia Giulia risulta superato l'obiettivo dei 4 kg/ab (fonte Apat, Rapporto Rifiuti, 2007).

Il decreto fissa anche gli obiettivi di recupero e di reimpiego e riciclaggio differenziati a seconda della tipologia di RAEE:

- per i grandi elettrodomestici il recupero deve essere

pari almeno all'80% del peso medio mentre il reimpiego ed il riciclaggio devono essere almeno pari al 75%;

- per i piccoli elettrodomestici si hanno invece obblighi di recupero pari al 70% e di reimpiego e riciclo pari al 50% del peso medio.

Il DM 185/2007, con l'obiettivo di ottimizzare il sistema di gestione (raccolta, trasporto, messa in sicurezza e trattamento) dei diversi RAEE, li ha classificati in cinque gruppi, individuati in base alle tecnologie necessarie al loro corretto trattamento:

- Raggruppamento R1: freddo e clima (frigoriferi, congelatori, condizionatori e scaldacqua);
- Raggruppamento R2: grandi bianchi (lavatrici, lavastoviglie, forni, piani cottura...);
- Raggruppamento R3: tv e monitor;
- Raggruppamento R4: piccoli elettrodomestici, elettronica di consumo, apparecchi di illuminazione e altro;
- Raggruppamento R5: sorgenti luminose.

Già in fase di raccolta alla piattaforma si deve procedere con questa divisione, in modo da indirizzare ciascuna tipologia di rifiuti agli opportuni impianti di trattamento.

1.1.2 Il Consorzio Ecodom

Ecodom, Consorzio Italiano Recupero e Riciclaggio Elettrodomestici, è un consorzio volontario nato per rispondere alle richieste della direttiva 2002/96/CE ed è oggi uno dei maggiori Sistemi Collettivi per la gestione dei RAEE "storici" in Italia.

I soci fondatori e le aziende associate sono produttori di grandi e piccoli elettrodomestici per conto dei quali Ecodom gestisce il recupero dei RAEE proporzionalmente alle quote di mercato. I volumi di RAEE trattati da Ecodom corrispondono circa al 35% in peso di tutti i RAEE prodotti in Italia.

Nello specifico, Ecodom gestisce i RAEE appartenenti ai seguenti raggruppamenti:

- R1 (frigoriferi, condizionatori), con una quota del 70% del totale nazionale;
- R2 (lavatrici, lavastoviglie, stufe elettriche...) con una quota del 70% del totale nazionale;
- R4 con una quota pari a circa il 2% del totale nazionale.

Il Consorzio si avvale della collaborazione di 14 partner distribuiti in modo da garantire una completa copertura del territorio nazionale. Si tratta di aziende specializzate nella gestione dei RAEE che operano il ritiro dalle piattaforme assegnate ad Ecodom fino all'impianto ed il trattamento di recupero dei rifiuti elettrici ed elettronici.

1.2 CARATTERIZZAZIONE DELLA TIPOLOGIA DI PRODOTTO: RAEE R1 E R2

Gli apparecchi di refrigerazione e condizionamento e i grandi elettrodomestici (raggruppamenti R1 e R2), rappresentano in peso, allo stato attuale, circa il 60% di tutti i RAEE. Sono accomunati da elevati volumi e pesi unitari, caratteristiche che costituiscono alcune difficoltà nel conferimento alla piattaforma e nella logistica del trasporto.

1.2.1 Produzione di RAEE stimati per i raggruppamenti R1 e R2

Complessivamente, secondo le stime della Commissione Europea ("2008 Review of Directive 2002/96/EC on Waste Electrical and Electronic Equipment – Final report", United Nations University), la produzione di rifiuti elettrici ed elettronici in Italia si attesta tra le 970.000 e le 995.000 tonnellate, con previsione di crescita nei prossimi anni. Per l'Italia si ipotizza di giungere a circa 1,1 milioni di tonnellate nel 2010 e a 1,35 milioni di tonnellate nel 2020. La produzione pro-capite nazionale è allineata con la media europea (circa 17 kg/ab l'anno per l'UE a 15, inferiore a 15 kg/ab l'anno per l'UE a 27) e anche il tasso di crescita è stimato equivalente a quello dei paesi più affluenti e pari a circa il 38% in più entro il 2020.

La crescita della generazione di RAEE non sarà però omogenea in tutti i settori. Il maggiore sviluppo interessa i rifiuti da apparecchiature informatiche e di telecomunicazione e dalle nuove tipologie di televisori e monitor (LCD, plasma). Per grandi elettrodomestici bianchi e apparecchi di refrigerazione la crescita è prossima al tasso di sostituzione (sia pure con una possibile evoluzione della taglia media, soprattutto nella refrigerazione), mentre è attesa una crescita per alcuni elettrodomestici a più bassa penetrazione (lavastoviglie, essiccatrici) e soprattutto per apparati di

condizionamento.

Relativamente agli elettrodomestici della categoria "freddo" e ai grandi bianchi si stima che l'immesso sul mercato sia stato, negli ultimi due anni, pari a circa 11 milioni di pezzi (oltre 400.000 tonnellate di peso). La produzione potenziale di RAEE non corrisponde tuttavia ai flussi di rifiuto che entrano nei circuiti di raccolta e trattamento. Oltre a fenomeni di smaltimento abusivo e improprio, infatti, una quota importante di RAEE è gestita da piccoli operatori locali, anche irregolari, e non viene intercettata dal circuito di raccolta ufficiale. Questo fenomeno riveste una rilevanza anche ambientale per tutte quelle tipologie di rifiuti che contengono sostanze potenzialmente pericolose per l'ambiente (come CFC e oli) o tossiche per la salute umana (piombo e altri metalli presenti in

diversi apparati).

Uno studio del Dipartimento di Ingegneria Gestionale del Politecnico di Milano ("Dossier Tecnico: grandi e piccoli elettrodomestici scenario di riferimento e aspetti operativi", Ecodom 2008) ha stimato i massimi potenziali flussi degli R1 ed R2 per i circuiti di recupero, partendo dai dati delle vendite e da alcune ipotesi relative al ciclo di vita medio ed alle modalità di conferimento del rifiuto.

Considerando così tassi di ritorno all'impianto – che sono i più alti (pari al 60%) per i frigoriferi ed i più bassi (pari al 21%) per le cappe – gli R1 ed R2 potenzialmente recuperabili risultano circa 6 milioni di pezzi per una quantità complessiva di circa 258.000 tonnellate. Di queste, circa 89.500 tonnellate si riferiscono a frigoriferi e congelatori mentre altre 7.400

POTENZIALE MASSIMO DI RACCOLTA DI RAEE DEI RAGGRUPPAMENTI R1 E R2 (2007)

	Tasso di ritorno (%)	Numero di pezzi	Tonnellate	Quota Ecodom (70%)
Frigoriferi	60	1.596.023	67.033	46.923
Congelatori	49	373.581	22.415	15.691
Condizionatori	23	185.536	7.422	5.195
Scalda-acqua	55	887.560	22.189	15.532
Lavatrici	49	1.272.010	82.680	57.876
Lavastoviglie	35	362.332	18.117	12.682
Cappe	21	249.711	4.994	3.496
Cucine	40	272.895	15.009	10.506
Forni	24	349.616	12.237	8.566
Piani cottura	25	454.737	6.821	4.775
Totale		6.004.002	258.917	181.242
R1 con CFC/HCFC			96.870	67.809
R2			162.047	113.433

Massimi flussi potenziali di R1 ed R2 per gli impianti di trattamento (studio Dip. Ingegneria Gestionale del Politecnico di Milano contenuto in Ecodom "Dossier Tecnico - Grandi e piccoli elettrodomestici, scenario di riferimento e aspetti operativi", 2007)

tonnellate riguardano i condizionatori, per un totale di quasi 97.000 tonnellate di rifiuti potenzialmente contenenti CFC/HCFC.

1.2.2 Caratteristiche ambientali dei RAEE

I rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche hanno una significatività superiore alla media dei rifiuti urbani in ragione del contenuto sia di materiali riciclabili, sia di sostanze potenzialmente dannose per l'ambiente o potenzialmente tossiche per l'uomo e l'ecosistema.

Per quanto attiene ai rifiuti dei raggruppamenti R1 e R2, le sostanze di maggior interesse sono quelle legate al comparto "freddo", che presenta nelle schiume isolanti della carcassa e nei circuiti refrigeranti gas lesivi per l'ozono stratosferico: i clorofluorocarburi (CFC) e gli idroclorofluorocarburi (HCFC).

I primi sono già banditi, i secondi sono in via di dismissione e si stima scompariranno dai rifiuti solo intorno al 2019. Sostituiti di queste sostanze, già utilizzati e caratterizzati da assenza di impatto sull'ozono, sono gli idrofluorocarburi (HFC) e gli idrocarburi (HC).

CFC, HCFC e HFC hanno inoltre un potere climalterante (GWP) abbastanza elevato e contribuiscono così notevolmente all'effetto serra, al contrario degli HC, con potere climalterante nullo. Una buona efficienza di raccolta negli impianti di trattamento si rivela, quindi, indispensabile per ridurre l'impatto di queste sostanze sull'ambiente.

Altre sostanze di interesse dal punto di vista ambientale sono oli esausti, PCB, piombo, mercurio.

Lo studio condotto per la Commissione Europea ("2008 Review of Directive 2002/96/EC on Waste Electrical and Electronic Equipment – Final report", United Nations University) analizza per le diverse tipologie di RAEE il peso ambientale delle singole componenti, evidenziando gli elementi di maggior criticità da considerare in fase di trattamento.

Per un frigorifero contenente CFC, il maggior impatto ambientale (superiore al 50%) è attribuito ai clorofluorocarburi, frazione che rappresenta poco

meno dell'1% in peso del frigorifero, ma il cui impatto sull'ambiente emerge come principale criticità. Le quote restanti sono coperte per oltre il 25% da materiali ferrosi (ferro, acciaio, rame...) che, seppur materialmente presenti in quantità superiori, superano di poco il peso ambientale dalle materie plastiche (poliuretano PVC, polistirene...), prossimo al 20%. Il peso ambientale cambia notevolmente per un frigorifero con HC: gli idrocarburi impattano percentualmente di una quantità pari a quella del loro peso fisico; al contrario, ricoprono quote superiori le materie plastiche, che pesano sull'ambiente per oltre un terzo del peso complessivo (a fronte di una presenza fisica di circa un quarto). Il resto del peso ambientale ricade così sui materiali ferrosi e marginalmente sulle altre categorie residuali (oli, inerti...).

Un'analoga analisi è stata realizzata anche per un generico grande elettrodomestico bianco. In questo caso il peso ambientale maggiore (circa il 60%) è sostenuto dai materiali ferrosi, presenti nella medesima percentuale, con la differenza che, a fronte di riduzioni del peso ambientale dell'acciaio, si registra un incremento per i contributi di rame ed alluminio. Le materie plastiche contribuiscono a circa un quarto del peso ambientale complessivo, a fronte di un peso fisico di circa il 15%. Le quote restanti sono coperte da inerti (peso fisico 22%, peso ambientale 14%) e da frazioni residuali come vetro ed oli.

1.2.3 Caratterizzazione del ciclo di recupero e trattamento dei RAEE

La filiera del recupero consiste in tutte quelle attività che gestiscono il "fine vita" di un apparecchio elettrico o elettronico, dalla raccolta fino al trattamento in appositi impianti.

A livello normativo il D.Lgs. 151/2005 lascia alla dismissione di un bene durevole tre alternative:

- la rigenerazione completa del bene, che ne allunga la vita posticipando la fase di trattamento (non possibile però nei casi in cui l'apparecchiatura contenga sostanze fuorilegge come i CFC);

- la rigenerazione di alcuni componenti, che possono essere usate come pezzi di ricambio o su beni di nuova produzione;
- il riciclaggio dei materiali, da destinarsi come materie prime secondarie ad altre attività.

Il ciclo di recupero può essere così suddiviso nelle seguenti fasi:

- **Raccolta urbana:** prevede il ritiro domestico dei RAEE e il loro trasporto fino alla piattaforma.
- **Gestione piattaforma:** il rifiuto viene separato per raggruppamento RAEE di appartenenza in attesa di essere poi inviato all'impianto di trattamento.
- **Trasporto dalla piattaforma all'impianto di trattamento:** i RAEE vengono prelevati e trasportati all'apposito impianto di trattamento.
- **Trattamento:** prevede una prima fase di pre-trattamento, con lo smontaggio delle parti mobili, la messa in sicurezza – che prevede l'asportazione degli elementi pericolosi – e la separazione di eventuali componenti riutilizzabili. Segue, quindi, la triturazione delle parti non riutilizzabili, la successiva selezione dei materiali risultanti (le materie prime secondarie), poi inviati a riciclo industriale.
- **Trattamenti aggiuntivi finalizzati al riciclo:** alcune componenti, non trattate direttamente nella fase precedente, oppure pretrattate ma non ancora pronte per il riciclo, sono inviate ad appositi impianti per il recupero di ulteriori materie prime secondarie adatte per il riciclo industriale.
- **Riciclo industriale:** consiste nell'attività di trasformazione delle materie prime secondarie in materiali pronti per un nuovo impiego.
- **Smaltimento rifiuti:** alcune frazioni risultanti dai vari trattamenti e non riciclabili possono essere inviate a recupero energetico; per tutti gli altri elementi non recuperabili il destino è invece lo smaltimento in discarica.

2. BILANCIO DI MASSA ED ENERGETICO DEL CICLO GENERALE DI TRATTAMENTO DEI RAEE DI COMPETENZA DEL CONSORZIO ECODOM

L'elaborazione del presente bilancio si è basata su informazioni rilevate, con appositi questionari, direttamente da alcuni partner⁴ del consorzio Ecodom ed inerenti le quantità trattate di RAEE, i materiali recuperati e i consumi energetici nell'anno 2007; tali informazioni sono state poi in parte integrate con dati generali forniti dal Consorzio stesso e presenti in letteratura. Nella costruzione del bilancio sono stati valutati i contributi di tutte le fasi di recupero del rifiuto, dalla piattaforma fino al riciclo industriale, considerando la massa recuperata o smaltita, i consumi energetici e le emissioni di gas climalteranti o con effetto sull'assottigliamento dell'ozono stratosferico.

2.1 IL CAMPIONE ANALIZZATO

Per la ricerca sono stati utilizzati questionari dettagliati per 11 operatori di impianti di trattamento, che complessivamente hanno trattato nel 2007 in ingresso 56.000 tonnellate di rifiuti, 42.000 delle quali potenzialmente contenenti clorofluorocarburi. Su tre operatori è stato effettuato un sopralluogo, con uno specifico approfondimento relativo al ciclo di gestione della sola frazione costituita da frigoriferi e da lavatrici, al fine di evidenziare consumi e recuperi riconducibili in maniera specifica a questi due prodotti di rifiuto largamente rappresentativi. I flussi principali entranti negli impianti analizzati sono costituiti da apparecchiature elettriche (frigoriferi, congelatori e in misura minore condizionatori) contenenti fluorocarburi, HCFC, HFC. Altre voci significative riguardano i grandi

elettrodomestici; marginali le presenze di flussi di rifiuto non appartenenti ai raggruppamenti R1 e R2. Nella distribuzione tra gli operatori, il rapporto tra rifiuti R1 e rifiuti R2 vede una posizione dominante dei primi (67% come media pesata), con una variazione tra il 63% e il 100% (in un solo caso rappresentano poco meno della metà del flusso in ingresso).

TIPOLOGIE DI RIFIUTI NEL CAMPIONE DI IMPIANTI ANALIZZATO

Codice	Nomenclatura CER	Tonnellate
160211	apparecchiature fuori uso, contenenti clorofluorocarburi, HCFC, HFC	11.054
160213	apparecchiature fuori uso, contenenti componenti pericolosi diversi da quelli di cui alle voci 160209 (condensatori e trasformatori PCB) e 160212 (amianto e fibre libere)	1.719
160214	apparecchiature fuori uso, diverse da quelle di cui alle voci da 160209 (PCB condensatori) a 160213	6.422
160215	componenti pericolosi rimossi da apparecchiature fuori uso	28
160216	componenti rimossi da apparecchiature fuori uso, diversi da quelli di cui alla voce 160215	597
170604	materiali isolanti diversi da quelli di cui alle voci 170601 (isolanti contenenti amianto) e 170603 (altri materiali isolanti contenenti o costituiti da sostanze pericolose)	5
200121	tubi fluorescenti ed altri rifiuti contenenti mercurio	7
200123	apparecchiature fuori uso contenenti clorofluorocarburi	31.031
200135	apparecchiature elettriche ed elettroniche fuori uso, diverse da quelle di cui alla voce 200121 (lamapde fluorescenti) e 200123 (contenenti clorofluorocarburi), contenenti componenti pericolosi	2.648
200136	apparecchiature elettriche ed elettroniche fuori uso, diverse da quelle di cui alle voci 200121, 200123 e 200135	2.548
200307	rifiuti ingombranti	7
totale		56.066
di cui totale con CFC		42.085

⁴ Sono 11 le aziende che hanno risposto: Amiat, Ecopolis 2000, Ecoservice/Mercantile, Elettro Recycling, FG Coop, Nec, Nuova Beretta, Seval, Sira, Tred Sud e Vallone.

2.2 BILANCIO DI MASSA

Il bilancio di massa mostra la ripartizione dei diversi flussi di materiale in uscita dal ciclo di recupero, suddivisi per destinazione.

I questionari hanno fornito, per ciascun materiale trattato presso gli impianti partner di Ecodom, le quantità destinate a riciclo industriale diretto, ad ulteriore trattamento o a smaltimento (discarica o inceneritore). Nei vari impianti il tasso di recupero (diretto e indiretto) dei materiali oscilla tra il 73% e il 98%, con un valore medio pesato dell'81%.

Il 54% del materiale recuperato è inviato a riciclo diretto, il 46% è sottoposto a successive operazioni di valorizzazione (in alcuni casi di solo stoccaggio).

Le operazioni di ulteriore trattamento sono state suddivise tra quelle riconducibili per lo più all'attività di un grossista (che raccoglie piccole quantità per poi portarle a riciclo industriale, eventualmente realizzando piccole azioni di pulitura del materiale) e quelle in cui, invece, il materiale subisce un ulteriore processo di lavorazione. Per il primo caso si è ipotizzata solo una perdita di materiale (variabile tra l'1% per i ferrosi e il 25% per le materie plastiche), mentre sono stati trascurati eventuali consumi elettrici, vista l'assenza di un trattamento vero e proprio.

Nel secondo caso ricade il trattamento secondario cui sono sottoposti tutti quegli elementi (compressori, cavi elettrici, plastiche miste...) che, separati nella prima fase di trattamento, sono inviati ad altri impianti per la selezione.

Per questi materiali sono state formulate ipotesi sui recuperi delle diverse componenti e sugli scarti destinati a discarica in base ad informazioni reperite direttamente da alcuni partner di Ecodom o da altre fonti. I consumi energetici, associati a queste attività di trattamento secondario, sono posti pari a 30 kWh/t, valore medio di riferimento presente in letteratura per attività di

selezione.

In mancanza di un dato certo si considera il totale dei frigoriferi a recupero così composto:

- 60% con CFC
- 20% con HCFC e HFC
- 20% con HC⁵.

Un'ulteriore ipotesi riguarda la quantità di CFC presente nei frigoriferi, non essendo ad oggi disponibili dati italiani a riguardo⁶.

Si assume che la massima capacità di intercettazione, ossia il più alto tasso di raccolta registrato negli impianti di trattamento, sia pari al 95% del contenuto originario dell'apparecchio. Si ottengono così valori pari a 5.351 g CFC11/tonnellate R1 e a 2.976 g CFC12/tonnellate R1, con una presenza complessiva di CFC pari a 8.327 g CFC/tonnellate R1, lo 0,83% in peso di un apparecchio. Il valore di raccolta medio, pesato sulla base delle quantità trattate da ciascun impianto, risulta pari al 58% per il CFC11 e al 70% per il CFC12. Tale efficienza nella raccolta viene attribuita anche ai refrigeranti sostituiti dei CFC a seconda del loro uso: nelle schiume della carcassa (al posto del CFC11) o nel circuito (al posto del CFC12).

Un'ultima ipotesi riguarda poi la composizione percentuale dei RAEE: ad oggi si considera una ripartizione con il 67% di R1 ed il 33% di R2 (fonte Ecodom). Il bilancio di massa per l'attività di recupero degli R1 ed R2 di Ecodom viene riferito ad un volume di RAEE trattati pari a 60.000 tonnellate/anno, quantità sui cui si colloca l'azione del Consorzio "a regime". Il bilancio mostra come circa l'81,4% dei materiali provenienti dai RAEE trattati da Ecodom (pari a 48.852 tonnellate/anno) siano inviati a riciclo industriale con la

⁵ Lo studio United Nation University, 2007 considera 20% HC ed 80% CFC non distinguendo quindi tra CFC, HCFC e HFC

⁶ I dati medi disponibili a livello europeo potrebbero infatti non essere adatti al contesto nazionale, essendo storicamente i frigoriferi venduti sugli altri mercati dell'Unione più isolati e quindi a più elevato contenuto di CFC.

RECUPERI DA TRATTAMENTO SECONDARIO CAVI*

Pvc	60%
Rame	40%

RECUPERI DA TRATTAMENTO SECONDARIO LAMPADE **

Metalli	10%
Polveri	5%
Vetro	85%

RECUPERI DA TRATTAMENTO SECONDARIO COMPRESSORI **

Alluminio	1%
Ferro	91%
Rame	8%

RECUPERI DA TRATTAMENTO SECONDARIO ACCUMULATORI AL PIOMBO ***

Piombo	50%
Solfato di piombo	12%
Polipropilene	4%
Scarti	34%

RECUPERI DA TRATTAMENTO SECONDARIO PLASTICHE MISTE **

Alluminio	2%
Polistirene	68%
Rame e ottone	1%
Scarti	29%

* Fonte: Tred Sud

** Fonte: Nec

*** Fonte: Riciclo Ecoefficiente (dati 2006 fonte Cobat, Bilanci annuali)

quota predominante rivestita dai metalli (ferro, acciaio, rame...) che pesano complessivamente quasi 41.000 tonnellate/anno (circa il 68% del totale trattato). Seguono poi le frazioni plastiche con oltre 4.400 tonnellate/anno (il 7,3%) e il vetro e il legno, con piccole quote percentuali (rispettivamente 1,5% e 1%). Annualmente a discarica vengono, invece, destinate 10.468 tonnellate (il 17,4% di tutti i materiali) mentre l'inceneritore ed altri trattamenti ricevono poco meno del 2%. Tra le quantità che sono destinate a discarica rivestono particolare importanza le circa 7.130 tonnellate di poliuretano, che pesano per quasi il 12% del totale dei rifiuti trattati. Questo materiale è dotato di un buon potere calorifico (circa 6.500 Kcal/kg) e potenzialmente si presterebbe all'incenerimento con recupero energetico, ma paga ad oggi elevati ingombri ed una difficile logistica.

	Ecodom massimo sviluppo	Ecodom centralizzato	No riciclo
CFC11	5.351	3.107	58%
CFC12	2.976	2.093	70%

Elaborazione Ambiente Italia su dati Ecodom, 2008

BILANCIO DI MASSA PER LE ATTIVITÀ ECODOM "A REGIME" (60.000 TON/ANNO)

	Riciclo [ton]	Discarica [ton]	Incenerimento [ton]	Altro trattamento non definito [ton]	Totale [ton]
Ferro, acciaio e ghisa	37.465	174	-	-	37.639
Rame, bronzo e ottone	1.212	2	-	-	1.214
Alluminio	2.174	11	-	-	2.185
Pvc	946	295	-	-	1.240
Polistirene	3.184	-	-	-	3.184
Plastica gomma	284	95	-	-	378
Vetro	898	40	-	-	937
Legno	659	26	-	-	686
Calcestruzzo	1.264	-	-	-	1.264
Oli esausti	114	5	-	-	119
Metalli	0,4	-	-	-	0,4
Piombo e solfato di piombo	442	-	-	-	442
Poliuretani	-	7.131	464	-	7.595
CFC/HCFC/HFC/HC	-	-	190	18	207
Interruttori a mercurio e condensatori PCB	-	4	0,1	8	12
Scarti trattamento secondario	-	1.360	-	-	1.360
Altri rifiuti pericolosi	-	0,00	-	1	1
Altro	212	1.326	-	-	1.538
totale	48.852	10.468	654	27	60.000

Elaborazione Ambiente Italia

RIPARTIZIONE PERCENTUALE DEI FLUSSI DI MATERIA PER L'ATTIVITÀ ECODOM "A REGIME" (60.000 TON/ANNO)

	Riciclo [%]	Discarica [%]	Incenerimento [%]	Altro trattamento non definito [%]	Totale
Ferro, acciaio e ghisa	62,441%	0,290%			62,731%
Rame, bronzo e ottone	2,020%	0,003%			2,023%
Alluminio	3,622%	0,019%			3,641%
Pvc	1,576%	0,491%			2,067%
Polistirene	5,307%	0,000%			5,307%
Plastica gomma	0,473%	0,158%			0,631%
Vetro	1,496%	0,066%			1,562%
Legno	1,099%	0,043%			1,142%
Calcestruzzo	2,106%				2,106%
Oli esausti	0,189%	0,008%			0,198%
Metalli	0,001%				0,001%
Piombo e solfato di piombo	0,737%				0,737%
Poliuretani		11,88%	0,77%		12,658%
CFC/HCFC/HFC/HC			0,316%	0,030%	0,346%
Interruttori a mercurio e condensatori PCB		0,006%		0,014%	0,020%
Scarti trattamento secondario		2,266%			2,266%
Altri rifiuti pericolosi				0,001%	0,001%
Altro	0,353%	2,210%			2,564%
totale	81,42%	17,44%	1,089%	0,045%	100%

Elaborazione Ambiente Italia

2.2.1 Bilancio di massa nell'ipotesi di massimo recupero potenziale

Per valutare la massima quantità di R1 e R2 destinati a recupero nel contesto italiano ("il massimo recupero potenziale") si fa riferimento alla stima dei flussi massimi recuperabili fornita dallo studio del Politecnico di Milano (Ecodom, "Dossier Tecnico: grandi e piccoli elettrodomestici scenario di riferimento e aspetti operativi", 2007). I dati di questo studio mostrano però che a una crescita dei recuperi complessivi corrisponderà necessariamente una diversa composizione percentuale di R1 ed R2 rispetto a quella attuale. In uno scenario futuro di sviluppo, perciò, la quota maggiore di RAEE sarà rappresentata dai grandi elettrodomestici bianchi (R2) con una quota stimata del 62,6%, mentre la quota degli R1 (pur crescente in valore assoluto) si ridurrà a circa il 37,4%.

Ad una diversa composizione del rifiuto in ingresso corrisponde così un cambiamento anche negli output del ciclo di recupero.

Per stimare la composizione media di questo nuovo mix di R1 ed R2 sono stati costruiti bilanci di massa specifici per le due tipologie di RAEE, aggregati poi proporzionalmente alle nuove percentuali. Per gli R1 si fa riferimento al frigorifero – elettrodomestico considerato sufficientemente rappresentativo dell'intera frazione R1 – il cui bilancio di massa è ricavato da informazioni specifiche fornite da alcuni partner Ecodom. Per gli R2 ci si riferisce, invece, ai dati dello studio della United Nation University ("2008 Review of Directive 2002/96/EC on Waste Electrical and Electronic Equipment – Final report", United Nations University), che forniscono informazioni sul recupero dei vari materiali da un grande elettrodomestico "bianco" medio. La crescita della quota percentuale degli R2 porta con sé una maggior presenza di calcestruzzo nel bilancio di massa, essendo questo materiale usato come contrappeso nelle lavatrici, elettrodomestico che costituisce oltre il 50% del totale degli R2. Nell'ipotesi di un recupero per riciclo come aggregati si nota pertanto una crescita della percentuale dei materiali a recupero, che si attesta su percentuali prossime al 88%. Ogni

anno si recuperano così, avviandole a riciclo, circa 228.000 tonnellate di materiale. La quota di metalli resta maggioritaria: si stima un invio a riciclo di quasi 163.000 tonnellate/anno tra ferro, acciaio, alluminio e rame, pari a circa il 63% del totale dei RAEE trattati. La minor presenza di elettrodomestici del comparto freddo fa calare percentualmente il poliuretano (circa il 7% del totale) che viene conferito a discarica nella misura di circa 17.000 tonnellate/anno.

BILANCIO DI MASSA PER IL CASO DI MASSIMO RECUPERO POTENZIALE (258.000 TON/ANNO)

	Riciclo [ton]	Discarica [ton]	Incenerimento [ton]	Totale [ton]
Ferro, acciaio e ghisa	149.938	–	–	149.938
Rame	7.323	–	–	7.323
Alluminio	5.660	–	–	5.660
PVC	770	–	–	770
Polistirene	25.396	–	–	25.396
Gomma	–	–	–	–
Vetro	2.249	–	–	2.249
Legno	120	–	113	233
Calcestruzzo	35.494	–	–	35.494
Oli	553	–	–	553
Metalli	100	–	–	100
Cartone	2	–	–	2
Poliuretani	–	17.302	–	17.302
CFC /HCFC/HFC/HC	–	233	341	573
Interruttori a mercurio e condensatori PCB	43	–	–	43
Altro	15	1.520	–	1.535
Scarti	–	10.830	–	10.830
totale	227.662	29.885	453	258.000

Elaborazione Ambiente Italia

RIPARTIZIONE PERCENTUALE DEI FLUSSI DI MATERIA PER IL MASSIMO RECUPERO POTENZIALE (258.000 TON/ANNO)

	Riciclo [%]	Discarica [%]	Incenerimento [%]	Totale [%]
Ferro, acciaio e ghisa	58,1%	-	-	58,1%
Rame, bronzo e ottone	2,8%	-	-	2,8%
Alluminio	2,2%	-	-	2,2%
PVC	0,3%	-	-	0,3%
Polistirene	9,8%	-	-	9,8%
Vetro	0,9%	-	-	0,9%
Legno	0,1%	-	0,04%	0,1%
Calcestruzzo	13,8%	-	-	13,8%
Oli	0,2%	-	-	0,2%
Metalli	0,0%	-	-	0,0%
Cartone	0,0%	-	-	0,0%
Poliuretani	-	6,7%	0,0%	6,7%
CFC/HCFC/HFC/HC	-	0,1%	0,1%	0,2%
Interruttori a mercurio e condensatori PCB	0,02%	-	-	0,02%
Altro	0,00%	0,6%	-	0,6%
Scarti	-	4,2%	-	4,2%
totale	88,2%	11,6%	0,1%	100%

Elaborazione Ambiente Italia

BILANCIO DI MASSA PER LE QUANTITÀ DI COMPETENZA ECODOM (70% DEL TOTALE) NEL CASO DI MASSIMO RECUPERO POTENZIALE (258.000 TON/ANNO)

	Riciclo [ton]	Discarica [ton]	Incenerimento [ton]	Totale [ton]
Ferro, acciaio e ghisa	104.956	-	-	104.956
Rame	5.126	-	-	5.126
Alluminio	3.962	-	-	3.962
PVC	539	-	-	539
Polistirene	17.777	-	-	17.777
Vetro	1.574	-	-	1.574
Legno	84	-	79	163
Calcestruzzo	24.846	-	-	24.846
Oli	387	-	-	387
Metalli	70	-	-	70
Cartone	2	-	-	2
Poliuretani	-	12.111	-	12.111
CFC/HCFC/HFC/HC	-	163	238	401
Interruttori a mercurio e condensatori PCB	30	-	-	30
Altro	11	1.064	-	1.075
Scarti	-	7.581	-	7.581
totale	159.364	20.919	317	180.600

Elaborazione Ambiente Italia

2.3 BILANCIO ENERGETICO

Il bilancio energetico considera i flussi di energia necessari per lo svolgimento di tutte le fasi dell'attività di recupero, dalla raccolta urbana al riciclo industriale.

Le fasi considerate dal bilancio energetico sono le seguenti:

- operazioni di trasporto dei rifiuti e dei sottoprodotti;
- operazioni di processo di disassemblaggio, frantumazione, recupero sostanze e materiali;
- operazioni di smaltimento finale dei rifiuti;
- saldo energetico derivante dal rapporto tra consumi energetici per la produzione di una quantità equivalente di materiale da materia prima vergine o da materia prima seconda (rottami, scarti, maceri etc...).

2.3.1 Consumi energetici di raccolta e trasporto

Per quanto concerne la raccolta urbana e la gestione della piattaforma, vengono considerati i consumi dei mezzi della raccolta municipale, che si suppongono essere camion con una portata di 16 tonnellate (fonte Eco-invent database, Frischknecht 2004), e per i quali si ipotizza una percorrenza media di 9,7 km (fonte "2008 Review of Directive 2002/96/EC on Waste Electrical and Electronic Equipment – Final report", United Nations University). La seconda fase di trasporto, dalla piattaforma all'impianto, fa riferimento invece al consumo di mezzi con una portata massima di 32 tonnellate (fonte Eco-invent database, Frischknecht 2004); si considera per questo spostamento una distanza di 113,6 km, calcolata come media tra le distanze percorse per il ritiro dalle due tipologie di RAEE (R1 e R2) pesata sul numero di ritiri effettuati (fonte Ecodom, dati operativi gennaio-giugno 2008). Per quanto riguarda la massima capacità trasportabile, visti gli elevati ingombri di R1 ed R2, ci si riferisce ad un valore medio di 2,34 tonnellate, ottenuto anche in

questo caso pesando la massa media trasportata per le due tipologie di RAEE sui ritiri effettuati.

Nel caso della raccolta urbana, il massimo carico trasportabile è posto, invece, pari alla metà, essendo la metà anche la capacità massima teorica dei camion utilizzati. Le successive operazioni di trasporto riguardano lo spostamento del rifiuto dall'impianto di trattamento a riciclo industriale, a discarica, a inceneritore o ad un altro impianto di trattamento secondario, dal quale poi un nuovo spostamento conferisce i materiali a riciclo oppure a discarica. Per questi spostamenti si ipotizza il ricorso alla medesima tipologia di mezzi con capacità pari a 32 tonnellate e si considerano distanze rispettivamente pari a 130 km, se hanno come destinazione la discarica o l'inceneritore, e 158 km se hanno come destinazione il riciclo industriale o ulteriori impianti di trattamento (fonte "2008 Review of Directive 2002/96/EC on Waste Electrical and Electronic Equipment – Final report", United Nations University). L'ingombro volumetrico dei materiali lavorati si suppone

CONSUMI DI CARBURANTE PER LE FASI DI TRASPORTO PER ECODOM "A REGIME" (60.000 TON/ANNO)

Origine - Destinazione	Distanza media [km]	Quantità trasportata [ton]	Mezzo utilizzato	Consumi carburante [kg diesel/km]	n° missioni necessarie	Consumo diesel [kg]	TEP
da casa - piattaforma	9,7	60000,0	camion 16ton	0,147	51.268,4	73.103,6	74,57
piattaforma - impianto	113,6	60000,0	camion 32ton	0,269	25.634,2	783.075,9	798,74
impianto - recupero	158	37909,7	camion 32ton	0,269	2.369,4	100.702,5	102,72
impianto - discarica	130	10369,0	camion 32ton	0,269	648,1	22.662,8	23,12
impianto - inceneritore	130	653,7	camion 32ton	0,269	40,9	1.428,7	1,46
impianto - altro	130	27,1	camion 32ton	0,269	1,7	59,2	0,06
impianto-impianto2*	158	11040,5	camion 32ton	0,269	690,0	29.327,8	29,91
impianto2-recupero	158	9678,5	camion 32ton	0,269	604,9	25.709,8	26,22
impianto2-discarica	130	1362,0	camion 32ton	0,269	85,1	2.976,8	3,04
totale						1.039.046,9	1.059,8

*Con "impianto2" si intendono gli impianti di trattamento secondario
Elaborazione Ambiente Italia

essere molto ridotto e si valuta, pertanto, in 16 tonnellate il peso massimo trasportabile. Il calcolo dei consumi delle fasi di trasporto si ottiene considerando contemporaneamente la quantità trasportata lungo ogni tragitto (desunta dai dati del precedente bilancio di massa), il massimo volume trasportabile da ciascun mezzo e, di conseguenza, il numero di missioni o ritiri necessari per singola tratta, le distanze medie di ciascuno spostamento e i consumi chilometrici dei mezzi utilizzati.

2.3.2 Consumi energetici dei processi di trattamento e smaltimento finale dei RAEE R1 e R2

I consumi della fase di trattamento dei RAEE R1 e R2 sono calcolati come media, pesata sulle quantità dichiarate a trattamento, dei dati energetici relativi agli impianti partner di Ecodom.

I consumi medi specifici risultanti sono: 160,9 kWh/tonnellata per l'energia elettrica, 0,0004 TEP/tonnellata per il gas e 0,0065 TEP/tonnellata per il gasolio. Per le attività di trattamento secondario –

CONSUMI SPECIFICI PER TONNELLATA DI RAEE TRATTATI

En. elettrica Ecodom	160,9	kWh/ton
Gas Ecodom	0,0004	TEP/ton
Gasolio Ecodom	0,0065	TEP/ton
En. elettrica trattamento secondario	30	kWh/ton
En. elettrica discarica	28	kWh/ton

Elaborazione Ambiente Italia

quelle relative alla raffinazione dei materiali finalizzate al reimpiego nei cicli industriali – si considerano consumi energetici pari a 30 kWh/tonnellata, caratteristici di attività di frantumazione e selezione magnetica, mentre per l'attività di discarica tali consumi si attestano a 28 kWh/tonnellata. Sono stati trascurati i contributi sia dell'incenerimento, che della voce "altri trattamenti non definiti", in quanto non univocamente attribuibili e riguardanti una componente marginale del bilancio di massa.

2.3.3 Bilancio energetico delle operazioni di riciclo (produzione secondaria e sostituzione produzione primaria)

L'attività di riciclo industriale viene considerata per il beneficio energetico che comporta. Tale beneficio è dato dalla differenza tra l'energia impiegata per la produzione di nuovo materiale a partire dalle materie prime secondarie e l'energia che sarebbe necessaria per la creazione del materiale ex novo. Non essendo disponibili tali informazioni

per tutti i materiali considerati nel bilancio di massa si è proceduto alle necessarie aggregazioni e semplificazioni prima del calcolo complessivo. Il beneficio stimato per l'attività di recupero dei materiali si attesta intorno al valore di 0,5 TEP/tonnellata.

CONSUMI ENERGETICI PER PRODUZIONE DA MATERIE PRIME (NUOVO) O DA MATERIE PRIME SECONDARIE (RICICLO)

	Energia nuovo [MJ/ton]	Energia riciclo [MJ/ton]	Fonte
Ferro, ghisa ed acciaio	19.300	5.400	Draft Reference Document on Best Available Techniques for the Production of Iron and Steel (IPPC, 2008)
Rame bronzo ottone	130.000	43.000	Epa, Solid Waste Management and greenhouses gases (2006)
Alluminio	173.085	7.684	European Aluminium Association 2008
PVC	61.180	12.620	Ecoinvent (primario), Randa group (secondario)
Polistirene, plastica gomma e polipropilene	79.500	7.840	Ecoinvent, Arena et al 2001
Vetro	13.910	11.080	Rielaborazione su dati Buwal e British Glass
Oli esausti		-40.000	
Metalli	19.300	5.400	Draft Reference Document on Best Available Techniques for the Production of Iron and Steel (IPPC, 2008)
Piombo e solfato di piombo	20.000	6.610	Cobat 2004 su dati CIT 1999 e Ecoinvent 2003

Elaborazione Ambiente Italia

2.3.4 Bilancio energetico del ciclo di gestione dei RAEE da parte di Ecodom "a regime" e al massimo potenziale teorico

Complessivamente, osservando il bilancio energetico per l'attività di Ecodom "a regime", si stima un beneficio complessivo di circa 27.000 TEP, dovuto al notevole risparmio energetico associato all'attività di riciclo dei materiali.

Processi di trattamento e trasporti incidono per circa il 10% del valore del beneficio energetico legato al riciclo. Il bilancio energetico calcolato sulla quantità massima potenzialmente recuperabile, ha utilizzato i dati del relativo bilancio di massa per il calcolo del beneficio dell'attività di recupero materiali. Non si attribuiscono invece variazioni agli altri consumi specifici. Il beneficio complessivo, valutato sulle quantità massime recuperabili, si attesta così a 116.247 TEP annui, che corrisponde circa al consumo energetico di una città di 40.000 abitanti.

BILANCIO ENERGETICO PER ECODOM "A REGIME" (60.000 TON/ANNO)

	TEP	TEP/ton
Saldo riciclo materiali (prod. secondaria - prod. primaria)	-30.892	-0,515
Processo di trattamento e valorizzazione	2.615	0,043
- di cui en. elett. trattamento primario	2.124	0,035
- di cui consumi gas e gasolio trattamento primario	418	0,007
- di cui en. elett. trattamento secondario	73	0,001
Trasporti e raccolta	1.060	0,018
Smaltimento finale (discarica)	72	0,001
totale	-27.145	-0,453

Elaborazione Ambiente Italia

2.4 BILANCIO DELLE EMISSIONI

Il bilancio delle emissioni valuta il contributo emissivo all'effetto serra e all'assottigliamento della fascia di ozono stratosferico dell'attività di Ecodom.

Gli effetti di tali emissioni sono espressi nel primo caso in termini di CO₂ equivalente, calcolata sulla base del potere climaterante (Global Warming Potential, GWP) delle sostanze stesse; nel secondo caso, si utilizza come unità di riferimento il CFC11 equivalente, che esprime invece il potenziale di assottigliamento dell'ozono stratosferico (Ozone Depleting Potential, ODP). Vengono trascurate dal bilancio complessivo altre tipologie emissive: il PM10 è valutato solo relativamente all'attività di trasporto (i dati sono riportati nel confronto tra scenari tecnologici vedi cap. 3), mentre non sono disponibili dati sufficientemente

BILANCIO ENERGETICO PER IL MASSIMO RECUPERO POTENZIALE (258.000 TON/ANNO)

	Totale [TEP]	Competenza Ecodom [TEP]
Saldo riciclo materiali (prod. secondaria - prod. primaria)	-132.452	-92.717
Processo di trattamento e valorizzazione	11.246	7.872
- di cui en. elett. trattamento primario	9.133	6.393
- di cui consumi gas e gasolio trattamento primario	1.799	1.259
- di cui en. elett. trattamento secondario	313	219
Trasporti e raccolta	4.557	3.190
Smaltimento finale (discarica)	401	281
totale	-116.247	-81.373

Elaborazione Ambiente Italia

accurati relativi alle polveri emesse dai singoli impianti di trattamento⁷ da inserire nel bilancio complessivo. Per il calcolo si fa riferimento ai dati sulle emissioni di CFC/HCFC/HFC/HC provenienti dagli R1 e rilevati da Ecodom durante gli audit condotti presso gli impianti partner nel corso del 2008. Come già precedentemente dichiarato, si considerano i RAEE del raggruppamento R1 come composti al 60% da elettrodomestici con CFC, al 20% con HCFC/HFC e al 20% con idrocarburi.

Nello specifico per i casi con CFC si considera il CFC11 per le schiume e il CFC12 per il liquido refrigerante; per i casi con HCFC/HFC ci si riferisce all'HCFC 141b per le schiume e all'HFC 134a per il liquido; per gli idrocarburi si considera infine il ciclopentano per le schiume e l'isobutano per il liquido. Restano valide anche le ipotesi riportate precedentemente sulla presenza dei vari refrigeranti e sull'efficienza di raccolta degli impianti.

Osservando il GWP e l'ODP di questi materiali, si evidenzia come HFC e idrocarburi abbiano un effetto

⁷ Gli impianti infatti non hanno ad oggi l'obbligo di un monitoraggio continuo di queste emissioni

SOSTANZE REFRIGERANTI: POTERE CLIMATERANTE (GWP) E POTENZIALE SULL'ASSOTTIGLIAMENTO DELL'OZONO (ODP)

	ODP [kg CFC11 eq./ kg materia]	GWP [kg CO ₂ eq./ kg materia]
CFC11	1	4750
CFC12	0,82	10900
HCFC 141b	0,09	725
HFC 134a	-	1430
Ciclopentano	-	-
Isobutano	-	-

Elaborazione Ambiente Italia

nullo sull'assottigliamento dell'ozono.

Si tratta, infatti, di sostanze introdotte recentemente proprio per ovviare al problema del buco dell'ozono; a livello di effetto climalterante, invece, soltanto gli idrocarburi possono essere considerati ad impatto nullo.

Nell'intero processo di gestione dei RAEE (includendo tutte le fasi, compreso il riciclo) i rilasci di queste sostanze generano emissioni climalteranti e lesive dello strato di ozono.

Le quantità non intercettate attraverso i processi di recupero e smaltimento di questi gas sono pari – nello scenario a regime – a circa 73 tonnellate di CFC11 eq. e a ca. 512.000 tonnellate di CO₂ eq.

Alle emissioni climalteranti complessive del ciclo di gestione di Ecodom contribuiscono anche i consumi e i benefici energetici connessi ai processi di trattamento, ai trasporti, allo smaltimento finale e al saldo dei processi di industriali di riciclo tra produzione primaria e produzione secondaria.

Il bilancio complessivo delle emissioni climalteranti e lesive dello strato di ozono è equivalente a un rilascio di circa 422.000 tonnellate di CO₂ eq. (per effetto della sostituzione di produzione primaria) e di circa 73 tonnellate di CFC11 eq. Sia sotto il profilo delle emissioni climalteranti che sotto quello delle emissioni lesive per lo strato di ozono gli effetti del ciclo di trattamento, trasporto e smaltimento finale sono nell'ordine del 2% degli impatti generati dalla non completa intercettazione delle sostanze refrigeranti e di circa il 10% dei benefici derivanti dalle operazioni di riciclo e di sostituzione della produzione primaria. Il calcolo delle emissioni rispetto al caso di massimo recupero potenziale vede, ovviamente, crescere i valori assoluti ma tale crescita è proporzionalmente inferiore rispetto alla quantità trattata. Sul totale dei RAEE trattati, infatti, si riduce la quota di R1 (contenenti le sostanze refrigeranti) e aumenta la quota dei restanti elettrodomestici (R2). La riduzione percentuale nella quota di R1 porta ad una contrazione delle emissioni specifiche, per tonnellata trattata, di CFC/HCFC/HFC. Il contributo specifico per tonnellata di rifiuto

SOSTANZE REFRIGERANTI: EMISSIONI CLIMALTERANTI E CON EFFETTO SULL'OZONO PER ECODOM "A REGIME" (60.000 TON/ANNO) DA RILASCI NON INTERCETTATI

	Emissioni [kg]	ODP totale [kg CFC11 eq.]	GWP [kg CO ₂ eq.]
CFC11	54.127,96	54.128,0	257.107.808,2
CFC12	21.297,75	17.463,6	232.138.121,2
HCFC 141b	18.042,65	1.551,7	13.080.923,6
HFC 134a	7.099,02	–	10.151.605,9
Ciclopentano	22.750,52	–	–
Isobutano	3.767,71	–	–

BILANCIO EMISSIONI CLIMALTERANTI E CON EFFETTO SULL'OZONO PER ECODOM "A REGIME" (60.000 TON/ANNO)

	ODP totale [kg CFC11 eq.]	ODP specifico [kg CFC11 eq./ton]	GWP totale [ton CO ₂ eq.]	GWP specifico [kg CO ₂ eq./ton]
Saldo riciclo materiali (prod. secondaria - prod. primaria)	–	–	-100.445	-1.674
Processo di trattamento e valorizzazione			7.060	118
– di cui en. elett. trattamento primario	–	–	5.532	92
– di cui consumi gas e gasolio trattamento primario	–	–	1.338	22
– di cui en. elett. trattamento secondario	–	–	190	3
Rilasci sostanze non intercettate	73.143,3	1,22	512.478,5	8.541
– di cui CFC11	54.128,0	0,9	257.107,8	4.285
– di cui CFC12	17.463,6	0,29	232.138,1	3.869
– di cui HCFC 141b	1.551,7	0,03	13.080,9	218
– di cui HFC 134a	–	–	10.151,6	169
– di cui Ciclopentano e Isobutano	–	–	–	–
Trasporti e raccolta	–	–	3.236	54
Smaltimento finale (discarica)	–	–	82	1,4
totale	73.143,2	1,22	422.411,6	7.040

trattato passa, infatti, da 1,22 a 0,68 kg CFC11 eq./ tonnellata e da 7 a 3,4 tonnellate di CO₂ eq. per tonnellata di rifiuto.

Le emissioni climalteranti complessive assommano in questo caso a 878.000 tonnellate di CO₂ equivalente, mentre quelle con effetti lesivi sull'ozono superano quota 175.000 kg di CFC11.

**BILANCIO EMISSIONI CLIMALTERANTI E CON EFFETTO SULL'OZONO
PER IL CASO DI MASSIMO RECUPERO POTENZIALE
(258.000 TON/ANNO)**

	ODP totale [kg CFC11 eq.]	ODP specifico [kg CFC11 eq./ /ton]	GWP totale [ton CO ₂ eq.]	GWP specifico [kg CO ₂ eq./ /ton]
Saldo riciclo materiali (prod. secondaria - prod. primaria)	-	-	-396.837	-1.538
Processo di trattamento e valorizzazione	-	-	30.356	118
- di cui en. elett. trattamento primario			23.789	92
- di cui consumi gas e gasolio trattamento primario			5.752	22
- di cui en. elett. trattamento secondario			816	3
Rilasci sostanze non intercettate	175.565	0,68	1.230.101	4.768
- di cui CFC11	129.923	0,5	617.135	2.392
- di cui CFC12	41.917	0,16	557.201	2.160
- di cui HCFC 141b	3.724	0,01	31.398	122
- di cui HFC 134a	-	-	24.366	94
- di cui Ciclopentano e Isobutano	-	-	-	-
Trasporti e raccolta	-	-	13.917	54
Smaltimento finale (discarica)	-	-	456	2
totale	175.565	0,68	877.993	3.403

Elaborazione Ambiente Italia

**BILANCIO EMISSIONI CLIMALTERANTI E CON EFFETTO SULL'OZONO PER LA
COMPETENZA ECODOM NEL CASO DI MASSIMO RECUPERO POTENZIALE
(258.000 TON/ANNO)**

	ODP totale [kg CFC11 eq.]	ODP specifico [kg CFC11 eq./ /ton]	GWP totale [ton CO ₂ eq.]	GWP specifico [kg CO ₂ eq./ /ton]
Saldo riciclo materiali (prod. secondaria - prod. primaria)	-	-	-277.786	-1.077
Processo di trattamento e valorizzazione	-	-	21.249	82,6
- di cui en. elett. trattamento primario	-	-	16.652	64,4
- di cui consumi gas e gasolio trattamento primario	-	-	4.026	15,4
- di cui en. elett. trattamento secondario	-	-	571,2	2,1
Rilasci sostanze non intercettate	122.896	0,476	861.071	3.338
- di cui CFC11	90.946	0,35	431.995	1.674
- di cui CFC12	29.342	0,112	390.041	1.512
- di cui HCFC 141b	2.607	0,007	21.979	85,4
- di cui HFC 134a	-	-	17.056	65,8
- di cui Ciclopentano e Isobutano	-	-	-	-
Trasporti e raccolta	-	-	9.742	37,8
Smaltimento finale (discarica)	-	-	319,2	1,4
totale	122.896	0,476	614.595	2.382

Elaborazione Ambiente Italia

2.5 VALUTAZIONE DEI BENEFICI DEL RICICLO: CONFRONTO CON SCENARI DI RIFERIMENTO

Per una valutazione dei benefici conseguiti dall'attività del consorzio Ecodom "a regime" e dei benefici conseguibili nel caso di massimo recupero potenziale occorre introdurre almeno uno scenario di riferimento. Gli scenari che vengono considerati sono due:

1. un primo caso ("no-riciclo") ipotizza l'assenza di attività di recupero. In questo caso tutti i RAEE verrebbero conferiti in discarica;
2. un secondo caso ("riciclo-no CFC") prevede, invece, il recupero e l'invio a riciclo dei materiali, ma non la raccolta dei CFC.

2.5.1 Gli scenari "no-riciclo" e "riciclo no-recupero CFC"

Nello scenario "no riciclo" i consumi energetici si riducono ai soli consumi della discarica e del trasporto, inoltre quest'ultimo viene semplificato rispetto alla situazione attuale, considerando solo i tragitti percorsi per la raccolta municipale e per il conferimento dalla piattaforma alla discarica. Per quanto riguarda lo scenario emissivo, si verifica la completa emissione in atmosfera delle varie categorie di refrigeranti.

Lo scenario "riciclo - no recupero CFC" ricalca il

bilancio della situazione attuale, con la sola differenza della mancata raccolta dei CFC/HCFC/HFC, consentendo così di apprezzare i benefici prodotti dall'intercettazione dei gas ozono lesivi. Eliminando, tuttavia, questa fase dall'attività di trattamento, si introduce un coefficiente moltiplicativo che ne riduce i consumi energetici del 20%.

Nel loro insieme i due scenari alternativi rappresentano il destino dei flussi di rifiuto generati ma non recuperati nei circuiti RAEE e, di conseguenza, soggetti ad abbandono e discarica (regolare o abusiva) ovvero a forme di recupero non controllato o comunque non specializzato, senza, quindi, intercettazione e segregazione dei CFC e di altre componenti pericolose.

2.5.2 Bilancio energetico e bilancio di emissioni: comparazione tra scenari

Sotto il profilo energetico l'attività di recupero con raccolta di CFC consente di risparmiare, in maniera diretta ed indiretta, circa 28.000 TEP rispetto allo scenario definito "no-riciclo". Sono invece minime le differenze energetiche tra l'attività di recupero con raccolta dei CFC, e quella senza raccolta di CFC, essendo la componente di beneficio ambientale legata al recupero dei materiali pari a circa un ordine di grandezza superiore rispetto a tutti gli altri consumi energetici.

Nello scenario di massimo sviluppo potenziale, il

BILANCIO ENERGETICO PER L'ATTIVITÀ ECODOM "A REGIME" (60.000 TON/ANNO): CONFRONTO SCENARI

	Situazione attuale [TEP]	No riciclo [TEP]	Riciclo-no CFC [TEP]
Saldo riciclo materiali (prod. secondaria - prod. primaria)	-30.892	0	-30.892
Processo di trattamento e valorizzazione	2.615	0	2.107
- di cui en. elett. trattamento primario	2.124	0	1.699
- di cui consumi gas e gasolio trattamento primario	418	0	335
- di cui en. elett. trattamento secondario	73	0	73
Trasporti e raccolta	1.060	426	1.060
Smaltimento finale (discarica)	72	368	72
totale	-27.145	795	-27.653

BILANCIO ENERGETICO PER IL MASSIMO RECUPERO POTENZIALE (258.000 TON/ANNO)

	Situazione attuale [TEP]	No riciclo [TEP]	Riciclo-no CFC [TEP]
Saldo riciclo materiali (prod. secondaria - prod. primaria)	-132.452	0	-132.452
Processo di trattamento e valorizzazione	11.246	0	9.060
- di cui en. elett. trattamento primario	9.133	0	7.307
- di cui consumi gas e gasolio trattamento primario	1.799	0	1.439
- di cui en. elett. trattamento secondario	313	0	313
Trasporti e raccolta	4.557	1.833	4.557
Smaltimento finale (discarica)	401	1.586	311
totale	-116.247	3.419	-118.524

CONSUMI ENERGETICI ED EMISSIONI DI GAS SERRA PER LE FASI DI TRASPORTO NELLO SCENARIO "NO RICICLO" PER LE QUANTITÀ "A REGIME" (60.000 TON)

Origine - Destinazione	Distanza media [km]	Quantità trasportata [ton]	Mezzo utilizzato	Consumi carburante [kg diesel/km]	Missioni [n°]	Consumo diesel [kg]	TEP	CO ₂ emessa [kg]
da casa - piattaforma	9,7	60.000	Camion 16ton	0,147	51.268,4	73.103,6	74,57	227.267,8
piattaforma - discarica	50	60.000	Camion 32ton	0,269	25.634,2	344.780,1	351,68	1.074.073,3
totale						417.883,7	426,20	1.301.341

**BILANCIO EMISSIONI CON EFFETTO SULL'OZONO PER ECODOM "A REGIME"
(60.000 TON ANNO): CONFRONTO SCENARI**

	situazione attuale [kg CFC11 eq.]	scenario "no riciclo" [kg CFC11 eq.]	scenario "riciclo-no CFC" [kg CFC11 eq.]
CFC11	54.128,0	129.076,7	129.076,7
CFC12	17.463,6	58.852,9	58.852,9
HCFC 141b	1.551,7	3.700,2	3.700,2
HFC 134a	-	-	-
Ciclopentano	-	-	-
Isobutano	-	-	-
totale	73.143,2	191.629,9	191.629,9

Elaborazione Ambiente Italia

trattamento di R1 e R2 consente di ottenere un recupero energetico, rispetto alla situazione di "non riciclo", pari ad oltre 119.000 TEP.

Sotto il profilo delle emissioni lesive per l'ozono, gli scenari alternativi (senza riciclo o senza recupero di CFC) sono tra loro equivalenti e presentano la massima distanza rispetto allo scenario attuale, basato su impianti di trattamento con intercettazione e segregazione dei gas ozono lesivi presenti nei circuiti refrigeranti e nelle schiume isolanti.

In termini di emissioni ozono distruttive, l'attività di raccolta dei CFC produce una riduzione delle emissioni generate pari ad oltre 118.000 kg CFC11 eq. Con lo sviluppo potenziale delle attività (mantenendo invariata l'efficienza di recupero che, come vedremo, potrebbe essere incrementata) il recupero effettuato è tale da ridurre le emissioni rilasciate in atmosfera di ben 285.000 kg CFC11 eq., una quantità che vale una quota molto rilevante del totale dei rilasci italiani. Per quanto riguarda le emissioni climalteranti, l'attività svolta dal Consorzio "a regime" già ne consente una notevole riduzione, valutabile in poco più di 1 milione di tonnellate di CO₂ eq. rispetto allo scenario "no-riciclo" ed in circa 950.000 tonnellate rispetto allo scenario "riciclo-no CFC". La differenza è data

**BILANCIO EMISSIONI CON EFFETTO SULL'OZONO PER IL MASSIMO POTENZIALE
DI RECUPERO (258.000 TON/ANNO): CONFRONTO SCENARI**

	situazione attuale [kg CFC11 eq.]	scenario "no riciclo" [kg CFC11 eq.]	scenario "riciclo-no CFC" [kg CFC11 eq.]
CFC11	129.923	309.822,7	309.822,7
CFC12	41.917	141.264,7	141.264,7
HCFC 141b	3.724	8.881,6	8.881,6
HFC 134a	-	-	-
Ciclopentano	-	-	-
Isobutano	129.923	-	-
totale	175.565	459.969	459.969

Elaborazione Ambiente Italia

dall'attività di raccolta dei CFC.

Le emissioni climalteranti annue prodotte da questi gas si attestano per i due scenari alternativi (senza recupero) a quasi 1,5 milioni di tonnellate CO₂ eq., mentre nella situazione attuale si riducono di circa 950.000 tonnellate CO₂ eq.

Nella situazione attuale il beneficio prodotto dal recupero dei materiali risulta più significativo e riduce di circa il 20% le emissioni che altrimenti sarebbero prodotte; al contrario, nella situazione in cui venisse a mancare la raccolta dei CFC tale contributo si ridurrebbe solamente del 7%.

Il trattamento della massima quantità potenziale di RAEE nella situazione attuale produrrebbe un beneficio di circa 2,2 milioni di tonnellate CO₂ eq. rispetto allo scenario "riciclo-no CFC" e di circa 2,6 milioni di tonnellate CO₂ eq. rispetto allo scenario "no riciclo". Il beneficio che ne deriverebbe sarebbe pari a circa il 2,7% delle emissioni che l'Italia dovrebbe ridurre entro il 2020, ovvero alle emissioni di una moderna centrale termoelettrica a carbone.

**BILANCIO EMISSIONI CLIMALTERANTI PER ECODOM "A REGIME"
(60.000 TON/ANNO): CONFRONTO SCENARI**

	Situazione attuale [ton CO ₂ eq.]	scenario "no riciclo" [ton CO ₂ eq.]	Scenario "riciclo-no CFC" [ton CO ₂ eq.]
Saldo riciclo materiali (prod. secondaria - prod. primaria)	-100.445	0	-100.445
Processo di trattamento e valorizzazione	7.060	0	5.686
- di cui en. elett. trattamento primario	5.532		4.426
- di cui consumi gas e gasolio trattamento primario	1.338		1.070
- di cui en. elett. trattamento secondario	190		190
Rilasci sostanze non intercettate	512.478,5	1.460.833	1.460.833
- di cui CFC11	257.107,8	613.144	613.144
- di cui CFC12	232.138,1	786.314	786.314
- di cui HCFC 141b	13.080,9	31.194	31.194
- di cui HFC 134a	10.151,6	34.211	34.211
- di cui Ciclopentano e Isobutano	-	-	-
Trasporti e raccolta	3.236	1.301	3.236
Smaltimento finale (discarica)	82	419	82
totale	422.411,6	1.462.553	1.369.392

Elaborazione Ambiente Italia

**BILANCIO EMISSIONI CLIMALTERANTI PER IL MASSIMO RECUPERO POTENZIALE
(258.000 TON/ANNO): CONFRONTO SCENARI**

	Situazione attuale [ton CO ₂ eq.]	scenario "no riciclo" [ton CO ₂ eq.]	Scenario "riciclo-no CFC" [ton CO ₂ eq.]
Saldo riciclo materiali (prod. secondaria - prod. primaria)	-396.837	0	-398.837
Processo di trattamento e valorizzazione	30.356	0	24.448
- di cui en. elett. trattamento primario	23.789		19.031
- di cui consumi gas e gasolio trattamento primario	5.752		4.601
- di cui en. elett. trattamento secondario	816	-	816
Rilasci sostanze non intercettate	1.230.101	3.506.436	3.506.436
- di cui CFC11	617.135	1.471.658	1.471.658
- di cui CFC12	557.201	1.877.787	1.877.787
- di cui HCFC 141b	31.398	74.874	74.874
- di cui HFC 134a	24.366	82.117	82.117
- di cui Ciclopentano e Isobutano	-	-	-
Trasporti e raccolta	13.917	5.596	13.917
Smaltimento finale (discarica)	456	1.806	354
totale	877.993	3.512.488	3.148.420

Elaborazione Ambiente Italia

3 OTTIMIZZARE IL RECUPERO DEI RAE, VALUTAZIONE DI ALCUNE IPOTESI

Nel corso dello studio si è potuto osservare che ancora oggi una quota significativa di CFC e altre sostanze dannose per l'ambiente vengono rilasciate in atmosfera, nonostante il trattamento.

Uno specifico audit condotto nel 2008 da Ecodom su 11 centri di trattamento ha mostrato un'ampia variabilità nell'efficienza di intercettazione di CFC 11 e CFC 12 dagli impianti di refrigerazione.

Il rapporto tra il caso migliore e il caso peggiore è di 2,4:1 per il CFC 12 e di 4,6:1 per il CFC 11.

Sostanziale è anche la differenza tra la cosiddetta "best practice" (cioè lo stabilimento nel quale il valore medio ponderato di intercettazione di CFC 11 e CFC 12 è più elevato) e la media pesata degli impianti di trattamento, con maggiori recuperi nell'ordine rispettivamente del 64% e del 15%.

Migliorando la capacità di intercettazione dei residui

EFFICIENZA DI INTERCETTAZIONE DI CFC 11 E CFC 12

	gr CFC 11/ton R1	gr CFC 12/ton R1
minimo	1.179	1.097
massimo	2.827	5.084
mediana	2.148	2.474
media pesata	2.093	3.107
best practice	2.401	5.084
min - max	2,4	4,6
media - best practice	1,1	1,6

Fonte: Ecodom 2008

nei circuiti refrigeranti e nelle schiume isolanti è dunque possibile ottenere significativi abbattimenti dei rilasci ambientali di gas dannosi per il clima e lo strato di ozono. La valutazione di questa possibilità di ottimizzazione è stata fatta assumendo un'alternativa estrema ancorché realistica: confrontando cioè le prestazioni ambientali tra lo stato attuale di trattamento distribuito regionalmente e uno stato ipotetico in

cui si concentra su un solo impianto (il migliore in termini di capacità di intercettazione dei gas ozono lesivi) il trattamento della sola quota di R1, che oggi rappresenta il flusso quantitativo maggiore, ma che in futuro è destinato a diventare il flusso meno prevalente. Il primo scenario è dunque lo scenario attuale del sistema di raccolta organizzato in modo "policentrico": diversi centri di recupero dislocati sul territorio

CONSUMI ED EMISSIONI PER FASI DI TRASPORTO PER LE QUANTITÀ "A REGIME" (60.000 TON): CONFRONTO SCENARI LOGISTICI E TECNOLOGICI

Origine - Destinazione	Distanza media [km]	Quantità trasportata [ton]	Consumo di diesel [kg]	Emissioni di CO ₂ [ton]	Emissioni di PM10 [kg]
da casa - piattaforma	9,7	60.000,0	73.103,6	227,3	218,3
piattaforma - impianto	113,6	60.000,0	783.075,9	2.439,5	1.289,6
impianto - migliore	262	40.200,0	1.325.437,6	4.129,1	2.182,8
impianto - recupero	158	37.909,7	100.702,5	313,7	165,8
impianto - discarica	130	10.369,0	22.662,8	70,6	37,3
impianto - inceneritore	130	653,7	1.428,7	4,5	2,4
impianto - altro	130	27,1	59,2	0,2	0,1
impianto - impianto2	158	11.040,5	29.327,8	91,4	48,3
impianto2 - recupero	158	9.678,5	25.709,8	80,1	42,3
impianto2 - discarica	130	1.362,0	2.976,8	9,3	4,9
Gestione Policentrica			1.039.046,9	3.236,4	1.809,1
Gestione Centralizzata (miglior impianto)			2.364.484,5	7.365,5	3.991,9

Elaborazione Ambiente Italia

trattano i RAEE ciascuno con la propria tecnologia, minimizzando gli spostamenti dei rifiuti stessi. Vista l'importanza ambientale di un corretto trattamento dei CFC si è costruito uno scenario, che chiameremo "centralizzato", che prevede che tutti i RAEE del raggruppamento R1 vengano trattati nell'impianto dotato, secondo gli audit condotti dal consorzio Ecodom, della migliore tecnologia ed efficienza di intercettazione dei CFC.

Ciò determina, da un lato, uno spostamento aggiuntivo di circa 260 km per 40.000 tonnellate di rifiuti R1, ma, dall'altro lato, ottiene un miglioramento nell'efficienza di raccolta dei CFC 11 e CFC 12 in un impianto che consegue valori di recupero rispettivamente pari al 100% del migliore valore e al 85% del migliore valore italiano (convenzionalmente assunti come capaci di intercettare fino al 95% dei gas presenti).

Per quanto attiene alla logistica, nello scenario "centralizzato", è stata introdotta una nuova voce di trasporto, costruita analogamente alla già presente voce di trasporto dei RAEE dalla piattaforma all'impianto, ma considerando i valori di capacità massima trasportabile rilevati per i soli R1 (2.138 kg/ritiro). La distanza di spostamento è calcolata come media, pesata sulle quantità trattate dai vari impianti, delle distanze dal miglior impianto.

L'introduzione di una nuova tratta per il trasporto verso il miglior impianto determina un incremento degli spostamenti da 18 a 28 milioni di tonnellate/km (+58%) e un più che proporzionale incremento dei consumi energetici, delle emissioni di gas serra e delle emissioni di PM10, che aumentano di circa il 125% (per effetto della minore occupazione media dei mezzi).

Le emissioni di gas serra e di PM10 legate a raccolta e trasporto passano rispettivamente da circa 3.230 tonnellate CO₂ eq. (valutato per la situazione Ecodom

"a regime") ad oltre 7.300 tonnellate CO₂ eq. e da circa 1.800 kg PM10 a quasi 4.000 kg PM10 (una crescita comunque nell'ordine dello 0,004% delle emissioni nazionali da trasporti⁸). Le emissioni di PM10 potrebbero, peraltro, essere drasticamente minimizzate impiegando mezzi di trasporto dedicati con filtri antiparticolati, con abbattimenti nell'ordine dell'80-90% delle emissioni.

L'incremento dei consumi energetici e delle emissioni determinato dai trasporti deve, tuttavia, essere confrontato con i benefici apportati dalla maggiore efficienza di intercettazione dei gas.

Per un corretto confronto si considerano pertanto tutte le variabili in gioco. Per i consumi energetici di processo si considerano quelli specifici dell'impianto "best practice" (nello scenario centralizzato) per la quota degli R1, mentre alla quota R2 vengono attribuiti i consumi medi. L'efficienza di recupero e riciclo dei materiali rimane uguale in tutti gli scenari.

L'utilizzo di una migliore tecnologia di raccolta dei CFC conduce, invece, ad una riduzione marcata dei rilasci di gas lesivi della fascia di ozono per tonnellata di rifiuto R1 trattato.

Nello scenario Ecodom "a regime" (60.000

BILANCIO EMISSIONI CLIMALTERANTI E CON EFFETTO SULL'OZONO ECODOM "A REGIME" (60.000 TON/ANNO): CONFRONTO SCENARI LOGISTICI E TECNOLOGICI

	Policentrico [kg CFC11 eq.]	Centralizzato [kg CFC 11 eq.]	Policentrico [ton CO ₂ eq.]	Centralizzato [ton CO ₂ eq.]
Saldo riciclo materiali (prod. secondaria - prod. primaria)	-	-	-100.445	-100.445
Processo di trattamento e valorizzazione			7.060	6.535
- di cui en. elett. trattamento primario	-	-	5.532	5.896
- di cui consumi gas e gasolio trattamento primario	-	-	1.338	449
- di cui en. elett. trattamento secondario	-	-	190	190
Rilasci sostanze non intercettate	73.143,3	18.813	512.478,5	190.023
- di cui CFC11	54.128,0	6.454	257.107,8	30.656
- di cui CFC12	17.463,6	11.374	232.138,1	151.196
- di cui HCFC 141b	1.551,7	185	13.080,9	1.560
- di cui HFC 134a	-	-	10.151,6	6.612
- di cui Ciclopentano e Isobutano	-	-	-	-
Trasporti e raccolta	-	-	3.236	7.366
Smaltimento finale (discarica)	-	-	82	82
totale	73.143,2	18.813	422.411,6	103.719

⁸ Si tratta di 48.300 tonnellate di PM10 da trasporti stradali stimate per l'Italia da Apat (UNECE-CLRTAP, 2007)

tonnellate/anno), la riduzione delle emissioni di gas dannosi per l'ozono è di circa il 75% del totale (i rilasci sono pari a circa 18.800 kg CFC11 eq. rispetto ai circa 73.100 kg CFC11 eq. attualmente emessi). La riduzione riguarda anche le emissioni di gas climalteranti, che passano da circa 512.000 a 190.000 tonnellate; l'incremento di emissioni dovuto al trasporto è marginale, pari al 2,4% del risparmio conseguito.

Complessivamente le emissioni totali si riducono così da circa 422.400 tonnellate dello scenario "policentrico" alle circa 103.700 tonnellate (-75%) dello scenario "centralizzato".

Analogo andamento (enfaticizzato) si registra per il caso di massimo recupero potenziale, anche se in questo caso – per effetto della riduzione della quota di R1 (apparecchi di refrigerazione e condizionamento) nel flusso totale – si riduce la quota di CFC recuperato. Le emissioni climalteranti totali legate allo scenario "centralizzato" sono inferiori di circa il 90% rispetto allo scenario "policentrico".

Significativo è anche notare come, sempre nel caso "centralizzato", l'aumento del beneficio del recupero materiali consenta una riduzione delle emissioni di CO₂ rispetto allo scenario centralizzato Ecodom "a regime".

BILANCIO EMISSIONI CLIMALTERANTI E CON EFFETTO SULL'OZONO PER IL CASO DI MASSIMO RECUPERO POTENZIALE (258.000 TON/ANNO): CONFRONTO SCENARI LOGISTICI E TECNOLOGICI

	Policentrico [kg CFC11 eq.]	Centralizzato [kg CFC 11eq.]	Policentrico [ton CO ₂ eq.]	Centralizzato [ton CO ₂ eq.]
Saldo riciclo materiali (prod. secondaria - prod. primaria)	–	–	-396.837	-396.837
Processo di trattamento e valorizzazione	–	–	30.356	27.409
– di cui en. elett. trattamento primario	–	–	23.789	24.661
– di cui consumi gas e gasolio trattamento primario	–	–	5.752	1.932
– di cui en. elett. trattamento secondario	–	–	816	816
Rilasci sostanze non intercettate	175.565	43.237	1.230.101	456.112
– di cui CFC11	129.923	15.491	617.135	73.583
– di cui CFC12	41.917	27.302	557.201	362.915
– di cui HCFC 141b	3.724	444	31.398	3.744
– di cui HFC 134a	–	–	24.366	15.871
– di cui Ciclopentano e Isobutano	–	–	–	–
Trasporti e raccolta	–	–	13.917	23.828
Smaltimento finale (discarica)	–	–	456	456
totale	175.565	37.164	877.993	110.968

Elaborazione Ambiente Italia



APPENDICE

**ANALISI DEL CICLO DI VITA DELL'ATTIVITÀ DI RECUPERO:
IL FRIGORIFERO E LA LAVATRICE**

ANALISI DEL CICLO DI VITA DELL'ATTIVITÀ DI RECUPERO: IL FRIGORIFERO E LA LAVATRICE

METODOLOGIA DI ANALISI

La Life Cycle Assessment è una tecnica di analisi ambientale, la cui metodologia è stata oggetto di standardizzazione in sede Setac e in sede ISO (norme 14040, 14041, 14042, 14043, 14044). Importanti riferimenti metodologici sono dati anche dalle linee guida generali e dalle Product Category Rules per la Environmental Product Declaration (EPD).

Nello specifico settore della gestione dei rifiuti un riferimento metodologico è costituito anche dalle linee guida dei paesi scandinavi [Nordtest, 2002].

Per la metodologia generale di LCA, pur in corso di sviluppo, un manuale di riferimento è costituito dalla Guida elaborata dal Centro di Scienze Ambientali per conto del Ministero Olandese dell'Abitazione, della Pianificazione territoriale e dell'Ambiente [CML-VROM, 2001].

Secondo la definizione proposta dalla SETAC la LCA "è un procedimento oggettivo di valutazione dei carichi energetici ed ambientali relativi ad un processo o un'attività, effettuato attraverso l'identificazione dell'energia e dei materiali usati e dei rifiuti rilasciati nell'ambiente. La valutazione include l'intero ciclo di vita del processo o attività, comprendendo l'estrazione e il trattamento delle materie prime, la fabbricazione, il trasporto, la distribuzione, l'uso, il riuso, il riciclo e lo smaltimento finale".

La definizione riportata nella norma UNI EN ISO 14040 definisce la LCA come una "compilazione e valutazione attraverso tutto il ciclo di vita dei flussi in entrata e in uscita, nonché i potenziali impatti ambientali, di un sistema di prodotto (bene o servizio)". In questo studio tale metodologia è stata applicata

a due elettrodomestici, il frigorifero e la lavatrice, rappresentativi dei rispettivi raggruppamenti (R1 e R2). L'analisi è stata però impostata, più che sull'intero ciclo di vita dell'elettrodomestico, sull'attività di recupero dello stesso. Nel presente studio non verranno presi in considerazione gli impatti legati alla produzione dell'elettrodomestico, né quelli connessi al suo utilizzo, ma ci si concentrerà su quelli prodotti dalle attività degli impianti di trattamento, dai trasporti e dal riciclo dei materiali. L'unità funzionale è il fine vita di un frigorifero e di una lavatrice.

I confini del ciclo di vita partono dal punto di raccolta del rifiuto fino al definitivo smaltimento o reimpiego industriale dei sottoprodotti recuperati.

Le fonti dei dati sono per la quasi totalità specifiche. Le informazioni specifiche, relative alle quantità dei materiali (in ingresso e in uscita) e ai consumi, sono state reperite con appositi questionari presso alcuni impianti. Restano invece valide le ipotesi fatte in precedenza per le attività di trasporto (distanze e tipologia di mezzi) e trattamento secondario (consumi energetici e composizione materiali) e sulle quantità di CFC (emissioni e raccolta).

Oltre alle fonti primarie, descritte più ampiamente nello studio, per lo svolgimento della LCA ci si è avvalsi dell'inventario Ecoinvent, una delle più accreditate banche dati a livello internazionale. Tale inventario fornisce, per molti materiali e processi, gli ingressi (le materie prime e gli input tecnologici) e le uscite (materie risultanti, emissioni e smaltimenti). Lo studio ha pertanto selezionato i processi, le materie e le emissioni tra quelle disponibili integrandole poi con dati specifici sull'impianto (ottenuti attraverso appositi

questionari).

Alcuni materiali, la cui presenza percentuale era al di sotto del 2%, sono stati omessi nel calcolo complessivo in quanto nell'inventario non erano contenuti dati specifici sul loro trattamento: questa necessaria semplificazione – essendo fatta su quantità marginali – non va ad inficiare il risultato finale.

I benefici del riciclo vengono calcolati come saldo nel confronto tra i processi di produzione della materia prima secondaria ed i processi di produzione di un'analogia quantità di materia prima vergine. Tali processi sono stati opportunamente individuati nel database di Ecoinvent e tengono conto dell'efficienza del processo di riciclaggio presente nell'inventario stesso.

I risultati ottenuti sono stati poi confrontati con gli impatti ambientali che si avrebbero per "il caso peggiore", ossia per il completo conferimento a discarica dell'elettrodomestico.

Il modello risultante consente di quantificare i flussi di materiali e gli impatti ambientali di ciascuno degli elementi di cui si compone, così da verificare da quali attività provengono i maggiori contributi e benefici. Per l'analisi è stato usato il software SIMAPRO (versione 7.1), appoggiandosi al database Ecoinvent 1.3 (aggiornato al 2007).

DATI DELL'INVENTARIO ECOINVENT UTILIZZATI

Fase	Materiali e processi	Nome nel database
Impianto trattamento	Elettricità per il mix italiano	Electricity, medium voltage, at grid/IT
	Azoto liquido	Nitrogen, liquid, at plant/RER
Discarica	Discarica per il poliuretano	Disposal, polyurethane, 0.2% water, to sanitary landfill/CH
	Discarica per i CFC	Disposal, sludge, NaCl electrolysis Hg, 0% water, to residual material landfill/CH
	Discarica per il calcestruzzo	Disposal, concrete, 5% water, to inert material landfill/CH
	Discarica per gli scarti plastiche	Disposal, polyethylene terphthalate, 0.2% water, to sanitary landfill/kg/CH
	Discarica per la gomma	Disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to sanitary landfill/CH
	Discarica altro	Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH
Emissioni in aria	Emissioni di CFC11	Methane, trichlorofluoro, CFC-11
	Emissioni di CFC12	Methane, dichlorodifluoro, CFC-12
	Emissioni di HFC 134a	Ethane, 1,1,1,2 tetrafluoro, HFC-134a
	Emissioni di HCFC 141b	Ethane, 1,1 dichloro 1 fluoro, HCFC-141b
	Emissioni di isobutano	Isobutane
	Emissioni di ciclo pentano	Cyclopentane
Riciclo materiali	Produzione di ferro riciclato	Steel, electric, un-and low-alloyed, at plant/kg/RER
	Produzione di ferro nuovo	Steel, converter, unalloyed, at plant/kg/RER
	Produzione di rame riciclato	Copper, secondary, at refinery/kg/RER
	Produzione di rame nuovo	Copper, primary, at refinery/kg/GLO
	Produzione di polistirene nuovo	Polystyrene, general pur pose, GPPS, at plant/kg/RER
	Produzione vetro riciclato	Packaging glass, green, at plant/kg/DE
	Vetro nuovo	Glass, virgin
Trasporti	Camion 16ton	Operation, lorry 16t/km/RER
	Camion 32ton	Operation lorry 32t/km/RER

Elaborazione Ambiente Italia

EFFETTI AMBIENTALI CONSIDERATI E ANALISI DEGLI IMPATTI

L'inventario ha considerato in particolare i seguenti effetti ambientali:

- consumi e recuperi di energia;
- emissioni atmosferiche;
- emissioni idriche.

Per la valutazione sono stati scelti il metodo CML 2 baseline 2000 (aggiornato al 2008) per gli impatti ambientali ed il metodo Cumulative Energy Demand (v1.03) per la componente energetica. In questo studio si è ritenuto più opportuno focalizzare l'attenzione su un numero più ristretto di indicatori aggregati, selezionando i soli indicatori per i quali gli impatti derivanti dal ciclo di gestione dei rifiuti possono essere effettivamente considerati (o almeno percepiti) come rilevanti.

Effetto	Indicatore	Unità di misura	Fonte
Effetto serra	GWP a 100 anni	CO ₂ eq.	IPCC 2007
Acidificazione	Potenziale acidificazione (moli H+)	SO ₂ eq.	Hauschild & Wenzel 1998; modello CML 2
Lesione strato di ozono	ODP	CFC11 eq.	WMO 1992, 1995, 1999
Eutrofizzazione	EP potenziale eutrofizzante	PO ₄ eq.	Heijungs et al. 1992; modello CML 2
Tossicità umana	Human Toxicity Potential a 100 anni	Diclorobenzene eq.	Huijbregts, 1999 & 2000; modello CML 2

Avvertenza: la procedura di calcolo impiegata per la LCA del frigorifero e della lavatrice non è comparabile direttamente con la metodologia impiegata per il bilancio di massa, energetico ed emissivo dell'insieme del raggruppamento R1 e R2. I risultati della LCA specifica non producono valori contrastanti con quelli elaborati per il raggruppamento nel suo insieme, ma sono basati su un insieme di assunzioni non equivalenti.

LCA DEL FRIGORIFERO

Per il frigorifero l'analisi è stata condotta sul miglior impianto partner di Ecodom.

Il processo previsto per il frigorifero, una volta giunto all'impianto, considera i seguenti trattamenti:

1. messa in sicurezza: si asportano e si inviano ad apposito trattamento/smaltimento le sostanze pericolose, i condensatori con PCB o HC, le componenti contenenti mercurio, gli oli e CFC presenti nel circuito refrigerante. Per questi ultimi si utilizza un'apposita pistola che dopo aver forato il compressore li aspira; successivamente un sistema ad ultrasuoni separa le due componenti consentendone lo stoccaggio. I compressori svuotati del gas sono poi inviati a trattamento separato;
2. rimozioni delle parti mobili (piani in vetro, plastica, lampadine);
3. triturazione della carcassa: cesoie controrotanti frantumano la carcassa in un ambiente chiuso, in cui l'aria viene filtrata per massimizzare la raccolta del CFC, che sono poi trattati con un impianto criogenico. Tale impianto che utilizza azoto liquido per il raffreddamento consente di raccogliere con un'elevata efficienza i clorofluorocarburi e di stocarli poi in un apposito serbatoio;
4. separazione dei materiali: attraverso getti d'aria il poliuretano viene separato e indirizzato verso una bricchettatrice per essere ridotto di volume e bonificato dai CFC prima di essere trattato in appositi impianti; il materiale ferroso viene intercettato grazie all'ausilio di un nastro magnetico; le plastiche, grazie al principio delle correnti parassite indotte di Foucault, sono separate dai metalli non ferrosi che poi sono suddivisi sfruttando tavole densimetriche inclinate.

I materiali recuperati sono poi inviati direttamente a riciclo mentre altri elementi (compressori, cavi...) vengono trasportati e trattati in opportuni impianti. Per questi impianti si ipotizzano consumi energetici pari 30 kWh/tonnellata (consumi medi per un analoghe attività).

Si riportano di seguito i dati su:

- composizione del frigorifero;
- consumi specifici dell'impianto;
- emissioni di CFC.

COMPOSIZIONE DEL FRIGORIFERO MEDIO (PESO TOTALE 45 KG)

	Trattamento per riciclo [g]	Discarica [g]	Trattamenti secondari [g]
Compressori			10.000
Cavi elettrici			130
Lampadine			10
Ferro ed acciaio	19.900		
Rame ed ottone	160		
Plastiche miste			4.800
Poliuretano		7.000	
Vetro	760		
Olio	500		
CFC/HCFC/HFC/HC		370	
PCB- condensatori	55		
Scarti		1.375	
Totale	21.375	8.685	14.940

Elaborazione Ambiente Italia su dati miglior impianto

RISULTATI ANALISI LCA DEL FINE VITA DEL FRIGORIFERO

Processo di riciclo del frigorifero: distribuzione degli effetti ambientali

Sotto il profilo energetico i processi di riciclo, in particolare dei materiali ferrosi, compensano largamente gli impegni energetici per il trattamento e trasporto dei materiali. Per ogni frigorifero si ha un beneficio di 192 MJ.

Le emissioni climalteranti e le emissioni lesive dello strato

CONSUMI SPECIFICI PER FRIGORIFERO

	Quantità	Unità di misura
Azoto liquido	12,50	Litri
Corrente elettrica	3,10	kWh

Elaborazione Ambiente Italia su dati miglior impianto

EMISSIONI DI CFC/HCFC/HFC/HC PER FRIGORIFERO (IPOTESI 60% CFC, 20% HCFC/HFC, 20% HC)

	Grammi
CFC11	7,22
CFC12	15,53
HCFC 141b	2,408
HFC 134a	5,18
Isobutano	2,75
Ciclopentano	3,04

Elaborazione Ambiente Italia

di ozono si generano in maniera largamente prevalente o totalizzante nella fase di processamento del frigorifero stesso, in primo luogo per i rilasci di gas (CFC, HCFC). I processi di riciclo industriale consentono di neutralizzare solo il 14% delle emissioni rilasciate. Le emissioni che determinano gli effetti acidificanti o tossici per l'uomo sono ampiamente neutralizzate attraverso i benefici derivanti dai processi di riciclo (del ferro e del rame, in particolare). Le emissioni che determinano eutrofizzazione restano positive, ma sono parzialmente neutralizzate dai processi di riciclo.

Riciclo vs smaltimento in discarica

Nella comparazione tra riciclo e smaltimento in discarica, la soluzione del riciclo risulta ampiamente vantaggiosa sotto ogni aspetto.

Sotto il profilo energetico i processi di riciclo, in particolare dei materiali ferrosi, compensano largamente gli impegni energetici per il trattamento e trasporto dei materiali. Per ogni frigorifero si ha un beneficio di 255 MJ, considerando l'energia non impiegata per lo smaltimento a discarica.

Per le emissioni climalteranti e le emissioni lesive dello strato di ozono i benefici sono amplificati dalla maggiore dispersione di sostanze che si realizzerebbe in discarica. Le emissioni evitate equivalgono a circa 1,5 tonnellate/frigorifero di CO₂ eq. e a 0,2 kg di CFC11 eq. Per effetto dei benefici del riciclo e della minore dispersione ambientale sono significativi anche i vantaggi relativi agli indicatori di acidificazione, eutrofizzazione e rilascio di sostanze a potenziale tossicità umana.

IMPATTI AMBIENTALI PER 1 FRIGORIFERO: RECUPERO VS NO RECUPERO

	No Recupero	Recupero	Effetto Recupero
Energia [MJ eq.]	62,68	-192,39	-255,07
GWP [kg CO ₂ eq.]	1.676,34	193,11	-1.483,23
ODP [kg CFC-11 eq.]	0,23	0,02	-0,21
Acidification [kg SO ₂ eq.]	0,02	-0,52	-0,54
Eutrofication [kg PO ₄ eq.]	0,12	0,06	-0,06
Human toxicity [kg 1,4-DB eq.]	9,22	-354,07	-363,29

Elaborazione Ambiente Italia

IMPATTI AMBIENTALI PER L'ATTIVITÀ DI RECUPERO DI 1 FRIGORIFERO

	Processo interno	Ferro riciclo	Rame riciclo	Vetro riciclo	Alluminio riciclo	Plastica riciclata	Processi secondari	Trasporti	Totale
GWP [kg CO ₂ eq.]	220,56	-19,19	-1,13	-0,69	-1,10	-8,92	0,18	3,40	193,11
ODP [kg CFC-11 eq.]	0,023	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,000	0,023
Acidification [kg SO ₂ eq.]	0,034	-0,079	-0,427	-0,007	-0,005	-0,05	0,00	0,020	-0,518
Eutrofication [kg PO ₄ eq.]	0,095	-0,029	-0,007	0,000	0,000	0,00	0,00	0,004	0,063
Human toxicity [kg 1,4-DB eq.]	5,68	4,10	-360,50	-0,36	-5,39	1,84	0,04	0,52	-354,07

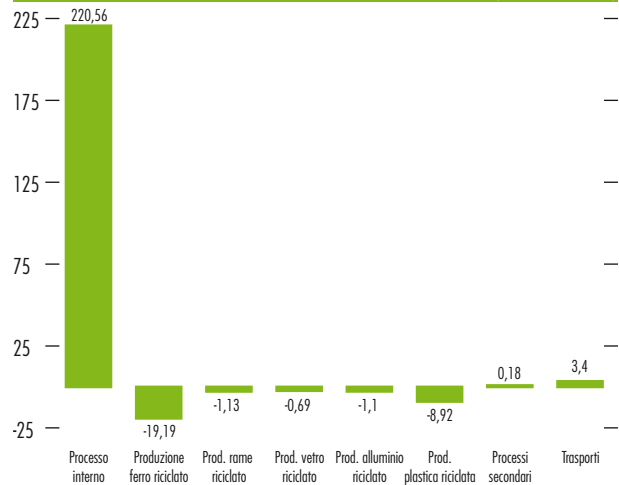
Elaborazione Ambiente Italia

FLUSSI ENERGETICI PER L'ATTIVITÀ DI RECUPERO DI 1 FRIGORIFERO

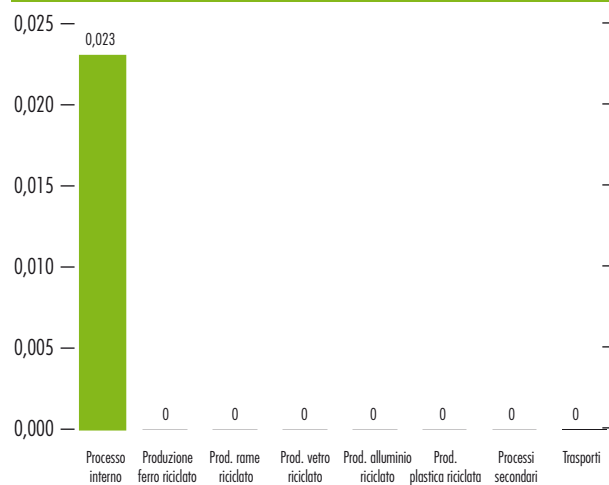
	Processo interno	Ferro riciclo	Rame riciclo	Vetro riciclo	Alluminio riciclo	Plastica riciclata	Processi secondari	Trasporti	Totale
Rinnovabile [MJ eq.]	11,11	1,77	-10,00	-0,25	-3,63	0,00	0,33	0,15	-0,51
Non rinnovabile [MJ eq.]	119,71	-324,98	-19,73	-5,96	-13,90	0,00	2,77	50,22	-191,88
Totale [MJ eq.]	130,82	-323,21	-29,73	-6,21	-17,53	0,00	3,10	50,36	-192,39

Elaborazione Ambiente Italia

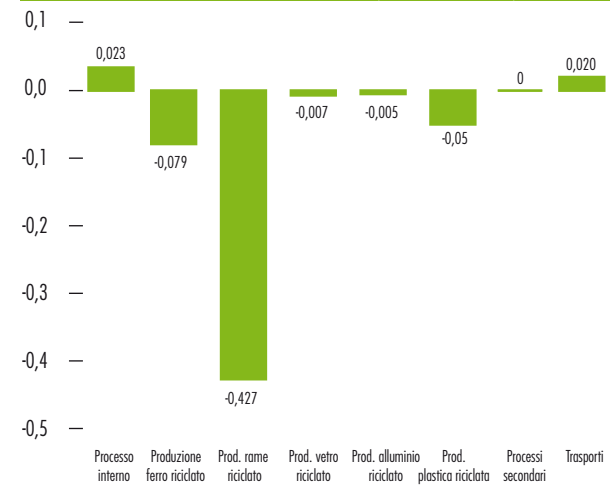
FRIGORIFERO: GLOBAL WARMING POTENTIAL (KG CO₂ EQ.)



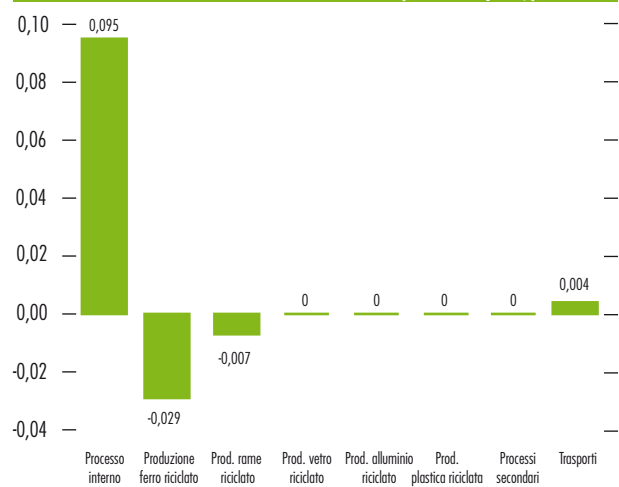
FRIGORIFERO: OZONE DEPLETING POTENTIAL



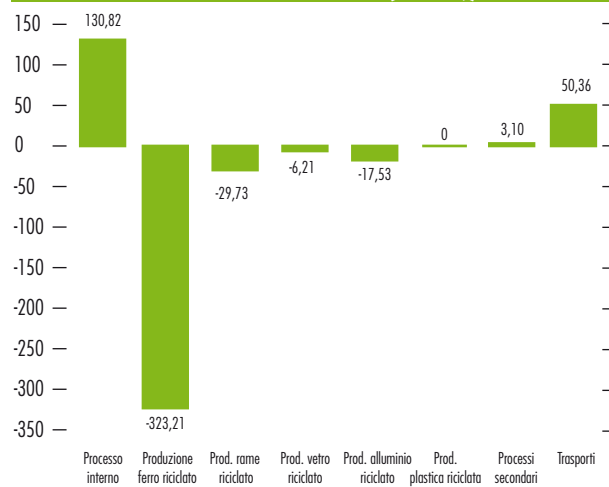
FRIGORIFERO: ACIDIFICATION (KG SO₂ EQ.)



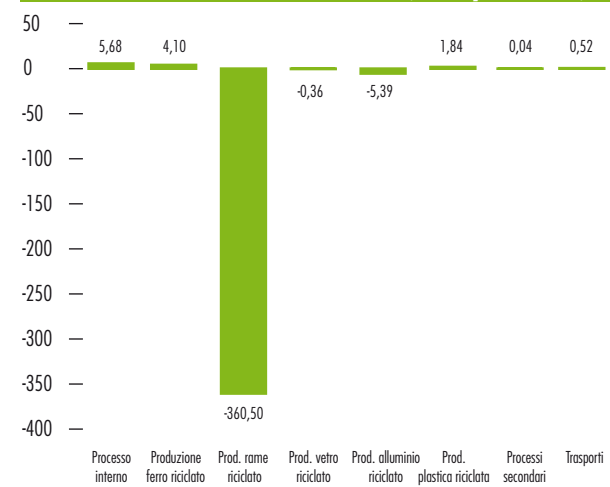
FRIGORIFERO: EUTROPHICATION (KG PO₄ EQ)



FRIGORIFERO: ENERGIA TOTALE (MJ EQ)



FRIGORIFERO: HUMAN TOXICITY (KG 1,4 DB EQ)



LCA DELLA LAVATRICE

Per la LCA della lavatrice l'analisi non è stata condotta sull'impianto "best practice", non essendo consolidate particolari tecnologie di trattamento per questa tipologia di rifiuto.

Il processo previsto per la lavatrice (e per altri grandi elettrodomestici) considera i seguenti trattamenti:

1. messa in sicurezza: si asportano e si inviano ad apposito trattamento/smaltimento le sostanze pericolose, i potenziali condensatori con PCB (ormai improbabili);
2. rimozioni delle eventuali parti mobili, compressori, cavi, pompe, motore inviati a trattamento di recupero secondario;
3. rimozione (eventuale) del cestello con contrappeso in calcestruzzo;
4. triturazione della carcassa ferrosa;
5. (eventuale) separazione dei materiali su un nastro magnetico per l'eliminazione delle impurità.

I materiali recuperati sono poi inviati direttamente a riciclo mentre altri elementi (compressori, cavi...) vengono trasportati e trattati in appositi impianti di trattamento. Per questi impianti si ipotizzano consumi energetici pari 30 kWh/tonnellata (consumi medi per un analoghe attività). Analoghi consumi si ipotizzano per la fase di frantumazione e compressione che costituisce il sostanziale trattamento meccanico apportato alle lavatrici e lavastoviglie.

RISULTATI ANALISI LCA DEL FINE VITA DELLA LAVATRICE

Processo di riciclo della lavatrice: distribuzione degli effetti ambientali

I carichi ambientali per il recupero delle lavatrici sono meno rilevanti di quelli caratteristici dei frigoriferi. Sotto il profilo energetico i processi di riciclo, in particolare dei materiali ferrosi e plastici, compensano largamente gli impegni energetici per il trattamento e il trasporto dei materiali (meno onerosi che per i frigoriferi). Per ogni lavatrice si ha un beneficio energetico di circa 510 MJ.

Su tutti gli indicatori di impatto le emissioni evitate attraverso i processi di riciclo (in particolare da metalli ferrosi) sono largamente superiori alle emissioni generate per il loro recupero.

Riciclo vs smaltimento in discarica

Nella comparazione tra riciclo e smaltimento in discarica, la soluzione del riciclo è ampiamente vantaggiosa sotto ogni aspetto.

Sotto il profilo energetico i processi di riciclo, compensano largamente gli impegni energetici per il trattamento e trasporto dei materiali. Per ogni lavatrice si ha un beneficio di circa 583 MJ, considerando l'energia non impiegata per lo smaltimento a discarica. Per le emissioni climalteranti, acidificanti, tossiche e eutrofizzanti, i benefici del riciclo sono minori rispetto a quelli registrati per il frigorifero, perché minori sono gli impatti evitati, ma restano comunque significativi.

COMPOSIZIONE DELLA LAVATRICE MEDIA (PESO TOTALE 64 KG)

	Trattamento per riciclo [g]	Discarica [g]	Trattamenti secondari [g]
Pompa acqua	-	-	780
Motore	-	-	5.100
Cavi elettrici	-	-	1.000
Ferro	14.620	-	-
Acciaio	12.400	-	-
Plastiche miste	-	-	3.220
Gomma (elastomeri)	-	1.200	-
Calcestruzzo	-	23.800	-
Vetro	1.720	-	-
Condensatori	-	160	-
Totale	28.740	25.160	10.100

Elaborazione Ambiente Italia

IMPATTI AMBIENTALI PER 1 LAVATRICE: RECUPERO VS NO RECUPERO

	No Recupero	Recupero	Effetto Recupero
Energia [MJ eq.]	-509,49	73,74	-583,23
GWP [kg CO ₂ eq.]	-24,63	47,94	-72,57
ODP [kg CFC-11 eq.]	0,00	0,00	0,00
Acidification [kg SO ₂ eq.]	-0,46	0,03	-0,49
Eutrofication [kg PO ₄ eq.]	-0,03	0,17	-0,20
Human toxicity [kg 1,4-DB eq.]	-289,71	12,94	-302,66

Elaborazione Ambiente Italia

IMPATTI AMBIENTALI PER L'ATTIVITÀ DI RECUPERO DI 1 FRIGORIFERO

	Processo interno	Ferro riciclato	Rame riciclato	Vetro riciclato	Plastica riciclata	Processi secondari	Trasporti	Totale
GWP [kg CO ₂ eq.]	1,45	-21,42	-0,93	-1,56	-5,99	0,13	3,69	-24,63
ODP [kg CFC-11 eq.]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acidification [kg SO ₂ eq.]	0,008	-0,088	-0,351	-0,016	-0,037	0,001	0,022	-0,461
Eutrofication [kg PO ₄ eq.]	0,006	-0,033	-0,006	-0,001	0,001	0,000	0,004	-0,028
Human toxicity [kg 1,4-DB eq.]	0,96	4,58	-296,25	-0,81	1,23	0,03	0,55	-289,71

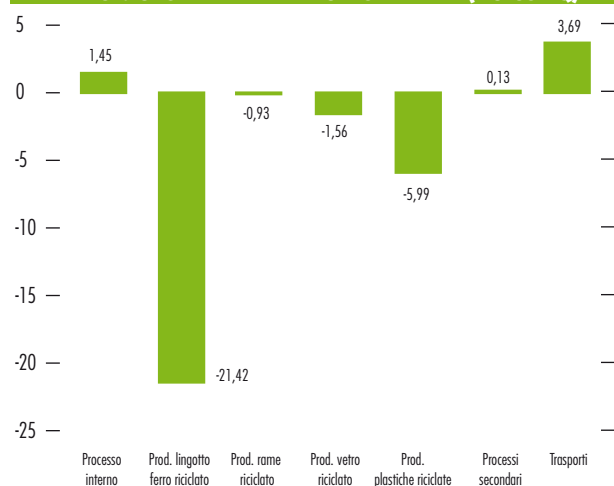
Elaborazione Ambiente Italia

FLUSSI ENERGETICI PER L'ATTIVITÀ DI RECUPERO DI 1 LAVATRICE

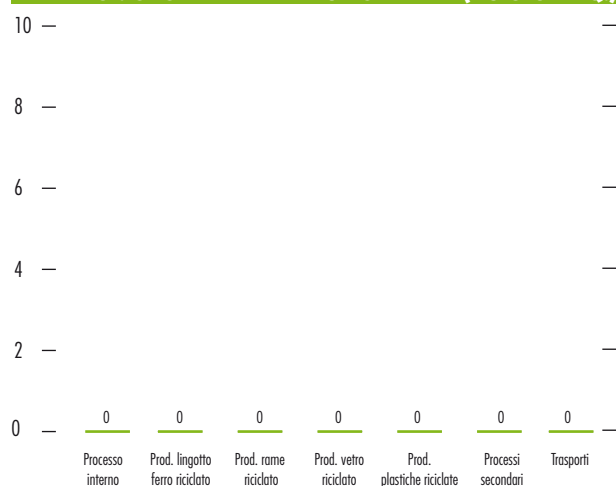
	Processo interno	Ferro riciclato	Rame riciclato	Vetro riciclato	Plastica riciclata	Processi secondari	Trasporti	Totale
Rinnovabile [MJ eq.]	2,15	1,97	-8,22	-0,56	-0,23	0,22	0,16	-4,49
Non rinnovabile [MJ eq.]	22,72	-362,69	-16,22	-13,49	-191,62	1,88	54,41	-505,00
Totale [MJ eq.]	24,87	-360,72	-24,43	-14,04	-191,85	2,10	54,57	-509,49

Elaborazione Ambiente Italia

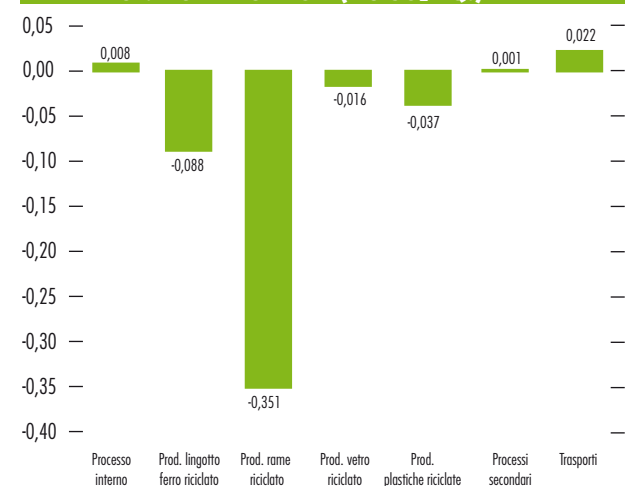
LAVATRICE: GLOBAL WARMING POTENTIAL (KG CO₂ EQ.)



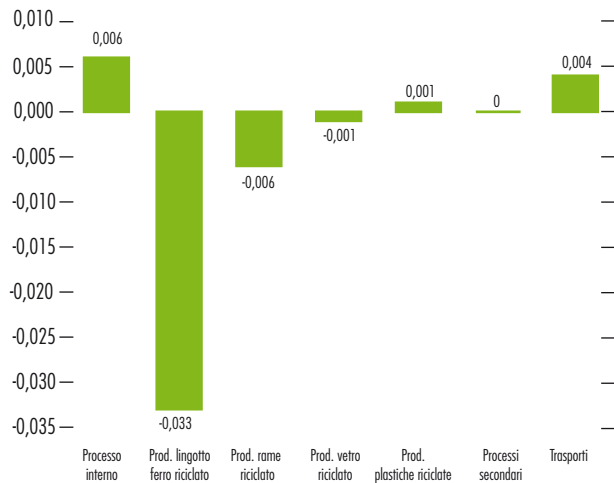
LAVATRICE: OZONE DEPLETING POTENTIAL (KG CEC11 EQ.)



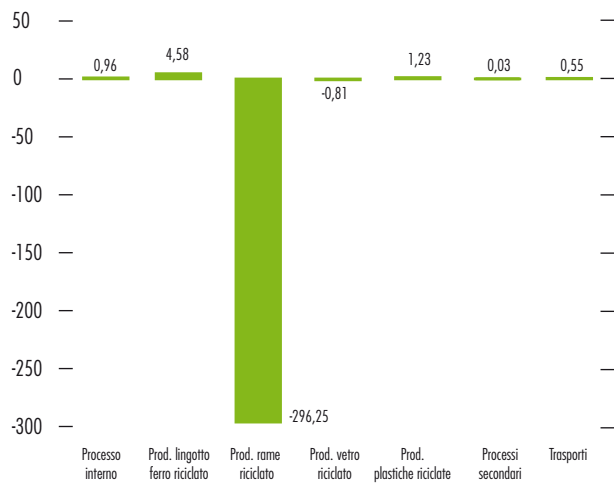
LAVATRICE: ACIDIFICATION (KG SO₂ EQ.)



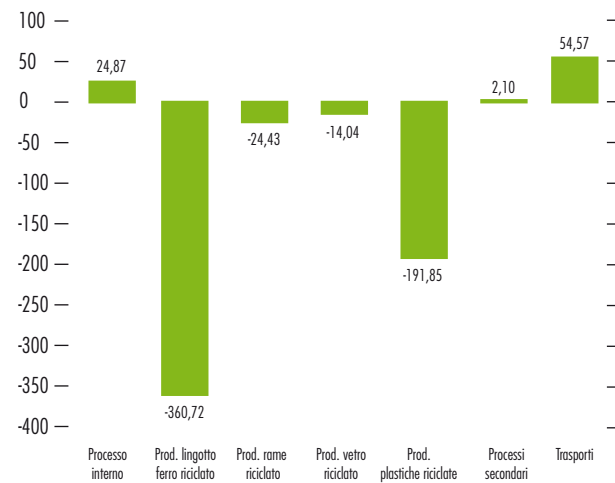
LAVATRICE: EUTROPHICATION (KG PO₄ EQ.)



LAVATRICE: HUMAN TOXICITY (KG 1,4 DB EQ.)



LAVATRICE: ENERGIA TOTALE (MJ EQ.)



CHI È ECODOM

Ecodom – Consorzio Italiano Recupero e Riciclaggio Elettrodomestici – è il Consorzio volontario, senza fini di lucro, costituito nel novembre del 2004 dai principali Produttori che operano nel mercato italiano dei grandi elettrodomestici, delle cappe e degli scaldacqua, identificati come Categoria 1 nella Direttiva 2002/96/CE dell'Unione Europea sullo smaltimento e il riciclo degli apparecchi elettrici ed elettronici a fine vita. Il Consorzio Ecodom, insieme ai propri soci fondatori e alle aziende consorziate, intende **“coniugare l'eccellenza nel rispetto dell'ambiente e l'efficienza nei processi di trattamento”**, nell'interesse non solo delle aziende consorziate ma soprattutto dei consumatori.

Gli obiettivi

Con l'entrata in vigore della normativa sui rifiuti elettrici ed elettronici (RAEE) Ecodom è responsabile della **gestione delle attività di trasporto, trattamento, riciclo, recupero e smaltimento di grandi elettrodomestici non professionali** (freddo, cottura, lavaggio, cappe, scaldacqua), nel pieno rispetto del Decreto Legislativo 151 del 2005, “Attuazione delle direttive 2002/95/CE, 2002/96/CE e 2003/108/CE”.

Al fine di offrire un servizio completo alle aziende consorziate, oltre ai grandi elettrodomestici non professionali, Ecodom gestisce anche i piccoli elettrodomestici e i climatizzatori.

A livello operativo, Ecodom intende massimizzare l'efficienza del sistema di raccolta e trattamento attraverso accordi con i migliori partner in tutti i settori interessati (logistica, trattamento, riutilizzo delle materie prime seconde etc..) e la ricerca di tutte le sinergie possibili con altri settori e filiere interessate ai RAEE.

I servizi

Attraverso la definizione di una fitta rete di accordi con aziende partner specializzate nel settore dei rifiuti, Ecodom offre ai propri consorziati una **gamma completa di servizi connessi al processo di trasporto, trattamento, riciclo, recupero e smaltimento degli elettrodomestici a fine vita:**

- **ritiro degli elettrodomestici a fine vita presso i Centri di Raccolta** presenti su tutto il territorio nazionale;
- **trasporto degli elettrodomestici** presso gli impianti di trattamento appositamente selezionati;
- **trattamento, riciclo, recupero e smaltimento dei grandi elettrodomestici** presso i suddetti impianti;
- **supervisione su tutte le attività di trattamento degli elettrodomestici** al fine di garantire il raggiungimento degli obiettivi di recupero e riciclo delle componenti e dei materiali presenti all'interno degli apparecchi come previsto dal Decreto Legislativo 151/05.

I soci fondatori

Tra i propri soci fondatori Ecodom annovera i principali Produttori, nazionali e internazionali, di grandi elettrodomestici non professionali (freddo, cottura, lavaggio, cappe e scaldacqua) operanti nel mercato italiano: **Antonio Merloni, BSH Elettrodomestici, Candy Elettrodomestici, Faber, Franke, Haier Europe Trading, Hoover, Indesit Company, MTS Group-Merloni Termosanitari, Miele Italia, Nardi Elettrodomestici, Smeg, Tecnogas e Whirlpool Europe**. A questi si aggiungono, in qualità di consorziati ordinari, **altre 27 aziende** produttrici di grandi elettrodomestici in rappresentanza di oltre **l'80 % del mercato italiano del bianco**.

Le Aziende consorziate

Oltre alle aziende fondatrici, hanno aderito al consorzio Ecodom in qualità di Consorziati Ordinari le seguenti aziende: **Baxi, BSD, Gorenje Korting Italia, Frigo 2000, Bompani, Daewoo Electronics, I & D, Best, Terim, Brandt, Falmecc, LG Electronics, Elco Italia, Bertazzoni, Boschetti, Idropi, Solisa, Styleboiler, Tecnowind, Evoluzione, F.lli Barazza, Beko Italy, Baumatic, Telcom Trading, Lofra, Europa 2000 Prontogros e Sital**.

Una ricerca realizzata da

Duccio Bianchi e Paola Mani

per

Ambiente Italia srl - Istituto di Ricerche

Sede legale e operativa: via Carlo Poerio 39 20129 Milano

tel. +39 02 27744 1

www.ambienteitalia.it

per conto di

Ecodom

Coordinamento editoriale

Hill & Knowlton Gaia

Progetto grafico e impaginazione

Stefano Berti - Hill & Knowlton Gaia

Stampa

Das Print - Roma

Finito di stampare a dicembre 2008



ECQDOM
Consorzio Italiano
Recupero e Riciclaggio
Elettrodomestici