

QUADERNI



Università degli Studi di Siena
DIPARTIMENTO DI ECONOMIA POLITICA

GIUSEPPINA SICILIANO
DANIELE VERDESCA

Valutazione economica ed ambientale delle politiche
aziendali di riciclo e riutilizzo dei rifiuti da imballaggio.

Case Study: IPT/COOP

n. 339 – Dicembre 2001

Abstract - Nella scala delle priorità di politica ambientale, il problema dei rifiuti ha assunto, negli ultimi anni, una posizione di preminenza. Tutto ciò a causa di una loro crescita in peso e volume, dovuta ad una radicale modificazione dello stile di vita della società. Di conseguenza, una loro riduzione attraverso interventi alla fonte, e l'attuazione di politiche volte al riciclo, sta diventando il percorso economico ed ambientale che presenta maggiore efficacia nelle strategie di management aziendale.

Obiettivo di questo lavoro è quello di dimostrare come alcune strategie ex post, attuate tramite interventi a valle, definiscano una politica di gestione aziendale in cui la valorizzazione dell'ambiente, inteso come risorsa economica, porti ad una effettiva riduzione dei costi derivanti dalle materie prime utilizzate.

Ciò si collega alla possibilità di mettere in discussione la validità dell'assunto per cui la tutela dell'ambiente comporti sempre, per le imprese, un bilancio economico in perdita; è invece possibile impostare strategie aziendali capaci di conciliare la sostenibilità ambientale ed economica.

A questo scopo è stata effettuata una analisi economico ambientale del riciclaggio di materie prime all'interno di un sistema di relazioni industriali sviluppato tra due aziende (fornitura di servizio/prodotto alla filiera della grande distribuzione).

In particolare, è stata sviluppata un'analisi di dettaglio mirata a verificare la positività, economica ed ambientale, per l'azienda I.P.T. (Industria Plastica Toscana), nell'applicazione di una strategia di filiera il cui obiettivo è l'utilizzo di materiale riciclato internamente (riciclo pre – consumo) per la produzione di imballaggi terziari (shoppers) destinati al trasporto dei beni acquistati dal consumatore, da fornire ad impresa di grande distribuzione commerciale (Coop).

I dati dell'azienda sono stati elaborati tramite l'utilizzo di un modello valutativo integrato sviluppato dall'Agenzia per l'Ambiente della Svizzera, il cui obiettivo è la valutazione dei benefici ambientali all'interno di un bilancio economico del processo aziendale.

Il risultato di questa valutazione è positivo, sia dal punto di vista ambientale che dei bilanci aziendali dimostrando, empiricamente, che le strategie difensive implementate ex post risultano essere economicamente ed ambientalmente efficaci.

Keywords - rifiuti da imballaggio, impatto ambientale, riciclaggio, analisi economica, analisi ambientale.

JEL Classification – Q01, D91, O13, O14.

Il lavoro pubblicato è frutto di una rielaborazione e sviluppo della tesi di laurea di Giuseppina Siciliano, Correlatore Daniele Verdesca, Relatore Alessandro Vercelli, discussa con lode nel luglio 2001, a conclusione del percorso didattico in Economia Ambientale.

Giuseppina Siciliano, Dottore in Economia Ambientale, Università di Siena
Daniele Verdesca, Dipartimento Economia Politica, Università di Siena

Introduzione

La definitiva introduzione delle problematiche ambientali all'interno della teoria economica tradizionale ha portato ad una modificazione della consapevolezza delle dinamiche produttive classiche, in cui la trattazione termina al momento dell'acquisto del bene finale da parte del consumatore, senza valutare l'importanza degli scambi con l'ambiente.

L' "economia dell'ambiente" sviluppa un modello produttivo allargato, il quale comprende la parte che resta in ombra nell'economia tradizionale, ovvero tutto ciò che avviene quando il bene, una volta acquistato e consumato, diventa rifiuto.

Un esempio di tale nuova consapevolezza è l'implementazione della matrice Input-Output effettuata da Pearce e Turner per dimostrare l'interazione tra ambiente e sistema economico (si veda in proposito Pearce D. W., Turner R. K., 1989).

E' questa una matrice comprensiva dell'ambiente naturale visto come "fornitore" di input per rendere necessaria la produzione dei beni finali, e come "ricettore" degli scarti derivanti da tale processo di trasformazione; tutto ciò deriva da una produzione eccessiva di rifiuti, non riutilizzati, che negli ultimi anni ha assunto la dimensione di una vera e propria emergenza.

Le cause sono da ricondurre all'organizzazione dell'attuale sistema produttivo costruito dai sistemi antropici, in cui gli estremi del processo, produzione ed eliminazione, si sono divaricati sino a superare la capacità di carico del sistema stesso da cui nascono, ed in cui vengono riallocati in forma indifferenziata alla fine della loro utilità economica e funzionale.

Nella programmazione del processo produttivo, quindi, non è tenuto conto dei limiti fisici del sistema¹, che a loro volta creano delle asimmetrie di informazione, da cui derivano le imperfezioni di mercato per cui, allo stato attuale, sono inficiati molti dei presupposti della teoria economica tradizionale.

Infatti, la trasformazione industriale può essere descritta come un processo che, partendo da risorse a bassa entropia (materie prime ed energia), attraverso la "produzione" di beni e il loro "consumo", le trasforma in rifiuti, cioè in risorse ad alta entropia.

Georgescu Roegen afferma in merito a tale questione che:

<<[...] ciò che entra nel processo economico rappresenta *risorse naturali dotate di valore*, e ciò che è emesso *scarti senza valore*. Ma questa differenza qualitativa è confermata, anche se in termini diversi, da quel particolare ramo della fisica noto come termodinamica. Dal punto di vista della termodinamica, la materia – energia entra nel processo economico in uno stato di *bassa entropia*, e ne esce in uno stato di *alta entropia*.>>²

¹ Nei sistemi naturali la catena di processi, nel suo stadio *climax*, ha la caratteristica di ricostruire le condizioni di partenza, senza "dispersioni" e senza "scarti".

² Tratto da Nicholas Georgescu Roegen, "Analisi economica e processo economico", Sansoni saggi, 1973.

Considerato che “entropia” significa: spreco delle risorse e inquinamento, crisi energetica e distruzione dell’ambiente diviene chiaro che un approccio manageriale mirato alla gestione efficace ed efficiente degli scarti del sistema produttivo rappresenta oggi una priorità nelle strategie aziendali delle imprese del sistema OCSE.

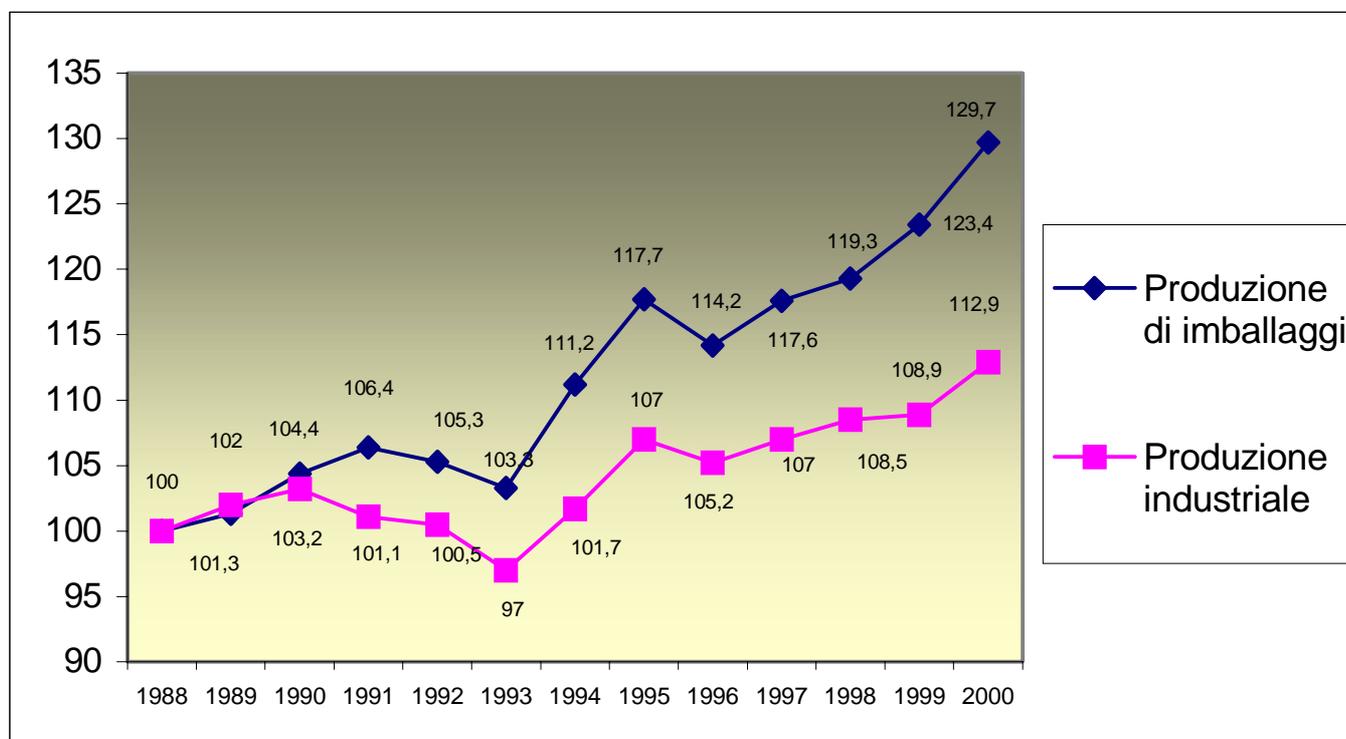
In quest’ottica si inseriscono i rifiuti da imballaggio che costituiscono il 50% in volume, ed il 30% in peso del “monte” rifiuti complessivo.

Si può quindi considerare l’imballaggio come il simbolo di una società decisamente proiettata verso un aumento progressivo degli scarti di produzione; come simbolo della modificazione dello stile di vita, sempre più basato su una cultura dell’”usa e getta”. L’imballaggio, infatti, non svolge esclusivamente una funzione strutturale, ma è divenuto veicolo di informazione, di comunicazione, rappresentando - nel panorama rifiuti - il fattore di maggior rilievo; non soltanto quantitativamente, perché vi è una stretta correlazione tra crescita economica e produzione, ma anche e soprattutto qualitativamente, in quanto caratteristica immediatamente visibile del prodotto che contiene.

Crescita economica e cambiamento nello stile di vita hanno portato ad un aumento non soltanto dei rifiuti in generale, ma dei rifiuti da imballaggio in particolare; l’esempio più evidente è proprio quello dell’Europa occidentale, dove si è arrivati ad una produzione di oltre 70 milioni di tonnellate all’anno.

Questo trend di crescita è visibile nella figura 1 e nella tabella 1.

Figura 1: Trend di produzione di rifiuti da imballaggio in EU*



(*) Valori riferiti a n° indice 1988=100

Tabella 1: Bilancio del settore imballaggi in Italia

	1996	1997	1998	1999
Fatturato (Mld. di lire)	29.270	30.954	31.274	32.372
Addetti				92.150
Aziende operanti in Italia				5.500
Produzione in peso (t/000)	13.276	13.687	13.996	14.235
Commercio estero imballaggi vuoti				
Esportazioni (t/000)	1.536	1.779	1.740	1.836
Importazioni (t/000)	320	549	549	617
Utilizzo nazionale (t/000)	12.060	12.599	12.850	13.016

Fonte: dati ISTAT, elaborazione Istituto Italiano Imballaggio.

Nell'ultimo decennio si è registrata una continua crescita della produzione, sia in termini di fatturato che in termini di quantità immesse sul mercato, anche se negli ultimi anni la crescita in peso degli imballaggi è stata significativamente contenuta.

Tale andamento è dovuto principalmente alle politiche di prevenzione che vengono attuate dai produttori con l'obiettivo di creare confezioni più razionali e alleggerite.

È comunque reale, e ciò risulta confermato per il '99, la correlazione positiva tra produzione industriale nazionale e trend evolutivo della produzione di imballaggi visibile nella precedente Figura 1 dove l'andamento delle due curve risulta complementare.

In ragione della loro rilevanza quantitativa non è dunque sorprendente che le politiche ambientali tendenti alla riduzione delle pressioni attualmente esistenti nei confronti dei sistemi di smaltimento tradizionali (discariche, incenerimento) abbiano come obiettivo prioritario la riduzione dei rifiuti da imballaggio.

È questa una realtà di cui si è resa ben consapevole l'Unione Europea, come dimostra la direttiva n° 94/62 sugli imballaggi e rifiuti di imballaggio.

La direttiva fissa tre priorità:

- la prevenzione come logica predominante per una riduzione a monte dell'impiego di imballaggi;
- garanzia di percentuali minime di recupero e di riciclo dei rifiuti di imballaggio;
- il ruolo residuale della discarica.

La stessa stabilisce, inoltre, gli obiettivi che i paesi europei dovranno raggiungere entro il 2001.

Per il recupero è fissato un "target" del 50 – 65% e del 25 – 45% per il riciclo, con un minimo del 15% per ciascun materiale.

In Italia il titolo II del Decreto Legislativo n° 22/1997 disciplina, recependo la direttiva europea, la gestione degli imballaggi e dei rifiuti di imballaggio.

Gli obiettivi sono la prevenzione e la riduzione tramite recupero, riutilizzo e riciclo:

<<i> i produttori e gli utilizzatori devono conseguire gli obiettivi finali di riciclaggio e di recupero dei

rifiuti di imballaggio fissati nell'allegato E ed i relativi obiettivi intermedi>>.³

Inoltre l'allegato E prevede per i prossimi 5 anni:

- 50% minimo e 65% massimo dei rifiuti di imballaggio da recuperare in peso come materia prima o come componente di energia;
- 25% minimo e 45% massimo da riciclare;
- 15% minimo e 25% massimo da riciclare per ciascun materiale di imballaggio.

La prevenzione può essere quindi considerata:

- (1) in senso stretto riduzione alla fonte, cioè la riduzione dei materiali, delle sostanze nocive e dell'impatto ambientale durante il processo di produzione, distribuzione e commercializzazione;
- (2) in senso lato riduzione a valle, cioè il trattamento e recupero.

La direttiva contempla pertanto la necessità di prendere misure quantitative e qualitative alla fonte, ponendo, inoltre, il problema della riduzione della quantità e nocività dei rifiuti al momento dell'eliminazione.

È quest'ultimo intervento *ex post* che verrà approfondito visto che l'utilizzo di materiali riciclati si può considerare una misura di prevenzione consentendo un risparmio di materie prime e d'energia.

In secondo luogo, le operazioni di raccolta e selezione messe in opera dai vari sistemi nazionali permettono di ridurre la quantità di scarti allo stadio dell'eliminazione. La validità dell'approccio preventivo è affermata non solo nel settore normativo, ma anche e soprattutto in quello della teoria economica. Klaus Conrad⁴ dimostra, tramite un modello economico, gli effetti di un incentivo per le aziende tale da consentire, attraverso il riciclaggio, la creazione di nuove risorse dagli scarti di produzione. In particolare evidenzia come la prevenzione, attuata a valle del processo produttivo (recupero e riciclo), porti ad una riduzione di costo per l'azienda, dovuto ad un acquisto minore di materie prime vergini e ad una minore quantità di rifiuti destinata allo smaltimento finale.

Questo significa che il riciclaggio, con la creazione di nuove risorse da inserire nel processo produttivo, risulta "ambientalmente" ed "economicamente" sostenibile, trasformando la prevenzione a valle (riciclaggio ed utilizzo delle materie seconde) in un obiettivo per le aziende in grado di praticarla.

Di conseguenza, in virtù dell'importanza che riveste la politica di intervento *ex ante-ex post*, questo lavoro cercherà di dimostrare all'interno della realtà aziendale la validità del modello.

³ Decreto Ronchi, art.37, comma 1.

⁴ Klaus Conrad, "Resource and Waste Taxation in the Theory of the Firm with Recycling Activities", "Environmental and Resource Economics", 14, 1999, pag.221.

Riciclaggio come strategia aziendale

Il quadro operativo delle filiere di riciclaggio fa sì che si possano, in particolare, distinguere due categorie di imprese:

- le imprese che riciclano “residui omogenei” (scarti e rifiuti riconducibili ad una medesima classe di polimeri);
- le imprese che riciclano “residui eterogenei” (miscugli in cui sono individuabili famiglie diverse di materie plastiche).

Tale distinzione è importante perché è direttamente collegabile alla predisposizione delle imprese al trattamento dei residui di consumo (es. imballaggi post – consumo), che necessitano generalmente di tecnologie differenti da quelle tradizionalmente adottate per il trattamento dei residui di produzione.

Le due tipologie di imprese hanno origini differenti: mentre i riciclatori di residui omogenei sono nati e si sono sviluppati parallelamente alla diffusione delle industrie produttrici e trasformatrici di materie plastiche, i riciclatori di residui eterogenei sono apparsi sul mercato in risposta alle emergenze ambientali.

La distinzione, fondamentale tra i riciclatori di residui omogenei e quelli di residui eterogenei è, quindi, che i primi si occupano dell’area pre – consumo, i secondi di quella post – consumo.

L’I.P.T., di cui ci occuperemo nello specifico, valutando la convenienza economica ed ambientale del riciclo, si occupa dell’area pre – consumo (è l’I.P.T. che fornisce, ad esempio, i sacchetti in plastica utilizzati dalle Coop e destinati a contenere i prodotti acquistati dal consumatore), a differenza di Coop - Italia interessata al riciclo post – consumo.

L’I.P.T. (Industria Plastica Toscana), produce materiali plastici: in particolare sacchetti in HDPE (polietilene ad alta densità)⁵, e LDPE (polietilene a bassa densità) per la grande distribuzione (COOP, IPERCOOP). I sacchetti piccoli sono destinati a contenere frutta o verdura, mentre i film in polipropilene (PP) sono prodotti per avvolgere pane ed alimenti.

Gli scarti avviati al recupero sono tutti scarti di produzione; si tratta di tagli puliti di materiale HDPE o LDPE utilizzato per nuova materia prima destinata alla produzione dello stesso bene, e scarti derivanti dall’avviamento o dal mal funzionamento dei macchinari⁶.

Infine, vi sono degli scarti derivanti dalla produzione di film in polipropilene per avvolgere pane o altri alimenti, i quali non vengono sottoposti a riciclo.

Il motivo di questa esclusione dipende dalla incompatibilità tra i due materiali (polietilene e polipropilene), che non possono essere miscelati tra loro in fase di rigenerazione (si otterrebbero granuli “misti” praticamente inutilizzabili).

L’azienda, in questo caso, sviluppando un’analisi sulla convenienza economica, ha preferito la vendita degli scarti di polipropilene anziché impostare la produzione di

⁵ L’HDPE è il polietilene ad alta densità e presenta rispetto all’LDPE (polietilene a bassa densità) una maggiore cristallinità e migliori caratteristiche meccaniche che conferiscono al prodotto finale una caratteristica di rigidità superiore, inoltre è più costoso. L’IPT utilizza inoltre una percentuale di LLDPE (polietilene media densità), per cui i prodotti finali sono di solito una miscela di più materiali. Si parlerà (fino alla determinazione dell’ecobilancio) soltanto di HDPE e LDPE per semplicità.

⁶ I materiali sono sempre HDPE o LDPE ma, essendo stampati, vengono riciclati per ottenere un prodotto differente da quello iniziale; di solito si ottengono granuli di colore grigio destinati alla produzione di sacchi per la raccolta di rifiuti solidi urbani.

rigenerato secondo uno schema a “campagne” che avrebbe comportato forti perdite di produttività a causa delle laboriose operazioni di pulizia del sistema tra una campagna e l'altra.

L'alternativa poteva essere investire in attrezzature di rigenerazione esclusivamente dedicate al polipropilene; tale soluzione non è stata ritenuta economicamente giustificabile, a causa della mancanza di economie di scala.

Infatti, le quantità di scarti di polipropilene prodotte sono esigue, aggirandosi intorno a 150 t/anno, contro quasi 1.200 t/anno di scarti di HDPE e LDPE.

Gli scarti destinati al riciclo raggiungono il 21% della produzione: in particolare il 13% è ottenuto dalla fustellatura (taglio per la realizzazione dei manici del sacchetto) e l'8% dall'utilizzo dei macchinari.

Prima di sviluppare il bilancio economico ed ambientale delle politiche di riuso, al fine di meglio comprendere la complessità delle scelte, si ritiene necessario esporre, sinteticamente, quali sono le caratteristiche tecniche dei processi di rigenerazione e riuso delle plastiche.

Il ciclo di rigenerazione ha inizio depositando gli scarti su un “*nastro trasportatore*” che li invia all'interno di un “*mulino a coltelli rotanti*” per la triturazione, fino ad ottenere materiale in piccoli frammenti leggeri di diverse dimensioni.

Successivamente l’*“estrusore”*, utilizzato per la rigenerazione effettiva, termina con una testa che miscela e fonde i frammenti così ottenuti selezionandoli tramite un filtro che toglie le impurità.

Dopo il filtraggio la massa di plastica fusa pulita viene inserita in un macchinario da cui si ottengono fili di plastica (a forma di spaghetti) raffreddati e successivamente tagliati in forma di granuli.

I granuli così ottenuti costituiscono il materiale riciclato pronto per essere inserito all'interno del nuovo ciclo produttivo.

Questa, in breve, la tecnologia utilizzata dall'azienda I.P.T. per creare dagli scarti di produzione nuove risorse.

Per il nuovo processo produttivo si utilizza una percentuale di HDPE o LDPE riciclato differente a seconda dello spessore del prodotto finale; si parte da una percentuale del 5% fino ad arrivare ad una possibilità teorica del 70% per la produzione di sacchi spessi. In media, la percentuale utilizzata è quella che consente di chiudere interamente il ciclo degli scarti, cioè di riutilizzare il 21% del materiale inizialmente immesso nel ciclo produttivo.

Benefici economici

Il materiale non stampato che deriva dal taglio per la produzione dei sacchetti (corrispondente a circa il 13% del materiale plastico inizialmente immesso nel ciclo) è quindi reinserito integralmente all'interno del nuovo processo produttivo⁷ sotto forma di materia seconda.

Gli scarti di materiale stampato non possono invece essere riutilizzati nei sacchetti per supermercati, sia per motivi estetici (colore) che per ostacoli di tipo normativo.

⁷ È interessante mettere in evidenza la perfetta ciclicità del ciclo produttivo dell'IPT dove tutto lo scarto è reinserito nel nuovo processo di produzione (13% per i tagli e 8% per gli scarti stampati).

Infatti in Italia, come nella maggior parte dei Paesi industrializzati, non è consentito l'uso di materiali di riciclo contenenti residui di inchiostro negli imballi a contatto con alimenti.

Pertanto, l'utilizzo prevalente di questo tipo di scarto (o di altri tipi di scarto provenienti dal recupero di imballi industriali "terziari", come i sacchi delle resine ed i film estensibili e termoretraibili che avvolgono le pedane delle resine stesse) è la produzione di sacchi grigi per la raccolta dei rifiuti, che possono essere realizzati utilizzando anche il 100% di materiale riciclato.

Prima di addentrarci in un'analisi di tipo economico è opportuno precisare le differenze di resa e di lavorabilità tra materiale vergine e materiale riciclato.

Il materiale riciclato pone dei problemi soprattutto a livello estetico con un decadimento delle caratteristiche immediatamente percepibili come il colore o l'odore per cui è utilizzato di solito in percentuali non superiori al 20% nel caso di prodotti finali con spessore medio, mentre per maggiori spessori si può arrivare anche al 70%.

Esiste, inoltre, la possibilità di una perdita di produttività dovuta ad interruzioni del processo produttivo causate dalla presenza di particelle non perfettamente fuse durante il processo di rigenerazione: si tratta tuttavia di una perdita trascurabile stimata, a livello economico, come minore resa produttiva dell'1% rispetto al processo produttivo che utilizza solo materiale vergine.

Sulla base di queste specifiche produttive, la convenienza economica al riciclaggio può essere analizzata computando le seguenti voci di costo:

- materia prima (resina vergine): 1.700 lire al kg LDPE / 1.800 lire al kg per HDPE;
- LDPE o HDPE sotto forma di scarto pulito non stampato: valore di mercato 800 lire al kg;
- costo del processo di rigenerazione: 300 lire al kg.

L'azienda può scegliere se vendere lo scarto di produzione (realizzando 800 lire al kg), oppure riciclarlo, ottenendo granulo rigenerato che può sostituire "alla pari" (cioè senza apprezzabili penalizzazioni) il materiale vergine.

Pertanto, se l'azienda sceglie di riciclare al suo interno gli scarti di produzione anziché venderli, ogni kg di scarto riciclato avrà un costo stabilito da:

$$B_r = C_a + C_s$$

dove:

B_r = beneficio derivante dalla politica di riuso interno;

C_a = costo dell'acquisto della materia prima;

C_s = costo dello smaltimento.

Di conseguenza, sulla base dei centri di costo prima valutati, ai prezzi di mercato, il beneficio effettivo della politica aziendale di riciclo può essere stimato in:

$$800 + 300 = 1100 \text{ Lit/Kg}$$

Il guadagno per l'azienda sarà quindi (considerando il prezzo di LDPE, che è la materia prima più largamente utilizzata):

$$1700 - 1100 = 600 \text{ Lit/Kg di scarto riutilizzato.}$$

Per quanto riguarda, invece, il riciclo del materiale stampato per la produzione di sacchi destinati a contenere rifiuti solidi urbani, avremo:

- materia prima teoricamente utilizzata (resina vergine LDPE) 1.700 lire al kg;
- valore dello scarto stampato sul mercato: 400 lire al kg;
- costo processo di rigenerazione: 300 lire al kg.

Il ragionamento è simile al precedente con un risparmio in questo caso pari a:

$$1700 - (400 + 300) = 1.000 \text{ Lit/Kg.}$$

Tale risparmio è però in buona parte teorico, perché l'impiego del granulo di recupero per produrre sacchi nettezza è così generalizzato che il prezzo di mercato dei sacchi per rifiuti è molto più basso rispetto ai sacchetti per supermercato (e in genere dei film prodotti con resine vergini).

In pratica il prezzo corrente dei sacchi (intorno a 1.800 lire al Kg) è di poco superiore a quello della resina LDPE vergine, per cui le aziende sono costrette ad usare granulo rigenerato se vogliono mantenersi competitive sul mercato: in altri termini, il beneficio economico va al compratore del sacco più che all'industria produttrice.

Possiamo quindi affermare, dopo una breve analisi preliminare, che la convenienza al riciclo dipende fortemente dalla quantità di scarti generati all'interno dell'azienda (economie di scala), dalla loro maggiore o minore omogeneità e compatibilità e anche dalla tecnologia utilizzata (per quanto le tecnologie si possano ritenere adeguatamente consolidate, almeno nel settore del riciclaggio "meccanico").

E' stato infatti verificato come, per I.P.T., risulti più conveniente vendere lo scarto di polipropilene e ciò nonostante, in teoria, questa opzione produca una perdita di circa 600 lire al Kg, (il costo della materia prima vergine è pari a 1600 lire al Kg, il valore di mercato dello scarto è pari a 700 lire al Kg circa, ed il costo di rigenerazione con impianto a regime è teoricamente sempre 300 lire al Kg).

Tutto ciò dipende dalla incompatibilità dei due materiali, che richiederebbe una conduzione a "campagne" dell'unica macchina di cui I.P.T. dispone per la rigenerazione.

Il modesto quantitativo di film in polipropilene disponibile per il riciclaggio non compensa la perdita di produttività dell'impianto, che si avrebbe a causa della esigenza di tener fermo il macchinario durante le necessarie operazioni di pulizia.

Nonostante tali precisazioni, (che si applicano in genere solo a casi particolari come quello analizzato), possiamo affermare che generalmente riciclare gli scarti di produzione risulta incentivante e viene praticato dalla maggior parte delle aziende produttrici di imballaggi, alleggerendo notevolmente la quantità di rifiuti destinati alla discarica e con vantaggi ambientali derivanti da un minor consumo energetico (questo punto verrà analizzato nelle pagine successive dove verranno riportati nello specifico i benefici ambientali nel caso di riciclo).

Tutto ciò è supportato dal modello di Klaus Conrad, accennato precedentemente, le cui variabili possono essere, a questo punto, riadattate al nostro caso specifico; in particolare:

- RW è la parte dei rifiuti che può essere sottoposta a rigenerazione: nello specifico HDPE, LDPE, PP;
- MW è la parte di RW effettivamente riciclata: nello specifico HDPE, LDPE;
- W sono gli scarti non riutilizzati: nello specifico PP e rifiuti derivanti dal processo di rigenerazione.

Detto questo nel caso dell'I.P.T., PW non rappresenta soltanto il costo della raccolta, trasporto e smaltimento, ma anche il costo inteso come perdita derivante dal mancato riciclo del polipropilene (PP), in altre parole dalla sua vendita.

Benefici ambientali

La determinazione dei benefici ambientali viene effettuata tramite "l'ecobilancio" (LCA) che consiste in un modello di studio che valuta l'impatto ambientale di un prodotto "dalla culla alla tomba".

Ciò significa esaminare ogni suo aspetto dalla fase di produzione iniziale (comprensiva anche della fase di estrazione delle materie prime), fino alla fase di smaltimento per cessato utilizzo.

Perciò, per integrare il bilancio economico dell'I.P.T., è stato effettuato lo studio di impatto ambientale per la produzione di shoppers (imballaggi destinati al trasporto dei beni acquistati dal consumatore) di dimensioni maxi (5,2 X 5,8 X 15cm) a marchio Coop.

In particolare l'IPT utilizza, per l'ottenimento del prodotto finale, una miscela di tre polimeri in proporzioni differenti:

- 15% HDPE;
- 30% LLDPE;
- 55% LDPE.

Inoltre, una quantità di riciclato pari al 13% di sfrido interno di produzione e quindi si parla di riutilizzo di rifiuto pre-consumo.

Obiettivo dell'analisi è quello di confrontare diverse tipologie di "shoppers" per valutare quale è più "rispettoso dell'ambiente", mettendone in evidenza i benefici relativi ad un minor impatto ambientale.

I limiti di studio vanno (essendo l'ecobilancio un'analisi del ciclo di vita del prodotto) dalla produzione dei componenti necessari alla fabbricazione dell'imballo fino alla generazione degli scarti di produzione, valutando i dati relativi al consumo di energia, alle emissioni nell'acqua e nell'aria per tutti i processi che comportano un costo ambientale.

In particolare, i processi analizzati sono:

- (a) processo di produzione per l'ottenimento dei granuli (HDPE, LDPE, LLDPE);
- (b) processo di estrusione dei granuli a film;
- (c) processo di trasformazione del film a shopper attraverso stampa in linea, saldatura e taglio;
- (d) processo di rigenerazione per l'ottenimento di granulo riciclato

Le fasi del primo processo, sul quale vengono calcolati gli impatti, sono:

- estrazione del petrolio;
- ottenimento della nafta;
- processo per la produzione di etilene;
- polimerizzazione;
- ottenimento del granulo.

Invece, le fasi del quarto processo sono:

- preparazione della fustelle su nastro trasportatore;
- cernita manuale;
- triturazione;
- estrusione per l'ottenimento di granuli riciclati.

Risultati dell'analisi del caso studio

Lo studio di impatto ambientale è mirato a misurare le conseguenze nella scelta di utilizzo di materiale riciclato pre consumo rispetto al 100% vergine.

Nonostante questa scelta appaia come quella ambientalmente più valida, per correttezza metodologica è stato scelto di approfondire l'analisi introducendo una terza unità di confronto: uno shopper maxi, già presente sul mercato, prodotto per coestrusione in tripla testa⁸ dei tre polimeri, supponendo che lo shopper coestruso abbia le stesse caratteristiche meccaniche e prestazionali degli altri due shoppers.

Le unità funzionali prese in esame sono:

- unità 1: shopper di 13g prodotto per estrusione 100% vergine;
- unità 2: shopper di 13g prodotto per estrusione con 13% riciclato pre-consumo;
- unità 3: shopper di 9,6g prodotto per coestrusione con 13% riciclato pre-consumo.

I dati delle prime due unità sono stati forniti direttamente dall'azienda I.P.T.; per la terza unità si è ipotizzato, in maniera molto attendibile, lo stesso ciclo di produzione dell'unità 1 con un consumo energetico, per la coestrusione, maggiorato del 30% rispetto a quello della estrusione semplice.

Nella tabella seguente è riportata la composizione percentuale dei tre polimeri per le unità in esame:

Tabella 2: *Unità funzionale: 1.000 shoppers maxi (5,2x5.8x15cm)*

UNITA'	AZIENDA	PESO (g)	% RICICLATO (*) PRE- CONSUMO	COMPOSIZIONE % POLIMERI			PRODUZIONE FILM
				HDPE	LLDPE	LDPE	
1	IPT SENZA RICICLO PRE- CONSUMO	13,0	0	15	30	55	ESTRUSIONE
2	IPT	13,0	13	15	30	55	ESTRUSIONE
3	N.N.	9,6	13	33	33	34	COESTRUSIONE

(*) Tutto lo sfrido di produzione viene riciclato, il 13% rappresenta il max di sfrido.

⁸ La coestrusione in tripla testa permette la lavorazione dei tre polimeri separatamente per l'ottenimento di un prodotto finale più resistente.

Mentre i dati formulati da IPT (unità 1 e 2), e quelli rielaborati per la terza unità sono i seguenti:

Tabella 3: Dati di consumo

UNITA'	1	2	3 ⁹
a.	Buwal ¹⁰	Buwal	Buwal
b.	76 Kwh/100 kg	76 Kwh/100 kg	98,8 Kwh/100 kg
c.	9,5 Kwh/7250 pz	9,5 Kwh/7250 pz	9,5 Kwh/7250 pz
d. ¹¹	0	0,94 Kwh/kg	0,94 Kwh/kg

Dove:

- (a) produzione granuli;
- (b) estrusione/coestrusione;
- (c) saldatura, taglio e stampa (il processo prevede il 13% in peso di sfrido);
- (d) rigenerazione dello sfrido a granulo.

Nel corso del ciclo produttivo si producono sfridi (in particolare nel processo di saldatura e taglio), di conseguenza la richiesta di materia prima da lavorare per ottenere il prodotto finale (13 g.) è maggiore in quantità (15 g.); per le unità seconda e terza che introducono nel ciclo produttivo il riciclato pre-consumo la produzione dei polimeri plastici si riferisce alla effettiva quantità vergine necessaria.

Fatte tali precisazioni, la tabella seguente mostra quali sono per ogni unità i pesi attraverso i quali normalizzare i dati bibliografici di partenza per ogni fase produttiva.

Tabella 4: Dati normalizzati

UNITA'	PESO FINALE per shopper (g)	PESO PER FASE COMPRENSIVO SFRIDO (g)			
		a.	b.	c.	d.
1	13,0	15	15	15	0
2	13,0	13,05	15	15	1,95
3	9,6	9,60	11,03	11,03	1,43

⁹ Si ipotizza per l'unità 3 gli stessi dati dell'unità 2, con coestrusione maggiore del 30% rispetto alla normale estrusione.

¹⁰ Bundesamt fuer umweltschutz (Ministero dell'Ambiente Svizzero).

¹¹ I rifiuti di rigenerazione si trascurano perché pari a 62g di filtri di cui 16g di PE per ogni 100 Kg di rigenerato.

Per semplicità ciascuna unità funzionale è riferita alla produzione di 1000 shoppers. A questo punto è possibile passare alla seconda fase dell'ecobilancio che consiste nella fase dell'inventario per le tre unità considerate.

INVENTARIO

In questa seconda fase sono stati inventariati i dati relativi all'impatto (consumi energetici, emissioni in aria ed acqua, etc.), per tutti i processi di produzione e trasformazione precedentemente riportati.

A supporto si utilizza il "data base" pubblicato dal BUWAL (Ministero dell'Ambiente Svizzero) che fa riferimento, per l'energia, a Mj per 1.000 Kg di prodotto e per le emissioni a grammi per 1.000 Kg di prodotto (prima colonna delle tabelle successive)¹².

Unità funzionale 1

Si riporta lo sviluppo dell'analisi degli impatti relativamente alle fasi di produzione del granulo (fase a) e produzione del bene (fasi b e c).

I dati della seconda colonna sono ottenuti procedendo alla normalizzazione di quanto esposto nella prima colonna (inventario per la produzione di HDPE, dati BUWAL): dividendo il fattore di emissione per 1.000.000 si avrà l'emissione relativa ad un grammo che, moltiplicata per il peso dell'unità considerata, permette di ottenere i grammi di emissione per unità (ad esempio per l'HDPE è 2.250g.: valore che si ottiene calcolando la percentuale della tabella 2 relativa ai polimeri al dato normalizzato della tabella 4, moltiplicato per 1.000 shoppers). Per meglio comprendere il procedimento seguito, nella pagina successiva è riportata la tabella relativa alle emissioni per la produzione del granulo in HDPE. La medesima metodologia di calcolo è stata utilizzata per gli altri due granuli in LDPE e LLDPE; per semplicità in questo caso non vengono riportate le relative tabelle complete ma il valore finale visibile in Tab. 6.

¹² La sostanza corrispondente ad ogni simbolo è indicata all'interno dell'appendice.

Tabella 5: Inventario emissioni per la produzione di HDPE

HDPE				
ENERGIA	(Mj/1000Kg)	(Mj/unità)		
	80.980,00	182,205		
EMISSIONI IN ARIA	(g/1000Kg)	(g/unità)	EMISSIONI IN ACQUA	(g/unità)
C ₆ H ₆	3,200	0,007	BOD	100,000
PAH	0,013	0,000	COD	200,000
Ar.KW	7,400	0,017	AOX	0,055
H1301	0,067	0,000	C ₆ H ₅ OH	1,900
Al.KW	0,000	0,000	C ₆ H ₅ CH ₃	0,700
CH ₄	3.700,000	8,325	PAH	0,180
NMVOC	17.300,000	38,925	Ar.KW	13,000
CO ₂	2.060.000,000	4.635,000	Al.KW	0,019
CO	600,000	1,350	DOC	20,000
NH ₃	0,660	0,001	TOC	150,000
HF	1,000	0,002	NH ₄ ⁺	10,000
N ₂ O	4,900	0,011	NO ₃ ⁻	10,000
HCl	50,000	0,113	N tot.	5,000
SO _x	6.000,000	13,500	As	0,210
NO _x	10.000,000	22,500	Cl ⁻	800,000
Pb	0,068	0,000	CN ⁻	0,058
Cd	0,013	0,000	PO ₄ ³⁻	1,000
Mn	0,021	0,000	SO ₄ ²⁻	1.300,000
Ni	0,720	0,002	S ²⁻	0,440
Hg	0,030	0,000	Al	98,000
Zn	0,310	0,001	Ba	43,000
			Pb	0,610
			Cd	0,021
			Cr	1,100
			Fe	140,000
			Cu	0,510
			Ni	0,530
			Hg	0,017
			Zn	1,100

La tabella seguente indica gli impatti complessivi per il primo processo di produzione dei granuli (fase a).

Tabella 6: Totale consumo energetico e emissioni per la produzione di HDPE, LDPE, LLDPE

ENERGIA TOT. (Mj/u) = E (HDPE) + E (LDPE) + E (LLDPE) =				1286,15
EMISSIONI IN	HDPE	LDPE	LLDPE	Totale
ACQUA				
BOD	0,225	1,65	0,045	1,92
COD	0,45	12,375	1,35	14,175
AOX	0,000124	0,000553	0,00018	0,000857
C ₆ H ₅ OH	0,004275	0,0198	0,00675	0,030825
C ₆ H ₅ CH ₃	0,001575	0,017325	0,00585	0,02475
PAH	0,000405	0,001815	0,000585	0,002805
Ar.KW	0,02925	0,12375	0,04455	0,19755
Al.KW	4,28E-05	0,00019	8,55E-05	0,000318
DOC	0,045	0,165	0,045	0,255
TOC	0,3375	0,825	0,585	1,7475
NH ₄ ⁺	0,0225	0,04125	0,0045	0,06825
NO ₃ ⁻	0,0225	0,04125	0,036	0,09975
N tot.	0,01125	0,0825	0,045	0,13875
As	0,000473	0,002805	0,00045	0,003728
Cl ⁻	1,8	1,0725	0,855	3,7275
CN ⁻	0,000131	0,000602	0,000189	0,000922
PO ₄ ³⁻	0,00225	0,04125	0,045	0,0885
SO ₄ ²⁻	2,925	17,325	3,105	23,355
S ²⁻	0,00099	0,004455	0,00144	0,006885
Al	0,2205	1,32	0,216	1,7565
Ba	0,09675	0,462	0,1305	0,68925
Pb	0,001373	0,00825	0,00135	0,010973
Cd	4,73E-05	0,000231	0,000063	0,000341
Cr	0,002475	0,01485	0,00279	0,020115
Fe	0,315	1,815	0,297	2,427
Cu	0,001148	0,006848	0,001125	0,00912
Ni	0,001193	0,007013	0,001215	0,00942
Hg	3,83E-05	0,000165	1,04E-05	0,000214
Zn	0,002475	0,01485	0,002565	0,01989
EMISSIONI IN ARIA				
C ₆ H ₆	0,007	0,033	0,01035	0,051
PAH	0,000	0,00015675	0,00003915	0,000
Ar.KW	0,017	0,081675	0,02205	0,120
H1301	0,000	0,0006765	0,0002205	0,001
Al.KW	0,000	0,00000231	3,645E-07	0,000
CH ₄	8,325	36,3	18,9	63,525
NMVOC	38,925	136,95	44,1	219,975
CO ₂	4.635,000	19140	8595	32.370,000
CO	1,350	7,425	3,15	11,925
NH ₃	0,001	0,009075	0,00144	0,012
HF	0,002	0,04125	0,0045	0,048
N ₂ O	0,011	0,055275	0,01755	0,084
HCl	0,113	0,5775	0,09	0,780
SO _x	13,500	74,25	12,15	99,900
NO _x	22,500	99	35,55	157,050
Pb	0,000	0,000825	0,000171	0,001
Cd	0,000	0,0001485	0,00003825	0,000
Mn	0,000	0,00028875	0,000045	0,000
Ni	0,002	0,00825	0,002025	0,012
Hg	0,000	0,000297	0,0001665	0,001
Zn	0,001	0,0033	0,000945	0,005

Il secondo processo da prendere in considerazione è la produzione del bene finale: le fasi da considerare sono, come riportato precedentemente, estrusione (fase b), saldatura, taglio e stampa (fase c).

Dai dati forniti dall'azienda IPT risulta che per produrre shoppers vengono consumate 76 KWh/100 Kg per la fase di estrusione e 9,5 KWh/7.250 pezzi per la fase di saldatura, stampa e taglio: da questi valori, ricalcolando i consumi per 1.000 shoppers, otteniamo il consumo di 12,71034 KWh/unità.

Per trasformare poi l'energia espressa in KWh in energia espressa in Mj ci avvaliamo della seguente uguaglianza:

$$1 \text{ KWh} = 3,6 \text{ Mj}$$

Da qui si ricava immediatamente il calcolo del consumo di energia:

Energia (KWh/unità): 12,71034

Energia (Mj/unità): 45,75724

Più complicata risulta la determinazione delle emissioni.

Anche in questo caso utilizziamo il modello presentato all'interno della SRU 250¹³ che mostra le percentuali delle diverse tipologie di fonti energetiche utilizzate dai paesi europei per la produzione di energia elettrica.

Per quanto riguarda l'Italia abbiamo:

Tabella 7: Ripartizione dell'energia elettrica secondo il modello italiano

<i>MOD. ITALIANO</i>	(%)	(%) EN. in KWh
PETROLIO	43,4	5,51629
METANO	14,5	1,84300
EN.ATOMICA	8,2	1,04225
CARBONE	8,6	1,09309
LIGNITE	0,5	0,06355
EN.IDRAULICA	23,5	2,98693
RESTANTE	1,3	0,16523

Nella seconda colonna vengono ripartiti i 12,71034 KWh necessari alla produzione di 1.000 sacchetti, si procede cioè al calcolo delle percentuali.

Il passo successivo è la suddivisione delle emissioni a seconda che siano da imputare al petrolio, al metano e così via, riportate nella tabella successiva.

¹³ Schriftenreihe Umwelt (del Buwal). Environmental Series n° 250/I Waste, „Life Cycle Inventories for Packagings”, Swiss Agency for the environment, forests and landscape (SAEFL), 1998.

Tabella 8: *Inventario emissioni per la produzione di 1KWh di energia elettrica*

EM. ARIA	(g/KWh)	(g/KWh)	(g/KWh)	(g/KWh)	(g/KWh)	(g/KWh)
	PETROLIO	METANO	EN.ATOM.	CARBONE	LIGNITE	EN.IDR.
C ₆ H ₆	0,00251	0,00413	0,00002	0,00013	0,00003	0,00000
PAH	0,00002	0,00010	0,00000	0,00001	0,00001	0,00000
Ar.KW	0,00624	0,00203	0,00004	0,01289	0,01512	0,00000
H1301	0,00007	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Al.KW	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
CH ₄	1,09814	1,76279	0,01376	4,25542	0,26181	0,00000
NMVOG	2,17809	0,12291	0,00996	0,10015	0,03006	0,00000
CO ₂	879,69708	766,83234	5,71055	979,05680	1.353,28863	0,00000
CO	0,22344	0,26699	0,00565	0,12537	0,13283	0,00000
NH ₃	0,00076	0,00019	0,00015	0,00584	0,00051	0,00000
HF	0,00097	0,00005	0,00011	0,03189	0,02278	0,00000
N ₂ O	0,01939	0,00558	0,00015	0,00606	0,00686	0,00000
HCl	0,00969	0,00062	0,00036	0,30019	0,21868	0,00000
SO _x	9,30451	0,26477	0,02138	4,01815	6,86010	0,00000
NO _x	1,95925	1,49236	0,01986	2,51755	1,97192	0,00000
Pb	0,00052	0,00000	0,00000	0,00018	0,00005	0,00000
Cd	0,00006	0,00000	0,00000	0,00000	0,00002	0,00000
Mn	0,00016	0,00000	0,00000	0,00011	0,00004	0,00000
Ni	0,00452	0,00000	0,00000	0,00046	0,00007	0,00000
Hg	0,00000	0,00001	0,00000	0,00004	0,00005	0,00000
Zn	0,00038	0,00001	0,00001	0,00035	0,00034	0,00000
EM. ACQUA	(g/KWh)	(g/KWh)	(g/KWh)	(g/KWh)	(g/KWh)	(g/KWh)
	PETROLIO	METANO	EN.ATOM.	CARBONE	LIGNITE	EN.IDR.
BOD	0,00060	0,00002	0,00002	0,00014	0,00001	0,00000
COD	0,01069	0,00025	0,00017	0,00435	0,00016	0,00000
AOX	0,00005	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
C ₆ H ₅ OH	0,00198	0,00004	0,00000	0,00007	0,00001	0,00000
C ₆ H ₅ CH ₃	0,00163	0,00004	0,00000	0,00005	0,00001	0,00000
PAH	0,00018	0,00000	0,00000	0,00001	0,00000	0,00000
Ar.KW	0,01170	0,00042	0,00002	0,00036	0,00007	0,00000
Al.KW	0,00001	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
DOC	0,00001	0,00355	0,00002	0,00002	0,00001	0,00000
TOC	0,10690	0,23931	0,00312	0,00494	0,00164	0,00000
NH ₄ ⁺	0,01379	0,00066	0,00426	0,00142	0,00019	0,00000
NO ₃ ⁻	0,00927	0,00005	0,00053	0,02352	0,00022	0,00000
N tot.	0,01346	0,00006	0,00004	0,00054	0,00012	0,00000
As	0,00002	0,00018	0,00001	0,00197	0,00001	0,00000
Cl ⁻	7,38294	0,63056	0,13648	6,30212	0,12466	0,00000
CN ⁻	0,00005	0,00007	0,00000	0,00001	0,00000	0,00000
PO ₄ ³⁻	0,00037	0,00533	0,00006	0,05851	0,00042	0,00000
SO ₄ ²⁻	0,27360	0,46190	2,06517	4,35283	5,02365	0,00000
S ²⁻	0,00042	0,00006	0,00000	0,00001	0,00000	0,00000
Al	0,00399	0,08895	0,01018	0,97539	0,00715	0,00000
Ba	0,03482	0,00719	0,00018	0,07905	0,00077	0,00000
Pb	0,00004	0,00045	0,00050	0,00490	0,00004	0,00000
Cd	0,00002	0,00000	0,00000	0,00005	0,00000	0,00000
Cr	0,00016	0,00091	0,00003	0,00977	0,00007	0,00000
Fe	0,00827	0,02815	0,00559	0,30289	2,37431	0,00000
Cu	0,00004	0,00044	0,00001	0,00489	0,00004	0,00000
Ni	0,00006	0,00045	0,00002	0,00493	0,00004	0,00000
Hg	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Zn	0,00016	0,00089	0,00006	0,00982	0,00007	0,00000

Anche in questo caso è necessario il passaggio alla normalizzazione dei dati per riportarli all'unità funzionale.

Ciò è possibile moltiplicando i dati della tabella precedente, che sono espressi in g/KWh, per i valori espressi nella seconda colonna della tabella precedente, che sono espressi in KWh/unità, ottenendo così un valore espresso in g/unità.

Successivamente, riaggregando i dati tramite una semplice somma, otteniamo le emissioni totali per 12,71034 KWh di energia elettrica.

Tabella 9: Emissioni prodotte da 12,71034 KWh di energia elettrica

EM. ARIA	(g/unità)						
	PETROLIO	METANO	EN.ATOM.	CARBONE	LIGNITE	EN.IDR.	TOTALE
C ₆ H ₆	0,0138	0,0076	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0216
PAH	0,0001	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003
Ar.KW	0,0344	0,0037	0,0000	0,0141	0,0010	0,0000	0,0533
H1301	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004
Al.KW	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
CH ₄	6,0577	3,2488	0,0143	4,6516	0,0166	0,0000	13,9890
NM VOC	12,0150	0,2265	0,0104	0,1095	0,0019	0,0000	12,3633
CO ₂	4.852,6639	1.413,2720	5,9518	1.070,1969	86,0038	0,0000	7.428,0884
CO	1,2326	0,4921	0,0059	0,1370	0,0084	0,0000	1,8760
NH ₃	0,0042	0,0004	0,0002	0,0064	0,0000	0,0000	0,0111
HF	0,0054	0,0001	0,0001	0,0349	0,0014	0,0000	0,0419
N ₂ O	0,1070	0,0103	0,0002	0,0066	0,0004	0,0000	0,1245
HCl	0,0535	0,0011	0,0004	0,3281	0,0139	0,0000	0,3970
SO _x	51,3264	0,4880	0,0223	4,3922	0,4360	0,0000	56,6648
NO _x	10,8078	2,7504	0,0207	2,7519	0,1253	0,0000	16,4561
Pb	0,0029	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0031
Cd	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003
Mn	0,0009	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0010
Ni	0,0249	0,0000	0,0000	0,0005	0,0000	0,0000	0,0254
Hg	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
Zn	0,0021	0,0000	0,0000	0,0004	0,0000	0,0000	0,0025
EM. ACQUA	(g/unità)						
	PETROLIO	METANO	EN.ATOM.	CARBONE	LIGNITE	EN.IDR.	TOTALE
BOD	0,0033	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0035
COD	0,0590	0,0005	0,0002	0,0048	0,0000	0,0000	0,0644
AOX	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003
C ₆ H ₅ OH	0,0109	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0111
C ₆ H ₅ CH ₃	0,0090	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0091
PAH	0,0010	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0010
Ar.KW	0,0645	0,0008	0,0000	0,0004	0,0000	0,0000	0,0657
Al.KW	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
DOC	0,0001	0,0065	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0066
TOC	0,5897	0,4410	0,0033	0,0054	0,0001	0,0000	1,0395
NH ₄ ⁺	0,0761	0,0012	0,0044	0,0016	0,0000	0,0000	0,0833
NO ₃ ⁻	0,0511	0,0001	0,0006	0,0257	0,0000	0,0000	0,0775
N tot.	0,0742	0,0001	0,0000	0,0006	0,0000	0,0000	0,0750
As	0,0001	0,0003	0,0000	0,0022	0,0000	0,0000	0,0026
Cl ⁻	40,7264	1,1621	0,1422	6,8888	0,0079	0,0000	48,9275
CN ⁻	0,0003	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004
PO ₄ ³⁻	0,0020	0,0098	0,0001	0,0640	0,0000	0,0000	0,0759
SO ₄ ²⁻	1,5093	0,8513	2,1524	4,7580	0,3193	0,0000	9,5903
S ²⁻	0,0023	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0024
Al	0,0220	0,1639	0,0106	1,0662	0,0005	0,0000	1,2632
Ba	0,1921	0,0133	0,0002	0,0864	0,0000	0,0000	0,2920
Pb	0,0002	0,0008	0,0005	0,0054	0,0000	0,0000	0,0069
Cd	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0002
Cr	0,0009	0,0017	0,0000	0,0107	0,0000	0,0000	0,0133
Fe	0,0456	0,0519	0,0058	0,3311	0,1509	0,0000	0,5853
Cu	0,0002	0,0008	0,0000	0,0053	0,0000	0,0000	0,0064
Ni	0,0003	0,0008	0,0000	0,0054	0,0000	0,0000	0,0066
Hg	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Zn	0,0009	0,0016	0,0001	0,0107	0,0000	0,0000	0,0133

Come già effettuato precedentemente, si procede alla determinazione degli impatti complessivi per l'ottenimento di 1.000 sacchetti prodotti con solo materiale vergine.

Tabella 10: Totale consumo energetico e emissioni per produzione di 1000 “shoppers” con solo materiale vergine

		ENERGIA		PROD. PROD. 1000		TOT.	
		GRANULO SHOPPERS		GRANULO SHOPPERS			
		(Mj/UF)		1286,1525 45,7572		1.331,9097	
EM. ARIA				EM. ACQUA			
(g/UF)	PROD. GRANULO	PROD. 1000 SHOPPERS	TOT.	(g/UF)	PROD. GRANULO	PROD. 1000 SHOPPERS	TOT.
C ₆ H ₆	0,0506	0,0216	0,0722	BOD	1,9200	0,0035	1,9235
PAH	0,0002	0,0003	0,0005	COD	14,1750	0,0644	14,2394
Ar.KW	0,1204	0,0533	0,1736	AOX	0,0009	0,0003	0,0011
H1301	0,0010	0,0004	0,0014	C ₆ H ₅ OH	0,0308	0,0111	0,0419
Al.KW	0,0000	0,0000	0,0000	C ₆ H ₅ CH ₃	0,0248	0,0091	0,0339
CH ₄	63,5250	13,9890	77,5140	PAH	0,0028	0,0010	0,0038
NMVOC	219,9750	12,3633	232,3383	Ar.KW	0,1976	0,0657	0,2633
CO ₂	32370,0000	7428,0884	39.798,0884	Al.KW	0,0003	0,0001	0,0004
CO	11,9250	1,8760	13,8010	DOC	0,2550	0,0066	0,2616
NH ₃	0,0120	0,0111	0,0231	TOC	1,7475	1,0395	2,7870
HF	0,0480	0,0419	0,0899	NH ₄ ⁺	0,0683	0,0833	0,1515
N ₂ O	0,0839	0,1245	0,2083	NO ₃ ⁻	0,0998	0,0775	0,1773
HCl	0,7800	0,3970	1,1770	N tot.	0,1388	0,0750	0,2137
SO _x	99,9000	56,6648	156,5648	As	0,0037	0,0026	0,0063
NO _x	157,0500	16,4561	173,5061	Cl ⁻	3,7275	48,9275	52,6550
Pb	0,0011	0,0031	0,0042	CN ⁻	0,0009	0,0004	0,0013
Cd	0,0002	0,0003	0,0005	PO ₄ ³⁻	0,0885	0,0759	0,1644
Mn	0,0004	0,0010	0,0014	SO ₄ ²⁻	23,3550	9,5903	32,9453
Ni	0,0119	0,0254	0,0373	S ²⁻	0,0069	0,0024	0,0093
Hg	0,0005	0,0001	0,0006	Al	1,7565	1,2632	3,0197
Zn	0,0049	0,0025	0,0075	Ba	0,6893	0,2920	0,9812
				Pb	0,0110	0,0069	0,0179
				Cd	0,0003	0,0002	0,0005
				Cr	0,0201	0,0133	0,0334
				Fe	2,4270	0,5853	3,0123
				Cu	0,0091	0,0064	0,0155
				Ni	0,0094	0,0066	0,0160
				Hg	0,0002	0,0000	0,0002
				Zn	0,0199	0,0133	0,0332

Unità funzionale 2

La seconda parte dell'analisi si concentra nella valutazione degli impatti per 1.000 sacchetti prodotti con 87% di materiale vergine e 13% di riciclato.

Le fasi da considerare sono due: processo di produzione del granulo vergine (fase a) per l'87% e processo di rigenerazione (fase d) per il 13%.

Per il primo processo sarà dunque sufficiente calcolare l'87% della colonna dei totali della tabella precedente.

Il processo di produzione finale del bene (fasi b e c) è costante, quindi valgono i dati precedentemente valutati.

Per quanto riguarda l'energia il ragionamento è identico al precedente:

Energia: $1.286,15 \cdot 0,87 = \mathbf{1118,9505}$

Il passo successivo è legato alla determinazione delle emissioni e del consumo energetico per il processo di rigenerazione, relativo al 13% del prodotto finale (13.000g corrispondenti a 1.000 sacchetti).

Secondo i dati forniti dall'I.P.T. (0,94 KWh/1Kg), è possibile ricavare il consumo energetico per la rigenerazione di 1.000 sacchetti (pari a 15.000 grammi di prodotto) che, considerato il 13% di riciclato, è di 1,8330 KWh da cui, seguendo il ragionamento riportato per l'unità 1, avremo:

Energia 1,8330 (KWh/unità) = **6,5988** (Mj/unità)

Anche per le emissioni della seconda unità funzionale viene utilizzato il modello di riferimento (SRU 250) di suddivisione per fonte energetica seguendo lo stesso ragionamento precedentemente utilizzato.

A questo punto calcoliamo il totale sommando alle emissioni e consumo energetico della produzione dell'87% di granulo vergine le emissioni e consumo energetico del 13% di rigenerato.

Tabella 11: Totale consumo energetico e emissioni per la produzione di 1000 "shoppers" con 87% di materiali vergini e 13% di riciclati

		ENERGIA		PROD.	PROD. 1000	RIGENER.	TOT.		
		(Mj/unità)		GRANULO	SHOPPERS		1.171,3087		
EM. ARIA					EM. ACQUA				
(g/unità)	PROD.	PROD. 1000	RIGENER.	TOT.	(g/unità)	PROD.	PROD. 1000	RIGENER.	TOT.
	GRANULO	SHOPPERS				GRANULO	SHOPPERS		
C ₆ H ₆	0,0440	0,0216	0,0031	0,0687	BOD	1,6704	0,0035	0,0005	1,6744
PAH	0,0002	0,0003	0,0000	0,0005	COD	12,3323	0,0644	0,0093	12,4059
Ar.KW	0,1047	0,0533	0,0077	0,1657	AOX	0,0007	0,0003	0,0000	0,0011
H1301	0,0009	0,0004	0,0001	0,0014	C ₆ H ₅ OH	0,0268	0,0111	0,0016	0,0395
Al.KW	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	C ₆ H ₅ CH ₃	0,0215	0,0091	0,0013	0,0320
CH ₄	55,2668	13,9890	2,0174	71,2732	PAH	0,0024	0,0010	0,0001	0,0036
NMVOOC	191,3783	12,3633	1,7829	205,5245	Ar.KW	0,1719	0,0657	0,0095	0,2471
CO ₂	28.161,9000	7.428,0884	1.071,2287	36.661,2171	Al.KW	0,0003	0,0001	0,0000	0,0003
CO	10,3748	1,8760	0,2705	12,5213	DOC	0,2219	0,0066	0,0010	0,2294
NH ₃	0,0104	0,0111	0,0016	0,0232	TOC	1,5203	1,0395	0,1499	2,7097
HF	0,0418	0,0419	0,0060	0,0897	NH ₄ ⁺	0,0594	0,0833	0,0120	0,1547
N ₂ O	0,0729	0,1245	0,0179	0,2154	NO ₃ ⁻	0,0868	0,0775	0,0112	0,1755
HCl	0,6786	0,3970	0,0573	1,1329	N tot.	0,1207	0,0750	0,0108	0,2065
SO _x	86,9130	56,6648	8,1718	151,7496	As	0,0032	0,0026	0,0004	0,0062
NO _x	136,6335	16,4561	2,3732	155,4628	Cl ⁻	3,2429	48,9275	7,0560	59,2264

Pb	0,0010	0,0031	0,0004	0,0045	CN ⁻	0,0008	0,0004	0,0001	0,0013
Cd	0,0002	0,0003	0,0000	0,0006	PO ₄ ³⁻	0,0770	0,0759	0,0109	0,1639
Mn	0,0003	0,0010	0,0001	0,0015	SO ₄ ²⁻	20,3189	9,5903	1,3830	31,2921
Ni	0,0103	0,0254	0,0037	0,0395	S ²⁻	0,0060	0,0024	0,0004	0,0088
Hg	0,0005	0,0001	0,0000	0,0005	Al	1,5282	1,2632	0,1822	2,9735
Zn	0,0043	0,0025	0,0004	0,0072	Ba	0,5996	0,2920	0,0421	0,9337
					Pb	0,0095	0,0069	0,0010	0,0175
					Cd	0,0003	0,0002	0,0000	0,0005
					Cr	0,0175	0,0133	0,0019	0,0327
					Fe	2,1115	0,5853	0,0844	2,7812
					Cu	0,0079	0,0064	0,0009	0,0152
					Ni	0,0082	0,0066	0,0009	0,0157
					Hg	0,0002	0,0000	0,0000	0,0002
					Zn	0,0173	0,0133	0,0019	0,0325

Unità funzionale 3

Determiniamo ora le emissioni per la terza unità, coincidente con la produzione effettuata facendo uso della tecnologia della coestrusione.

Sulla base dello stesso approccio metodologico dei calcoli effettuati precedentemente, sono riportati di seguito emissioni e consumo energetico finali della terza unità funzionale.

Tabella 12: Totale emissioni e consumo energetico per la coestrusione

ENERGIA					RIGENERAZ.					TOT.														
PROD. GRANULO					PROD. 1000 SHOPPERS					TOT.														
(Mj/unità)					808,1240					43,9487					4,8523					856,9251				
EM. ARIA										EM. ACQUA														
(g/unità)	PROD. GRANULO	PROD. 1000 SHOPPERS	RIGENER.	TOT.	(g/unità)	PROD. GRANULO	PROD. 1000 SHOPPERS	RIGENER.	TOT.	(g/unità)	PROD. GRANULO	PROD. 1000 SHOPPERS	RIGENER.	TOT.										
C ₆ H ₆	0,0305	0,0208	0,0023	0,0535	BOD	1,0009	0,0034	0,0004	1,0046	PAH	0,0001	0,0003	0,0000	0,0005										
PAH	0,0001	0,0003	0,0000	0,0005	COD	6,4774	0,0618	0,0068	6,5460	Ar.KW	0,0713	0,0512	0,0056	0,1280										
Ar.KW	0,0713	0,0512	0,0056	0,1280	AOX	0,0005	0,0003	0,0000	0,0008	H1301	0,0006	0,0004	0,0000	0,0010										
H1301	0,0006	0,0004	0,0000	0,0010	C ₆ H ₅ OH	0,0186	0,0106	0,0012	0,0304	Al.KW	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000										
Al.KW	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	C ₆ H ₅ CH ₃	0,0132	0,0088	0,0010	0,0229	CH ₄	39,3728	13,4361	1,4835	54,2924										
CH ₄	39,3728	13,4361	1,4835	54,2924	PAH	0,0017	0,0010	0,0001	0,0028	NMVOC	139,9783	11,8746	1,3111	153,1640										
NMVOC	139,9783	11,8746	1,3111	153,1640	Ar.KW	0,1215	0,0631	0,0070	0,1916	CO ₂	20.141,2543	7.134,5028	787,7102	28.063,4672										
CO ₂	20.141,2543	7.134,5028	787,7102	28.063,4672	Al.KW	0,0002	0,0001	0,0000	0,0003	CO	7,0531	1,8018	0,1989	9,0539										
CO	7,0531	1,8018	0,1989	9,0539	DOC	0,1603	0,0064	0,0007	0,1673	NH ₃	0,0067	0,0107	0,0012	0,0185										
NH ₃	0,0067	0,0107	0,0012	0,0185	TOC	1,2129	0,9984	0,1102	2,3216	HF	0,0226	0,0402	0,0044	0,0673										
HF	0,0226	0,0402	0,0044	0,0673	NH ₄ ⁺	0,0511	0,0800	0,0088	0,1400	N ₂ O	0,0497	0,1195	0,0132	0,1825										
N ₂ O	0,0497	0,1195	0,0132	0,1825	NO ₃ ⁻	0,0733	0,0744	0,0082	0,1560	HCl	0,4501	0,3813	0,0421	0,8735										
HCl	0,4501	0,3813	0,0421	0,8735	N tot.	0,0801	0,0720	0,0080	0,1601	SO _x	56,9145	54,4252	6,0090	117,3487										
SO _x	56,9145	54,4252	6,0090	117,3487	As	0,0021	0,0025	0,0003	0,0049	NO _x	95,8363	15,8057	1,7451	113,3871										
NO _x	95,8363	15,8057	1,7451	113,3871	Cl ⁻	3,5592	46,9937	5,1885	55,7414	Pb	0,0007	0,0029	0,0003	0,0039										
Pb	0,0007	0,0029	0,0003	0,0039	CN ⁻	0,0006	0,0004	0,0000	0,0010	Cd	0,0001	0,0003	0,0000	0,0005										
Cd	0,0001	0,0003	0,0000	0,0005	PO ₄ ³⁻	0,0511	0,0729	0,0080	0,1321	Mn	0,0002	0,0010	0,0001	0,0013										
Mn	0,0002	0,0010	0,0001	0,0013	SO ₄ ²⁻	13,1534	9,2112	1,0170	23,3816	Ni	0,0070	0,0244	0,0027	0,0341										
Ni	0,0070	0,0244	0,0027	0,0341	S ²⁻	0,0042	0,0023	0,0003	0,0068	Hg	0,0003	0,0001	0,0000	0,0004										
Hg	0,0003	0,0001	0,0000	0,0004	Al	0,9844	1,2133	0,1340	2,3316															

Zn	0,0030	0,0024	0,0003	0,0056	Ba	0,4107	0,2804	0,0310	0,7221
					Pb	0,0061	0,0067	0,0007	0,0135
					Cd	0,0002	0,0002	0,0000	0,0004
					Cr	0,0113	0,0128	0,0014	0,0255
					Fe	1,3701	0,5622	0,0621	1,9944
					Cu	0,0051	0,0061	0,0007	0,0119
					Ni	0,0053	0,0063	0,0007	0,0123
					Hg	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001
					Zn	0,0112	0,0128	0,0014	0,0254

Valutazione finale

Sulla base degli inventari delle emissioni e, conseguentemente, del bilancio degli inquinanti per le tre unità funzionali studiate, è possibile effettuare un loro confronto per una valutazione degli impatti effettivi sull'ambiente.

Per questa valutazione finale sono stati utilizzati gli indicatori di effetto ambientale pubblicati dal T.N.O.¹⁴ (organizzazione olandese per la ricerca scientifica applicata), dove, per ogni indicatore, viene stabilito il contributo delle tre tipologie di produzione di shoppers analizzate; gli indicatori sono:

- fabbisogno energetico;
- potenziale effetto serra (G.W.P.);
- potenziale acidificazione ambientale (A.P.);
- potenziale assottigliamento della fascia di ozono (O.D.P.);
- potenziale tossicità delle acque (N.P.).

Il calcolo del valore finale si ottiene valutando, tramite il fattore di moltiplicazione ambientale (f. di m.), l'incidenza di ogni elemento sull'indicatore rispetto ad una sostanza di riferimento.

Ad esempio, nel caso del G.W.P., il metano (CH₄) incide sull'effetto serra 35 volte più dell'anidride carbonica, che in questo caso ha fattore ambientale pari ad uno, essendo stata presa come valore di riferimento, e così via per gli altri indicatori e sostanze.

Le tabelle seguenti mostrano gli impatti complessivi che si ottengono moltiplicando i valori delle tabelle precedenti, corrispondenti alle sostanze presenti negli indicatori per il fattore ambientale.

Tabella 13: Indicatori di impatto

EFFETTO SERRA				
G/unità	f. di m.	100% VERGINE	87% VERGINE + 13% RICICLATO	COESTR.
CO ₂	1	39.798,09	36.661,22	28.063,47
CH ₄	35	2.712,99	2.494,56	1.900,23
N ₂ O	260	54,16	55,99	47,44
H1301	5.600	8,03	7,58	5,86
		42.573,3	39.219,4	30.017,0
ACIDIFICAZIONE				
G/unità	f. di m.	100% VERGINE	87% VERGINE + 13% RICICLATO	COESTR.
NO _x	0,70	121,45	108,82	79,37

¹⁴ T.N.O., Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek, Netherlands Organization for Applied scientific Research.

HCl	0,88	1,04	1,00	0,77
SO _x	1,00	156,56	151,75	117,35
HF	1,60	0,14	0,14	0,11
NH ₃	1,88	0,04	0,04	0,03
		279,2	261,8	197,6
ASSOTTIGLIAMENTO FASCIA OZONO				
<i>g/unità</i>	<i>f. di m.</i>	100% VERGINE	87% VERGINE + 13% RICICLATO	COESTR.
<i>aria</i>				
H1301	16	0,0229	0,0217	0,0167
TOSSICITA' PER H₂O				
<i>g/unità</i>	<i>f. di m.</i>	100% VERGINE	87% VERGINE + 13% RICICLATO	COESTR.
As	0,20	0,00	0,00	0,00
Ni	0,33	0,01	0,01	0,00
Zn	0,38	0,01	0,01	0,01
Cr	1,00	0,03	0,03	0,03
Cu	2,00	0,03	0,03	0,02
Pb	2,00	0,04	0,03	0,03
C ₆ H ₅ OH	5,90	0,25	0,23	0,18
Cd	200,00	0,10	0,10	0,08
Hg	500,00	0,11	0,09	0,06
		0,57	0,54	0,41
ENERGIA		100% VERGINE	87% VERGINE + 13% RICICLATO	COESTR.
Mj/unità		1.331,9	1.171,3	856,9

Dal confronto svolto fra i materiali utilizzati (100% vergine vs. 87% vergine + 13% riciclato) sono emersi impatti ambientali che fanno preferire l'utilizzo del riciclato; in particolare:

- il potenziale effetto serra (G.W.P.) diminuisce di circa il 7,9%;
- il potenziale potere di acidificazione ambientale (A.P.) diminuisce di circa il 6,2%;
- il potenziale effetto di assottigliamento della fascia di ozono (O.D.P.) diminuisce di circa il 5,2%;
- il potenziale di tossicità delle acque (N.P.) diminuisce di circa il 5,3%;
- il dispendio energetico diminuisce di circa il 12%.

Dal confronto, invece, tra la seconda e terza unità c'è un ulteriore abbassamento degli impatti ambientali se si opta per la produzione con tecnologia della coostruzione; in particolare:

- il potenziale effetto serra diminuisce di circa il 23,5%;
- il potenziale di acidificazione ambientale diminuisce di circa il 24,5%;
- il potenziale effetto di assottigliamento della fascia di ozono diminuisce di circa 23%;
- il potenziale di tossicità delle acque diminuisce di circa il 24%;
- il dispendio energetico diminuisce di circa il 26,8%.

Il metodo degli indicatori ambientali, presentato nelle pagine precedenti, è soltanto uno dei metodi oggi utilizzati per la valutazione degli impatti ambientali tramite la realizzazione di un ecobilancio.

Un metodo alternativo per la valutazione finale è, ad esempio, quello degli “eco – punti”.

La valutazione tramite eco – punti si basa sulla relazione tra la capacità di assorbimento di sostanze dannose da parte di una risorsa ambientale e l’inquinamento attuale; è necessario quindi misurare il contributo di ciascun prodotto all’inquinamento in relazione alla capacità di carico dei corpi ricettori (atmosfera, acqua, suolo).

I vari tipi di inquinamento sono valutati in base ad un “fattore ecologico” che si ottiene dalla relazione tra l’inquinamento totale ed il massimo inquinamento permesso; il fattore ecologico o “eco – fattore” è un numero che viene poi moltiplicato per le singole emissioni imputate al prodotto.

A differenza del metodo precedente quest’ultimo permette di valutare l’incidenza complessiva del prodotto sull’ambiente, indipendentemente dalla tipologia del corpo ricettore (atmosfera, suolo, acqua). Fornisce, cioè, una base di riferimento, scientificamente fondata, per la comparazione dei vari impatti.

Per le valutazioni ci riferiamo ai risultati ottenuti precedentemente nelle tabelle, relativi ai tre tipi di imballaggi prodotti.

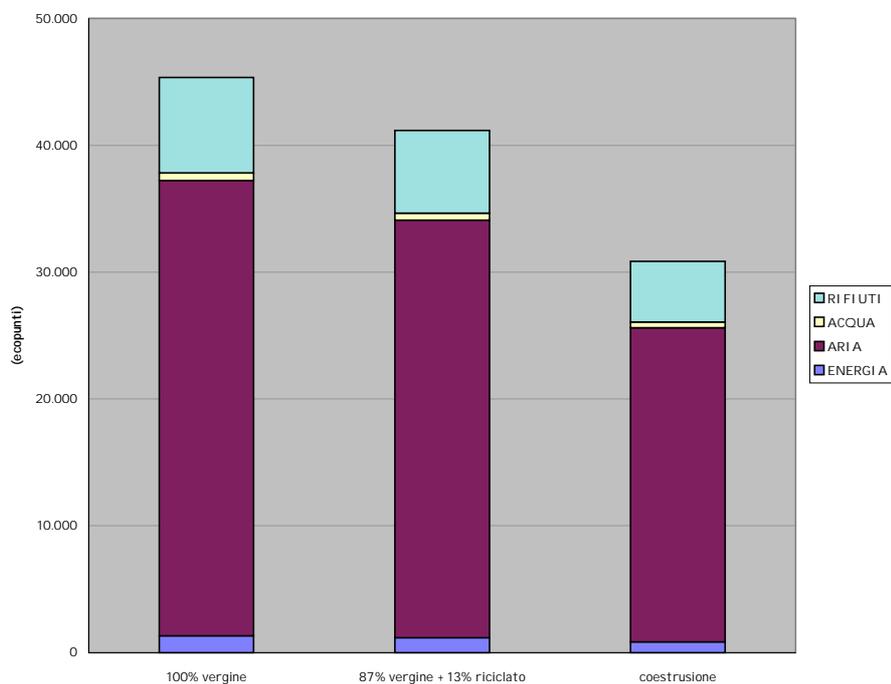
Tabella 14: *Analisi dell’impatto ambientale valutato con il metodo degli “ecopunti”*

ENERGIA	ECOFATTORE	100% VERGINE	87% VERGINE + 13% RICICLATO	COESTR.
	1,0	1.331,9	1.171,3	856,9
ARIA	ECOFATTORE	100% VERGINE	87% VERGINE + 13% RICICLATO	COESTR.
H1301	20.000,0	28,7	27,1	20,9
Al.KW	2.000,0	0,0	0,0	0,0
CH ₄	4,2	325,6	299,3	228,0
NMVO	32,0	7.434,8	6.576,8	4.901,2
CO ₂	0,2	7.959,6	7.332,2	5.612,7
NH ₃	63,0	1,5	1,5	1,2
HF	85,0	7,6	7,6	5,7
N ₂ O	62,0	12,9	13,4	11,3
HCl	47,0	55,3	53,2	41,1
SO ₂	53,0	8.297,9	8.042,7	6.219,5
NO ₂	67,0	11.624,9	10.416,0	7.596,9
Pb	2.900,0	12,2	13,1	11,4
Cd	120.000,0	65,8	68,2	57,7
Hg	120.000,0	71,6	64,4	47,9
Zn	520,0	3,9	3,7	2,9
		35.902,3	32.919,3	24.758,6
ACQUA	ECOFATTORE	100% VERGINE	87% VERGINE + 13% RICICLATO	COESTR.
COD	5,9	84,0	73,2	38,6
AOX	330,0	0,4	0,4	0,3
DOC	18,0	4,7	4,1	3,0
TOC	18,0	50,2	48,8	41,8
NH ₄ ⁺	54,0	8,2	8,4	7,6
NO ₃ ⁻	16,0	2,8	2,8	2,5

N tot.	69,0	14,7	14,3	11,0
PO ₄ ³⁻	2.000,0	328,8	327,7	264,2
Pb	150,0	2,7	2,6	2,0
Cd	11.000,0	5,6	5,3	4,2
Cr	660,0	22,0	21,6	16,8
Cu	1.200,0	18,6	18,3	14,3
Ni	190,0	3,0	3,0	2,3
Hg	240.000,0	51,3	44,6	30,3
Zn	210,0	7,0	6,8	5,3
		604,0	581,8	444,3

RIFIUTI	ECOFATTORE	100% VERGINE	87% VERGINE + 13% RICICLATO	COESTR.
	0,5	7.500,0	6.500,0	4.800,0
		100% VERGINE	87% VERGINE + 13% RICICLATO	COESTR.
ENERGIA		1.331,9	1.171,3	856,9
ARIA		35.902,3	32.919,3	24.758,6
ACQUA		604,0	581,8	444,3
RIFIUTI		7.500,0	6.500,0	4.800,0
		45.338,3	41.172,4	30.859,8

Fig.2- VALUTAZIONE IN ECOPUNTI DELL'IMPATTO AMBIENTALE GENERATO DALLA PRODUZIONE DI 1000 SHOPPERS



Il confronto visibile in Figura 2 mette in evidenza l'importanza nell'utilizzo del riciclato, con un conseguente ridotto impatto ambientale, rispetto all'utilizzo di solo vergine.

Diviene evidente anche l'importanza della tecnologia utilizzata per la produzione; in particolare con la coestruzione associata all'utilizzo di riciclato, è possibile ridurre

ulteriormente l'impatto ambientale e, allo stesso tempo, ottenere uno shopper più resistente.

Tali risultati non sono però conseguenti in modo semplice dall'applicazione della tecnologia di coestrusione: occorre scegliere accuratamente il macchinario (tra i diversi modelli presenti sul mercato), e le composizioni dei materiali.

I.P.T. si trova attualmente in questa fase di studio per valutare la fattibilità tecnico economica tale da farle preferire la nuova tecnologia.

CONCLUSIONI

Il caso analizzato dimostra una convenienza economica del riciclaggio che, secondo la normativa, è la prima forma di prevenzione da attuare in quanto capace di trasformare i rifiuti in nuove risorse.

Dobbiamo però precisare che, pur essendo valido per la maggior parte delle imprese, si verificano dei casi in cui, mancando un mercato parallelo delle materie seconde in grado di assorbire tutto il recuperato, non vi è convenienza economica al recupero.

È il caso del PET¹⁵, utilizzato principalmente per la produzione di bottiglie destinate al settore delle bibite gassate e dell'acqua minerale che negli ultimi anni è aumentata in modo vertiginoso.

In questo settore è quasi assente un mercato delle materie seconde; i pochi scambi effettuati sono limitati alle fibre non tessute (fiocco per imbottiture), coppette di base per le stesse bottiglie in PET, contenitori non alimentari. Il limite maggiore deriva dall'impossibilità di riutilizzare le resine di recupero, ponendole a diretto contatto di alimenti e bevande. L'incapacità del mercato ad assorbire le quantità crescenti di PET che si potrebbero recuperare, determina a monte una scarsità delle aziende disposte ad installare tecnologie di riciclo, con il conseguente aumento delle quantità destinate alla discarica, creando notevoli problemi di smaltimento dei vuoti.

Inoltre, il tipo di materiale normalmente ottenuto da un impianto di recupero (cioè il colorato misto) ha una valutazione di mercato che risulta – nel caso più pessimistico – inferiore al costo di produzione.

In questa ipotesi l'investimento nel riciclo produrrebbe solo perdite; poiché non si può fare molto per aumentare il valore di mercato del PET riciclato, occorre chiaramente minimizzare i costi della raccolta e del riciclo.

Le soluzioni in via di sperimentazione sono quelle in cui si investe in raccolte differenziate con diversi cassonetti (uno per la plastica, uno per il vetro, uno per le lattine e così via) come avviene in Germania, dove addirittura si procede alla selezione del vetro a seconda del colore, così da ridurre i notevoli costi derivanti dalla separazione dei diversi materiali e quelli derivanti dal processo di pulitura della plastica dalle impurità.

In alternativa si sta attuando un aumento nella qualità della materia prima in ingresso, eliminando le bottiglie colorate che oggi rappresentano circa il 31% del consumo totale per bottiglie; o, infine, l'utilizzo di tecnologie di recupero basate su processi chimici che permettono l'utilizzo del recuperato anche per contenitori a diretto contatto di alimenti e bevande, aumentandone il raggio di impiego.

Riassumendo le possibili azioni da intraprendere sono:

¹⁵ PoliEtilenTereftalato: è un materiale plastico che appartiene chimicamente alla famiglia dei poliesteri.

- (1) ridurre il più possibile i costi delle fasi di raccolta e rigenerazione;
- (2) trovare per il prodotto rigenerato aree di impiego ad alto valore aggiunto, nelle quali si sfruttino le caratteristiche positive del PET per farlo preferire ai materiali già esistenti sul mercato ed ottenere così un prezzo che copra le spese di raccolta e rigenerazione.

È per tutti questi motivi che il riciclo del PET risulta così costoso da limitare l'uso del prodotto recuperato a mercati di volume ristretto, che rendono impossibile l'assorbimento dei quantitativi prodotti, o, addirittura, far sì che il valore delle bottiglie recuperate sia inferiore al costo della loro raccolta. Le poche aziende che praticano il recupero sono di conseguenza supportate economicamente dal CONAI, il quale, tramite il contributo ambientale, ne assicura l'esistenza, risolvendo in parte il problema dello smaltimento finale.

Nel caso che è stato analizzato relativo ad un altro materiale plastico, il polipropilene, il problema non sussiste perché le quantità non recuperate, nello specifico dall'I.P.T., sono vendute ad aziende specializzate, dotate di tecnologie in grado di riciclarlo. Queste aziende possono ottenere una convenienza economica grazie al loro inserimento in un mercato parallelo ben funzionante: lo scarto di polipropilene trova infatti largo impiego nella produzione di articoli stampati, come cassette da frutta, cestini per gettare le carte e contenitori vari.

In conclusione, dopo aver fatto un accenno alle problematiche legate al mercato delle materie seconde, possiamo affermare che il limite più grande al riciclo, nonostante in teoria risulti incentivante dal punto di vista economico, è proprio la mancanza, per alcuni materiali, di mercati secondari in grado di assorbire il recuperato.

In assenza di un mercato specifico, l'incentivazione forzata (ad esempio mediante politiche statali di sussidio) alla produzione di materiale riciclato finirebbe con l'abbassare ulteriormente i prezzi del riciclato stesso, per effetto della legge della domanda e dell'offerta; si otterrebbero così effetti destabilizzanti e, in ultima analisi controproducenti, che sono stati osservati in Germania nel primo periodo di applicazione della legge Toepfer¹⁶.

Lo studio effettuato dimostra, inoltre, tramite la realizzazione di un ecobilancio, una convenienza ambientale al riciclaggio riconducibile ad un minor impatto sui corpi ricettori (acqua, aria, suolo).

Questa seconda parte del lavoro, comprensiva di due aspetti spesso considerati separati (beneficio economico ed ambientale), pone interessanti aperture ad una applicazione dell'ecobilancio all'interno delle aziende così come avviene normalmente per un bilancio economico.

Una nuova realtà che si sta diffondendo velocemente soprattutto in paesi come la Germania, l'Olanda, la Svezia e la Svizzera, dove la cultura ambientale, sia all'interno della società che tra le autorità pubbliche, è più diffusa rispetto ai paesi latini.

Soprattutto le grandi imprese come Rhone – Poulenc, Bosch, Henkel, Volvo e Migros, solo per citarne alcune, hanno introdotto l'ecobilancio nei loro tradizionali processi di innovazione di prodotto, nelle loro politiche di acquisto e nelle scelte tecnologiche.

¹⁶ Decreto sullo smaltimento dei rifiuti da imballaggio (c.d. Legge Toepfer) emanato dal governo tedesco il 12.06.1991 (interrogazione della commissione). Il Decreto prevede l'obbligo da parte del produttore di organizzarsi per il recupero e riciclo dei materiali di imballaggio introducendo per la prima volta il concetto di responsabilità estesa per l'intera vita del prodotto (dalla produzione fino allo smaltimento finale per cessato utilizzo).

Introdurre l'ecobilancio, quindi, non solo per l'importanza che esso riveste a livello ambientale, ma anche per i benefici economici indiretti che si riscontrano in una maggiore competitività del prodotto sul mercato legata ad una corretta informazione del consumatore riguardo a queste problematiche.

Rimangono, comunque, ancora molti gli interventi da realizzare per una gestione dei rifiuti e dei rifiuti da imballaggio; primo fra tutti l'utilizzo di un insieme di strumenti economici per il raggiungimento dell'obiettivo finale di riduzione che rispetti i vincoli comunitari.

Bibliografia

- ANPA, “Secondo rapporto sui rifiuti urbani e sugli imballaggi e rifiuti di imballaggio”, Febbraio 1999
- Bertossi P., Kaulard A., Lolli A., Massarutto A., “Per una nuova politica industriale nel settore dei rifiuti urbani in Italia”, in “Economia della fonti di energia e dell’ambiente”, 1, 1997
- Bolzani P., “Imballaggi e rifiuti, come sciogliere il nodo. Dall’industria il sistema più efficiente”, L’Impresa Ambiente, 10, 1996
- Bresso M., “Per un’economia ecologica”, NIS , 1996
- Busnelli V., “Orizzonti con meno rifiuti. Proposte per attuare le norme UE sugli imballaggi”, L’Impresa Ambiente, 9, 1995
- COMIECO, “ Gestione degli imballaggi e dei rifiuti di imballaggio cellulosici”, Giugno 2000, (www.comieco.org)
- CONAI, “Programma generale di prevenzione e gestione”, 1999
- CONAI, “La gestione degli imballaggi. Prospettive, regole e istruzioni per operare nel nuovo sistema”, Edizioni Ambiente, Gennaio 2000
- CONAI, “Programma generale di prevenzione e di gestione degli imballaggi e dei rifiuti di imballaggio”, 2000, (www.conai.org)
- Conrad K., “Resource and waste taxation in the theory of the firm with recycling activities”, in “Environmental and Resource Economics”, 14, 1999
- COOP-ITALIA, “Iniziative della grande distribuzione per la riduzione degli imballaggi”, Rapporto COOP- ITALIA
- Curtera A., Nespor S., “Rivista giuridica dell’ambiente”, Giuffrè, 3/4 maggio – agosto 1997
- Curzio A., Prosperetti Q., Zoboli R., “I rifiuti solidi urbani. Prospettive economiche tecnologiche ed ambientali”, Il Mulino, 1994
- Curzio A. Q., Prosperetti L., Zoboli R., “The management of municipal solid waste in Europe”, ed. Elsevier, 1994
- De Fraja Frangipane E., Vismara R., “Recupero di risorse da rifiuti solidi urbani”, C.I.P.A, 1997
- Environmental series n° 250/I waste, “Life Cycle Inventories for Packagings”, Swiss Agency for the environment, forests and landscape (SAEFL), 1998
- Ficco P., Fimiani P., Gerardini F., “La gestione dei rifiuti. Il nuovo sistema dopo il Decreto Ronchi”, Edizioni Ambiente, 1999
- Gallà L., Riberti C., “La raccolta differenziata dei rifiuti solidi urbani”, Maggioli, 1988
- Gerelli E., “Gli imballaggi: ambiente ed economia. Per una politica del recupero e del riuso della carta e del cartone”, Franco Angeli, Milano 1991
- Gerelli E., “Società post – industriale e ambiente”, Laterza, Bari 1995
- Gerelli E., “Una politica nazionale per i rifiuti da imballaggio”, Economia e Ambiente, 1/2 Gennaio/Aprile, 1996
- Lombardini S., “Rifiuti e ambiente: aspetti economici, tecnologici e giuridici”, Il Mulino, 1993
- Mastino G., “Imballaggi in prima fila nella riduzione dei rifiuti”, Impresa Ambiente, 4, 1993

- Mirulla R., Frankl P., “Dalla culla alla tomba”, *Equilibri/a*, III, 1, Aprile 1999
- Opschoor H., Pearce D., “Persistent pollutants: Economics and Policy”, Kluwer Academic Publisher, 1991
- Pavesi F., “Imballaggi: l’Italia entra in Europa”, *il Sole 24 ore*, 06/07/1998
- Pearce D. W., Turner R. K., “Economia delle risorse naturali e dell’ambiente”, Il Mulino, 1989
- Perrone C., “PET: se riciclare diventasse conveniente”, *Poliplasti*, n° 367, Giugno 1988
- Perrone C., “Presente e futuro del polietilene di recupero”, *Poliplasti*, n° 336
- Perrone C., “Ritorno alle origini”, *Poliplasti*, n° 418, Settembre 1992
- Pierobon A., “Il nuovo sistema tariffario per la gestione dei rifiuti”, *Prime note*, 1999
- Pipere P., “Il sistema di raccolta dei rifiuti da imballaggio”, *Inquinamento*, 10, 1998
- Pipere P., “Recuperare la plastica”, *Imballaggio*, n° 517, Settembre 1999
- Roegen N. G., “Analisi economica e processo economico”, *Sansoni saggi*, 1973
- Sassoon C. R., “Rifiuti, da ingombro a risorsa”, *Il sole 24 ore*, 22/01/1997
- Sassoon C. R., Cassar G., “La nuova normativa italiana sui rifiuti”, *Impresa Ambiente*, 1998
- SPACE – CONAI, “L’industria italiana del riciclo”, maggio 2000 (convegno Bocconi 26/05/2000)
- Tiezzi E., “Tempi storici, tempi biologici. La terra o la morte: i problemi della nuova ecologia”, *Garzanti*, 1992
- Viale G., “Governare i rifiuti”, *Bollati Boringhieri*, 1999
- Viale G., “Imballaggi e rifiuti, come sciogliere il nodo. Consorzi obbligatori: un passo avanti e due indietro”, *Impresa Ambiente*, 10, 1996
- Viale G., “Un mondo usa e getta: la civiltà dei rifiuti e i rifiuti della civiltà”, *Feltrinelli*, Milano 1994
- Victor P. A., “Pollution: economy and environment”, London George Allen and Unwin L.T.D., 1972

Appendice

Air pollutants

Benzene (C₆H₆)
PAH policycl. arom. HC
Aromatic HC
Halon HI301
Halogenated HC
Methane (CH₄)
NMVOC non-methane HC
Carbon dioxide fossil CO₂
Carbon monoxide (CO)
Ammonia (NH₃)
Hydrofluoric acid (HF)
Nitrous oxide (N₂O)
Hydrochloric acid (HCl)
Sulphur oxides (SO_x) as SO₂
Nitrogen oxides (NO_x) as NO₂
Lead (Pb)
Cadmium (Cd)
Manganese (Mn)
Nickel (Ni)
Mercury (Hg)
Zinc (Zn)

Water pollutants

BOD
COD
AOX as Cl

Phenols
Toluene (C₇H₈)
PAH policycl. arom. HC
Aromatic HC
Chlorinated HC

DOC
TOC
Ammonium (NH₄⁺)
Nitrate (NO₃⁻)
Nitrogen org. bound
Nitrogen total
Arsenic (As)
Chloride (Cl⁻)
Cyanide (CN)
Phosphate (PO₄³⁻)
Sulphate (SO₄²⁻)
Sulphide (S²⁻)

Aluminium (Al)
Barium (Ba)
Lead (Pb)
Cadmium (Cd)
Chromium (Cr)
Iron (Fe)
Copper (Cu)
Nickel (Ni)
Mercury (Hg)
Zinc (Zn)