WWF ricerche progetti
S.r.l. unipersonale di proprietà della Fondazione WWF Italia

Contenitori InSostenibili

Impatti su ambiente e salute

Contenitori InSostenibili

Documento a cura di: WWF Ricerche e Progetti
Gruppo di lavoro: Adriano Paolella (responsabile), Rita Minucci (coordinamento), Andrea Masullo, Desirée Martinoja, Emanuele Piccino (E cube), Maria Cristina Oddo (E cube), Rossella Venezia, Carolina Marcos (coordinamento grafico), Paola Venturini (elaborazione grafica).

Chiuso in redazione nel mese di giugno 2010

Indice

Premessa 2

Introduzione 3

CAPITOLO 1 5
I contenitori per alimenti

CAPITOLO 2 12
Il vetro

CAPITOLO 3 20
L'alluminio

CAPITOLO 4 25
Il poliaccoppiato

CAPITOLO 5 32
Il PET

CAPITOLO 6 37
Conclusioni

Allegati (1 -5) 42

Bibliografia di riferimento 56

Premessa

• Gli imballaggi immessi al consumo sul mercato nazionale, nel 2008, ammontano a circa 12,2 milioni di tonnellate[1]. Di questi, circa 8,3 milioni di tonnellate, sono stati avviati a recupero post consumo, con un incremento, rispetto al biennio precedente, del 6,7% per il vetro, del 2,4% per la carta, dello 0,4% per la plastica ed un decremento del 2,8% per l'alluminio[2].
Rispetto al totale degli imballaggi immessi al consumo, dunque, ne è stato recuperato il 69%, superando, a livello nazionale, l'obiettivo del 60%, fissato dalla Direttiva Europea 2004/12/CE, la quale ha modificato la Direttiva 94/62/CE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio.
Questo dato, senza dubbio incoraggiante, non deve però trarre inganno; l'obiettivo del 60% che doveva essere raggiunto entro la data del 31 dicembre 2008 è solo una delle tappe che l'Unione Europea ha previsto per il raggiungimento del più ambizioso obiettivo di riduzione dei rifiuti totali del 20% entro il 2020 e del 50% entro il 2050[3].
La necessità di continuare ad incrementare la riduzione dei rifiuti si impone, dunque, sia livello europeo che nazionale come un obbligo imposto dalla normativa comunitaria ma sempre e comunque come un imprescindibile dovere morale. Un dovere che per quanto riguarda i rifiuti da imballaggio, è ancora più pressante, perché, come è noto, gli imballaggi sono costruiti per svolgere un'unica funzione e sono destinati a diventare rifiuti in tempi rapidissimi.
Solo qualche dato per dare l'idea delle dimensioni di mercato: nel 2008 nell'UE sono stati prodotti circa 81 milioni di tonnellate di rifiuti da imballaggi, corrispondenti a circa un terzo dei rifiuti urbani prodotti.
In Italia solo per i liquidi alimentari, si utilizzano, ogni anno, più di 28 miliardi di contenitori, di diversi materiali e diversi formati ma quasi esclusivamente mono-uso.
Per dare un'idea della dimensione complessiva del problema, è come se ogni 20 anni imbottigliassimo tutte le acque del Trasimeno, il quarto lago italiano per dimensioni.
È evidente pertanto che la scelta del tipo di imballaggio, considerato sia nei suoi utilizzi generali, sia nel settore specifico degli imballaggi alimentari, riveste un ruolo di cruciale importanza.
Non a caso dunque l'Unione Europea ha previsto una serie di criteri ad hoc che rappresentano le linee guida fondamentali per la produzione e l'innovazione dei materiali da imballaggio: il volume e il peso devono essere limitati al minimo indispensabile per garantire sicurezza, igiene e accettabilità del prodotto per il consumatore; gli imballaggi devono essere progettati, prodotti e commercializzati in modo da consentirne il reimpiego, il recupero, il riciclo o, nel caso di inevitabile smaltimento, in modo da ridurne al minimo l'impatto ambientale; la presenza di sostanze nocive nel materiale da imballaggio deve essere ridotta al minimo ed in maniera controllata, e un criterio analogo vale per le emissioni, ceneri o residui di lisciviazione degli stessi materiali nelle operazioni successive di gestione dei rifiuti di imballaggio.
Date, quindi, le dimensioni di mercato cui sono associati gli imballaggi alimentari e la rapidità con cui si trasformano in rifiuti, non si può non considerare gli impatti che la scelta di un materiale piuttosto che un altro comporta sull'ambiente e sulla salute.
È per questo che il presente rapporto mette a confronto una serie di materiali, tra quelli più usati per la produzione di contenitori alimentari, con l'intento di evidenziare i fattori positivi e negativi di ciascuno di essi e far emergere, anche alla luce degli studi disponibili in letteratura, la sostenibilità o meno dei materiali presi in considerazione.

1 Fonte: Rapporto rifiuti ISPRA 2009
2 Fonte: Rapporto Rifiuti ISPRA 2009
3 Vedi il Sesto Programma di Azione per l'ambiente della Comunità europea, "Ambiente 2010: il nostro futuro, la nostra scelta"

Introduzione

• Il presente documento è finalizzato all'analisi dei fattori che determinano la scelta di materiali per il contenimento degli alimenti, con particolare attenzione nei confronti delle eventuali ricadute sull'ambiente e sulla salute dei cittadini.
Con questa finalità si è adottato un criterio di analisi per valutare il bilancio energetico dei materiali, tramite il quale si valuta l'efficienza delle diverse possibili destinazioni finali dei contenitori e per ciascuna soluzione si è considerato il vantaggio energetico come l'energia risparmiata o l'energia prodotta[4]. Tale formulazione è stata applicata al vetro, all'alluminio e al PET ed utilizzata come metodologia di riferimento.
Ogni capitolo è dedicato ad uno specifico materiale - vetro, alluminio, poliaccoppiato e PET - descritti, in una prima parte, attraverso le specifiche caratteristiche della loro composizione, e in seguito in quanto materia prima di contenitore per alimenti.
Saranno quindi descritte le fasi di trasformazione della materia prima in contenitore alimentare e di seguito le possibilità di riuso o di riciclo dello stesso.
Per ciascun materiale sarà data evidenza sia delle principali caratteristiche positive, alla luce degli obiettivi di sostenibilità, sia delle possibili o sicure criticità.
Il primo materiale analizzato è il vetro, per il quale è evidenziata, in modo particolare, la capacità dello stesso di essere riciclato senza perdita di qualità e proprietà, con la conseguenza che dal suo riciclo potranno essere nuovamente prodotti contenitori per alimenti dalle stesse caratteristiche dei contenitori prodotti con le sole materie prime originarie. Altra caratteristica positiva cui sarà data evidenza è la capacità di essere riusato con notevoli vantaggi dal punto di vista ambientale e non solo.
Elementi di criticità invece, sono, come noto, relativi alla movimentazione in considerazione del peso e della fragilità.
Il secondo capitolo è invece dedicato all'alluminio. Le considerazioni che emergono mettono in evidenza che anche dal riciclo dell'alluminio si possono ricavare prodotti di analoga qualità rispetto al materiale di partenza, ma la tesi sostenuta è che la qualità della materia prima è troppo elevata per produrre contenitori usa e getta.
Sarebbe pertanto ambientalmente più sostenibile l'utilizzo dell'alluminio per prodotti duraturi e maggiormente specializzati.
Nel terzo capitolo è analizzato il poliaccoppiato. La tesi sostenuta è che, anche se tecnicamente riciclabile, nei fatti non lo sia, a causa della stratificazione dei materiali di cui si compone. Il processo di riciclo si presenta infatti potenzialmente problematico a causa della difficoltà nella separazione degli strati, della difficoltà nella lavorazione del materiale, e nella mancata garanzia di ottenimento del risultato finale dell'effettivo riciclo.
Per il poliaccoppiato, come per il PET, è evidenziata la questione dell'abbassamento della qualità dei prodotti derivati dal riciclo.
Infine, l'ultimo capitolo è riservato al PET. In quanto materiale derivato dal petrolio, che rilascia sostanze nocive per la salute e che supporta il funzionamento degli inceneritori, la tesi sostenuta è di sicura insostenibilità.
La conclusione del presente rapporto, partendo dalle tesi sostenute nei diversi capitoli e attraverso un'analisi comparativa dei materiali, evidenzierà che il vetro è il materiale da preferire dal punto di vista della sostenibilità ambientale.
Infatti, oltre alle note qualità che rendono il vetro un buon materiale da imballaggio adatto a conservare liquidi e cibi, sono le particolari caratteristiche del riciclo e del riuso che lo differenziano e lo rendono preferibile agli altri materiali. La miscela di materie prime tradizionali (silice, soda e calcio), utilizzata nella produzione del vetro, è completamente sostituibile con il rottame di vetro, cioè con il vetro proveniente dalla raccolta differenziata. Questo significa che è possibile produrre vetro nuovo utilizzando

vetro proveniente da tale raccolta, mantenendo inalterate le caratteristiche qualitative e tecniche originarie del materiale.
A differenza quindi di altri materiali riciclati che non riescono a garantire le stesse prerogative del materiale originale, per il vetro non si riscontra nessuna differenza e perdita di qualità tra quello "nuovo" e quello "riciclato".
L'unico problema rilevabile nel riciclo del vetro è connesso alle modalità della raccolta dei contenitori in vetro nelle aree cittadine, le quali in alcuni casi non garantiscono una buona qualità del vetro raccolto perché mescolato con altri materiali, alcuni dei quali incompatibili (ceramica, lampadine).
A ciò si aggiunga la possibilità di riuso del materiale che, nel caso del vetro, è tecnicamente realizzabile grazie alla sterilizzazione alle alte temperature, mentre nel caso ad esempio del PET è ottenuta attraverso procedimenti chimici. Inoltre, attualmente in Italia, il riuso è praticabile solo relativamente al vetro.

4 Vedi Allegato 1, "Il bilancio energetico delle destinazioni post consumo"

CAPITOLO 1

I contenitori per alimenti

• I principali requisiti dei contenitori alimentari sono tre: contenere l'alimento, mantenere inalterate le sue caratteristiche organolettiche originali, proteggerlo dagli agenti esterni.
Relativamente alla sicurezza alimentare, il contenitore deve proteggere il prodotto da tre tipologie di influenze esterne: chimica, biologica e fisica.
La protezione di tipo chimico minimizza i cambiamenti nella composizione del prodotto dalle influenze ambientali esterne come l'esposizione ai gas, all'umidità e alle radiazioni (visibili, invisibili ed ultraviolette). Molti materiali da imballaggio forniscono una barriera chimica di protezione.
Vetro e metalli forniscono una barriera quasi assoluta agli agenti chimici e agli altri agenti ambientali e per tale motivo è particolarmente importante la scelta dei dispositivi di chiusura, aggiunti per facilitare il riempimento e lo svuotamento. Gli imballaggi in plastica offrono una vasta gamma di proprietà "barriera", ma sono generalmente più permeabili del vetro o del metallo.
La protezione biologica fornisce una barriera contro i microrganismi patogeni, insetti, roditori e altri animali, al fine di prevenire il deterioramento. Le barriere funzionano con una molteplicità di meccanismi mantenendo inalterato l'ambiente interno del contenitore.
La protezione fisica fornita dal contenitore serve a preservare dai danni meccanici (funzione barriera con resistenza a urti, abrasioni, perforamenti).
I materiali a contatto con gli alimenti sono importanti sia da un punto di vista qualitativo, ovvero per la loro efficacia nel proteggere il contenuto alimentare fino al momento del consumo, sia da un punto di vista quantitativo, rappresentando una delle componenti principali dei rifiuti urbani (circa 40% in peso).
Per quest'ultimo motivo gli imballaggi sono stati oggetto di attenzione particolare da parte della politica ambientale in tema di gestione dei rifiuti dell'Unione Europea sin dal 1994 con l'emanazione della Direttiva 94/62[5] sugli imballaggi, che ha imposto agli Stati Membri il raggiungimento di obiettivi di riciclo e di recupero.
Per quanto attiene la diffusione nell'uso dei diversi materiali, un fattore determinante è sicuramente quello economico, connesso allo sviluppo del mercato globale ed al conseguente incremento delle distanze tra il luogo di produzione e il luogo di consumo. Questo ha avvantaggiato l'utilizzo di materiali più leggeri come la plastica, più specificatamente il PET e i materiali compositi a base cellulosica. Queste scelte impongono una verifica delle capacità di conservazione di questi materiali paragonate a quelle garantite dal vetro.
Contestualmente si è realizzato un abbandono delle forme di riuso dei contenitori, tipici di una produzione a carattere locale.

Le dimensioni del mercato dei contenitori

I contenitori alimentari (compresi quelli per le bevande) rappresentano circa il 68% del mercato totale degli imballaggi immessi a consumo (alimentari: 34,8 % + bevande 33,3 %).
A loro volta, i contenitori per liquidi alimentari costituiscono la quota più significativa del totale del mercato dei contenitori alimentari.
Gli imballaggi per bevande, in particolare, rappresentano infatti il 33,3 % del totale degli imballaggi immessi a consumo[6]. Pertanto, si riportano di seguito i dati relativi al consumo e alla produzione dei liquidi alimentari maggiormente diffusi in Italia.
Per quanto riguarda il consumo, il dato più significativo è relativo alle acque minerali; infatti l'Italia, pur avendo mediamente una buona qualità delle acque distribuite nella rete idrica, è il paese al mondo con il più alto consumo di acqua imbottigliata, tanto che nel 2008 ha raggiunto 11,888 miliardi di litri, raddoppiando quasi i consumi pro capite degli USA. Nel 2004 i consumi di birra, ammontavano invece a circa 1 miliardo e 719 milioni di litri[7], mentre quelli per le bevande analcoliche[8] commercializzate in vetro, PET, alluminio, acciaio e poliaccoppiati a circa 5 miliardi di litri.

Fig.1: Ripartizione dell'utilizzo di imballaggi per settore finale di impiego (Anno 2008)
Fonte: *Istituto Italiano Imballaggi*

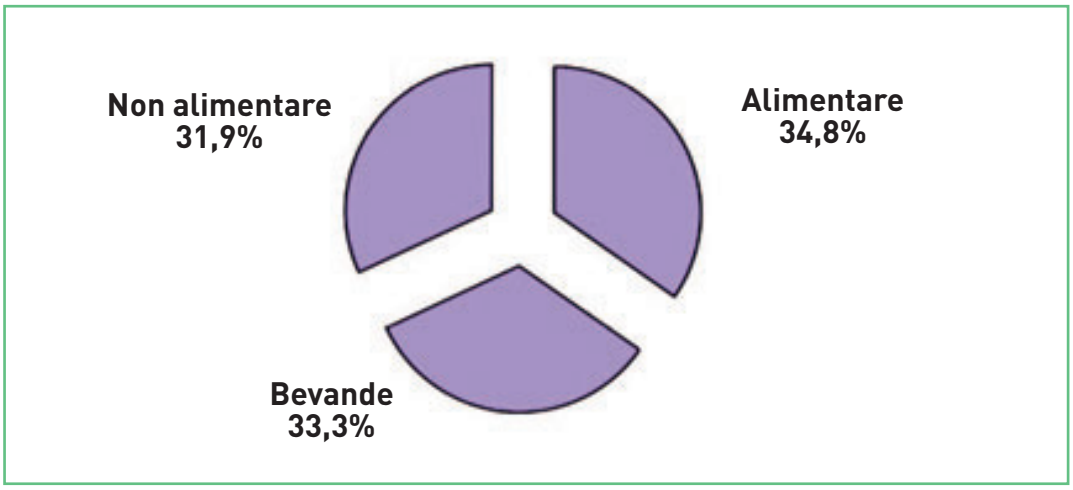
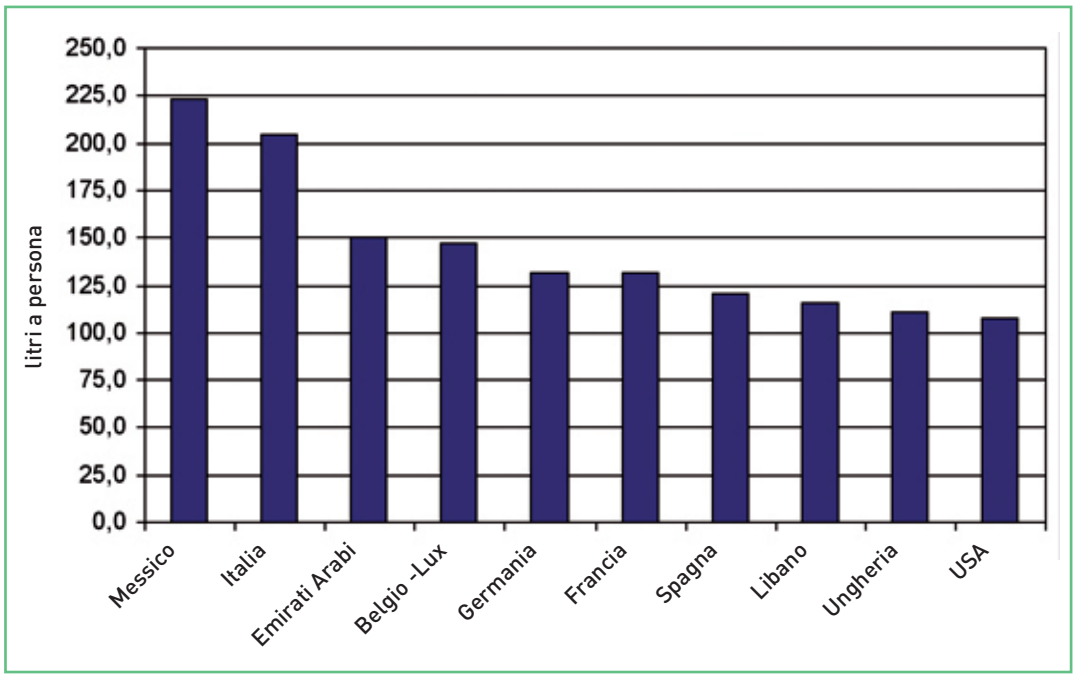


Fig.2: Principali consumatori mondiali di acqua in bottiglia – dati 2008
Fonte: *Beverage Marketing Corporation*



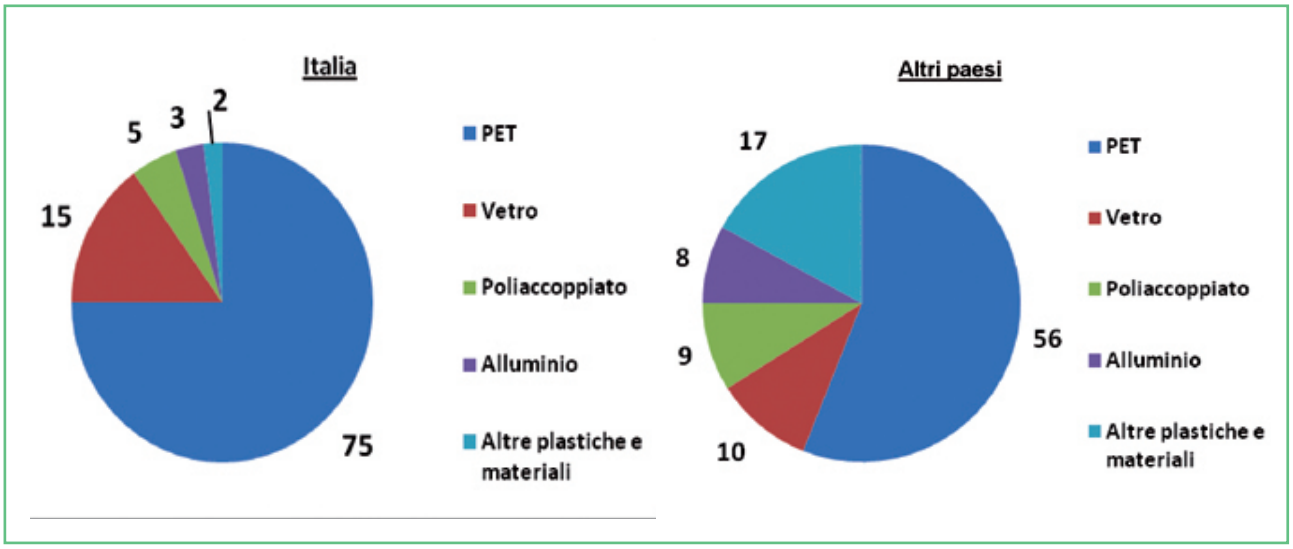


Fig.3: Imballaggi di bevande analcoliche (2008) ***Fonte:*** *Canadean*

Per quanto riguarda il latte, prodotto prevalentemente confezionato in cartoni poliaccopiati e PET, i consumi nel 2008 ammontavano a circa 3 miliardi e 124 milioni di litri[9].
In relazione, invece, ai diversi tipi di contenitori utilizzati e al confronto anche con altri paesi, i dati analizzati mostrano che a livello nazionale il vetro, come contenitore per le bevande analcoliche, copre il 15% del mercato, mentre in altri paesi la percentuale scende al 10%.
Il materiale per i contenitori di bevande analcoliche più diffuso, a livello nazionale, è invece il PET (75%), mentre in altri paesi la percentuale scende al 56%, cui si somma il 17% di altre plastiche e materiali, trascurabili per il mercato italiano (2%).
L'alluminio che negli altri paesi ricopre l'8% delle bevande analcoliche, a livello italiano copre invece il 3% del mercato.

La normativa di riferimento

Gli imballaggi ed i rifiuti da imballaggio hanno sempre goduto di un'attenzione specifica nell'ordinamento comunitario e nazionale.
L'Unione Europea con la Direttiva 94/62/CE[10] persegue due obiettivi principali: tutelare l'ambiente e garantire il funzionamento del mercato interno.
Per il raggiungimento degli obiettivi, la direttiva istituisce, in via prioritaria, misure destinate a prevenire la produzione di rifiuti di imballaggio e, come principi fondamentali aggiuntivi, a riutilizzare gli imballaggi, a riciclarli e a recuperare in altro modo i rifiuti di imballaggio, riducendo lo smaltimento finale di tale tipologia di rifiuti.
La direttiva si applica a tutti gli imballaggi immessi sul mercato comunitario e a tutti i rifiuti d'imballaggio utilizzati o scartati a qualsiasi livello, domestico e non domestico, a prescindere dai materiali che li compongono.
Il provvedimento fornisce le linee guida generali, ma lascia liberi gli Stati membri di scegliere le modalità ed i criteri organizzativi ritenuti più opportuni, secondo logiche attuative diverse, in base alle quali in Italia è stato scelto il sistema consortile.
La Direttiva 2004/12/CE[11], che modifica la Direttiva 94/62/CE, ha stabilito una serie di criteri per la definizione del termine "imballaggi" e aggiornato gli obiettivi di recupero e riciclo.
Nel 2006, la Commissione ha presentato una relazione sull'applicazione della direttiva e sulle misure atte a rafforzare la prevenzione e il riutilizzo degli imballaggi[12].
Dalla relazione, è emerso che la direttiva ha contribuito a ridurre l'utilizzo di risorse naturali.
Le attività di prevenzione come i sistemi di riutilizzo degli imballaggi si sono rilevati efficaci soprat-

tutto per gli imballaggi secondari e/o terziari.
La prevenzione è la misura che ha avuto un esito meno positivo, perché le diminuzioni della quantità degli imballaggi immessi al consumo possono essere realizzate solo attraverso l'introduzione di cambiamenti negli schemi di produzione, di consumo e di distribuzione.
Il riciclo degli imballaggi ha effetti positivi sull'ambiente, tra i quali una riduzione dei gas a effetto serra ed un minore utilizzo delle risorse. Gli altri benefici ambientali conseguiti sono: la riduzione delle emissioni di particolato, la diminuzione dell'acidificazione, del rumore del traffico, degli odori, ecc. con conseguente miglioramento della salute pubblica. I costi aggiuntivi legati agli obblighi di riciclo imposti dalla direttiva sono paragonabili alle altre opzioni di gestione dei rifiuti, come lo smaltimento, ma a differenza di questi mostrano una tendenza al ribasso.

Riuso

La direttiva ha generato una convergenza dei tassi di riciclo degli Stati membri, ma non ha pienamente raggiunto l'obiettivo di contribuire a rimuovere gli ostacoli sulla libera circolazione delle merci nel mercato interno. È il caso, ad esempio, dei sistemi di riutilizzo per i contenitori di liquidi alimentari per i quali la Commissione Europea ha ritenuto non attuabili alcune delle disposizioni normative nazionali tese a favorirne il riuso, in quanto sembrerebbero essere barriere alla libera circolazione dei beni nel mercato interno. Tali sistemi limiterebbero soprattutto gli operatori attivi in diversi Stati membri, imponendo l'onere di adattare gli imballaggi alle prescrizioni di ogni singolo Stato[13].
In relazione alle ipotesi di distorsione del mercato associate all'utilizzo di sistemi di cauzione-rimborso, l'Organizzazione per la Cooperazione e Sviluppo Economico[14] (OCSE), sostiene che le condizioni che potrebbero creare ostacoli siano le seguenti:

- valore del deposito sproporzionato rispetto al valore delle merci;
- per i produttori stranieri, costi di adesione ai consorzi di recupero o di riciclo sproporzionati rispetto alle loro quote di mercato;
- se i contenitori non ricaricabili sono una condizione importante per la competitività delle importazioni;
- sistemi applicati solo ad alcuni tipi di contenitori o imballaggi che riguardano principalmente i prodotti importati;
- applicazione dei sistemi in modo discriminatorio, privilegiando indebitamente i prodotti nazionali.

Un altro elemento di valutazione della relazione sono stati i requisiti essenziali previsti dalla direttiva e inerenti la composizione, riutilizzabilità e recuperabilità degli imballaggi stessi[15].
Secondo le valutazioni della Commissione, da parte degli Stati membri si è registrata una generale inosservanza di tali requisiti.
Solo la Gran Bretagna, la Francia e la Repubblica Ceca si sono dimostrate virtuose in tal senso predisponendo dei meccanismi di controllo per l'osservanza dei requisiti[16].

Riduzione dei rifiuti e riciclo

In conseguenza degli scarsi risultati ottenuti sul fronte della prevenzione, la Commissione Europea ha elaborato una strategia tematica, nell'ambito dell'uso sostenibile delle risorse, sulla prevenzione e il riciclo, in cui sono descritte le misure atte a diminuire le pressioni sull'ambiente derivanti dalla produzione e dalla gestione dei rifiuti. Tali misure sono state individuate nel miglioramento del quadro legislativo vigente in materia di rifiuti, prevenzione dell'impatto negativo e promozione del riciclo dei rifiuti[17].
In quest'ottica, la Direttiva 2008/98/CE[18] scaturisce dalla necessità di armonizzare le disposizioni normative comunitarie emanate in materia di rifiuti, risolvere i problemi riguardanti l'attuazione e porre le basi per una società europea del riciclo con un alto livello di efficienza delle risorse.
Va sottolineato che le misure atte ad agire sulla prevenzione non sono facilmente individuabili: per esempio l'attribuzione indiscriminata di obiettivi di riduzione penalizzerebbe quei produttori che già oggi utilizzano il minor quantitativo possibile di imballaggi.

Inoltre, in questi casi, una ulteriore riduzione può causare fuoriuscite di prodotto, con un danno ambientale superiore agli eventuali benefici risultanti dal minor utilizzo di imballaggi[19].
Le misure di prevenzione possono essere efficaci se applicate all'intero ciclo di vita delle risorse. Tale metodologia implica il miglioramento delle conoscenze sull'impatto che l'utilizzo delle risorse provoca in termini di produzione e gestione dei rifiuti. In considerazione di ciò, la direttiva prevede l'obbligo, per gli Stati membri, di elaborare programmi volti a prevenire la produzione di rifiuti che comprendano obiettivi specifici di prevenzione incentrati sui principali impatti ambientali.
Gli Stati membri adottano misure intese a promuovere il riciclaggio di alta qualità e a tal fine istituiscono la raccolta differenziata di rifiuti, ove essa sia fattibile sul piano tecnico, ambientale ed economico e al fine di soddisfare i necessari criteri qualitativi per i settori di riciclaggio pertinenti.
Fatto salvo l'articolo 10, paragrafo 2, entro il 2015 la raccolta differenziata sarà istituita almeno per i seguenti rifiuti: carta, metalli, plastica e vetro.
Al fine di rispettare gli obiettivi della direttiva e tendere verso una società europea del riciclaggio con un alto livello di efficienza delle risorse, gli Stati membri adottano le misure necessarie per conseguire i seguenti obiettivi:

a) entro il 2020, la preparazione per il riutilizzo e il riciclaggio dei rifiuti quali, come minimo, carta, metalli, plastica e vetro provenienti dai nuclei domestici e possibilmente di altra origine, nella misura in cui tali flussi di rifiuti sono simili a quelli domestici, sarà aumentata complessivamente almeno al 50% in termini di peso;
b) entro il 2020 la preparazione per il riutilizzo, il riciclaggio e altri tipi di recupero di materiale, incluse operazioni di colmatazione che utilizzano i rifiuti in sostituzione di altri materiali, di rifiuti da costruzione e demolizione non pericolosi, escluso il materiale allo stato naturale definito alla voce 17 05 04 dell'elenco dei rifiuti, sarà aumentata almeno al 70% in termini di peso.

La promozione del riciclo ha lo scopo di ridurre l'impatto derivante dalla produzione attraverso la reintroduzione dei rifiuti nel ciclo economico e di ridurre l'impatto ambientale negativo di tale introduzione. Nello specifico, questo significa tenere conto delle caratteristiche e delle possibilità concrete di riciclo di ogni materiale quale nuova materia prima.
Il 16 aprile 2010 con l'approvazione da parte dal Consiglio dei Ministri dello schema di decreto legislativo, è iniziato l'iter di recepimento della Direttiva 98/2008, conclusosi con l'approvazione del D.Lgs. 3 dicembre 2010 n. 205.

Materiali e oggetti a contatto con gli alimenti

All'interno della categoria degli imballaggi, sono oggetto di normativa specifica quelli a contatto con gli alimenti. A livello europeo, il Reg. (CE) n. 1935/2004 rappresenta la normativa quadro per tutti i materiali ed oggetti a contatto con gli alimenti, emanato allo scopo di armonizzare i differenti ordinamenti nazionali degli Stati membri.
Il Regolamento n. 1935/2004[20] mira a garantire il funzionamento efficace del mercato interno per quanto attiene all'immissione sul mercato comunitario dei materiali e degli oggetti destinati a venire a contatto direttamente o indirettamente con i prodotti alimentari, oltre a costituire la base per assicurare un elevato livello di tutela della salute umana e degli interessi dei consumatori. Alla base del Regolamento è il principio secondo il quale i materiali o gli oggetti destinati a venire a contatto, direttamente o indirettamente, con i prodotti alimentari devono essere sufficientemente inerti da escludere il trasferimento di sostanze ai prodotti alimentari in quantità tali da mettere in pericolo la salute umana o da comportare una modifica inaccettabile della composizione dei prodotti alimentari o un deterioramento delle loro caratteristiche organolettiche. Il quadro normativo di riferimento è stato completato con l'emanazione, a livello europeo, del Regolamento (CE) n. 2023/2006 sulle buone pratiche di fabbricazione dei materiali e degli oggetti destinati a venire a contatto con prodotti alimentari.

Utilizzo di plastiche riciclate

Il citato regolamento 1935/2004 ammette, in alcuni casi, anche l'utilizzo della plastica riciclata per la produzione di contenitori alimentari, demandandone però la regolamentazione ad un successivo specifico regolamento.
Nel 2008, è stato quindi emanato il Reg. europeo n. 282[21] che autorizza l'impiego di plastiche riciclate per la produzione di materiali e oggetti in materia plastica destinati ad entrare a contatto con gli alimenti, ponendo però delle restrizioni e condizioni. I criteri individuati per garantire la sicurezza dei materiali o oggetti in plastica riciclata sono la caratterizzazione della materia prima e un processo di riciclo autorizzato in grado di produrre delle plastiche con qualità standardizzata e pari a quella delle materie prime non riciclate. Il soggetto competente per il controllo della sicurezza del processo di riciclo è l'Autorità Europea per la Sicurezza Alimentare, che ha predisposto delle linee guida per ottenere l'autorizzazione per il processo di riciclo[22].
In Italia, il riferimento normativo principale è rappresentato dal D.M. del 21 marzo 1973 "Disciplina igienica degli imballaggi recipienti, utensili, destinati a venire in contatto con le sostanze alimentari o con sostanze d'uso personale" e smi.
In attesa delle autorizzazioni rilasciate dal comitato permanente per la catena alimentare e la salute degli animali, nel nostro paese continua ad applicarsi il divieto di utilizzo di materiali plastici provenienti dal riciclo per la fabbricazione di oggetti a contatto con gli alimenti, a garanzia e tutela dei consumatori (articolo 13 D.M. 21 marzo 1973).
La possibilità di utilizzare materiali in plastica riciclata è concessa solo nel caso dei contenitori formati da due strati, in cui lo strato di materia prima "vergine" svolge la funzione di barriera tra il prodotto alimentare e il materiale riciclato. Successivamente, è stato introdotto l'utilizzo di plastica riciclata per la produzione di cassette per il trasporto dei prodotti ortofrutticoli[23].

Il vuoto a rendere

Sempre per il nostro paese, nel 2009 è stata depositata una proposta di legge per la reintroduzione del sistema del "vuoto a rendere", la quale però non ha avuto un seguito[24]. Nell'art. 2 della proposta sono descritti gli elementi essenziali della filiera del recupero degli imballaggi. La filiera, costituita tramite un contratto, potrebbe essere promossa da uno o più dei seguenti soggetti: produttori, utilizzatori o utenti finali. Il contratto dovrebbe essere approvato dalle camere di commercio, industria, artigianato e agricoltura del territorio di riferimento, le quali potrebbero subordinare l'approvazione a specifiche condizioni e prescrizioni. La possibilità di recupero dell'imballaggio sarebbe riconoscibile da parte dei consumatori attraverso un'etichetta, utilizzabile solo dagli aderenti alla filiera. Il versamento della cauzione sarebbe effettuato sia dagli aderenti alla filiera, se acquistano da altri soggetti della filiera, sia dai consumatori. Gli utenti finali provvederebbero alla raccolta ed la restituzione della cauzione ai consumatori. L'importo e le modalità di pagamento della cauzione sarebbero riportati nel contratto istitutivo della filiera. I benefici per l'adesione consisterebbero nell'adempimento agli obblighi dell'art. 221 del D.Lgs n. 152/2006, nella riduzione della Tariffa Rifiuti (TARI) e nel pagamento dilazionato dell'imposta sul valore aggiunto, definita dal regolamento del Ministro dell'economia e delle finanze, ai sensi dell'articolo 17, comma 3, della legge 23 agosto 1988, n. 400, entro sei mesi dalla data di entrata in vigore della legge.

Direttiva 94/62/CE	Istituisce misure destinate a prevenire la produzione di rifiuti di imballaggio. Individua come principi fondamentali il riutilizzo e il riciclo degli imballaggi a favore di una riduzione dello smaltimento finale di tali rifiuti.
Direttiva 2008/98/CE	Stabilisce obiettivi minimi per il 2020, relativi al riciclo dei rifiuti in carta, metalli, plastica e vetro. Richiede agli Stati membri di adottare delle misure che inducano il produttore ad accettare la restituzione dei rifiuti originati dalla sua attività.
Reg. europeo n. 282[25]/2008	Autorizza, ponendo particolari condizioni, l'impiego di plastiche riciclate per la produzione di materiali e oggetti in materia plastica destinati ad entrare a contatto con gli alimenti.
D.M. del 21 marzo 1973	Disciplina igienica degli imballaggi recipienti, utensili, destinati a venire in contatto con le sostanze alimentari o con sostanze d'uso personale.

Tabella 1: Sintesi delle principali norme nazionali e comunitarie

NOTE

5 Così come modificata dalla Direttiva 2004/12/CE del Parlamento europeo e del Consiglio dell'11 febbraio 2004
6 Istituto Italiano Imballaggio, Imballaggio in cifre 2009, pag. 13
7 Fonte: Brauwel Brevier 2005, p.65,66
8 Fonte: ASSOBIBE
9 Fonte: ISMEA
10 GU L 365 del 31.12.1994, pag. 10. Direttiva modificata dalla Direttiva 2004/12/CE (GU L 47 del 18.2.2004, pag. 26) e dalla Direttiva 2005/20/CE (GU L 70 del 16.3.2005, pag. 17).
11 Recepita in Italia dal Decreto legislativo 3 aprile 2006 n. 152 "Norme in materia ambientale", art. 217/226, pubblicato in G.U. n.88 del 14 aprile 2006.
12 Relazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento europeo, del 6 dicembre 2006, sull'attuazione della direttiva 94/62/CE sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio e sul suo impatto sull'ambiente e sul funzionamento del mercato interno [COM(2006)767 - Non pubblicata nella Gazzetta ufficiale].
13 Comunicazione della Commissione — Imballaggi di bevande, sistemi di deposito cauzionale e libera circolazione delle merci (2009/C 107/01).
14 OECD (1993) Applying economic instruments to packaging waste: practical issues for product charges and deposit refund systems.
15 La direttiva comprende un Allegato con le buone prassi di produzione degli imballaggi.
16 A Survey on compliance with the Essential Requirements in the Member States (ENV.G.4/ETU/2008/0088r).
17 Comunicazione della Commissione, del 21 dicembre 2005, intitolata: "Portare avanti l'utilizzo sostenibile delle risorse - Una strategia tematica sulla prevenzione e il riciclo dei rifiuti"COM (2005) 666.
18 Direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 19 novembre 2008, relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive (Testo rilevante ai fini del SEE) GU L 312 del 22.11.2008, pagg. 3–30.
19 Relazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento europeo, del 6 dicembre 2006, sull'attuazione della Direttiva 94/62/CE sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio e sul suo impatto sull'ambiente e sul funzionamento del mercato interno COM(2006)767.
20 GU L 338/4 del 13.11.2004.
21 GU L 86 del 28/03/2008.
22 "EFSA, 2008, Guidelines on submission of a dossier for safety evaluation by the EFSA of a recycling process to produce recycled plastics intended to be used for manufacture of materials and articles in contact with food"
23 D.lgs n. 206 del 6 settembre 2005.
24 Proposta di legge Mazzocchi e Gava: "Disposizioni concernenti il recupero degli imballaggi, per la reintroduzione del sistema del 'vuoto a rendere'" (Atto Camera dei deputati n. 2429).
25 GU L 86 del 28/03/2008..

CAPITOLO 2 Il Vetro

• Interamente costituito da sostanze naturali, il vetro ha un'illimitata possibilità di riciclo, essendo uno dei pochi prodotti ad assoluta compatibilità ecologica. Ottenuto mediante fusione a temperatura elevata di varie materie prime, nello specifico sabbie silicee mescolate principalmente a carbonato di calcio e sodio, il vetro può essere modellato a caldo nelle forme più svariate.
La miscela silicea, infatti, non solidifica a una temperatura predeterminata, di conseguenza, la realizzazione di un oggetto avviene in un intervallo di tempo lungo, detto di 'lavorazione', durante il quale la pasta vitrea registra un progressivo aumento di viscosità. Gli elementi che compongono l'impasto vetrificabile permettono di realizzare vetro incolore e trasparente. Inoltre, con l'aggiunta di minime quantità di sostanze coloranti, come per esempio ossidi di ferro e cromo per il verde, composti di zolfo per il giallo e cobalto per l'azzurro, si possono creare diversi tipi di tonalità di colore e sfumature.
La miscela vetrosa è prevalentemente formata da sabbia silicea, carbonato di sodio o soda, marmo, dolomite, solfato sodico e una scoria d'alto forno detta "loppa" a cui si aggiunge il rottame di vetro.
La materia prima vetrificante è la sabbia silicea (SiO_2), o sabbia di cava, fondamentale nel dar luogo, per fusione, al liquido vetroso che nella composizione base del vetro è presente per il 70% circa.
Il carbonato di calcio ($CaCO_3$) ha un'azione 'stabilizzante', in quanto regola la condizione della superficie vetrosa rispetto al grado di umidità e di anidride carbonica presenti nell'atmosfera.
Il carbonato di sodio (Na_2CO_3), o soda, insieme alla loppa, è utilizzato per diminuire la temperatura di fusione, agendo come elemento 'fondente'.
Inoltre, la percentuale di ossido di sodio presente nella miscela vetrificabile è determinante nel processo di lavorazione del vetro fuso. Più alta è la sua percentuale e più lento sarà il processo di solidificazione. Di conseguenza, un vetro con questa caratteristica, risulta adatto alla lenta lavorazione manuale, mentre nel caso contrario lo sarà ai fini di una veloce lavorazione industriale.
Il solfato sodico si aggiunge alla miscela vetrificabile, in qualità di sostanza che facilita la fuoriuscita delle bolle gassose dal fuso, affinandone e migliorandone l'omogeneità.

La produzione dei contenitori[26]

Le materie prime arrivano allo stabilimento sfuse, con mezzi di trasporto chiusi oppure imballati in sacchi, e sono normalmente stoccate in sili. Tramite nastri trasportatori o tubazioni per il trasporto pneumatico sono inviate alle tramogge di caricamento dei forni per la fusione. A queste sono aggiunte quantità variabili, tra il 20% e il 90%[27], di rottame di vetro precedentemente frantumato. Il rottame, proveniente dai processi di riciclo, assume un'importanza fondamentale nel processo produttivo dei nuovi contenitori: impiegato come materia prima, facilita la fusione contribuendo a ridurre i consumi energetici e le emissioni gassose generate dai forni di produzione.
La formazione e l'affinaggio della pasta vetrosa avviene nel forno fusorio. La fornace, costruita con materiale refrattario ed in grado di resistere per anni alle elevate temperature di lavorazione, nella maggior parte degli impianti è alimentata a gas metano. Il forno fusorio opera a una temperature di circa 1500° C ed è alimentato in continuo. Durante questa fase, nel-

la massa vetrosa si generano inclusioni gassose dovute alla decomposizione delle materie prime, principalmente carbonati di sodio, calcio e magnesio, con formazione di CO_2. Le bolle che ne derivano saranno eliminate nella successiva fase di affinaggio, grazie anche all'aggiunta di sostanze affinanti, principalmente solfati di sodio e calcio. La decomposizione di tali sostanze dà infatti origine a bolle di dimensioni maggiori, caratterizzate da una più elevata capacità di risalita. La successiva fase di condizionamento consente di raffreddare ed omogeneizzare la massa vetrosa, al fine di ottenere la viscosità adeguata per la lavorazione e la trasformazione del contenitore.
I processi normalmente utilizzati per la produzione delle bottiglie sono il presso-soffio ed il soffio-soffio. La prima fase di questi processi vede la realizzazione della bocca introducendo le gocce di vetro in uno stampo, detto "abbozzatore" che, pressate con un "maschio" nel caso del primo processo od utilizzando un getto d'aria compressa nel secondo caso, danno origine ad una sagoma preliminare. Successivamente, il formato ancora plasmabile viene ribaltato e trasferito in un'altra matrice dove è fatto aderire alle pareti interne con un forte getto d'aria.
Dopo la fase di formatura, il contenitore viene raffreddato, secondo un tempo controllato, in forni continui a tunnel. Questo passaggio, detto anche di 'ricottura', consente di eliminare le tensioni del vetro mediante riscaldamento preliminare e successivo graduale abbassamento termico dell'oggetto, fino al raggiungimento della temperatura ambiente.
Completate le operazioni di raffreddamento, ha inizio il controllo qualitativo dei singoli contenitori, che precede la fase di confezionamento. I vari pezzi sono sottoposti a scelta automatica con macchine elettroniche installate in linea, che verificano le caratteristiche di tutti i recipienti. Gli esemplari non idonei sono automaticamente scartati prima del processo d'imballaggio e immediatamente frantumati e ri-avviati al forno per essere rifusi. La maggior parte dei contenitori in vetro è sottoposta a trattamenti superficiali esterni per migliorarne le prestazioni, sia durante la manipolazione nel Cold-End della vetreria che sulle linee di riempimento dei clienti.
Essi possono essere applicati sia all'uscita della macchina di formatura, quando l'articolo è ancora ad una temperatura di circa 500°C (hot-end coating), che successivamente, dopo il forno di ricottura (cold-end coating).
È prassi comune che l'applicazione avvenga in abbinamento, in quanto il trattamento a caldo rappresenta il substrato ideale per l'ancoraggio del successivo trattamento a freddo.
Il primo aumenta la resistenza meccanica dei contenitori, mentre quello a freddo riduce il coefficiente di attrito dei contenitori migliorandone la scorrevolezza sulle linee automatiche di imballo e riempimento e riducendo la formazione di microfissurazioni responsabili del decadimento delle caratteristiche di resistenza meccanica.
Il prodotto finito viene quindi confezionato e immagazzinato.
Alla fine del processo di lavorazione, il vetro ha assunto le sue caratteristiche principali, che lo rendono unico tra i contenitori alimentari. Inodore e chimicamente inerte, il vetro è impermeabile ai gas, ai vapori e ai microrganismi; mantiene la freschezza del prodotto per un lungo periodo di tempo senza pregiudicare il gusto e sapore. La capacità di resistere ad alte temperature di trasformazione lo rende funzionale per i cibi ad alta e bassa acidità e ne permette la sterilizzazione. Il vetro, fornisce, inoltre, un buon isolamento, con il vantaggio di rendere sempre evidenti eventuali danneggiamenti e manomissioni. Allo stesso tempo, la sua trasparenza consente di visualizzare il prodotto, mentre le variazioni di colore sono in grado di proteggere dalla luce i contenuti fotosensibili.
Con l'estensione delle distanze tra il luogo di produzione a quello di consumo, per effetto della globalizzazione dei mercati, il maggior peso dei contenitori rappresenta un aspetto negativo se confrontato con gli altri materiali presenti sul mercato.
Tuttavia oggi sono in atto ricerche per il superamento di tale aspetto.
La ricerca industriale, anche nel settore del vetro cavo, ha permesso di affinare maggiormente le tecni-

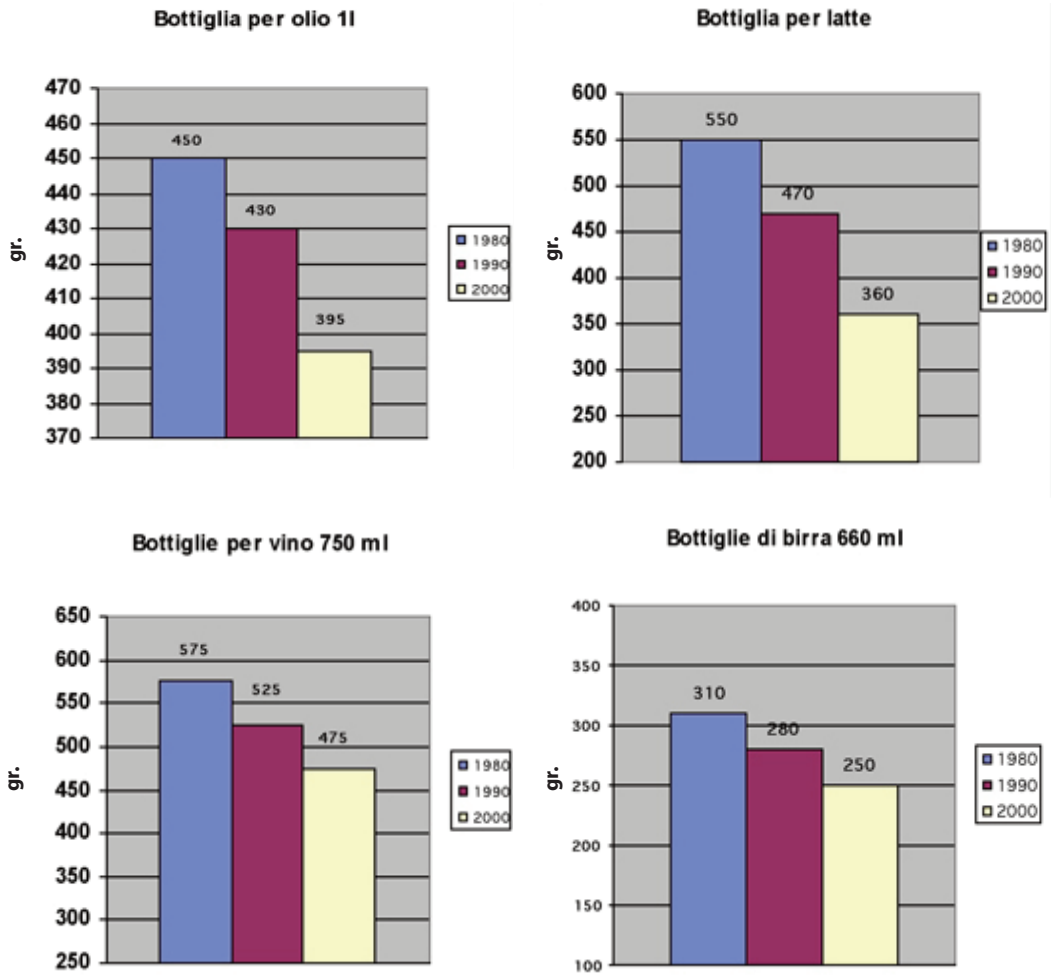
Fig.4: Materie prime utilizzate nella produzione del vetro cavo meccanico

che produttive, migliorando le prestazioni dei contenitori. In particolar modo, sono state sviluppate nuove tecniche di progettazione e di stampaggio dei contenitori finalizzate nello stesso tempo a migliorarne la robustezza, la durata nel tempo e la trasportabilità.
Grazie a queste innovazioni, negli ultimi decenni sono stati prodotti e introdotti sul mercato contenitori più resistenti alle sollecitazioni meccaniche e nello stesso tempo più leggeri *(Figura 5)*, a vantaggio del consumo delle risorse e della diminuzione delle emissioni associate, sia alla produzione che alla movimentazione degli imballaggi.
Ad esempio, dal 2005 è stato ridotto il peso della bottiglia per la passata di pomodoro[28] dell'11,2%, da 310 a 275 g. della capacità di 720 ml.

Il riutilizzo dei contenitori in vetro

Il miglior rifiuto è il rifiuto non prodotto. Gli imballaggi, e nello specifico i contenitori alimentari, sono prodotti destinati a diventare rifiuti in un tempo relativamente breve se confrontato al tempo di rigenerazione delle risorse naturali utilizzate nella loro produzione: un sistema di distribuzione basato su contenitori riutilizzabili può costituire una valida alternativa alla crescente e costante produzione dei rifiuti. Prima degli anni '60, il vuoto a rendere era una pratica molto diffusa su tutto il territorio nazionale; tramite la cauzione, si assicurava il ritorno del contenitore al venditore. La pratica del riuso, nel nostro paese, era favorita dall'alto costo del vetro e dal carattere locale che ancora assumevano produzione e

Fig.5: Andamento dei pesi di alcuni contenitori in vetro
Fonte: *elaborazione su dati Co.Re.Ve. "Programma specifico di prevenzione 2008 (Risultati di Riciclo 2007) pag.72"*



consumo, due aspetti divenuti marginali con l'evoluzione dei mercati e dei comportamenti dei consumatori.
La recente Direttiva 2008/98 sui rifiuti attribuisce valore alle misure di prevenzione dei rifiuti e per questo richiede agli Stati membri di adottare misure che inducano il produttore ad accettare la restituzione dei rifiuti originati dalla sua attività.
In Italia, il Conai[29] ha commissionato due indagini (anni 2003 e 2006) sul sistema nazionale del riutilizzo, i cui risultati forniscono una panoramica delle tendenze in atto e alcuni aspetti quantitativi. La ricerca condotta nel 2006[30] ha permesso di delineare dei trend specifici sul sistema del riuso nazionale, tra cui si segnalano i seguenti:

- il riutilizzo è più frequente per gli imballaggi secondari/terziari che per gli imballaggi primari;
- le imprese utilizzatrici che fanno ricorso a tale sistema possiedono una politica ambientale che contempla la riduzione degli imballaggi;
- nel caso dei consumatori finali, il riutilizzo è più frequente nelle situazioni in cui il prodotto è consumato in un numero ristretto di luoghi;
- il riutilizzo è una pratica diffusa anche presso la GDO[31].

A livello globale, le cause del declino dei sistemi riutilizzabili[32] sono riconducibili ai seguenti aspetti:

- **La crescita del mercato internazionale.**

L'apertura dei mercati ed i bassi costi di trasporto favoriscono i beni ed i prodotti importati; su lunghe distanze, il sistema monouso è più conveniente perché

I FORMATI PIU' COMUNI

La bottiglia di vetro tipo permette un invecchiamento a lungo termine del vino. Il vetro ha tutte le qualità richieste per una lunga conservazione. Caratteristiche: peso 360 g; capacità 75 cl. Viene prodotta in vetro di non grosso spessore, in colore bianco e mezzo bianco per i vini bianchi e in verde o in marrone per i vini rossi. Per le sue caratteristiche di peso e semplicità di stoccaggio si è diffusa in tutto il mondo diventando il tipo di bottiglia più usato.

Bottiglia per il vino di capacità 25 cl e di peso di 200 g.

Bottiglia per birra di capacità di 33 o 66 cl e di peso 230 g e 340 g circa.

Bottiglia per il latte con capacità di 1 litro e di peso 340 g.

Bottiglia per succhi di capacità di 150 ml e di peso 150 g.

Bottiglia per liquori con capacità di 70 cl e di peso 405 g.

Bottiglia per l'olio con capacità 1 litro e di peso 500 g.

Vasi per conservare di capacità di 500 ml e di 250 g di peso.

non richiede la movimentazione ed il trasporto del contenitore indietro al produttore. Inoltre, la centralizzazione dell'economia, per favorire le vendite, attraverso la diminuzione dei costi per effetto delle economie di scala, ha determinato un'ulteriore diminuzione delle quote di mercato per i sistemi di recupero.

- **Il cambiamento dei comportamenti dei consumatori.**

Per effetto del cambiamento negli stili di vita, il consumo di generi alimentari si sposta fuori casa. In queste situazioni, l'acquirente preferisce liberarsi del contenitore subito dopo l'uso.

- **Lo sviluppo della Grande Distribuzione Organizzata (GDO).**

Il declino dei sistemi di vuoto a rendere è concomitante alla diffusione dei supermarket. In essi è possibile acquistare le bevande, come ad esempio il latte, in contenitori usa e getta o monouso, di diversi formati, di piccole o grandi dimensioni. Il costo crescente degli spazi commerciali ha richiesto inoltre, la movimentazione, lo stoccaggio e l'esposizione sugli scaffali di grandi quantità di merci con caratteristiche di robustezza e di leggerezza. Questo ha comportato che le scelte commerciali e organizzative della GDO si siano orientate sempre più verso criteri di ottimizzazione logistica anche prescindendo dalla effettiva funzionalità del sistema dei contenitori a rendere.

- **La diffusione degli imballaggi mono uso.**

Intorno agli anni '80, le imprese scoprono le potenzialità commerciali del packaging. La confezione, prima della qualità del prodotto, stimola l'acquisto e incrementa le vendite. La presenza nei punti di vendita dei sistemi ricaricabili si riduce ulteriormente: i contenitori monouso, principalmente di PET e di poliaccoppiato, hanno consentito una varietà maggiore di formati e una crescente "personalizzazione" del prodotto, più facilmente identificabile da parte del consumatore. In diverse parti del mondo sono comunque ancora presenti dei sistemi di riuso. Per una descrizione dettagliata dei vari sistemi ricaricabili si rimanda all'Allegato n.2.

Ad esempio, per quanto riguarda i sistemi non rego-

lamentati, il sistema di deposito volontario è diffuso in Gran Bretagna, USA, Cina, India, Pakistan, Messico, Argentina, Brasile, Sud Africa, Australia e Nuova Zelanda. In Sud Africa, il sistema ricaricabile di deposito volontario è in funzione da oltre 60 anni. I prodotti sono acquistati e restituiti non singolarmente ma in cassa, raggiungendo un'efficienza sulle vendite del 75% circa.
Le ragioni di tali risultati possono essere ricercate, oltre che nell'alto costo del materiale, nelle infrastrutture di trasporto che favoriscono la produzione locale, nella "cultura del risparmio dei consumatori" e nell'assenza della grande distribuzione.
L'America Latina presenta situazioni diverse. In paesi come Messico, America Centrale e Colombia, i sistemi di deposito volontario mantengono una quota di mercato apprezzabile per effetto della presenza diffusa del mercato al dettaglio. In altre aree, come l'Argentina e il Brasile, in cui i sistemi al dettaglio subiscono l'influenza della GDO, i sistemi ricaricabili hanno una quota di mercato minore.
Per quanto riguarda i sistemi regolamentati, in Danimarca è attivo un sistema di deposito e ritorno che coniuga il recupero, per contenitori riusabili, e il riciclo per i contenitori monouso.
In Germania, con il sistema delle quote si mantiene una percentuale al di sopra del 72% di contenitori riusabili.

Il riciclo dei contenitori in vetro

Per confrontare i benefici del riciclo del vetro rispetto alle opzioni di smaltimento e di discarica, è stata svolta una rivisitazione di alcuni studi basati sulla metodologia di analisi del ciclo di vita. Nello specifico, per il vetro è emersa una convenienza ambientale del riciclo sulle altre opzioni considerate. Tra le assunzioni che hanno maggiore influenza nei risultati degli studi, per questo tipo di materiale, si segnala l'interdipendenza tra le fasi del sistema di gestione dei rifiuti in vetro (raccolta e riciclo) e il tipo di energia utilizzata per la fabbricazione di vetro primario e secondario. Per il riciclo, i risultati divergono in base al sistema applicato, a seconda se sia aperto o chiuso. Un sistema di riciclo è definito di tipo chiuso se la materia recuperata è utilizzata per avere la stessa funzione di partenza (es. contenitori per produrre contenitori). Al contrario, nel sistema aperto l'applicazione è diversa da quella originaria.
Sul confronto tra riciclo ed incenerimento, la revisione ha concluso che il riciclo è la soluzione più sostenibile rispetto all'incenerimento per quasi tutte le categorie di impatto ambientale: consumo di energia, consumo di risorse, riscaldamento globale, altri impatti relativi all'energia, produzione di rifiuti ed eutrofizzazione. Sul confronto tra riciclo e discarica, emerge in modo chiaro la convenienza ambientale in termini di emissioni climalteranti del riciclo sulla discarica per tutte le categorie d'impatto menzionate.
Il rottame di vetro, opportunamente depurato, può essere introdotto nuovamente nel ciclo produttivo in una percentuale tale da riuscire a sostituire quasi completamente le altre componenti primarie. Grazie alla sua natura, il vetro può essere rifuso infinite volte, consentendo un significativo risparmio energetico e di materie prime.
Con l'utilizzo di 100 Kg di rottame di vetro si ricavano 100 Kg di prodotto nuovo, mentre per produrre 100 kg di prodotto nuovo, a causa delle perdite di processo, occorrono 120 Kg di materie prime vergini[33].
Inoltre, il riciclo del vetro consente di ottenere un prodotto con le stesse caratteristiche del prodotto fabbricato con le sole materie prime, garantendone, quindi, la medesima qualità.
Di conseguenza, quando parliamo di imballaggi in vetro non parliamo di elementi che, una volta esaurita la loro funzione di "veicolatori" di contenuto, perdono il loro motivo d'essere, ma di veri e propri oggetti in grado di ripetere più e più volte la funzione per cui sono stati pensati e capaci di soddisfare nel tempo differenti e variegate esigenze.
Non a caso, dunque, nel 2009, in Italia, più di una bottiglia su due è stata prodotta utilizzando vetro riciclato ed il tasso di riciclo dei contenitori in vetro è passato dall'iniziale 39% del 1998 al 66%, rispetto al totale dell'immesso al consumo[34].
Il risparmio energetico, associato al riciclo degli im-

ballaggi in vetro, sempre nel 2009, è stato invece quantificato in circa 270.083 TEP (tonnellate equivalenti in petrolio), pari a circa 1.971.351 barili di petrolio, con una riduzione totale di emissioni per circa 1.780.167 tonnellate di CO_2 equivalente/anno.
Nonostante questi risultati, il riuso del vetro consentirebbe di realizzare risparmi energetici ancora maggiori rispetto al riciclo. Secondo la formula del "bilancio energetico", il vantaggio energetico del riuso è cinque volte superiore al quello ottenibile con il riciclo, 16 MJ/kg contro i 3 MJ/kg. Per la spiegazione dettagliata del calcolo si rimanda all'Allegato n.1.
Estendendo il campo di osservazione agli altri comparti ambientali, sempre in base alla metodologia dell'Analisi del Ciclo di Vita (LCA), si possono fare alcune considerazioni in merito alla sostenibilità complessiva dei due sistemi: usa e getta e ricaricabile.
Uno studio canadese del 2002[35] considera i risultati di undici diversi LCA che confrontano gli impatti ambientali dei contenitori ricaricabili contro gli imballaggi usa e getta (compreso il vetro). Lo studio ha rilevato come per cinque tipi di inquinanti atmosferici (monossido si carbonio, anidride carbonica, metano, ossidi di zolfo e di azoto), i contenitori riutilizzabili siano meno impattanti. Questi, oltre a generare una quantità minore di rifiuti solidi per unità di volume delle bevande confezionate, consumano meno acqua e energia. Tuttavia, tale rapporto favorevole non è confermato nel confronto tra contenitori recuperabili e le lattine in alluminio.

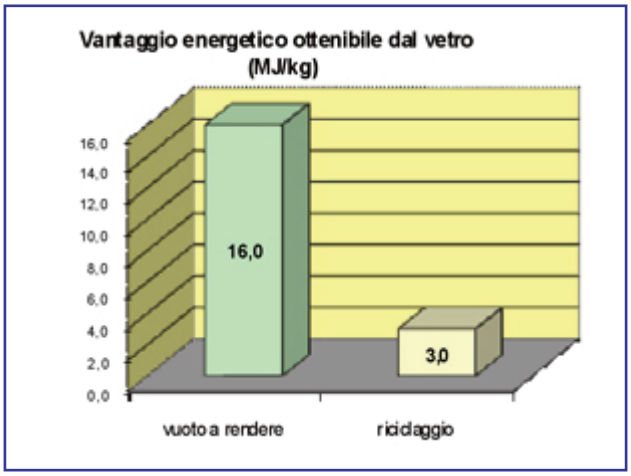


Fig.6: Confronto del vantaggio energetico per le soluzioni post consumo

Nella relazione annuale 2006/07 la "Beer Store"[38], società responsabile del 75% di tutti i tipi di birra venduti in Ontario (Canada), che riprende i dati elaborati dal dipartimento di risorse naturali canadese, ha riportato che in media ogni bottiglia di vetro è lavata e riempita un numero di volte pari a circa 10-15 volte prima di essere avviata al riciclo. Nel caso canadese, il riutilizzo delle bottiglie di vetro si traduce in un risparmio energetico complessivo di 2,4 milioni di GJ ed in una mancata emissione di circa 160,00 $MTCO_2eq$ (Tabella 2).
Infine, uno studio del 2005, condotto per conto della Commissione Europea[37] sull'implementazione del-

2006-2007	Vetro ricaricabile	Riciclo bottiglie di vetro	Riciclo alluminio	Riciclo Acciaio	Totale
Tonnellate trasportate	357,937	29,040	3,278	114	390,368
Emissioni di GHG (MTCOE)	136,016	2,085	21,340	136	159,577
Risparmio energetico (GJ)	2.433,972	35,021	286,366	1,434	2.756,793

Tabella 2: Confronto dei materiali in termini di anidride carbonica equivalente e risparmio energetico
Fonte: *The Beer Store (2007)*

la Direttiva 94/62/CE sugli imballaggi, dopo aver revisionato una serie di studi LCA che avevano ad oggetto la comparazione tra i sistemi ricaricabili ed i sistemi usa e getta, stabilisce che non è possibile affermare in maniera assoluta che un sistema sia preferibile ad un altro perché i benefici ambientali dipendono dalle assunzioni di partenza degli studi, e nello specifico dalle seguenti variabili: il sistema di produzione, il tasso di ritorno, la lunghezza del trasporto, il meccanismo di controllo, gli incentivi per il deposito ed il metodo di generazione dell'energia utilizzata.

Lo studio della Commissione Europea dimostra che i sistemi ricaricabili in vetro sono convenienti da un punto di vista ambientale se il raggio del trasporto è inferiore ai 100 km e se il tasso di recupero dei contenitori è alto. Viceversa, è più conveniente adottare i sistemi non ricaricabili per distanze superiori ai 350 km e con un tasso di ritiro basso, a patto che vi sia un alto tasso di riciclo del materiale o che questo possa essere riciclato. Oltre i 100 km, i benefici ambientali ottenibili con il sistema del riuso, tra cui il risparmio energetico, sono depauperati dall'aumento delle emissioni derivanti dall'incremento della lunghezza del trasporto.

Gli ostacoli alla diffusione dei sistemi ricaricabili possono essere riassunti nel modo seguente:

- difficile applicazione in quanto è più costoso e richiede più spazio dei circuiti di distribuzione "mono uso";
- atteggiamento almeno "non favorevole" riscontrato nella GDO per i sistemi ricaricabili;
- difficoltà nella differenziazione del design e del formato dei contenitori;
- inapplicabilità del sistema ricaricabile per i beni e i prodotti importati.

Ma soprattutto, sotto il profilo ambientale non è univocamente determinato che il sistema ricaricabile sia preferibile al sistema usa e getta, soprattutto quando questo si accompagna a forti percentuali di recupero e riciclo. Infatti, dalle revisioni dei vari studi esaminati è emerso che i benefici di tali sistemi sono funzione di alcune variabili chiave: distanza del trasporto, il numero dei viaggi del trasporto e il tasso di riciclo dei sistemi mono uso. La massimizzazione dei benefici economici-ambientali di tali sistemi si esplica nei sistemi locali a circuito chiuso. In ogni caso, qualsiasi decisione deve essere valutata nel contesto di riferimento.

NOTE

26 CoReVe (2003), Da vetro nasce vetro. Una materia viva. Ieri, oggi e domani.
27 Rigamonti, Grosso (2009), Riciclo dei Rifiuti. Analisi del ciclo di vita dei materiali di imballaggio.
28 Dall'Igna, D'Este, Calderan: Il vaso di vetro per il confezionamento delle conserve alimentari - Riv. Staz. Sper. Vetro-I- 35(2005) 5,p. 5-14.
29 Consorzio Nazionale Imballaggi.
30 Conai (2006), Il riutilizzo degli imballaggi in Italia.
31 GDO – Grande Distribuzione Organizzata.
32 WRAP, 2008, "Refillable glass beverage container systems in the UK".
33 Fonte: MATREC.
34 Dati Co.Re.Ve.
35 Institute for Local Self Reliance (2002). Environmental benefits of refillable beverage containers.
36 The Beer Store (2007) Responsible Stewardship 2006-2007: An Evolving Efficiency, Ontario, Canada.
37 Ecolas – Pira (2005) Study on the implementation of Directive 94/62/EC on Packaging and Packaging Waste and options to strengthen prevention and re-use of packaging, final report 03/07884.

CAPITOLO 3

L'Alluminio

• L'alluminio, pur essendo il terzo elemento più abbondante sulla Terra (costituendo l'8,1% della crosta terrestre), è molto raro allo stato puro ed è quasi sempre legato in ossidi ad altri composti, dai quali viene separato con metodo elettrolitico. Per produrre 1 kg di alluminio occorrono circa 20-25 kWh e 4 kg di bauxite. L'impiego di energia pregiata come l'elettricità, ne sconsiglia l'uso in applicazioni come la fabbricazione di contenitori di bevande ed alimenti, dove il contenuto ha un valore reale inferiore a quello del contenitore.
Le proprietà di leggerezza, resistenza alla corrosione, alta conducibilità elettrica e termica, plasticità, duttilità e malleabilità del materiale lo rendono invece insostituibile in settori importanti, come quello della produzione dei mezzi di trasporto, in particolare di quelli aerei. Esiste una pluralità di leghe industriali, con un contenuto di alluminio variabile dall'1 al 7%. (Per una descrizione dettagliata delle leghe si rimanda all'Allegato n.3). L'estensione della sua applicazione a settori in cui le sue qualità sono meno essenziali è dovuta alla sua elevata riciclabilità, facilitata dalla bassa temperatura di fusione T=660,32°C (per il ferro è 1.535°C).
La produzione del metallo puro avviene attraverso un processo chimico seguito da una elettrolisi, come descritto in *Figura 7*. La materia prima utilizzata è la bauxite, un aggregato di diverse specie mineralogiche contenente ossidi e idrossidi di alluminio. Il primo trattamento consiste nella frantumazione ed essicazione della bauxite finalizzata all'ottenimento di una polvere fine detta "farina di bauxite". La farina viene miscelata ad una soluzione concentrata di soda caustica (NaOH) in un rapporto di circa 1 a 3, cioè una parte di farina con 3 di NaOH, fino a formare una pasta che viene messa in un digestore ad una temperatura di circa 200°C e ad una pressione di circa 200 Mpa; l'alluminio contenuto nella

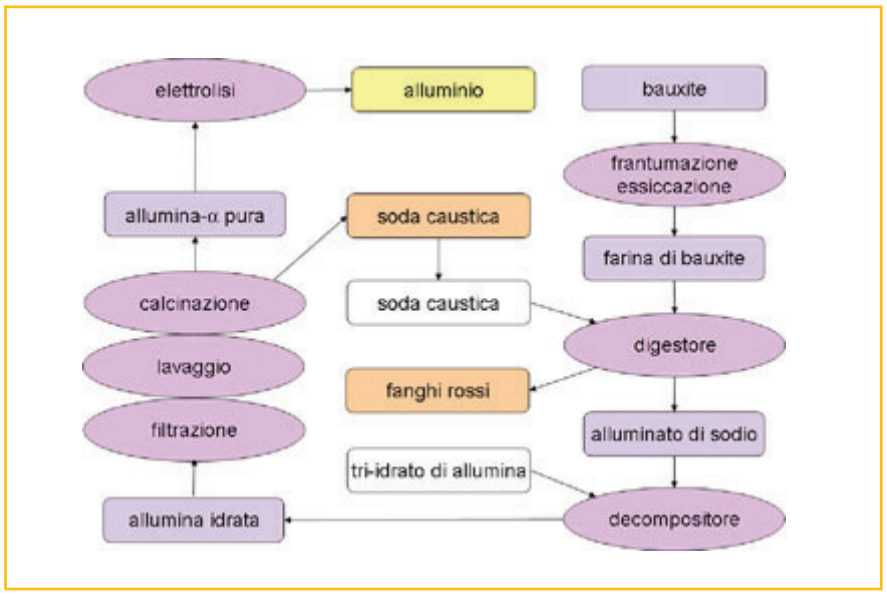


Fig.7: Il processo di produzione dell'alluminio

bauxite forma una soluzione di alluminato sodico. In questo processo si formano anche silicato di alluminio e sodio, ossido di ferro e ossido di titanio, che formano uno scarto detto "fanghi rossi" che vengono lasciati precipitare per essere eliminati. La soluzione di alluminato sodico così depurata viene lasciata per circa 100 ore, insieme al triidrato di allumina in polvere, in vasche di precipitazione, dette decompositori, dove avviene la reazione di idrolisi che produce allumina idrata.
L'allumina idrata, viene filtrata e lavata, per essere poi calcinata in forni rotativi a 1100-1200 °C, producendo allumina-α estremamente pura (99.5%) in forma di polvere bianca molto fine, inerte ed igroscopica. La soluzione di soda caustica viene riciclata nel processo.
Per produrre una tonnellata di allumina-α pura occorre una quantità di energia equivalente a circa 0,35 TEP[38].
L'allumina-α pura ottenuta viene quindi sottoposta ad elettrolisi in speciali celle elettrolitiche che operano a 5-6 Volts, con una corrente di 100.000 Ampere e ad una temperatura di 960-980 °C, separando l'ossigeno dall'alluminio. Presso il catodo si accumula alluminio purissimo fuso che viene aspirato circa ogni 24 h.
Notevoli sono i consumi di elettricità (circa 20 kWh per ogni kg di alluminio prodotto) e della grafite degli elettrodi che deve essere frequentemente sostituita.
L'alluminio è un metallo altamente resistente alla maggior parte delle forme di corrosione e il suo rivestimento naturale di ossido di alluminio fornisce una barriera molto efficace contro l'umidità, l'aria, gli odori, la luce, e microrganismi.
Gli svantaggi principali dell'alluminio, oltre al costo elevato rispetto ad altri metalli (ad esempio all'acciaio), sono legati alla sicurezza nell'utilizzo. L'alluminio viene facilmente assorbito dall'organismo e accumulato; se assunto in quantità eccessive può essere pericoloso per la salute.
L'alluminio può essere assunto con l'alimentazione tramite gli additivi alimentari o, nel caso di alimenti con pH acido, può provenire, sia dai recipienti dove avviene la cottura, sia dai contenitori dove questi vengono conservati.
Inoltre, le lacche utilizzate per rivestire la superficie interna delle lattine che vengono a diretto contatto con la bevanda contenuta nella lattina stessa, possono contenere il Bisfenolo-A (BPA), sostanza sospettata di provocare danni cardiaci e cerebrali nel bambino, e tumori al seno ed alla prostata[39].

La produzione delle lattine

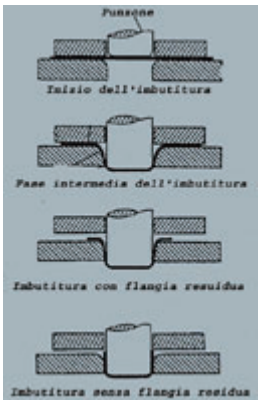
Le lattine di alluminio sono formate da due diverse leghe:

1. il corpo è costituito da una lega di alluminio-rame-manganese altamente plasmabile
2. il coperchio è costituito da una lega di alluminio-magnesio molto resistente

Le fasi basilari nella produzione[40] della lattina sono tre:

- *la produzione del corpo della lattina*,
- *lo stampo del coperchio con il sistema di apertura*,
- *il riempimento e la sigillatura della lattina mediante aggraffatura.*

Il corpo della lattina viene prodotto a partire da una lamina di lega di alluminio con rame e manganese, che viene sottoposta ad operazioni meccaniche di imbutitura, stiratura e formazione della base.
L'imbutitura consiste nel creare una forma cilindrica attraverso la pressione di un cilindro sulla lami-



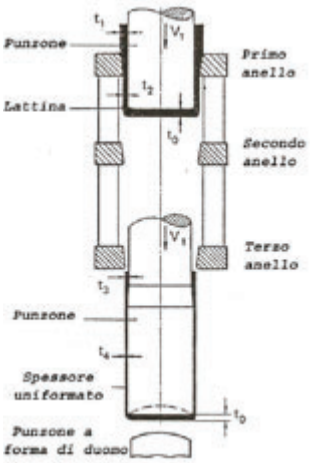


Fig.8: Imbutitura
Fig.9: Stiratura e formazione base

Fig.10: Formazione del collo della lattina

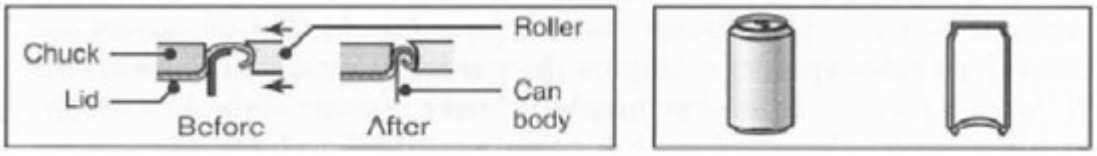


Fig.11: Formazione del collo della lattina

na di lega di alluminio. Il processo deve essere perfettamente lubrificato per evitare grinze, rugosità e rotture del materiale.
La lamina subisce una riduzione di spessore durante il processo e si produce un oggetto simile a un secchiello del tipo di quello riportato nella Figura 9.
Una seconda imbutitura, detta stiratura, viene effettuata attraverso l'azione di un pistone dall'interno e di anelli a sezione cuneiforme di diametro decrescente che esercitano una pressione dall'esterno, che porta ad un allungamento del secchiello fino al raggiungimento dell'altezza desiderata. Durante tale operazione lo spessore del materiale si assottiglia da 0,30 mm a 0,10-0,14 mm. L'effetto degli anelli esterni ha anche una funzione di stiratura del materiale che porta all'eliminazione di bolle, rugosità ed altre imperfezioni.
Il processo viene completato dalla formazione di una convessità sul fondo, ad opera di un punzone a forma di duomo, per renderlo più resistente alla pressione esercitata dal contenuto.
La superficie interna della lattina viene infine sottoposta ad una laccatura a spray.
Successivamente il collo della lattina viene sagomato attraverso la pressione di due rulli rotanti per renderlo di diametro inferiore rispetto al corpo, in modo che, nella formazione di pile, si possa inserire sotto il fondo della lattina sovrastante; ciò favorisce una migliore occupazione degli spazi nel trasporto e nell'immagazzinamento.
Il coperchio poi viene tagliato su un foglio di lega di magnesio, più resistente della lega di alluminio-rame-manganese di cui è costituito il corpo della lattina. Sul disco viene rivettato l'anello di apertura in corrispondenza della incisione della parte apribile.
Dopo il riempimento la lattina viene chiusa attraverso un processo detto aggraffatura in cui il coperchio viene posizionato sul collo della lattina e i bordi delle due parti sovrapposte vengono arrotolati insieme e sigillati a pressione. Le linee di aggraffatura più moderne riescono a sigillare fino a 1.200 lattine al minuto.

Formato	Peso (g)
Corpo 25 cl slim	8,330
Corpo 25 cl squat	9,110
Corpo 33 cl std	10,478
Corpo 33 cl sleek	10,259
Corpo 50 cl	14,984
Coperchio 200	2,500
Coperchio 202	2,750
Coperchio 206	3,741

Tabella 3: Pesi dei formati e dei coperchi più comunemente usati

I FORMATI PIU' COMUNI

Nella descrizione dei formati occorre considerare che su di essi possono essere applicati diversi coperchi, per i quali consideriamo un peso che può variare da 2,50 g a 3,74 g. La lattina formato slim da 250 ml allora peserà coperchio incluso 10,83 - 12,07 g.

La lattina formato squat da 250 ml, ha un peso coperchio incluso di 11,61 - 12,85 g.

La lattina formato standard da 330 ml, ha un peso coperchio incluso di 12,98 - 14,22 g.

La lattina formato sleek da 330 ml, ha un peso coperchio incluso di 12,76 - 14,00 g.

La lattina formato standard da 500 ml, ha un peso coperchio incluso di 17,48 - 18,73 g.

Il riciclo dei contenitori di alluminio

In Italia circa il 45% degli imballaggi di alluminio viene prodotto da materiali riciclati[41]. Nel 2007 è stato riciclato il 52,5% degli imballaggi immessi al consumo pari a 38.600 tonnellate[42]. Questo risultato non può che essere considerato positivo. Se però si valuta che il 41% degli imballaggi corrispondenti a 30.100 tonnellate non è stato recuperato, ci si può soffermare sulla seguente considerazione.
Il valore ambientale intrinseco per questo tipo materiale suggerisce un impiego in applicazioni che hanno una vita utile superiore a quella degli imballaggi, come nel settore dei trasporti, edilizia e industria.
La quantità di imballaggio in alluminio raccolto dipende in gran parte dall'efficienza dei sistemi di raccolta attuati.
In Europa e a livello globale, il tasso medio di raccolta è di circa il 70%. Relativamente al caso europeo, l'Italia si colloca ad uno stadio intermedio con il 50%, mentre realizzano risultati meno brillanti il Portogallo con il 31%, la Grecia con il 36% e la Francia con il 40%.
Dal punto di vista energetico, l'alluminio è un materiale la cui produzione primaria richiede un impiego energetico molto elevato, mentre la produzione da alluminio riciclato richiede una quantità di energia 20 volte inferiore. Inoltre, non esistono limiti di natura tecnologica al riciclo spinto. Secondo la metodologia del "bilancio energetico", descritta nell'Allegato n. 1, il riciclo consente di ottenere dei risparmi energetici pari a 76,9 MJ/kg in energia elettrica e 178 MJ/kg in energia primaria.
Anche in base a numerosi studi LCA il riciclo è l'opzione più conveniente.
Il confronto tra il riciclo e l'incenerimento evidenzia dei benefici ambientali relativamente al consumo di energia, al consumo di risorse, al riscaldamento globale, agli altri impatti relativi all'energia, alla produzione di rifiuti e alla eutrofizzazione. La riduzione degli impatti attribuiti al riciclo è confermata anche rispetto alla discarica.
In termini di risparmio di emissioni, il riciclo consente di ridurre da 5 a 10 tonnellate di CO_2eq per tonnellata di alluminio rispetto all'incenerimento e alla discarica.
Sulle considerazioni ambientali appena fatte è intuibile come sia rilevante la maggiore o minore efficienza del circuito di raccolta, per consentire di innalzare le quantità avviate a riciclo.

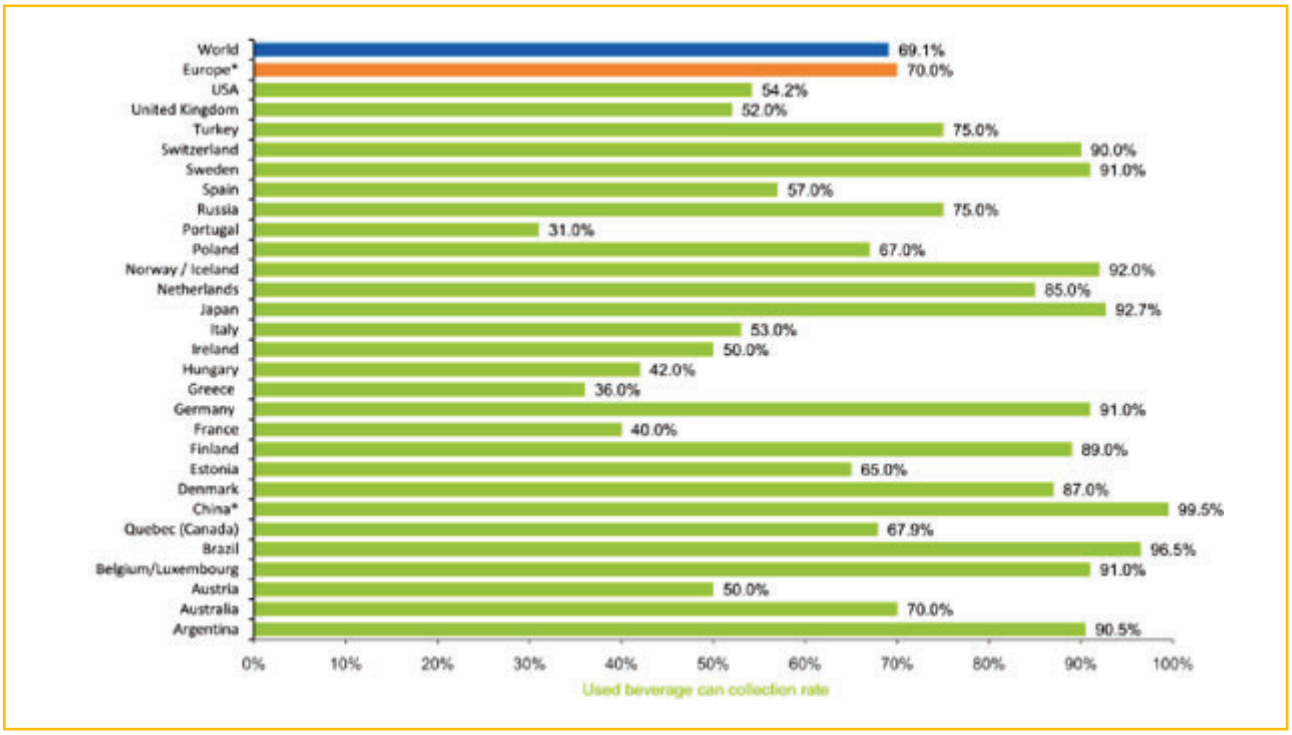


Fig.13: Tasso di raccolta delle lattine di alluminio
Fonte: *Global Aluminium Recycling: A Cornerstone of Sustainable Development*
** Include la raccolta non registrata*

NOTE

38 TEP (Tonnellata Equivalente di Petrolio) è una unità di misura energetica corrispondente a 10 Gcal (10 miliardi di calorie).
39 Zsarnovszky A, Le HH, Belcher SM et al. Ontogeny of Rapid Estrogen-Mediated Extracellular Signal-Regulated Kinase Signaling in the Rat Cerebellar Cortex: Potent Nongenomic Agonist and Endocrine Disrupting Activity of the Xenoestrogen Bisphenol A. Endocrinology 2005; 146: 5388-96.
40 Università degli studi di Trento, Facoltà di Ingegneria, Corso di Laurea in Ingegneria dei Materiali (Docente: Prof. D. Colombo): Il processo produttivo della lattina per bevande, di Giovanazzi Andrea, Anno Accademico 2004 – 2005.
S. Kalpakjian, S. Schmid, Manufacturing Engineering & Technology (6th Edition), Upper Saddle River, NJ : Prentice Hall.
41 Fonte CIAL (Consorzio Imballaggi Alluminio).
42 CIAL – Gestione e Bilancio 2007 PSP 2008-2009.

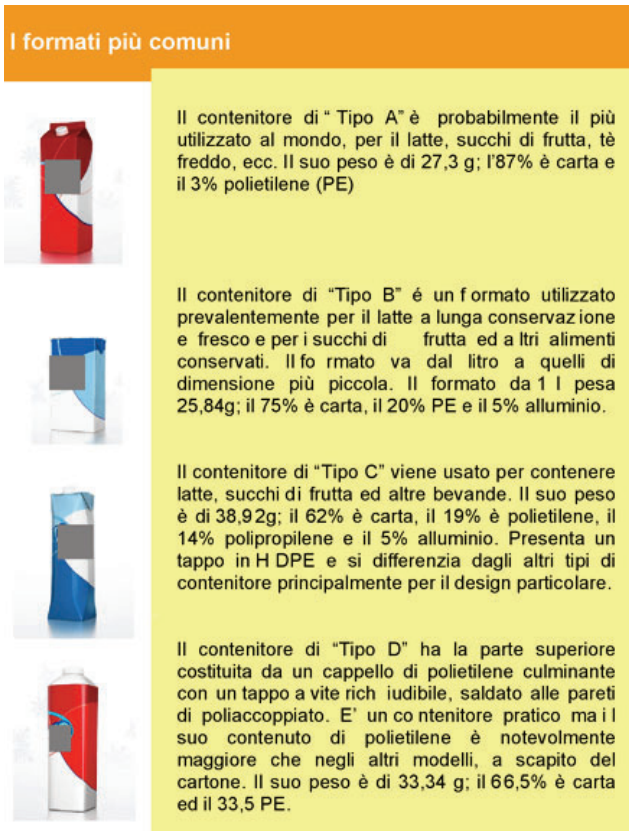
CAPITOLO 4

Il Poliaccoppiato

• Gli imballaggi in poliaccoppiato (IPC) sono imballaggi compositi, ovvero, costituiti da più strati diversi che non possono essere separati se non con apposita tecnologia.
Il materiale principale che li costituisce è la cellulosa, che viene accoppiata ad altri materiali, in modo variabile a seconda dell'utilizzo previsto per l'imballaggio. La carta, essendo porosa, non può essere infatti usata direttamente a contatto con gli alimenti ma deve essere impermeabilizzata con cere, resine e vernici, oppure accoppiata ad altri materiali come il polietilene e l'alluminio.
I contenitori per prodotti deperibili lungo la catena del freddo sono generalmente realizzati in cartone e polietilene, quelli destinati alla lunga conservazione hanno al loro interno anche uno strato di alluminio che permette di proteggere i prodotti, come latte UHT e succhi di frutta, anche dalla penetrazione della luce e dell'ossigeno.
Il polietilene non rappresenta un buon imballaggio per le bevande alcoliche, in quanto l'alcool può agire da solvente per alcuni additivi presenti nel polimero, che quindi passerebbero in soluzione nella bevanda.
Poiché nel poliaccoppiato la superficie più interna a contatto con il contenuto è solitamente costituita da una pellicola di Polietilene (PE) esiste in questo caso la possibilità di un rilascio nel contenuto del Butilidrossitoluene (BHT), sostanza antiossidante utilizzata come additivo nella produzione del polimero che nella sperimentazione sui topi ha prodotto lesioni epatiche importanti[43].

La produzione dei contenitori in poliaccoppiato

Le materie prime utilizzate per la produzione dei contenitori in poliaccoppiato sono costituite da fibre di cellulosa molto lunghe e quindi con proprietà meccaniche e ottiche di ottimo livello.
Sono fibre prodotte prevalentemente in Canada, Svezia, Finlandia e USA[44] (per tale motivo dette "di tipo nordico") e raggiungono gli impianti di trasformazione sotto forma di bobine che possono avere spessori e caratteristiche diverse a seconda dell'imballaggio che si vuole produrre.
Ogni strato di cellulosa, tramite un processo chiamato laminazione o accoppiamento, viene unito ad un numero variabile di film di plastica che possono a loro volta essere intervallati ogni tre strati, da un foglio sottile di alluminio. Il numero e la successione degli strati viene determinato, caso per caso, a seconda dell'utilizzo previsto per il contenitore che deve essere realizzato.
I vari strati vengono accoppiati grazie all'utilizzo di adesivo che polimerizzando unisce i vari materiali. Nel caso in cui l'adesivo contenga del solvente, questo dovrà essere fatto prima evaporare ricorrendo ad appositi forni.
Le bobine di poliaccoppiato vengono quindi tagliate e ridotte in "bobine figlie" che, dopo essere state confezionate, etichettate e pallettizzate vengono stoccate o inviate direttamente agli impianti di stampo dei contenitori.
In alcuni casi, i contenitori vengono realizzati presso lo stesso sito in cui si realizza il poliaccoppiato con l'utilizzo di macchinari automatici posti in successione. Il livello tecnologico per il packaging in po-



liaccoppiato è molto elevato e questo ha favorito la creazione di grandi gruppi industriali[45].

Per produrre un contenitore in poliaccoppiato da 1 litro composto da carta e plastica, del peso di circa 30 grammi, occorre una quantità di energia di circa 0,7 MJ[46], con un consumo idrico di 23,1 litri, imputabile in massima parte alla produzione della carta.

Nella tabella 4 è riportata la composizione del contenitore di "Tipo A"[47], composto di due soli materiali: carta e polietilene. In questo tipo di imballaggio, il polietilene è utilizzato come rivestimento protettivo e impermeabilizzante della carta. Questo contenitore è utilizzato per prodotti freschi e di breve durata, perché privo dello strato di alluminio.

Analoga situazione si ha per il contenitore di "Tipo B" la cui composizione è riportata in tabella 5.

Diamo ora un paio di esempi anche per i contenitori per prodotti di lunga durata. In tabella 6 è riportata la composizione del "Tipo C" in cui si nota la presenza di alluminio ed una maggiore presenza di polietilene a scapito della carta, per migliorare le bar-

Materiali	Peso (gr)	Composizione (%)
Carta	23,76	87,04%
PE	3,45	12,65%
Inchiostro	0,08	0,31%
Totale (1 litro)	**27,29**	**100%**

Tabella 4: Composizione di un contenitore di "Tipo A"
Fonte: *Università di Padova*[48]

Materiali	Peso (gr)	Composizione (%)
Foglio di polietilene (PE) esterno	0,81	2,43%
Carta	22,16	66,47%
Foglio di PE interno e strato di mPE	3,18	9,54%
Tappo in HDPE	2,50	7,50%
Colore	0,55	1,65%
Moulding material	4,00	12,00%
Fettuccia in PE	0,14	0,42%
Totale	**33,34**	**100%**

Tabella 5: Composizione di un contenitore di "Tipo B" da 1 litro
Fonte: *Università di Padova*[49]

Materiali	Peso (gr)	Composizione (%)
Carta	19,10	73,92%
PE	5,28	20,43%
Alluminio	1,34	5,19%
Inchiostro	0,12	0,46%
Totale (1 litro)	**25,84**	**100%**

Tabella 6: Composizione di un contenitore di "Tipo C" da 1 litro
Fonte: *Università di Padova*[50]

Materiali	Peso (gr)	Composizione (%)
Foglio in polietilene (PE) esterno	1,27	3,26%
Polipropilene trasparente orientato TF	1,27	3,26%
Foglio 1 in PE	1,19	3,06%
Carta	24,11	61,95%
Foglio 2 in PE	1,98	5,09%
Foglio in alluminio	1,90	4,88%
Polimero adesivo e foglio in PE interno	2,93	7,53%
Tappo in polipropilene (PP)	4,00	10,28%
Colla	0,12	0,31%
Fettuccia in PE	0,15	0,39%
Totale	**38,92**	**100%**

Tabella 7: Composizione di un contenitore di "Tipo D" da 1 litro
Fonte: *Università di Padova*[51]

riere nei confronti degli agenti esterni che potrebbero accelerare la degradazione del contenuto.
In tabella 7 viene riportata la composizione di un altro contenitore per alimenti di lunga conservazione, il "Tipo D". Si noti la maggiore complessità di questo contenitore, formato, oltre che dal foglio di alluminio e dal cartone, da ben quattro fogli di polietilene di diverso spessore, di cui uno molto sottile che agisce da collante fra il cartone ed il rivestimento di polietilene interno. In questo tipo di contenitore è presente anche un quarto materiale, il polipropilene.

Il riciclo dei contenitori in poliaccoppiato

Per i poliaccoppiati non è possibile il riutilizzo dei contenitori, mentre è tecnicamente possibile il riciclo che avviene separando la carta dagli altri materiali.
In Italia, il riciclo degli imballaggi in poliaccoppiato a base cellulosica si è sviluppato a seguito dell'accordo tra Comieco e una società leader nella progettazione di imballaggi in poliaccoppiato[52]. In tale accordo sono state definite più possibilità di raccolta, adattabili a diversi sistemi locali di gestione dei rifiuti:

- La raccolta congiunta del poliaccoppiato insieme alla raccolta differenziata della carta, con o senza separazione a valle[53];

- la raccolta del poliaccoppiato insieme al multimateriale (plastica, vetro e lattine);
- la raccolta sperimentale insieme all'organico (residuale rispetto alle altre opzioni).

Dopo essere stati raccolti ed eventualmente selezionati, i cartoni per bevande vengono pressati in balle e spediti alle cartiere. La linea per il recupero della cellulosa generalmente è composta da:

- impastatore idraulico;
- sistema di filtrazione per alluminio e polietilene;
- sistema di vagliatura grossolana e fine;
- depuratore e centrifuga;
- unità di dispersione.

Gli ultimi due elementi consentono di eliminare i contaminanti presenti.

Il recupero delle fibre avviene in un lasso di tempo di 20-50 minuti e inizia con lo spappolamento dei cartoni in un impastatore idraulico chiamato "pulper". Per abbreviare il tempo di recupero possono essere utilizzati dei componenti chimici che dilaminano le fibre e favoriscono il disaccoppiamento della cellulosa dall'alluminio e dal polietilene che vengono quindi filtrati e separati.

Da questo punto in poi le fasi di riciclo della cellulosa sono le stesse del processo produttivo ordinario della carta.

Il misto di polimero e alluminio, invece, può venire utilizzato come sostituto del polimero vergine nelle applicazioni dove non sono richieste elevate caratteristiche prestazionali[54] ovvero in alcuni componenti per l'edilizia (componenti per bitumi, cemento e tegole), nell'arredo urbano (recinzioni, sedute per esterni e chiusini profilati, vasi e fioriere) e in alcuni prodotti per la pulizia della casa (scope, spazzole,ecc.).

La filiera del riciclo del poliaccoppiato

Nel mercato del riciclo, il poliaccoppiato, composto prevalentemente da fibre cellulosiche, rientra nel novero delle materie prime seconde (MPS) destinate ad essere gli input nel processo di produzione delle cartiere. In particolare, questo riguarda le fibre del macero in poliaccoppiato. Ciò vuol dire che queste possono essere potenzialmente riciclate per il massimo numero di volte possibile (7/8)[55], in funzione del rendimento del processo di riciclo.

Trend e quantità di materiale riciclato

Secondo quanto riportato da uno dei principali produttori di poliaccoppiato[56], nel 2007, in Italia è stato riciclato solo il 14%, dell'immesso al consumo dei contenitori in poliaccoppiato, mentre il 38% è stato avviato all'incenerimento e il 46% allo smaltimento in discarica. Per avere un riferimento in termini numerici, nel 2007 sono stati più di 22 miliardi i contenitori[57] riciclati nel mondo, e in Italia (nel 2008) sono stati riciclati oltre 800 milioni di cartoni per bevande[58].

Se si considera che la raccolta differenziata del poliaccoppiato nel 2001 era pari al 6,6%[59], se ne deduce che le percentuali di poliaccoppiato riciclato raggiunte nel 2007 sono basse (in proporzione alla produzione ed al consumo) rispetto alle percentuali di riciclo raggiunte da altri materiali. Per esempio, la percentuale del riciclo della carta, già nel 1998, anno di attivazione del Comieco, era del 37% rispetto all'immesso al consumo[60], mentre nel 2007 si è arrivati al 68%. Quindi, nonostante il trend del riciclo del poliaccoppiato risulti positivo, i dati affermano che la quota percentuale (ovvero la quantità di materiale riciclato) è ancora molto bassa, soprattutto se si considera che questo varia al variare del rendimento relativo al riciclo stesso.

Tipologie di raccolta

La filiera del riciclo dei poliaccoppiati, come per tutti gli altri materiali, è composta dalle fasi della raccolta, selezione, trasporto e riciclo.

Come già detto, per la raccolta dei poliaccoppiati, esistono tre tipologie: congiunta alla carta e cartone, multimateriale o insieme all'organico.

La raccolta congiunta, può essere con o senza separazione a valle. La prima variante è attivata ad esempio nelle città di Roma, Milano, Napoli e Torino[61], la seconda è attivata a Reggio Emilia.

Sotto il profilo operativo, si stipulano due convenzioni separate per la carta e per gli IPC. Questo spiega perché alcuni Comuni, attivi per la raccolta della

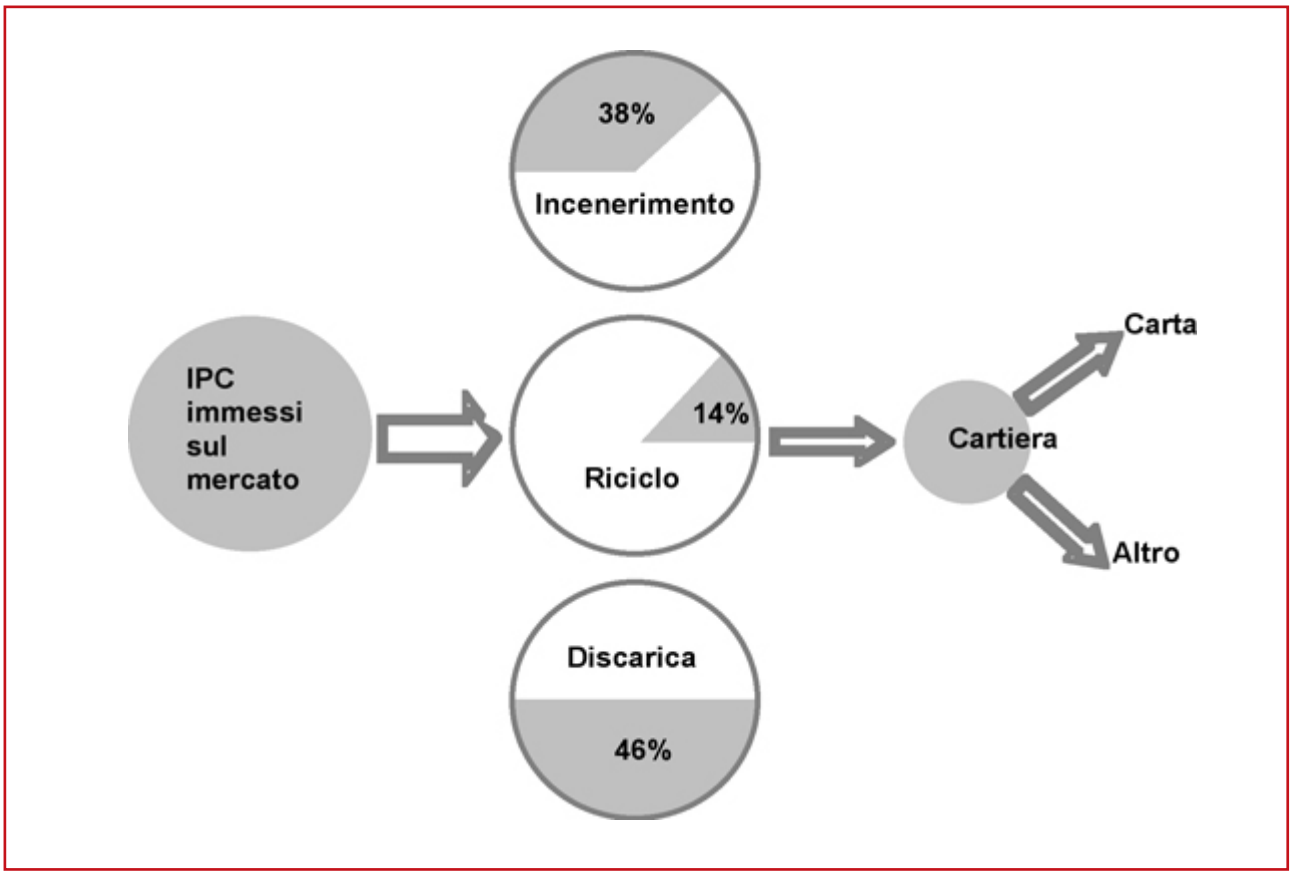


Fig.14: Schema di distribuzione percentuale dell'IPC post consumo (anno 2007)

carta non lo sono per gli IPC. Ad esempio, la Valle d'Aosta (secondo Comieco) è coperta, per la carta, per tutti i Comuni[62], mentre non lo è per la raccolta del poliaccoppiato. Con la stipula della convenzione, il Comune a fronte del conferimento degli imballaggi a base cellulosica al Comieco, riceve un corrispettivo, che può essere definito come il ricavo per la raccolta svolta. I corrispettivi sono stati aggiornati con il nuovo accordo Anci Conai per il periodo 2009/2013.

In funzione del Protocollo di Intesa del 2003, il Comieco riconosce all'impianto uno specifico contributo per gli ulteriori costi derivanti dalla presenza degli IPC, quando per ogni tonnellata di raccolta congiunta la percentuale di poliaccoppiato è superiore allo 0,35%[63].

Modalità di riciclo

Il riciclo degli IPC può essere svolto secondo due modalità: congiunto o dedicato.

Con la prima modalità, il riciclo degli IPC avviene con altri tipi di macero. Secondo quanto riportato in letteratura e in particolare nel Rapporto Arpa Veneto (2006-07),[64] il riciclo congiunto dei poliaccoppiati e carta da macero è vantaggioso, in condizioni tecnologiche e di esercizio normali, per una percentuale non superiore al 3-4% del totale trattato.

Il rispetto di tale percentuale consente il riciclo congiunto da parte delle cartiere senza incorrere in implicazioni sul tempo di lavorazione e gli scarti del processo. Da quanto riportato nel rapporto emerge una differenza tra il macero da poliaccoppiato e gli altri tipi di macero. Tale differenza è riscontrabile anche al momento dell'arrivo del materiale in cartiera nella fase di stoccaggio. I cartoni per alimenti sono più problematici rispetto ad altri tipi di carta perché essi contengono maggiori impurità di origine organica, ineliminabili nella fase di selezione, che determinano il proliferare dei batteri soprattutto nei mesi estivi. Questo si traduce in ulteriori spese di

gestione.
Come visto nel paragrafo dedicato, gli IPC sono mediamente composti dal 75% di carta, dal 20% di polietilene e dal 5% di alluminio (per i prodotti a breve conservazione è assente il foglio di alluminio). L'interferenza con i tempi di lavorazione può essere determinata dal processo di delaminazione ovvero la fase di separazione della componente cellulosica dagli altri materiali. Tali materiali, se non recuperati, potrebbero essere la causa dell'incremento degli scarti di lavorazione.
Dalla descrizione sembra che il riciclo dei poliaccoppiati realizzi impatti negativi maggiori rispetto al riciclo di altre tipologie di carta da macero.
La prima criticità riguarda la resistenza all'acqua dell'adesivo utilizzato allo scopo di unire in maniera definitiva i vari materiali che compongo l'IPC.
L'impiego di componenti chimici consente l'accelerazione del processo di disaccoppiamento ma potrebbe implicare un maggiore inquinamento delle acque di lavorazione con probabili effetti sul processo di depurazione. In generale, il processo di delaminazione è assente per gli altri tipi di macero. Una seconda criticità riguarda la quantità di energia richiesta e il maggior consumo di acqua dovuto al più lungo tempo di permanenza del materiale all'interno dell'impastatore idraulico. Infine, anche se la cellulosa presente nei contenitori è di ottima qualità, non si possono determinare con certezza i quantitativi effettivamente recuperati nel processo di riciclo.
Dal punto di vista economico, gli elementi descritti si traducono in costi aggiuntivi che potrebbero disincentivare l'utilizzo delle fibre contenute negli imballaggi poliaccoppiati da parte delle cartiere.
Il riciclo dedicato significa che nel processo di riciclo sono immessi solo gli IPC.

Le cartiere

Secondo il protocollo d'intesa citato il Comieco, di concerto con Assocarta[65], individua le cartiere disponibili ad effettuare il riciclo congiunto e dedicato. Sempre secondo il già citato Rapporto dell'ARPA Veneto, nella regione sono presenti 8 cartiere che trattano macero da raccolta differenziata insieme a piccole quantità di poliaccoppiati, mentre esiste solo una cartiera che effettua il riciclo dedicato degli IPC.
Secondo quanto riportato dalla rivista Altreconomia[66], in un articolo pubblicato il 2 febbraio 2009[67], le cartiere che hanno dichiarato di poter trattare il poliaccoppiato, sono in tutto 27.
Sempre secondo la stessa fonte, risulta che una di queste 27 cartiere abbia dichiarato che sulle 50 mila tonnellate di mescolato all'acqua lavorate al mese, lo 0,6%-0,8% è costituito da poliaccoppiato e che, sempre secondo stime dell'azienda, per ogni unità che entra nel pulper se ne forma una e mezza di scarto. Ciò dipende dal fatto che alla parte di fibre cellulosiche che non si spappolano si aggiungono la plastica e l'alluminio che non si possono smembrare nel pulper.

Questioni aperte sul riciclo del poliaccoppiato

A seguito delle considerazioni fatte sulle fasi di riciclo degli IPC e dalle criticità emerse, si deduce che il riciclo del poliaccoppiato non sia economicamente conveniente per le cartiere. Questo spiegherebbe il motivo delle basse percentuali di poliaccoppiato che arrivano alle cartiere stesse, rispetto al totale di carta e cartone. La percentuale in questione, si aggira infatti tra l'1 e il 2%[68].
Ipotizzando infatti una maggiore percentuale di IPC avviato al riciclo, aumenterebbero, come visto, anche gli scarti di lavorazione, il consumo di energia e di acqua.
Il riciclo congiunto dunque per poter essere vantaggioso non può superare la soglia del 3-4% di poliaccoppiato rispetto al totale trattato, altrimenti tutto il processo diventerebbe disincentivante per le cartiere che lo effettuano[69].
Per quanto riguarda il riciclo dedicato, dai dati disponibili in letteratura, sembrerebbe che le quantità di materiale trattato siano ancora basse, tanto che si cita[70] un'unica cartiera attiva su tutto il territorio nazionale.
Il riciclo degli IPC, quindi, seppure tecnicamente rea-

lizzabile, risulta in concreto poco conveniente a causa degli elevati costi di gestione, non associati a quantitativi significativi recuperati.
A fronte di queste percentuali, la scelta di contenitori in poliaccoppiato, non risulta quindi compatibile con le esigenze di sostenibilità ambientale.

In un'ottica, infatti, di gestione ambientale ottimale, le opzioni dell'incenerimento e della discarica (che rappresentano le quote maggiori di destinazione post consumo dei contenitori in poliaccoppiato) non possono rappresentare le modalità di recupero praticabili.

NOTE

43 Fonte : Int J Toxicol. 2002;21 Suppl 2:19-94, Lanigan RS, Yamarik TA, Final report on the safety assessment of BHT(1). International Journal of Toxicology, Vol. 21, No. 2 Suppl, 19-94 (2002), DOI: 10.1080/10915810290096513, Final Report on the Safety Assessment of BHT.
44 Industria della carta (settembre 2007) Inchiesta - Cellulosa: la parola a distributori e rappresentanti.
45 ICE, 2005, CINA L'industria del packaging.
46 Dati tratti da: Consorzio Universitario di Ricerca Applicata c/o Dipartimento di Processi Chimici dell'Ingegneria, Università degli Studi di Padova, Dicembre 2005, "Analisi comparativa del ciclo di vita tra contenitori: PET - TETRA TOP® per latte fresco, HDPE - Tetra Prisma® Aseptic per latte a lunga conservazione", Tetra Pak Italiana S.p.A., Prot. n. 126/2006.
47 Vedi box "I formati più comuni".
48 Dati tratti da: Consorzio Universitario di Ricerca Applicata c/o Dipartimento di Processi Chimici dell'Ingegneria, Università degli Studi di Padova, Dicembre 2005, "Analisi comparativa del ciclo di vita tra contenitori: PET - TETRA TOP® per latte fresco, HDPE - Tetra Prisma® Aseptic per latte a lunga conservazione", Tetra Pak Italiana S.p.A., Prot. n. 126/2006.
49 Vedi nota 50.
50 Vedi nota 50.
51 Vedi nota 50.
52 Accordo tra Comieco (Consorzio Nazionale Recupero e Riciclo degli Imballaggi a base Cellulosica) e Tetrapak.
53 In questi casi il Comieco riconosce uno specifico contributo, rispettivamente alle cartiere o alla piattaforma, per compensare i costi incrementali derivanti dalla presenza di IPC.
54 Fonte: Matrec.
55 Rigamonti, Grosso, 2009, Riciclo dei rifiuti. Analisi del ciclo di vita dei materiali di imballaggio.
56 Tetrapak, Bilancio Ambientale e Sociale, edizione 2008.
57 Contenitori Tetrapak: fonte sito tetrapak.
58 www.tetrapak.com.
59 Tetrapak, Bilancio Ambientale e Sociale, edizione 2008.
60 ONR Rapporto Rifiuti 2008, pag. 66.
61 Sito Comieco: http://www.comieco.org/Mondo_Riciclo/Riciclo_cartoni_bevande/.
62 Comieco, Andamento delle convenzioni (aggiornato al 18/03/2010).
63 Protocollo di Intesa Comieco-Tetrapak.
64 Rapporto Arpa Veneto (2006-07), "Produzione e gestione dei rifiuti nel Veneto. Rifiuti Urbani, Rifiuti Speciali. Anni 2006-2007", pag. 27.
65 Associazione imprenditoriale di categoria che aggrega, rappresenta e tutela le aziende che producono carta, cartoni e paste per carta.
66 www.altreconomia.it.
67 Liprandi I., (2009), "Non proprio a tutti", www.altreconomia.it (News, Categorie, Ambienti e fonti energetiche).
68 Idem c.s.
69 Cit.
70 Cit.; www.tetrapak.com.

CAPITOLO 5 Il PET

• Il PET è un polimero termoplastico con temperatura di fusione pari a 260°C, ma già a 72°C diviene plastico e può essere lavorato, facilitando molto il suo utilizzo su scala industriale. Per la sua leggerezza e resistenza agli impatti ha trovato larga applicazione per la produzione di contenitori per alimenti e bottiglie. Il PET è prodotto al 100% con materie prime non rinnovabili derivate dal petrolio, materia prima strategica per gli usi energetici, il cui prezzo è destinato a crescere, oggi in maniera oscillante e in un prossimo futuro in maniera costante ed univoca a causa del superamento del picco di estrazione.
A livello mondiale, si stima che le scoperte di nuovi giacimenti abbiano raggiunto il picco negli anni '60. I 20 principali giacimenti sono stati scoperti tra il 1917 ed il 1979 e dal 1984, la produzione totale di petrolio ha superato quella delle nuove riserve scoperte, con un differenziale crescente. Secondo queste previsioni, è stato ipotizzato che il prezzo dei polimeri di sintesi petrolifera crescerà nei prossimi 15 anni e la produzione dei contenitori si porrà in una condizione di concorrenza con l'uso energetico della risorsa primaria.
Sebbene non siano ancora complete le indagini sui rischi per la salute di questo materiale, la sua idoneità a contenere alimenti è sancita dalla Direttiva 2002/72/CE della Commissione Europea e successive modifiche (2004/19/CE).
Esaminiamo ora l'intera filiera di produzione del polietilene tereftalato.
I due composti principali da cui si ottiene il PET sono l'acido tereftalico e il glicole-etilenico.
L'acido tereftalico si produce industrialmente per ossidazione del para-xilene utilizzando cobalto e manganese come catalizzatori e bromo come promotore della reazione di trans-esterificazione.
Il secondo componente per la produzione di PET è il glicole-etilenico, un alcole che viene prodotto per ossidazione ed idratazione dell'etilene. Dal glicole etilenico e dall'acido tereftalico, attraverso un processo di esterificazione, si ottiene il monomero etilentereftalato.

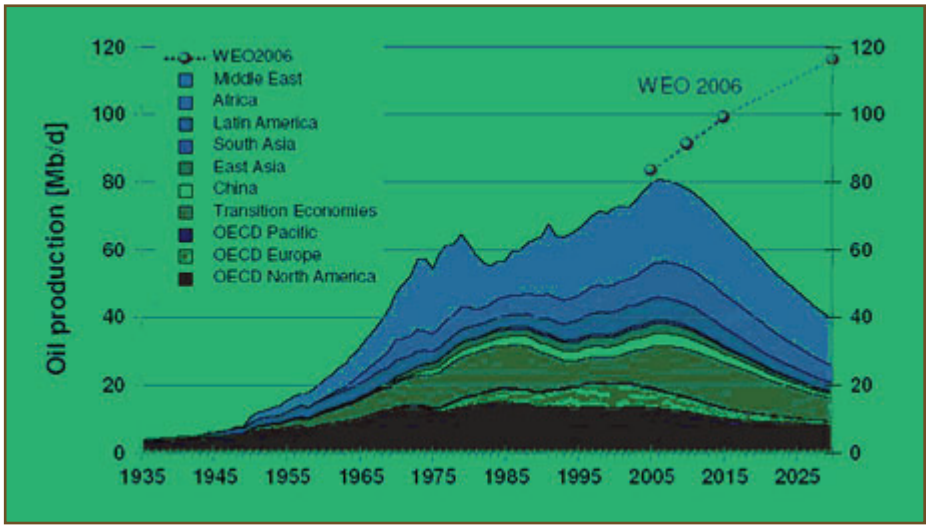


Fig.14: Declino dell'estrazione di petrolio secondo le analisi di Hubbert

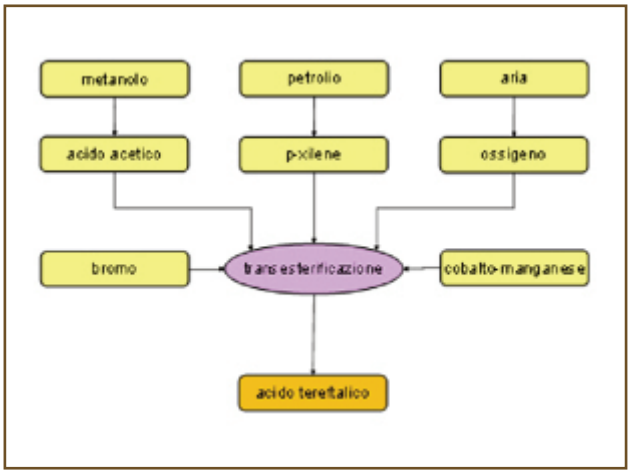


Fig.15: Produzione dell'acido tereftalico

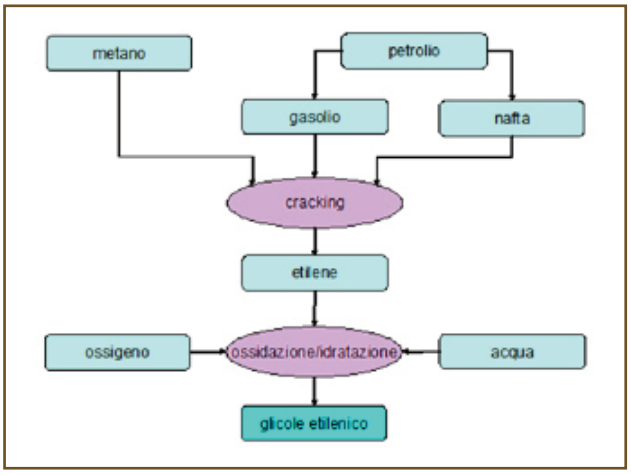


Fig.16: Produzione del glicole etilenico

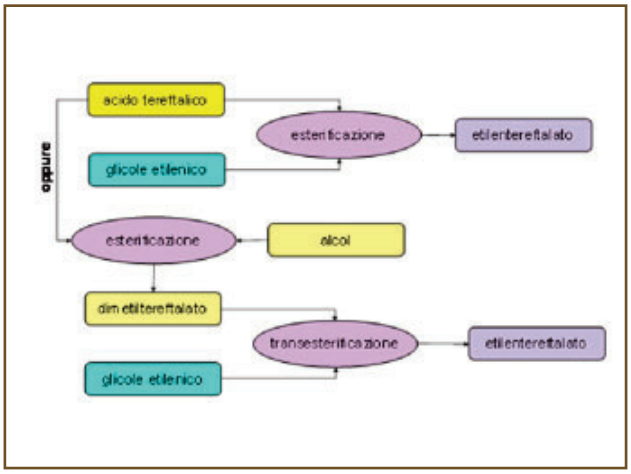


Fig.17: Processi alternativi per la produzione dell'etilentereftalato

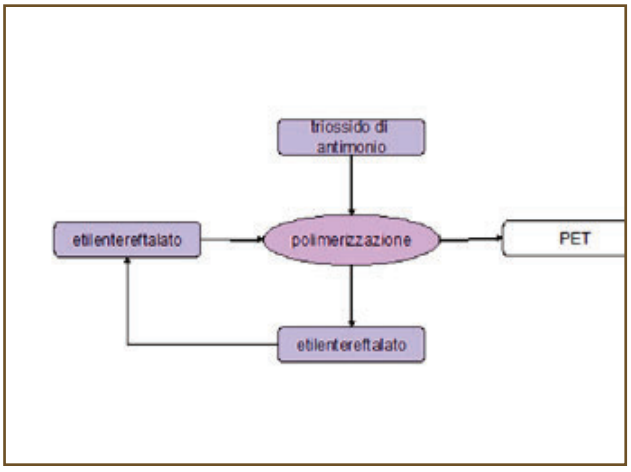


Fig.18: Processo di produzione del polimero PET

Un processo alternativo di produzione prevede la trans-esterificazione del glicole etilenico con il dimetiltereftalato, che è l'estere dimetilico dell'acido tereftalico. L'ultimo passaggio, è la polimerizzazione del monomero etilentereftalato in polietilentereftalato in cui viene usato il triossido di antimonio come catalizzatore.
Oltre al polimero del PET ottenuto dal monomero puro, si producono anche co-polimeri con monomeri diversi, che accentuano particolari caratteristiche del materiale, come l'isolamento elettrico, la resistenza chimica e termica, la facilità di stampaggio, la resistenza alla trazione, la trasparenza, l'impermeabilità ai gas, la riflettanza ottica. Inoltre, a seconda delle modalità e dei processi di produzione adottati, si può presentare in forma amorfa (trasparente) e semi-cristallina (bianca ed opaca).

Produzione dei contenitori

Con il processo di estrusione, i granuli di PET, insieme alle sostanze coloranti richieste per il prodotto finito, vengono caricati tramite una tramoggia in un cilindro termoregolato dove fonde in una massa viscosa fluida.
La materia fusa viene spinta da una vite senza fine, attraverso un canale sagomato (filiera), che le imprime il profilo voluto in funzione dei manufatti che si vogliono ottenere.
Il pezzo, raffreddato in un altro canale (calibratore),

solidifica e viene poi tagliato in modo automatico, nelle dimensioni desiderate. Si ottiene in tal modo un pezzo grezzo dal peso esattamente calibrato in funzione delle dimensioni e dello spessore della bottiglia che si intende realizzare.
Le preforme sono prodotte in uno stampo riscaldato, con il collo ad una estremità, compresa la filettatura per il tappo, ed il corpo non ancora espanso; il loro volume è solitamente circa 1/5 di quello della bottiglia finita.
Le preforme vengono imballate e spedite ai produttori dei liquidi da imbottigliare, che provvederanno direttamente alla formazione della bottiglia finita.
Con il soffiaggio le preforme vengono inserite in uno stampo all'interno di una macchina per la stampatura, dove la bottiglia riceve la forma definitiva.
La preforma viene prima sottoposta ad estrusione attraverso il riscaldamento, diventando morbida e fluida, poi stirata per mezzo di un'asta e soffiata a 10-15 bar di pressione, per garantire un suo corretto posizionamento all'interno dello stampo. Un soffiaggio finale a circa 40 bar di pressione, finché le pareti non aderiscono a quelle dello stampo, conferisce alle bottiglie le caratteristiche di forma e dimensione richiesta. Le macchine soffiatrici consentono di produrre più di 50.000 bottiglie all'ora che, una volta raffreddate, possono essere avviate direttamente al riempimento.
Le bottiglie in PET sono estremamente resistenti agli urti, ma sono vulnerabili alle effrazioni dolose. Il materiale può inoltre essere soggetto a graffiature ed ammaccature con relativo accumulo di sporcizia nei microincavi, che può creare qualche problema di igiene esterna del contenitore.
Inoltre, la bassa densità del materiale, non garantisce un'elevata impermeabilità ai liquidi consentendo l'assorbimento, o l'adsorbimento, e la diffusione del gas al suo interno; i gas possono quindi oltrepassare il contenitore e raggiungere il contenuto della bottiglia. Ciò ne sconsiglia l'utilizzo per bevande come il vino o i succhi di frutta e le bevande gassate a causa della perdita di anidride carbonica attraverso le pareti.
Per quest'ultimo caso, si usano bottiglie superiori al litro, che hanno un rapporto volume/superficie più favorevole.
Se la bottiglia rimane, poi, a lungo in un ambiente contaminato da gas o vapori tossici, questi ultimi possono essere assorbiti dal materiale e rilasciati nel contenuto. Per ovviare a questo difetto sono stati recentemente sviluppati tipi di PET contenenti in miscela anche altri polimeri, o bottiglie costituite da più strati di polimero.
Un ulteriore problema riguarda poi la possibilità che l'alimento contenuto nel contenitore, soprattutto se si tratta di bevande, subisca alterazioni a causa dell'azione delle radiazioni UV della luce solare o di lampade fluorescenti e dell'esposizione a elevate temperature.
Il PET infatti è trasparente alla luce e dunque se i contenitori restano esposti al sole, la radiazione ultravioletta può comportare la formazione di radicali che reagiscono con il contenuto modificandone il colore e l'odore. Il rischio di tale alterazione è ancora più elevato se si considera che la radiazione UV è contenuta anche nella luce artificiale di molti magazzini. Inoltre, dal momento che spesso le bevande vengono imbottigliate nei contenitori ancora caldi, ciò aumenta il rischio di migrazione di sostanze dal polimero alla bevanda.
Infine, un altro elemento di criticità riguarda il possibile rilascio da parte del polimero di sostanze nocive per la salute.
A tal proposito nel 2001 uno studio del US Centres for Disease Control (CDC), riferiva la presenza di bisfenolo, composto utilizzato per la produzione del PET, nelle urine di un vasto campione di persone.
Il bisfenolo, è una sostanza organica che si presenta come un ormone sintetico, è perciò in grado di imitare gli estrogeni femminili e dunque una volta ingerita può interagire con i sistemi ormonali dell'organismo, causando tumori, sterilità, obesità e malattie cardiache.
Il PET può inoltre rilasciare nel contenuto varie altre sostanze, come l'acetaldeide (HCOCH3), l'etilene, il glicole dietilenico e residui di catalizzatori (bromo, cobalto, manganese, antimonio).
Altro additivo che potrebbe migrare dal PE negli oli

vegetali è il Chimassorb 81, che viene utilizzato per migliorare la schermatura del contenitore nei confronti dei raggi ultravioletti, poi gli antiossidanti Irganox PS 800, Irganix 1076, Irganox 1010.
Per quanto riguarda gli impatti sull'ambiente[71], il contenuto energetico "Energy embodied" di una bottiglia di PET di 25 g è pari a 2,09 MJ. Relativamente ai consumi idrici per una bottiglia di PET da 1 litro lo studio dell'Università di Padova[72] stima un consumo pari 23,1 litri, per il 57% imputabile alla fase di confezionamento.
Secondo lo stesso studio, l'impatto totale associato al ciclo di vita della bottiglia in PET si ripartisce nelle fasi di produzione per il 84,96 % e in quella del confezionamento per il 22,63%. Gli impatti della fase di produzione sono dovuti principalmente alla fabbricazione dei granuli in PE e della preforma, mentre nel confezionamento i contributi sono diversi (tappi, energia elettrica, etichetta, vapore, aria compressa).

I FORMATI PIU' COMUNI

Bottiglia multistrato[73] da 1 litro per latte. La tecnica multistrato consente, attraverso la sovrapposizione di PET con caratteristiche diverse di ridurre la permeabilità ai gas e la trasparenza alla radiazione ultravioletta, per assicurare una miglior conservazione del contenuto. Queste bottiglie possono anche essere realizzate con polietilene ad alta densità (HDPE). Il loro peso è intorno ai 30 g.

Bottiglie da 0,33 litri e da 0,5 litri per bibite. Il peso della maggior parte delle bottiglie di questa taglia diffusa sul mercato varia tra i 30 e i 20 g ma sono già oggi disponibili bottiglie molto più leggere.

Bottiglia da 1 litro per acqua[74]. Le bottiglie più diffuse sul mercato hanno un peso che può variaredai 40 ai 25 g ma già si stanno immettendo sul mercato bottiglie con un peso inferiore ai 10 g puntando tutto sulla riduzione del materiale per contenitori mono-uso piuttosto che sulla durata e la robustezza per contenitori riutilizzabili.

Bottiglie da 1,5 litri per acqua o bibite. Il loro peso varia dai 48 ai 30 g. Anche in questo caso la tendenza dell'industria è il perfezionamento del mono-uso e non la bottiglia riutilizzabile.

Bottiglia da 2 litri per la birra. L'utilizzo di questi contenitori si sta affermando nonostante il contenuto sia alcolico e gasato, entrambi elementi critici per questo tipo di materiale, permeabile al gas e con componenti solubili in alcol e quindi potenzialmente trasferibili nel contenuto.

Il riciclo dei contenitori in PET

Tra tutti i materiali plastici ad uso alimentare, il PET è quello che più di tutti si è affermato sul mercato. Nel 2007, gli imballaggi in plastica rappresentavano circa il 18% degli imballaggi immessi al consumo, pari a 2.270.000 ton. Di questi, solo il 28,4% (645.000 ton) è stato riciclato; il 30,3% (687.490 ton) è stato avviato a recupero energetico e il 41% (937.000 ton) è finito in discarica fra i rifiuti indifferenziati oppure è stato disperso direttamente nell'ambiente.
Il processo di recupero di materiale in PET si compone di diversi fasi. I contenitori in PET raccolti dopo la selezione, sono imballati e trasportati ai centri di rigenerazione per la produzione di granuli e scaglie conformi alle specifiche UNIPLAST-UNI 10667 (D.M. 186/06).
Tra le principali tecnologie di riciclo del PET si possono elencare il riciclo meccanico, chimico e il feedstock.
Il riciclo meccanico si compone di diverse fasi. Dopo la selezione, il materiale viene macinato attraverso dei mulini, portando il materiale ad assumere la stessa pezzatura. Successivamente il materiale viene sottoposto al lavaggio. Esistono diversi sistemi di lavaggio, il più diffuso è quello di immettere il materiale triturato in una vasca con una corrente d'acqua che trascina il polimero all'uscita della vasca mentre i contaminanti, come terra, parti metalliche o altri polimeri, si depositano sul fondo. Può essere prevista, un'ulteriore vasca di lavaggio a seconda delle impurezze presenti e del materiale lavorato. Dopo la fase di lavaggio, i polimeri sono inviati ad un mulino macinatore che riduce ulteriormente la pezzatura. Il macinato viene poi essiccato tramite un sistema di presse a vite o centrifugato al fine di ridurre il contenuto di acqua al di sotto del 15-20%. Tramite essiccatori verticali si riduce ulteriormente il contenuto di acqua, al di sotto del 2-3%. Il materiale essiccato viene poi inviato ai silos, in genere dotati

di agitatori che omogeneizzano il prodotto. Con l'ultima fase detta granulazione, il materiale contenuto nel silos alimenta un estrusore munito di piastra forata. Il polimero può essere tagliato a "freddo", tramite taglierina trasversale o a "caldo" tramite un sistema a coltelli rotanti in un ambiente ad acqua nebulizzata. La natura chimica del PET lo rende inoltre idoneo al riciclo chimico, attraverso una serie di processi chimici che decompongono il polimero nei monomeri d'origine. I processi di decomposizione chimica mutano a seconda del metodo utilizzato. I processi termici attraverso i quali avviene il cracking delle catene polimeriche sono: pirolosi, idrogenazione, gassificazione, chemiolisi e glicolisi, metanolisi, ammonolisi.

Con il processo di pirolisi di plastiche omogenee, si ottengono dei prodotti utilizzati come feedstock dall'industria delle raffinerie petrolchimiche per la produzione di miscele di idrocarburi o di poliolefine.

Per il riciclo del PET, esistono ancora problemi di ottimizzazione tra i quali:

- elevati costi di raccolta e selezione delle bottiglie di PET a causa dei requisiti molto stretti richiesti da parte delle aziende di lavorazione;
- presenza sul mercato di resine alternative al PET riciclato e di costo inferiore;
- alterazioni nel colore e nella purezza causate da etichette ed adesivi;
- le frazioni di materiale che hanno subito gradazioni termiche e ossidative peggiorano le proprietà meccaniche ed estetiche del prodotto finale;
- la presenza di umidità degrada il processo di riciclo, ma questo può essere evitato con l'operazione di essiccamento.

Inoltre, per ottenere dei prodotti di qualità, la selezione dovrebbe essere particolarmente spinta e le scaglie dovrebbero essere:

- separate per colori;
- il più possibile libere dai contaminanti;
- avere un peso molecolare simile alle materie prime vergini.

Il tipo di applicazione del PET dipende dalla sua viscosità intrinseca. Gran parte del del PET riciclato è utilizzato dalle industrie delle fibre in PET, che possono lavorare fiocchi, filamenti, non-tessuti (tappetini) e riempimento. Le fibre in fiocchi sono utilizzate nell'abbigliamento e richiedono un PET di alta qualità. Il non tessuto è adoperato come filtro, materiale assorbente, equipaggiamento da campeggio, ecc. Le fibre di riempimento, infine, rappresentano un'ottima applicazione del PET riciclato perché richiedono una bassa viscosità intrinseca.

A causa delle difficoltà descritte, l'incenerimento riveste quindi un ruolo importante nel recupero dei rifiuti da imballaggio in plastica. COREPLA riconosce un corrispettivo ai gestori di inceneritori di rifiuti e ai preparatori di combustibile da rifiuti (CDR) con i quali stipula apposite convenzioni.

Il potere calorifico del PET è di circa 46 MJ/kg, valore energeticamente interessante, tuttavia, trattandosi di un materiale che richiede una quantità di energia di gran lunga superiore per essere prodotto, circa 83,66 MJ/kg di bottiglie, il riciclo consente un beneficio energetico decisamente superiore all'incenerimento (Allegato n.1).

Da uno studio LCA a cura dell'Institut für Umweltforschung und Energie (IFEU) di Heidelberg, è emerso che il PET ricaricabile potrebbe consentire un risparmio, in termini di CO_2eq, pari al 28% rispetto al sistema PET mono uso. Tuttavia il PET ricaricabile (multi way PET) che al momento non è presente sul mercato italiano, è comunque un materiale derivato dal petrolio per il quale esistono dei seri dubbi circa la sua capacità di essere utilizzato come contenitore alimentare senza incidere sulle qualità organolettiche degli alimenti in esso contenuti.

NOTE

71 Vedi Allegato 4, "Impatti sull'ambiente del Pet".
72 Università degli Studi di Padova, già citata, nota 48.
73 Fonte dell'immagine: IFAP SpA, sito internet http://www.ifap.it
74 Immagini tratte dal sito http://www.lurisia.it

CAPITOLO 6 Conclusioni

• Sintetizzando quanto fin qui esposto, il contenuto energetico di un oggetto è dato dalla somma dell'energia necessaria alla produzione del materiale di cui l'oggetto è formato con l'energia necessaria alla realizzazione dell'oggetto (assemblaggio e forma) e dal potere calorifico dei materiali che costituiscono l'oggetto, ovvero dall'energia che può essere estratta da esso attraverso un processo di combustione. Ad ogni fase del ciclo produttivo di un oggetto, il suo contenuto energetico cresce quindi di una quantità di energia pari a quella spesa per la realizzazione di ogni singolo processo. Il massimo contenuto energetico si raggiunge quindi quando si ha il prodotto finito trasportato e immesso sul mercato. Il prodotto dopo l'uso inizia a perdere progressivamente il suo valore energetico, fino ad esaurirsi del tutto con il conferimento in discarica. A titolo di esempio si riporta lo schema del ciclo energetico di un oggetto realizzato in materiale plastico: nei capitoli precedenti sono stati analizzati i vantaggi e gli svantaggi associati alla gestione degli imballaggi esaminati. Di seguito sono esposti i risultati del confronto energetico e qualitativo.

Confronto energetico

In base all'analisi energetica è stata individuata la seguente graduatoria delle migliori modalità di gestione per ogni singolo materiale esaminato.
In riferimento al riutilizzo dei materiali è importante ricordare che, in generale, si tratta della pratica che implica minori costi energetici ed ambientali.
Da ciò deriva l'orientamento dell'Unione Europea rivolto a dettare specifici principi mirati a favorire questa modalità di gestione senza limitare la libera circolazione dei beni all'interno del mercato interno e in contesti locali idonei, individuati secondo analisi che considerano l'impatto lungo l'intero ciclo di vita. I sistemi di vuoto a rendere non potranno essere

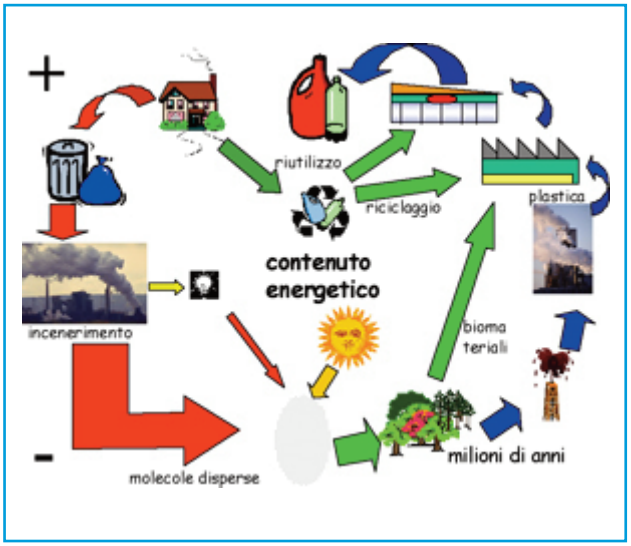


Fig.19: Ciclo energetico della plastica

VETRO	ALLUMINIO	POLIACCOPPIATO	PLASTICA
1) Riutilizzo	1) Riciclo	1) Incenerimento	1) Riciclo
2) Riciclo	2) Riutilizzo	2) Discarica	2) Incenerimento
3) Discarica	3) Discarica	3) Riciclo	3) Discarica

Tabella 8[75]**:** Gestione ottimale in base ai risultati dell'analisi energetica

applicabili se discrimineranno gli operatori che operano in più paesi. Inoltre, come è emerso nello studio, i vantaggi potenziali possono venir meno a seconda dei valori assunti da alcune variabili chiave: la distanza del trasporto, il numero dei viaggi del trasporto e il tasso di riciclo dei sistemi mono uso. Se il trasporto è superiore ai 100 km e il tasso di riciclo è elevato, il sistema mono uso potrebbe avere degli impatti complessivi uguali o addirittura inferiori rispetto al vuoto a rendere.
L'alluminio ed il vetro sono gli unici materiali per i quali il riciclo non porta alla degenerazione degli utilizzi, cosa che invece accade per gli altri materiali analizzati.
È per questo dunque che l'industria italiana di lavorazione del vetro e dell'alluminio si è strutturata intorno al riciclo di questi materiali.
Relativamente all'alluminio l'insostenibilità verte sulla vita utile dei contenitori. L'elevato consumo di energia e di risorse naturali complessive per la produzione di alluminio suggerisce un impiego in manufatti la cui vita utile non si esaurisca dopo un unico utilizzo, come ad esempio edilizia e trasporti, settori in cui, inoltre, il tasso di recupero è più alto. Il vetro da sempre utilizzato nella fabbricazione dei contenitori per alimenti è l'unico materiale che non presenta controindicazioni riguardo al riciclo se non per necessità di incrementare il riciclo del vetro bianco o mezzo bianco.
I contenitori in vetro hanno caratteristiche tali da mantenere la piena integrità anche dopo l'uso dell'alimento, misurando la vita utile solo in funzione della fragilità agli urti e al peso. Per quest'ultimo parametro, oltre al fatto che lo sviluppo tecnologico ha permesso la produzione di contenitori più leggeri, fino all' 11% in meno, bisogna anche considerare il contesto di riferimento. Infatti, se il peso del vetro potrebbe rappresentare un vincolo nell'attuale sistema di mercato, in sistemi alternativi, dove le priorità sono attribuite ad altri fattori, il peso dei contenitori non costituisce un ostacolo. Si pensi, ad esempio, alle economie di prossimità, dove la riduzione delle distanze tra luogo di produzione e quello di consumo è l'elemento di principale importanza, oppure ai circuiti di qualità, dove la priorità è attribuita alla sostenibilità del prodotto in tutte le sue fasi. Partendo quindi da sistemi di mercato dove si utilizzano modelli di uso diversi da quelli oggi maggiormente praticati, il peso del vetro assume un'importanza relativa, rispetto agli aspetti della sostenibilità ambientale considerati invece prioritari. Il vetro, inoltre, è il materiale che meglio risponde alla necessità del mantenimento nel tempo delle caratteristiche igieniche. Una volta esaurita la vita utile, il vetro è comunque un materiale completamente riciclabile con costi ambientali ed energetici ridotti rispetto alla produzione primaria.
Il riciclo della plastica, ad oggi, è ancora poco praticabile. Di recente è stata ammessa a livello europeo la possibilità di utilizzo di plastica riciclata per i contenitori a contatto con gli alimenti. Questa possibilità però è subordinata ad un processo di riciclo le cui caratteristiche devono essere ancora verificate
Allo stato attuale in Italia non ci sono processi autorizzati. Le bottiglie di plastica, se adeguatamente rinforzate e previa sterilizzazione chimica, potrebbero essere riutilizzate anche 20-30 volte ma con problemi di sicurezza alimentare e per la salute umana. Ai rischi associati alle caratteristiche del PET si sommerebbero quelli derivanti dai trattamenti chimici a cui dovrebbero essere sottoposti i contenitori, con un aggravio di inquinamento per l'ambiente.
Ad oggi, il PET riciclato può essere introdotto in un nuovo ciclo produttivo attraverso i processi di riciclo descritti. In ogni caso, si deve comunque scontare il costo della raccolta, del trattamento, del trasporto delle materie prime seconde e delle perdite dovute all'inefficienza del sistema. Infine, la plastica riciclata ottenuta, con performance inferiori rispetto al polimero vergine, potrà essere utilizzata per applicazioni diverse rispetto alle originarie e mai utilizzata nella produzione di nuovi contenitori.
Gli imballaggi mono-uso in PET rappresentano la peggior applicazione possibile dei polimeri di cui sono costituiti. Derivati dal petrolio, non sono biodegradabili e rimangono nell'ambiente per centinaia di anni, un paradosso rispetto alla filosofia "usa e getta" che li contraddistingue.

L'utilizzo come mono-uso fornisce sempre al contenitore connotati negativi; se questi fossero concepiti anche in funzione di un proprio riutilizzo e quindi realizzati in modo tale da mantenere inalterate le proprie caratteristiche chimiche, meccaniche ed estetiche, il mercato che ne deriverebbe avrebbe caratteristiche molto diverse da quello attuale. Al contrario, i produttori di imballaggi, attualmente, si preoccupano di ridurre le quantità di materiale impiegato, realizzando contenitori sempre più leggeri, puntando alla riduzione dei costi di produzione dell'imballaggio e demandando i materiali post consumo al riciclo e all'incenerimento. Sarebbe pertanto fondamentale, per rendere trainanti le pratiche di riutilizzo auspicate dall'Unione Europea, creare delle condizioni per cui sin dalla produzione del contenitore fossero impiegati criteri tali da rendere possibile il riuso dello stesso.
Per quanto riguarda il poliaccoppiato, l'unica possibilità per evitare la discarica e l'incenerimento è il riciclo, non prestandosi ovviamente il materiale ad operazioni di riuso. Il riciclo, come visto, viene effettuato separando la carta dagli altri materiali. Il processo, che richiede una grande quantità di acqua, ottiene in uscita della polpa di carta, utilizzata prevalentemente per la produzione di sacchetti, ed un materiale composito di polimeri ed alluminio, che può essere utilizzato in edilizia (componenti per bitumi, cemento e tegole), per oggetti di arredamento, profilati, vasi e fioriere, per fondi di damigiane.Nel 2007 è stato riciclato il 14% dei poliaccoppiati immessi al consumo, il 48% è finito in discarica fra i rifiuti indifferenziati e la restante parte è stata incenerita[76].

Confronto qualitativo

Mettendo a confronto i vari contenitori, considerando non solo il bilancio energetico ma anche le altre caratteristiche proprie dei singoli contenitori, è possibile ottenere una valutazione complessiva degli aspetti analizzati relativi alla capacità di conservazione del contenuto, attraverso l'isolamento e la salubrità, e della sostenibilità ambientale che sarà misurata attraverso la riutilizzabilità, la riciclabilità ed l'impatto ambientale della produzione del contenitore.
Nella tabella seguente si mettono, quindi, a confronto diversi tipi di contenitori standard, facendo riferimento a formati esistenti con capacità di 1 litro. Per l'alluminio, non essendo comune il formato della lattina da 1 litro, si farà riferimento ad un oggetto particolarmente leggero del peso di 30g, senza un formato reale specifico.
Gli indicatori qualitativi sono rappresentati dalle frecce; la freccia in alto rappresenta una discreta positività, buona per la doppia freccia; viceversa le frecce in basso rappresentano delle negatività, più accentuate nel caso di doppia freccia.
Per "riutilizzabilità" si intende il riutilizzo per più cicli dello stesso contenitore attraverso il sistema del "vuoto a rendere". Per il PET si è segnalata una negatività con una sola freccia tenendo conto del fatto che, sebbene per i formati utilizzati in Italia il riutilizzo sia impossibile, in altri paesi vengono utilizzate bottiglie di plastica rigide riutilizzabili.
Riguardo alla "riciclabilità", il PET è segnalato con una sola freccia positiva in quanto non è riciclato per produrre altre bottiglie, ma per altri prodotti,ed inoltre, gran parte del PET raccolto in maniera diffe-

Materiali dei contenitori	Riutilizzabilità	Riciclabilità	Isolamento del contenuto	Salubrità del contenuto	Impatto ambientale
Vetro	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↓
Alluminio lattina	↓↓	↑↑	↑↑	↓	↓↓
IPC	↓↓	↓	↑	↓↓	↓
PET	↓	↑	↓	↓↓	↓↓

Tabella 9: Confronto qualitativo fra diversi tipi di contenitori da 1 litro

renziata, viene destinato a recupero energetico negli impianti di incenerimento. Il poliaccoppiato presenta notevoli ostacoli al riciclo per la necessità di dover separare i diversi materiali di cui è costituito.
La voce "isolamento del contenuto" è un indicatore che misura l'impermeabilità dei materiali alle influenze esterne, fornendo una barriera in grado di mantenere inalterato l'alimento. Il vetro e l'alluminio sono materiali dotati di una barriera naturale capace di agire su tre livelli: chimico, biologico e fisico. Per quanto riguarda quest'ultima, mentre per il vetro l'eventuale compromissione è immediatamente visibile, per la plastica tale immediatezza viene meno. Un graffio, un'abrasione o anche il raggiungimento del suo tempo limite può determinare un calo delle barriere di protezione.
Con la voce "salubrità del contenuto" è stato considerato il rilascio di sostanze da parte dei materiali nel contenuto alimentare. Per tale aspetto emerge che il vetro non presenta rischi di migrazione dei costituenti del materiale al prodotto alimentare mentre è attribuita una freccia negativa alle lattine in alluminio e agli IPC, e due al PET.
Infine, la voce "impatto ambientale" tiene conto degli impatti globali della produzione dei contenitori. In questo caso nessun materiale può avere una positività in quanto non esistono produzioni ad impatto zero. Partendo da questo assunto, il vetro presenta una sola negatività. Questo si spiega dal fatto che i contenitori di vetro possono essere prodotti quasi al 100% con materia prima seconda ovvero con il rottame di vetro, senza ipoteticamente ricorrere a materie prime vergini. Anche le lattine in alluminio possono essere interamente prodotte da alluminio secondario, ma nel caso in cui questo non avvenisse, il reperimento e la trasformazione della materia prima vergine hanno un impatto ambientale molto elevato. Due frecce in basso per il PET e per gli IPC, la cui produzione primaria richiede l'utilizzo di sole materie prime vergini.
Dal confronto sui contenitori emerge come il vetro sia il materiale che più di tutti massimizza i requisiti essenziali di cui deve essere dotato un contenitore per alimenti. La caratteristica inerte del materiale consente di preservare il contenuto più a lungo degli altri materiali, i quali sono più efficaci da questo punto di vista solo se rinforzati con altri materiali, come ad esempio i contenitori poliaccoppiati composti da strati di polietilene e alluminio. Sotto il profilo ambientale il vetro è l'unico materiale che può essere riciclato per produrre nuovi contenitori senza alcun rischio sulla sua sicurezza. Al contrario, il riciclo degli altri materiali non porta alla creazione di nuovi contenitori ma di altri beni e in questo caso si può parlare di degenerazione degli utilizzi.
Inoltre, il vetro è il materiale che meglio può rispondere all'esigenza di riduzione della produzione dei rifiuti attraverso l'attuazione dei sistemi ricaricabili. A livello europeo, nello specifico nella Direttiva 94/62/CE sugli imballaggi e i rifiuti da imballaggio, non viene stabilita una chiara gerarchia tra il riutilizzo e il recupero di rifiuti di imballaggi. Questo perché la sostenibilità tra i sistemi ricaricabili e il riciclo può essere determinata solo attraverso una valutazione degli impatti ambientali riferiti al contesto in cui si inseriscono. Lo sviluppo dei sistemi ricaricabili in Italia può essere attuato solo attraverso una valutazione dei sistemi distributivi e logistici dei contenitori per alimenti.
Le opportunità di incremento dei sistemi ricaricabili per il vetro potrebbero essere le seguenti:

- Sistemi automatizzati di recupero per incentivare il riciclo dei contenitori presso il punto vendita: il sistema automatizzato del recupero dei contenitori consente di ovviare al limite della capacità di spazio dei supermercati richiesto dai sistemi ricaricabili e nel contempo di incrementare il riciclo dei contenitori.
- Maggiore diffusione di sistemi di filtraggio delle acque potabili o il miglioramento della qualità delle acque stesse. Questa opzione costituisce un buona alternativa per i soggetti che operano nelle attività di ristorazione come i ristoranti e gli alberghi. Questo sistema permette di richiudere il ciclo dei contenitori senza emettere nuova produzione di rifiuti.
- Sviluppo dei sistemi ricaricabili in contesti in cui il trasporto avviene in un raggio non superiore ai

100 km e in punti di vendita in cui ci sia uno spazio sufficiente per la loro installazione.

In considerazione della dinamicità del mercato e della inevitabilità della circolazione dei contenitori mono uso, gli elementi che possono favorire i circuiti ricaricabili sono i seguenti:

- Promuovere il riuso nei canali di vendita "alternativi": domicilio, gruppi di acquisto solidale, mercati di prossimità, ecc.
- Rifornire i super e gli ipermercati di prodotti di origine locale, tramite degli uffici acquisti sparsi sul territorio.
- Carbon labelling. Favorire la diffusione della misurazione dell'impatto ambientale dei prodotti venduti nelle maggiori catene distributive. Questo tipo di informazione potrebbe incentivare l'utilizzo di prodotti di origine locale per i quali potrebbero essere attivabili i sistemi ricaricabili.
- Incentivare il ricorso agli acquisti verdi, sia per la Pubblica Amministrazione che per i privati.

Modelli alternativi e sostenibilità ambientale: i circuiti qualità

Se nel passato il vuoto a rendere era una pratica molto diffusa, le abitudini nel consumo e nella distribuzione tipiche dei nostri giorni rendono difficile il ritorno di questi sistemi in tempi ragionevolmente brevi. Ad oggi, un sistema di deposito deve infatti poter garantire il ritorno e lo stoccaggio di un gran numero di contenitori, differenti per formato e caratteristiche, incidendo sui costi gestionali del venditore ma anche del distributore. Per questo sarà fondamentale il ruolo della grande distribuzione che, dovendo offrire il più ampio assortimento possibile al minor costo, difficilmente organizzerà dei sistemi di ritorno del contenitore se questi non saranno richiesti fortemente dalla clientela. A tale proposito, accanto a diverse esperienze di accordi volontari tra produttori e amministrazioni locali per la reintroduzione del "vuoto a rendere", sono diventati una realtà sempre più diffusa, sempre a livello locale, i circuiti di qualità come la filiera del biologico e i Gruppi di Acquisto Solidale (GAS). I consumatori e gli operatori aderenti a tali circuiti ricercano la sostenibilità ambientale in tutte le fasi del prodotto: produzione, distribuzione, consumo e gestione del rifiuto. Per la prima fase, prediligono sistemi basati sulla sostenibilità nella produzione, come nel caso dei prodotti biologici sia per gli alimenti freschi che per quelli conservati. Per la fase di distribuzione, pur non discriminando il prodotto extraregionale o estero, preferiscono valorizzare le tipicità locali, come nel caso dei GAS. Per la fase del consumo, scelgono prodotti con il minor contenuto di imballaggi. Questo tipo di approccio ha delle ripercussioni positive non solo sul bilancio familiare, ma anche su quello ambientale: un minor trasporto degli alimenti, il più delle volte su gomma, contribuisce a diminuire le emissioni di gas serra nell'atmosfera.

Il vetro è un materiale in grado di soddisfare in maniera ottimale le preferenze dei consumatori e degli operatori aderenti ai circuiti di qualità. La sicurezza e la capacità di conservazione delle caratteristiche organolettiche lo rendono idoneo a contenere prodotti contraddistinti da un'elevata qualità, risultando funzionale per il contenimento di liquidi, analcolici e alcolici, e per le conserve.

Il rapporto diretto tra consumatore e produttore, tipico di questi circuiti, permette e favorisce sia la creazione di sistemi di vuoto a rendere, evitando la generazione del rifiuto, che di sistemi monouso caratterizzati da un elevatissimo tasso di riciclo. Anche in questo caso l'imballaggio in vetro, al termine del suo ciclo di vita, ritornerà ad essere un contenitore, con apprezzabili benefici ambientali in termini di emissioni e di risorse, soprattutto non rinnovabili.

NOTE

75 Il confronto è costruito in base alle opzioni praticabili in Italia.
76 Tetra Pak, Bilancio Ambientale e Sociale, edizione 2008

ALLEGATO 1

Il Bilancio energetico delle destinazioni post-consumo (DpC)

• Per avere una valutazione energetica della destinazione post-consumo dei contenitori definiamo una efficienza delle soluzioni possibili valutata secondo la seguente formula[77]:

$$R_{ij} = \frac{E_u}{E_i} \qquad (1)$$

Dove:
- **Rij** è l'efficienza energetica della soluzione j applicata al materiale i,
- **Ei** è l'energia contenuta nel materiale in entrata nel sistema di gestione dei rifiuti,
- **Eu** è l'energia utile derivante dalla destinazione del materiale.

Nel calcolo di **Ei** consideriamo tre componenti:
Ei = Emi + Efi + Pci

Dove:
- **Emi** è l'energia necessaria alla produzione del materiale di cui l'oggetto è formato (per oggetti formati da più materiali si considerano solo quelli quantitativamente ed energeticamente prevalenti),
- **Efi** è l'energia necessaria alla realizzazione dell'oggetto (assemblaggio e forma),
- **Pci** è il potere calorifico dei materiali che costituiscono l'oggetto.

Nel calcolo di **Eu** consideriamo le seguenti componenti:

Eu = Emu +Pcu + Efu + Es + Einc – Et

Dove:
- **Emu** è l'energia di produzione del materiale ancora utilizzabile in uscita, che sarà diversa da zero solo nel caso di riciclo o di riutilizzo dell'oggetto,
- **Pcu** è il potere calorifico dell'oggetto, o parte di esso riutilizzato, e del materiale riciclato,
- **Efu** è l'energia necessaria alla realizzazione dell'oggetto, o di un componente di esso, destinato al riutilizzo,
- **Es** è l'energia risparmiata grazie a particolari destinazioni dei materiali riciclati; per esempio, l'energia risparmiata per la minor irrigazione e la minor concimazione consentite grazie all'utilizzo di compost in agricoltura,
- **Einc** è l'energia termica prodotta negli impianti di incenerimento e realmente utilizzata,
- **Et** è l'energia spesa nelle operazioni di gestione dei rifiuti (raccolta, separazione, sterilizzazione, triturazione, compostaggio, fusione, preparazione della materia seconda, ecc.).

L'efficienza della scelta effettuata si può quindi scrivere:

$$(2) \quad R_{ij} = \frac{E_u}{E_i} = \frac{E_{mu} + P_{cu} + E_{fu} + E_s + E_{inc} - E_t}{E_{mi} + E_{fi} + P_{ci}}$$

Facendo riferimento alla formula (1) per il calcolo valutiamo l'efficienza delle diverse possibili destinazioni finali dei contenitori. Per ciascuna soluzione, consideriamo il vantaggio energetico "V" come l'energia risparmiata o l'energia prodotta.
Per quanto riguarda l'incenerimento, dal momento che si è scelto di prendere in considerazione la parte dell'energia contenuta nel materiale effettivamente

utilizzata, vengono fatte due ipotesi:

- produzione di elettricità, applicando in tal caso un fattore di rendimento pari a 0,30;
- produzione di elettricità e calore in cogenerazione, con un fattore di rendimento pari 0,85.

Il Vetro

a) Riciclo

1. $E_i = E_{mi} = 20$ MJ/kg
2. $E_u = E_{mu} - E_t = (20\text{-}17)$ MJ/kg = 3 MJ/kg
3. $R = E_u/E_i = 0{,}15$

Dove:

- 20 MJ/kg è l'energia necessaria a produrre il vetro a partire dalla materia prima
- 17 MJ/kg è l'energia necessaria a produrre il vetro a partire dalla materia seconda

In tal caso, il vantaggio energetico coincide con Eu:

4. V = 3 MJ/kg

b) Riutilizzo:

1. $E_i = E_{mi} = 20$ MJ/kg
2. $E_u = E_{mu} - E_t = (20 – 4)$ MJ/kg = 16 MJ/kg
3. E_t è l'energia per la sterilizzazione dell'oggetto

$R = E_u/E_i = 0{,}80$

Dove:

- 4 MJ/kg è l'energia necessaria al lavaggio e sterilizzazione dell'oggetto

In tal caso il vantaggio energetico coincide con Eu:

4. V = 16 MJ/kg

c) Discarica: $E_u = 0$ => R = 0

Dal calcolo emerge che la soluzione del riuso consentirebbe di risparmiare 0,80 MJ per kg di materia, mentre col il riciclo il risparmio conseguibile si abbassa a 0,15 MJ per kg di vetro.

L'alluminio

a) Riciclo:

1. $E_i = E_{mi} = 80{,}9$ MJ/kg
2. $E_u = E_{mu} - E_t = (80{,}9 – 4)$ MJ/kg = 76,9 MJ/kg
3. $R = E_u/E_i = 0{,}95$

Dove:

- 80,9 MJ/kg è l'energia elettrica necessaria a produrre l'alluminio a partire dalla materia prima. Dal momento che l'elettricità viene prodotta a partire da una fonte primaria per quasi il 90% costituita da un combustibile, considerando che il rendimento medio del parco termoelettrico nazionale è pari al 43,4%[78], per produrre un kg di alluminio sono necessari circa 186,4 MJ di energia primaria.
- 4 MJ/kg è l'energia elettrica necessaria a produrre l'alluminio a partire dalla materia seconda, corrispondente a 9,2 MJ di energia primaria.

In tal caso, il vantaggio energetico coincide con Eu: in elettricità Ve = 76,9 MJ/kg, in energia primaria Vp = 178 MJ/kg

b) Discarica:

1. $E_u = 0$ => R = 0

Il PET[79]

a) Riciclo:

1. Ei = Emi + Pci = (83,66 + 46) MJ/kg = 129,66 MJ/kg
2. Eu = Emu - Et + Pcu = (74,77 – 8,4 + 46) MJ/kg = 112,37 MJ/kg
3. R = Eu/Ei = 0,87

Dove:

- 74,77 MJ/kg è l'energia necessaria alla produzione del PET
- 8,4 MJ/kg è l'energia mediamente necessaria alla produzione di plastica da materie seconde

Il vantaggio energetico è l'energia risparmiata producendo la plastica da materie seconde rispetto alla produzione da materie prime:

V = 66,37 MJ/kg

b) Riutilizzo:

1. $E_i = E_{mi} + Pci = (83{,}66 + 46)$ MJ/kg = 129,66 MJ/kg
2. $E_u = E_{mu} - E_t + Pcu = (83{,}66 – 4 + 46)$ MJ/kg =

125,66 MJ/kg

3. $R = E_u/Ei = 0,97$

Dove:

- 83,66 MJ/kg è l'energia mediamente necessaria alla produzione delle bottiglie di PET
- 4 MJ/kg è l'energia necessaria a lavaggio e sterilizzazione

Il vantaggio energetico è l'energia risparmiata per la non produzione dell'oggetto riutilizzato, al netto dell'energia spesa per il riutilizzo:

V = (83,66 – 4) MJ/kg = 79,66 MJ/kg

Dall'analisi energetica effettuata per 1kg di PET, risulta evidente che il maggior vantaggio energetico è nel prolungare la vita degli oggetti attraverso il riutilizzo. Se, per esempio, le bottiglie in PET anziché essere mono-uso, e quindi molto sottili e schiacciabili, fossero invece rigide, si potrebbe pensare a *n* cicli di riutilizzo e quindi moltiplicare per *n* volte il vantaggio energetico, per poi riciclarne il materiale. Supponiamo che per ottenere una bottiglia rigida si utilizzi il doppio del PET e che quindi la bottiglia da un litro pesi 50g anziché 25g. Il suo contenuto energetico sarà allora di circa 4,2 MJ, contro i 2,1 MJ di una bottiglia monouso. Se, per esempio i cicli di riutilizzo fossero 20, risparmieremmo la produzione di 20 bottiglie monouso e avremmo un vantaggio energetico pari a:

$V_{riutilizzo}$ = (2,1 - 0,2)20-4,2 = 33,8MJ

Dove 0,2MJ è l'energia che si è supposto di dover spendere per sterilizzare una bottiglia di PET da 1 litro, del peso di 50g.

Il vantaggio dell'incenerimento per produzione elettrica di 20 bottiglie monouso da 25g è invece:

V_{inc} = 6,9MJ

Quindi utilizzando 20 volte una bottiglia di PET di peso doppio di quelle monouso si otterrebbe un vantaggio energetico di quasi 5 volte superiore a quello ottenibile con l'incenerimento per la produzione di elettricità di 20 bottiglie monouso.

Tuttavia due fattori ostacolano questa opzione:

a. il PET tende a graffiarsi ed opacizzarsi, e i contenitori utilizzati oggi in Italia non sono adatti a tale soluzione
b. Se non vengono riutilizzati più del 50% dei contenitori, dal momento che il loro peso lo abbiamo supposto doppio di quelli mono-uso, si rischia di mandare a smaltimento una quantità di PET maggiore

c) Incenerimento:

1. Ei = Emi + Pci = (83,66 + 46) MJ/kg = 129,66 MJ/kg

Solo elettricità

Eu = Pcu * 0,30 = 46 * 0,30 MJ/kg = 13,8 MJ/kg

R = Eu/Ei = 0,11

Cogenerazione

Eu = Pcu * 0,85 = 46 * 0,85 MJ/kg = 39,1 MJ/kg

R = Eu/Ei = 0,30

In tal caso il vantaggio energetico coincide con Eu:

V_{el} = 13,8 MJe/kg

V_{cog} = 39,1 MJ/kg

NOTE

77 A. Masullo, "Recupero di energia dai rifiuti: dall'economia del danno all'economia del benessere", in "Prisma" N.3/2009, Editore Franco Angeli.

78 Rapporto Terna 2008, dato riferito al 2006.

79 In assenza di dati certi in letteratura sui consumi per lavaggio e sterilizzazione dei contenitori di plastica usati, si è attribuito a tali operazioni un consumo medio di 4 MJ/kg.
Per la produzione elettrica si è adottato un rendimento del 35% in considerazione della taglia medio-piccola degli impianti di incenerimento.
Per la produzione di calore ed elettricità in cogenerazione si è adottato un rendimento del 85% in tal caso favorito dalla taglia medio-piccola degli impianti di incenerimento.

ALLEGATO 2 I sistemi ricaricabili

• I sistemi di riuso o ricaricabili,[80] che utilizzano il meccanismo del "vuoto a rendere", sono riconducibili a due categorie:

- **sistemi regolamentati,** originati da disposizioni legislative;
- **sistemi non regolamentati,** svolti su iniziativa dei produttori, principalmente di bevande. In Italia questi sistemi sono utilizzati per pochi circuiti, prevalentemente nel settore della ristorazione (acque minerali in bottiglia).

All'interno della categoria dei sistemi non-regolamentati, si ritrovano tre sotto categorie:

- **Il sistema a deposito volontario**
- **Il sistema chiuso**
- **Il sistema di sconto**

Il sistema a deposito volontario funziona con il versamento di un acconto (deposito) al punto di vendita. Il valore del deposito è stabilito in base al valore di sostituzione del contenitore; con questa modalità il fornitore, in caso di mancata restituzione, può acquistare una nuova bottiglia.

Il sistema chiuso prevede un rapporto diretto tra il produttore e il consumatore; esempio emblematico è la consegna a domicilio del latte. In questo caso, non è previsto nessun incentivo economico. Il sistema di consegna a domicilio presenta costi generali più alti, senza costituire un vero e proprio meccanismo economico che favorisca la restituzione del contenitore. All'interno della sub-categoria, di recente diffusione, è il sistema di filtrazione dell'acqua

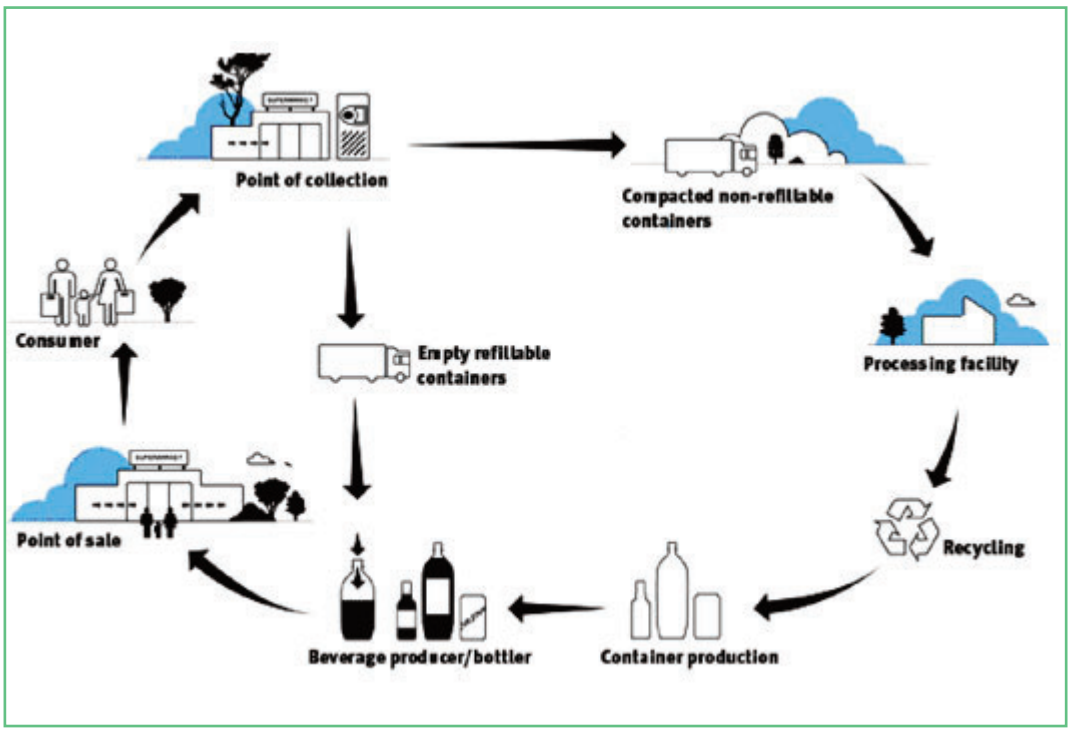


Fig.20: Panoramica generale dei diversi sistemi di deposito
Fonte: *TOMRA*

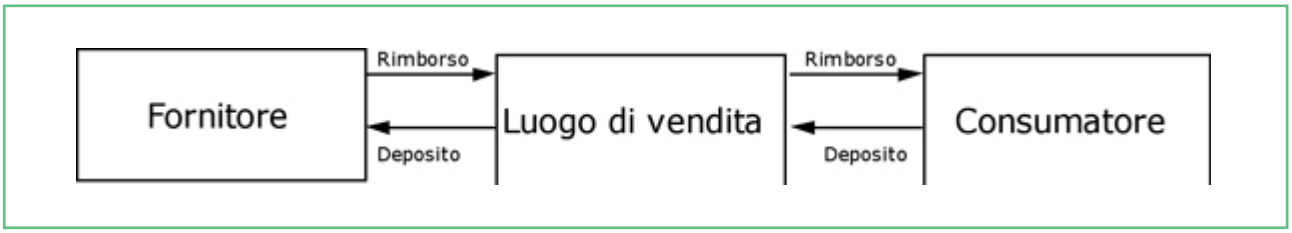


Fig.21: Schema del sistema a deposito volontario

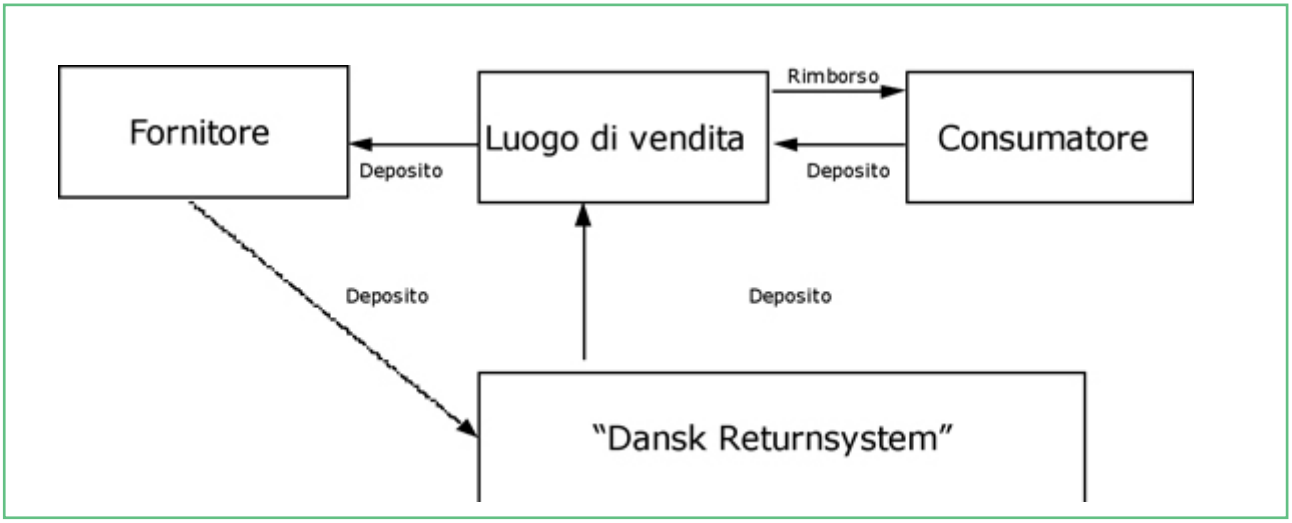


Fig.22: Schema di deposito danese ***Fonte:*** www.dansk-retursystem.dk/

in bottiglie di vetro ricaricabili per uso professionale (es. attività di ristorazione). Con **il sistema dello sconto** i consumatori ricevono uno sconto se usano i propri contenitori o riportano i contenitori del distributore per il riempimento. Ciò accade, ad esempio, quando l'acquisto si compie in assenza di intermediari, cioè tra produttore e acquirente come nel caso dei "Gruppi di acquisto".
All'interno della categoria del **sistema regolamentato** si ritrovano 5 principali sotto categorie:

- **Il sistema del rimborso dei depositi;**
- **Le eco-tasse;**
- **Le quote;**
- **I divieti;**
- **Gli accordi.**

Il sistema di rimborso dei depositi è simile ai sistemi volontari di deposito, con la differenza fondamentale che il livello di deposito è fissato a livello politico e non rispecchia necessariamente il costo di sostituzione del contenitore. Le motivazioni per cui le disposizioni legislative sul deposito non si focalizzano soltanto sul riutilizzo del sistema sono principalmente:

- migliorare la pulizia (decoro urbano, vedi caso Roma);
- ridurre le quantità di rifiuti e il loro conferimento in discarica;
- incoraggiare il riciclo e il riutilizzo dei contenitori per alimenti.

Il sistema di deposito e di ritorno attuato in Danimarca, ad esempio, combina il recupero dei contenitori per il riciclo con il recupero dei contenitori per il riutilizzo, non limitando in tal modo la concorrenza degli imballaggi monouso. La "Dansk Retursystem", una organizzazione no-profit, è responsabile di sovrintendere a tutte le operazioni, compreso garantire il compenso per i rivenditori al dettaglio e il rimborso dei depositi per i contenitori usa e getta per gli importatori, produttori e rivenditori.
Un altro strumento utilizzato per scoraggiare l'uso dei contenitori mono uso, sono le **eco-tasse**. L'isti-

tuzione di una eco-tassa può esplicare i seguenti effetti:

- riveste un ruolo di incentivo per l'innovazione dei formati degli imballaggi;
- fornisce un collegamento diretto tra l'imballaggio e il carico ambientale;
- è complementare agli impegni sottoscritti relativi alla riduzione della produzione dei rifiuti.

Inoltre, l'istituzione di una legge sul deposito potrebbe incentivare il ritorno dei contenitori presso il punto vendita senza obbligare i produttori di bevande a passare al sistema ricaricabile. In base alla loro funzione, possono essere suddivise in tre categorie:

- tasse per ridurre i costi della gestione dei rifiuti e contabilizzare le esternalità negative associate ai contenitori per bevande usa e getta;
- tasse per incentivare alcuni comportamenti, come ad esempio l'uso di contenitori ricaricabili invece del vuoto a perdere;
- diminuzione dell'imponibile fiscale del consumatore o dell'impresa.

Il governo belga ha istituito un'eco-tassa sui contenitori nel 1993, al fine di promuovere l'uso di contenitori riutilizzabili.

Il sistema delle quote prevede, per i produttori di imballaggi, il raggiungimento di una quota obbligatoria della produzione destinata a contenitori riutilizzabili.

Lo svantaggio di tale sistema deriva principalmente dal mancato coinvolgimento dei consumatori, rivenditori o imbottigliatori.

In Europa, ad oggi, sono pochissimi i casi di adozione di un divieto assoluto, imposto dal legislatore, per alcuni formati di imballaggio.

A Prince Edward Island (Canada), a causa dell'aumento delle vendite di bevande in contenitori mono uso, nel 1973 è stato introdotto il divieto di vendita della birra in contenitori non riutilizzabili. Nel 1977 tale divieto è stato esteso anche alle bevande analcoliche. Ogni anno, sui 17 milioni di bevande analcoliche e 24 milioni di bottiglie di birra venduti si evidenzia un tasso di ritorno del 98%, il più alto del Nord America.

Gli **accordi** possono essere stipulati tra il governo e gli operatori economici. Gli accordi volontari tra il governo dei Paesi Bassi e l'industria, ad esempio, hanno lo scopo di preservare i sistemi ricaricabili per bevande.

NOTE

80 DEFRA (2008) Refillable glass beverage container systems in the UK.

ALLEGATO 3

Le leghe industriali

• Le leghe industriali sono suddivise in otto serie aventi proprietà comuni; esse sono formate da elementi in lega aggiunti all'alluminio in quantità variabili dall'1 al 7%:

1. **gruppo 1000 (Alluminio):** individua l'alluminio puro con un minimo del 99% di contenuto in peso. Sono possibili trattamenti per *incrudimento* per migliorare le caratteristiche di resistenza a scapito della duttilità e ottenendo un aumento della durezza. Nonostante la notevole affinità con l'ossigeno, l'alluminio puro possiede una buona resistenza alla corrosione grazie alla formazione di uno strato superficiale compatto di ossido protettivo.
2. **gruppo 2000 (leghe Al - rame) dette Avional o Duralluminio:** possono essere sottoposte al trattamento termico di *indurimento per precipitazione* in grado di migliorare le proprietà meccaniche di resistenza. Sono tra le più comuni leghe per uso aerospaziale, soprattutto ove è richiesta buona o ottima resistenza a fatica.
3. **gruppo 3000 (leghe Al - manganese):** possono essere lavorate per *incrudimento*. Usate per utensileria da cucina, recipienti e tubi in pressione.
4. **gruppo 4000 (leghe Al - silicio):** leghe da fonderia. Tra queste la più importante prende il nome di *Silumin*.
5. **gruppo 5000 (leghe Al - magnesio) dette Peraluman:** trattabili con lavorazioni di *deformazione a freddo* per aumentarne la durezza, unitamente a una buona resistenza alla corrosione, mostrando doti di buona lavorabilità. Si utilizzano ad esempio in serbatoi per carburante, o rivetti esposti ad ambiente particolarmente corrosivo.
6. **gruppo 6000 (leghe Al – silicio e magnesio) dette Anticorodal:** hanno una ottima lavorabilità con le macchine utensili e possono essere sottoposte al trattamento termico di *indurimento per precipitazione*, ma non si possono ottenere le caratteristiche che le leghe dei gruppi 2000 e 7000 possono raggiungere. Sono leghe con buona saldabilità, e dunque vengono usate nel campo navale, ferroviario, o per la costruzione di telai per biciclette e nella costruzione di infissi di alluminio.
7. **gruppo 7000 (leghe Al – zinco e magnesio) dette Ergal:** sono le leghe molto utilizzate in campo aerospaziale, nelle applicazioni strutturali di forza e sono in grado di raggiungere le migliori caratteristiche meccaniche tra tutte le leghe di alluminio.
8. **gruppo 8000 (leghe miste):** tra queste, importanti sono le leghe Al-Li (come la 8090), di minor densità (2,5 - 2,6 g/cm^3 in base alla percentuale di litio presente in lega), molto resistenti a fatica, mantengono una buona resistenza statica anche dopo danneggiamento da impatto, e rimangono molto tenaci anche a bassa temperatura.

ALLEGATO 4

Impatti sull'ambiente del PET

• L'energia impiegata per realizzare un contenitore viene valutata in termini di contributi diretti, cioè i consumi nelle diverse fasi di produzione, e contributi indiretti, cioè l'energia impiegata per l'estrazione, la trasformazione e il trasporto di tutti i materiali impiegati; viene trascurata l'energia servita a produrre macchinari e mezzi di trasporto, in quanto la quota attribuibile a ciascun prodotto è solitamente irrilevante. Questa valutazione effettuata sull'intero ciclo di produzione viene detta contenuto energetico (energy embodied).
Per il calcolo del contenuto energetico di una bottiglia di PET da 1 litro si parte dalla valutazione dell'energia necessaria per la produzione di 1 kg di PET[81].

Tabella 10: Energia necessaria alla produzione di 1 kg di bottiglie di PET

UTILIZZO DELL'ENERGIA	MJ
PRODUZIONE DI 1 KG DI PET	
Elettricità	
Produzione e fornitura di combustibili	5,75
Contenuto energetico dei combustibili forniti	2,38
Trasporto	0,03
Petrolio e derivati	
Produzione e fornitura di combustibili	0,86
Contenuto energetico dei combustibili forniti	10,87
Trasporto	0,26
Combustibili per usi non energetici	32,56
Altri combustibili	
Produzione e fornitura di combustibili	3,32
Contenuto energetico dei combustibili forniti	12,77
Trasporto	0,13
Combustibili per usi non energetici	5,84
TOTALE PRODUZIONE PET	**74,77**
ESTRUSIONE E SOFFIATURA	
Combustibili	4,87
Elettricità	4,02
TOTALE ESTRUSIONE E SOFFIATURA	**8,89**
TOTALE PRODUZIONE DI 1 KG DI BOTTIGLIE	**83,66**

A questa energia va aggiunta quella impiegata per la produzione (estrusione e soffiatura) di 1 kg di bottiglie; per la precisione avremmo dovuto considerare un certo scarto di resina del processo, ma essendo minimo, dell'ordine del grammo, è trascurabile. Il calcolo in dettaglio sull'energia necessaria per la produzione di 1 kg di PET è riportato nella tabella seguente.
Se l'"energy embodied" di 1 kg di bottiglie di PET è pari a 83,66 MJ, considerando che una bottiglia di PET da 1 litro pesa mediamente circa 25 g, possiamo considerare pari 2,09 MJ il suo contenuto energetico.
Riguardo al consumo idrico per la produzione e l'utilizzo di una bottiglia di PET, in letteratura si trovano dati piuttosto discordanti, in relazione al formato ed all'utilizzo finale del contenitore.
In uno studio, effettuato dall'Università di Padova[82], relativo alla LCA (analisi del ciclo di vita) di bottiglie di PET da 1 litro per il latte, il consumo idrico è pari a 23,1 litri. In questo studio il 57% circa del consumo totale di acqua viene imputato alla fase di confezionamento e inoltre si riscontra un forte utilizzo di acqua nel raffreddamento nel processo produttivo.
Un interessante confronto fra i diversi polimeri plastici è quello proposto da Anthony L. Andrady, i cui risultati sono sintetizzati nella tabella seguente. Il PET, relativamente al consumo di risorse idriche, ha un incidenza superiore rispetto alle altre tipologie di plastica e agli altri materiali.

Polimero	**Energia (GJ/ton)**	**Emissioni in aria**	**Emissioni in acqua**
		(UPA/ton)[a]	**(UPW/ton)**
PVC	53	700	3000
PE	70	265	1650
PP	73	325	3685
PS	80	255	6335
PET	84	180	8000 (stimate)
PUR	98	-	-
PC	107	180	5050
Banda stagnata	30	3400	4600
Alluminio	223-279	9320c	27
Allumino riciclato	10	370	trascurabile
Vetro	9-12	109,320d	-

Tabella 11: Confronto tra i diversi polimeri plastici
Fonte: *"Plastics and the environment", edited by Anthony L. Andrady, ISBN 0-471-09520-6*

a) UPA/ton = unità di aria inquinata associata alla produzione di 1 ton di plastica. UPW/ton = unità di acqua inquinata associata alla produzione di 1 ton di plastica.
b) Acciaio piatto di circa 0,5 mm ricoperto con uno strato di stagno su entrambi i lati. Gran parte dell'energia è impiegata nel processo di produzione dell'acciaio.
c) Le emissioni includono quelle associate all'estrazione della materia prima.
d) Vetro prodotto con il 43,3% da rottami di vetro.

Parametro	Unita di misura	Studio Foolmaun	Person et al. (1998)
Peso bottiglia PET	g	34	42
Petrolio Grezzo	kg	177	218
Bauxite	g	77,8	86,2
Metano	kg	31,7	21,78
CO	kg	4,43	6,32
Diossine di carbonio	kg	2420	1755
Polvere	kg	1,63	1,64
Composti organici volatili non metanici	kg	12,2	0,5
Ossidi di Azoto (NOx)	g	8,87	9,9
Solfuro di Idrogeno (H2S)	mg	340	2709
Acido cloridico (SO2)	kg	23,4	11,79
Anidride solforosa (HCl)	g	105	126
BOD	g	250	255,6
COD	g	961	1386
Petrolio	g	29,4	65,7
Mercurio	mg	54,5	26,62
Alogeni organici	g	3,09	1,26
Cloruro si sodio	kg	18,1	4,27

Tabella 12: Emissioni prodotte nel ciclo di vita di 6000 bottiglie da 1,5 l; confronto fra lo studio di Foolmaun,[83] e di Person[84]

Per la produzione di PET si utilizzano, come materie prime, al 100% risorse non rinnovabili, che nelle diverse fasi del ciclo di vita producono emissioni inquinanti.
Un bilancio delle emissioni del ciclo di vita del PET è analizzato in due studi distinti, il primo è della University of Mauritius ed è citato in tabella 12 come "Studio Foolmaun", il secondo è della Danish Environmental Protection Agency, citato in tabella come *"Person et al."*. I dati fanno riferimento all'imbottigliamento di 9.000 litri di bevande in 6.000 bottiglie da 1,5 litri.
Nel caso della bottiglia in PET, le sostanze che hanno un effetto climalterante maggiore sono la CO^2 (85%) e il CH^4 (14%). La produzione e l'utilizzo dei combustibili sia per la produzione della preforma sia per il trasporto sono i principali responsabili delle emissioni di CO_2 nella fase di produzione (il contributo all'intero ciclo di vita è pari all'85%). Il confezionamento contribuisce con un 23% alle emissioni di gas serra con apporti derivati dall'uso di vapore, energia elettrica, aria compressa e dalla produzione di tappo ed etichetta. Per una bottiglia da 1,5 litri, si emettono fra 292 g (Person) e 403 g (Foolmaun) di CO_2eq.
Per la bottiglia in PET, le emissioni di ossidi di azoto e zolfo, principali responsabili dell'impatto, si concentrano sostanzialmente nella produzione dei granuli di PET, mentre nel confezionamento sono riconducibili in larga parte all'uso di energia elettrica, alla produzione di tappo ed etichetta, e all'utilizzo di vapore.
L'80% dell'emissione complessiva di NOx è imputabile alla fase di produzione (principalmente dei gra-

nuli di PET), il 24,5% alla fase di confezionamento (per più dell'80% determinata da utilizzo di energia elettrica, consumo di vapore e produzione del tappo). Per una bottiglia da 1,5 litri la quantità di NOx è di circa 1,6 g, mentre la quantità di SO_2 varia fra 2 g (Person) e 3,9 g (Foolmaun). A questi vanno aggiunti 0,06 mg di H_2S secondo Foolmaun, 0,45 mg secondo Person.

Il 54,8% delle emissioni in aria di idrocarburi non metanici (NMVOC) proviene dal processo, mentre il 36,4% dalla categoria produzione dei combustibili utilizzati, il 5,8% dall'utilizzo di combustibili e il 3% dai trasporti. Sempre per una bottiglia da 1,5 litri essi sono fra 0,08 g (Person) e 2,03 (Foolmaun).

Secondo lo studio dell'Università di Padova (già citato) il totale del potenziale di impatto associato al ciclo di vita della bottiglia in PET, è così ripartito tra le varie fasi: produzione (84,96%), confezionamento (22,63%). Gli impatti della fase di produzione sono dovuti principalmente alla fabbricazione dei granuli in PE e della preforma, mentre nel confezionamento vari sono i contributi (tappi, energia elettrica, etichetta, vapore, aria compressa).

Per quanto riguarda l'inquinamento dell'acqua, dalla tabella si ricava per ciascuna bottiglia da 1,5 litri, un BOD di circa 0,04 g. Il COD risulta fra 0,16 g (Foolmaun) e 0,23 g (Person). Notevoli sono i quantitativi di cloruri, che ammontano fra 0,71 g (Person) e 3,01 g (Foolmaun).

NOTE

81 Fonte: "Plastics and the environment", edited by Anthony L. Andrady, ISBN 0-471-09520-6.
82 Università degli Studi di Padova, già citata.
83 Rajendra Kumar Foolmaun, Toolseeram Ramjeawon (Faculty of Engineering, University of Mauritius, Republic of Mauritius): "Life Cycle Assessment (LCA) of PET bottles and comparative LCA of three disposal options in Mauritius", in Int. J. Environment and Waste Management, Vol. 2, Nos. 1/2, 2008.
84 Person, L., Ekvall, T. and Weidema, B.P. (1998) Life Cycle Assessment of Packaging Systems for Beer and Soft Drinks, Technical report 6: disposable PET bottles. Ministry of Environment and Energy, Denmark, Danish Environmental Protection Agency, Miljøprojekt No. 405, p.198.

ALLEGATO 5

Materie prime utilizzate per la produzione del PET

Petrolio

Effetti sulla salute

Se inalato provoca danni polmonari. L'inalazione può provocare giramenti di testa, mal di testa e sonnolenza. I vapori sono irritanti per gli occhi e i polmoni. Esoposizione prolungata ai vapori ha effetti neurotossici.

Effetti sull'ambiente

L'intero ciclo, dall'estrazione al trasporto e alla raffinazione, produce gravi rischi per gli ecosistemi terrestri e marini.

Metano

Effetti sulla salute

Tossico per il sistema respiratorio

Effetti sull'ambiente

È un gas serra con un potere riscaldante più di venti volte superiore a quello dell'anidride carbonica.

Gasolio

Effetti sulla salute

L'inalazione dei vapori può portare alla depressione del sistema nervoso centrale e all'aritmia cardiaca. Se ingerito può provocare nausea, vomito, diarrea, irritazione gastro-intestinale. A contatto con gli occhi provoca irritazione ed iperemia. Il gasolio contiene sostanze potenzialmente neuro-tossiche.

Effetti sull'ambiente

Il suo rilascio nell'ambiente produce gravi danni agli ecosistemi terrestri e marini.

Nafta

Effetti sulla salute

Alcuni tipi di nafta contengono sostanze cancerogene. Gran parte dei suoi componenti sono volatili, liposolubili, e possono causare la depressione del sistema nervoso e lo svenimento fino a produrre gravi encefalopatie. Il contatto epidermico può portare a dermatiti anche prolungate.

Effetti sull'ambiente

Il suo rilascio nell'ambiente produce gravi danni agli ecosistemi terrestri e marini.

Metanolo

Effetti sulla salute

Il metanolo è tossico e mortale. Se assunto per ingestione, per inalazione o per assorbimento attraverso la pelle produce gravi danni al sistema nervoso centrale. Se ingerito, anche in piccole quantità (10 ml) comporta danni al nervo ottico e alla retina provocando la cecità permanente. La dose letale per un essere umano varia da 0,3 ad 1 g per kg di peso corporeo. Inoltre, all'interno dell'organismo viene metabolizzato dal fegato in formaldeide che causa ipossia a livello cellulare. I tessuti fetali non possono tollerare il metanolo.

Effetti sull'ambiente

Il metanolo, essendo molto volatile, non presenta gravi rischi per l'ambiente. Contribuisce alla formazione di smog fotochimico.

Acido acetico

Effetti sulla salute

L'acido acetico è corrosivo, e i suoi vapori causano irritazione agli occhi, infiammazione delle vie respiratorie e congestione dei polmoni. In concentrazioni del 100% può provocare ustioni della pelle e se ingerito può produrre gravi danni allo stomaco.

Para-xilene

Effetti sulla salute

Lo xilene danneggia il cervello. L'esposizione ad alti livelli per corti periodi (14 giorni o meno) o lunghi periodi (più di un anno) causano mal di testa, carenza di coordinazione nei muscoli, vertigini, confusioni e cambiamenti di umore. L'esposizione da parte delle persone di livelli molto alti di xilene per corti periodi causano l'irritazione della pelle, degli occhi e del tratto respiratorio, difficoltà nella respirazione, danni ai polmoni, tempi di reazione della persona rallentati, perdita della memoria, dolori allo stomaco, danneggiamento del fegato e dei reni. Può causare perdita di coscienza e talvolta anche la morte (solo ad altissimi livelli di concentrazione).

Vari studi indicano che alte concentrazioni di xilene sulle persone in gravidanza aumentano il numero di aborti spontanei. In molti casi, alte concentrazioni di questo prodotto causano un danneggiamento anche alle madri, anche se non è stato ancora accertato che lo xilene si trasmetta dalla madre al figlio durante la gravidanza.

Cromo

Effetti sulla salute

I rischi per la salute associati all'esposizione al cromo dipendono dal suo stato di ossidazione. La forma metallica ha una bassa tossicità. La forma esavalente è tossica. Gli effetti negativi della forma esavalente sulla pelle possono includere le ulcere, dermatiti e reazioni cutanee allergiche. L'inalazione di composti di cromo esavalente può provocare ulcerazione e perforazione delle membrane mucose del setto nasale, irritazione di faringe e laringe, bronchiti asmatiche, broncospasmi ed edema. I sintomi respiratori possono includere tosse, asma e respiro breve. Il cromo esavalente è cancerogeno; diversi studi hanno dimostrato che l'esposizione a cromo esavalente è una delle possibili cause di tumore al polmone.

Cobalto

Effetti sulla salute

In generale, il cobalto ha effetti positivi sulla salute umana, tuttavia ad alte concentrazioni può provocare vomito e nausea, problemi di vista, problemi di cuore e danni alla tiroide.

Manganese

Effetti sulla salute

Il manganese è un elemento utile alla salute umana, ma la presenza in eccesso può causare problemi alle vie respiratorie e al cervello. I sintomi di avvelenamento da manganese sono allucinazioni, perdita di memoria, danni al sistema nervoso, schizofrenia, ottusità, indebolimento muscolare, emicranie, insonnia e Parkinson.

Ftalati

Effetti sulla salute[85]

Gli ftalati sono considerati contaminanti ad elevato impatto sulla salute umana, anche in fasce di popolazione quali l'infanzia. Essi, essendo debolmente legati al polimero che li contiene come additivo, possono essere facilmente rilasciati negli alimenti con cui vengono a contatto.

Alcuni ftalati sembrano esercitare un'azione che distrugge le ghiandole endocrine e può influenzare l'ormone maschile androgeno. Mentre le ricerca sulle conseguenze degli ftalati sull'ambiente è molto limitata, alcuni studi suggeriscono che ci possano essere serie conseguenze sugli uomini. Particolare preoccupazione desta l'esposizione agli ftalati nelle donne in gravidanza, alcuni ricercatori ritengono che le proprietà antiandrogene degli ftalati possano collegarsi alle sindromi disgeniche dei testicoli. La manifestazione delle quali va dai difetti alla nascita dei maschi, come testicoli che non scendono, basse quantità di sperma e cancro ai testicoli. Molti studi di laboratorio sottolineano la loro preoccupazione. Per esempio, uno studio ha mostrato che DEHP, BBP e DINP somministrato a topi gravidi ha indotto nella prole maschile l'insorgere di mammelle dalle caratteristiche femminili e altre malformazioni dell'apparato riproduttivo, tra cui dimensioni minori dei testicoli nel caso di DEHP e BBP.

Si sospetta anche che l'esposizione ad agenti chimici che possono distruggere gli ormoni possano in-

fluenzare la pubertà. Uno studio su ragazze portoricane con un prematuro sviluppo del seno ha suggerito una possibile associazione con l'esposizione a certi ftalati. Ricercatori statunitensi hanno recentemente descritto gli effetti di DEHP sulle cellule di Leydig (le cellule produttrici di testosterone nei testicoli) dei ratti. Hanno scoperto che l'esposizione prolungata DEHP provocava un aumento del numero delle cellule di Leydig del 40-60% e contemporaneamente la ridotta produzione di testosterone. Allo stesso tempo, i livelli di sangue, sia del testosterone che degli estrogeni, sono aumentati del 50%. È risaputo che maschi con alti livelli di siero testosterone e di ormone luteinizzante (un ormone che innesca la produzione di testosterone) corrono un rischio più alto di tumori nell'età puberale.
Da uno studio effettuato su pesci d'acqua dolce[86], sono emerse indicazioni chiare sull'effetto del DEHP a livello epatico.
Riguardo al cancro il DEHP viene associato all'insorgenza di tumori al fegato nei roditori. Uno studio dell'Università di Harvard del 2003 ha suggerito un altro meccanismo riguardo gli effetti cancerogeni degli ftalati. I ricercatori hanno misurato i livelli di otto ftalati nei soggetti e hanno trovato un collegamento tra il monoetil ftalato (MEP) e un aumento del danno al DNA nello sperma dei soggetti. Questo è il primo studio che dimostra che gli ftalati possano provocare tali danni in concentrazioni che sono attualmente riscontrabili nell'ambiente.
È stato dimostrato come l'enzima anidrasi carbonica, che svolge un ruolo fondamentale in numerosi aspetti della fisiologia dell'organismo, possa essere influenzato dagli ftalati rendendo vulnerabili all'azione di tali sostanze importantissimi processi fisiologici che da essa dipendono[87].
Altri studi sugli ftalati mostrano ulteriori effetti quando l'esposizione è a più ftalati.

Etilene

Rischi

Se inalato può provocare nausea, perdita di memoria e svenimento. Il rischio maggiore consiste nel fatto che è estremamente infiammabile ed esplosivo.

Glicole etilenico

Effetti sulla salute

Il glicole etilenico è tossico per ingestione. I primi sintomi di intossicazione sono simili a quelli di un'ubriacatura da etanolo, confusione, difficoltà di parola, cattiva coordinazione dei movimenti; col tempo, l'organismo metabolizza il glicole etilenico in acido ossalico che può provocare un blocco renale. Una dose di circa 30 ml può essere letale.

NOTE

85 "Esposizione in Utero A Di (2-Etilesil) Ftalato e Marcatori di Effetti Epatici nel Topo", Stefano Lorenzetti, Roberta Tassinari, Gabriele Moracci, Vincenzo Lagatta, Antonietta D'Ambrosio, Daniele Marcoccia, Marco Salvatore, Domenica Taruscio, Francesca Maranghi, in ISSN 1123-3117 Rapporti ISTISAN 09/18.

86 "Effetto degli ftalati sulla fisiologia riproduttiva del teleosteo danio rerio", Francesca Maradonna, Matteo Evangelisti, Damiano Gustavo Mita, Oliana Carnevali, in ISSN 1123-3117 Rapporti ISTISAN 09/18.

87 "Studio dell'effetto di interferenti endocrini sull'attività catalitica di anidrasi carbonica II", Lionetto Maria Giulia, Erroi Elisa, Schettino Trifone, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche e Ambientali, Università del Salento, Lecce, in ISSN 1123-3117 Rapporti ISTISAN 09/18.

Bibliografia di riferimento

AGMC, 2008, “Indagine Conoscitiva riguardante il settore dei rifiuti da imballaggio” (IC 26).

Anthony L. Andrady, “Plastics and the environment”, ISBN 0-471-09520-6.

ANPA, ONR, 2001, “Interventi e politiche di gestione per la prevenzione e minimizzazione degli imballaggi. Il quadro di riferimento europeo e nazionale”.

APAT-ONR, 2002, “Il ruolo degli imballaggi nella catena di distribuzione”.

Associazione Italiana Distribuzione Automatica (Confida), “Manuale di Corretta Prassi Igienica per la distribuzione di acqua in boccioni”.

Beer Store, 2007, Responsible Stewardship 2006-2007: “An Evolving Efficiency”, Canada.

Bianchi, 2008, “Il riciclo Ecoefficiente. Performance e scenari economici, ambientali ed energetici”.

Cial, Gestione e Bilancio 2007 PSP 2008-2009.

Comieco, Tetra Pak, 2003, “Protocollo di intesa tra Comieco e Tetra Pak”.

Commissione Europea, 2009, Comunicazione della Commissione — Imballaggi di bevande, sistemi di deposito cauzionale e libera circolazione delle merci (2009/C 107/01).

Commissione europea, 2005, Comunicazione della Commissione, del 21 dicembre 2005, "Portare avanti l'utilizzo sostenibile delle risorse - Una strategia tematica sulla prevenzione e il riciclo dei rifiuti"[COM (2005) 666 - Non pubblicata nella Gazzetta ufficiale].

Commissione europea, 2006, Relazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento europeo, del 6 dicembre 2006, sull'attuazione della direttiva 94/62/CE sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio e sul suo impatto sull'ambiente e sul funzionamento del mercato interno [COM(2006)767 - Non pubblicata nella Gazzetta ufficiale].

Commissione europea, 2006, Relazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento europeo, del 6 dicembre 2006, sull'attuazione della direttiva 94/62/CE sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio e sul suo impatto sull'ambiente e sul funzionamento del mercato interno [COM(2006)767 - Non pubblicata nella Gazzetta ufficiale].

Commissione europea, 2006, Relazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento Europeo sull’attuazione della legislazione comunitaria: Direttiva 75/442/CEE relativa ai rifiuti, Direttiva 91/689/CEE relativa ai rifiuti pericolosi, Direttiva 75/439/CEE concernente gli oli usati, Direttiva 86/278/CEE sui fanghi di depurazione, Direttiva 94/62/CE sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio Direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti nel periodo 2001-2003, (COM(2006) 406 definitivo).

Commissione europea, 2009, A Survey on compliance with the Essential Requirements in the Member States (ENV.G.4/ETU/2008/0088r).

Commissione europea, 2009, Comunicazione della Commissione — Imballaggi di bevande, sistemi di deposito cauzionale e libera circolazione delle merci (2009/C 107/01).
Conai, 2006, Il riutilizzo degli imballaggi in Italia.

Consorzio Universitario di Ricerca Applicata c/o Dipartimento di Processi Chimici dell’Ingegneria, Università degli Studi di Padova, 2005, Analisi comparativa del ciclo di vita tra contenitori: PET - TETRA TOP® per latte fresco, HDPE - Tetra Prisma® Aseptic per latte a lunga conservazione”, Tetra Pak Italiana S.p.A., Prot. n. 126/2006.

Container Recycling Institute, 2006, “The 10 cent Incentive to Recycle”.

CoReVe, 2003, “Da vetro nasce vetro. Una materia viva. Ieri, oggi e domani”.

Dall’Igna, D’Este, Calderan: “Il vaso di vetro per il confezionamento delle conserve alimentari” - Rivista Stazione Sperimentale Vetro-I- 35(2005) 5,p. 5-14.

Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 “Norme in materia ambientale” pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 88 del 14 aprile 2006 - Supplemento Ordinario n. 96.

Direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 19 novembre 2008, relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive (Testo rilevante ai fini del SEE) GU L 312 del 22.11.2008, pagg. 3–30.

Direttiva 2004/12/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio dell’11 febbraio 2004 che modifica la direttiva 94/62/CE sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio Direttiva 2004/12/CE del Parlamento europeo e del Consiglio dell’11 febbraio 2004 94/62/CE.

Direttiva 94/62/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 20 dicembre 1994, sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio.

Ecolas, Pira, 2005, "Study on the implementation of Directive 94/62/EC on Packaging and Packaging Waste and options to strengthen prevention and re-use of packaging, final report" 03/07884.

EEA, 2005, "Effectiveness of packaging waste management systems in select countries: an EEA pilot study".

EFSA, 2008, Guidelines on submission of a dossier for safety evaluation by the EFSA of a recycling process to produce recycled plastics intended to be used for manufacture of materials and articles in contact with food.

Enviros, 2004, "Glass Recycling - Life Cycle Carbon Dioxide Emissions".

European Aluminium Association, 2008, Environmental Profile Report for the European Aluminium Industry - Life Cycle Inventory data for aluminium production and transformation processes in Europe.

Fise-Unire, "Italia del Recupero" edizione 2009.

Fise-Unire, "Italia del Recupero" edizione 2008.

Green Alliance, Institute for Public Policy Research (© ippr), 2006, A Zero Waste UK.

Ibenholt, Lindhjem, 2003, "Costs and Benefits of Recycling Liquid Board Containers".

ICF Consulting, 2005, "Determination of the Impact of Waste Management Activities on Greenhouse Gas Emissions".

Institute for Local Self Reliance, 2002, "Environmental benefits of refillable beverage containers".

Institute of food Technologists, 2007, "Food Packaging—Roles, Materials, and Environmental Issues".

Istituto nazionale per il Commercio Estero, 2005, "CINA L'industria del packaging".

ISS - Progetto CAST (Contatto Alimentare Sicurezza e Tecnologia) Linee guida per l'applicazione del Regolamento 2023/2006/CE alla filiera dei materiali e oggetti destinati al contatto con gli alimenti.

Laforgia, Perago, Pigneri, Trevisi, 2004, "Gestire i rifiuti", Ed. Maggioli.

Lionetto, Erroi, Schettino, "Studio dell'effetto di interferenti endocrini sull'attività catalitica di anidrasi carbonica II", Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche e Ambientali, Università del Salento, Lecce, in ISSN 1123-3117 Rapporti ISTISAN 09/18.

Jardine DE (No Date) Container Regulations: PEI Perspective, PEI Dept of Fisheries, Aquaculture and Environment, Prince Edward Island.

Kalpakjian S., Schmid S., Manufacturing Engineering & Technology (6th Edition), Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Lorenzetti, Tassinari, Moracci, Lagatta, D'Ambrosio, Marcoccia, Salvatore, Taruscio, Maranghi,Esposizione in Utero A Di (2-Etilesil) Ftalato e Marcatori di Effetti Epatici nel Topo", in ISSN 1123-3117 Rapporti ISTISAN 09/18.

Maradonna, Evangelisti, Mita, Carnevali, "Effetto degli ftalati sulla fisiologia riproduttiva del teleosteo danio rerio", in ISSN 1123-3117 Rapporti ISTISAN 09/18.

Martin Wagner & Jörg Oehlmann, 2009, Endocrine disruptors in bottled mineral water: total estrogenic burden and migration from plastic bottles", J. Oehlmann Department of Aquatic Ecotoxicology, Johann Wolfgang Goethe University.

Pogutz, Tencati (2003) "I mercati del recupero – Un'analisi di sistema", Ed. Maggioli Editore.

Proposta di legge Mazzocchi e Gava: "Disposizioni concernenti il recupero degli imballaggi, per la reintroduzione del sistema del 'vuoto a rendere'" (Atto Camera dei deputati n. 2429).

OECD, 1993, "Applying economic instruments to packaging waste: practical issues for product charges and deposit refund systems".

ONR - Federambiente, 2006, "Linee Guida sulla Prevenzione e Minimizzazione dei Rifiuti Urbani".

Osservatorio Nazionale Rifiuti, Rapporto 2008.

Person, L., Ekvall, T. and Weidema, B.P. (1998) "Life Cycle Assessment of Packaging Systems for Beer and Soft Drinks, Technical report 6: disposable PET bottles". Ministry of Environment and Energy, Denmark, Danish Environmental Protection Agency, Miljøprojekt No. 405, p.198.

Pogutz, Tencati, 2003, "I mercati del recupero – Un'analisi di sistema".

Pustina, Bussolon, "Sindrome di Altzheimer", (www.neuropsy.it).

Profaizer, "Passive Barrier Assessment of PET Bottles through

an FEM: Simulation of Gas Permeability", Excerpt from the Proceedings of the COMSOL Multiphysics User's Conference 2005 Stockholm.

Progetto CAST (Contatto Alimentare Sicurezza e Tecnologia) – Linee guida per l'applicazione del Regolamento 2023/2006/CE alla filiera dei materiali e oggetti destinati al contatto con gli alimenti (Rapporto ISTISAN 09/33 – 2009).

Rajendra Kumar Foolmaun, Toolseeram Ramjeawon (Faculty of Engineering, University of Mauritius, Republic of Mauritius): "Life Cycle Assessment (LCA) of PET bottles and comparative LCA of three disposal options in Mauritius", in Int. J. Environment and Waste Management, Vol. 2, Nos. 1/2, 2008.

RDC Environment, Coopers & Lybrand, 1997, "Eco-balances for policy-making in the domain of packaging and packaging waste". European Commission, DG Environment. Reference n. B43040/95001058/MAR/E3.

RDC Environment, Pira, 2003, "Evaluation of costs and benefits for the achievement of reuse and recycling targets for the different packaging materials in the frame of the packaging and packaging waste directive 94/62/EC".

Regolamento (CE) n. 282/2008 della Commissione, del 27 marzo 2008, relativo ai materiali e agli oggetti di plastica riciclata destinati al contatto con gli alimenti e che modifica il regolamento (CE) n. 2023/2006 (Gazz. Uff. Unione europea n° L86 del 28/03/2008).

Regolamento (CE) n. 1935/2004 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 27 ottobre 2004 riguardante i materiali e gli oggetti destinati a venire a contatto con i prodotti alimentari e che abroga le direttive 80/590/CEE e 89/109/CEE.

Rigamonti, Grosso, 2009, "Riciclo dei Rifiuti. Analisi del ciclo di vita dei materiali di imballaggio".

Terna, Rapporto 2008.

Tetrapak, "Bilancio Ambientale e Sociale", edizione 2008.

Swan, S. et alii, 2005, "Decrease in anogenital distance among male infants with prenatal phthalate exposure", The National Institute of Environmental Health Sciences - National Institutes of Health - U.S. Department of Health and Human Services.

Waste & Resources Action Programme (WRAP), 2008, Final Report Refillable glass beverage container systems in the UK.

Waste & Resources Action Programme (WRAP), 2008, Climate Protection Potentials of EU Recycling Targets.

Waste & Resources Action Programme (WRAP), 2006, ENVIRONMENTAL BENEFITS OF RECYCLING - An international review of life cycle comparisons for key materials in the UK recycling sector.

Zsarnovszky A, Le HH, Belcher SM et al. Ontogeny of Rapid Estrogen-Mediated Extracellular Signal-Regulated Kinase Signaling in the Rat Cerebellar Cortex: "Potent Nongenomic Agonist and Endocrine Disrupting Activity of the Xenoestrogen Bisphenol A". Endocrinology 2005; 146: 5388-96.

a cura di

WWF Ricerche e Progetti S.r.l.
Via Po 25/c – 00198 Roma
Tel. +39 06.85376500
Fax. +39 06.85376515
www.wwfrp.com