

Quest'opera realizzata da "ECOSIGN Consortium" è distribuita sotto i termini della Licenza [Creative Commons Attribuzione - Non commerciale - Non opere derivate 4.0 Internazionale](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Ecodesign nel Food packaging

Unità 7: Contenitori di vetro

Gabriel Laslu, Dipl. Eng. (IDT1), gabriel.laslu@gmail.com

Gabriel Mustatea, Ph. D. gabi.mustatea@bioresurse.ro

7.1. Vetro, definizione, tipologie e proprietà	2
7.2 Il processo tecnologico di produzione dei contenitori in vetro	4
7.2.1 Il processo tecnologico dei contenitori in vetro	4
7.2.2 Rivestimenti superficiali.....	6
7.3 Ecodesign dei contenitori in vetro utilizzati come imballaggi..	7
7.3.1 Elementi di design de contenitori in vetro	7
7.3.2 Dispositivi di chiusura per barattoli	9
7.3.3 Dispositivi di chiusura a tenuta delle bottiglie.....	11
7.4 Operazioni a fine vita.....	13
7.4.1 Il riutilizzo dei contenitori in vetro.....	13
7.4.2 Il sistema di riciclaggio a ciclo chiuso per contenitori in vetro	13
7.4.3 Risultati di una valutazione LCA per i contenitori in vetro..	14

Al termine di questa unità, lo studente sarà in grado di:

- Conoscere le proprietà ed i processi tecnologici dei coontenitori di vetro
- Conoscere le caratteristiche e le possibilità d'imballaggio offerte dai contenitori in vetro
- Conoscere le possibilità di recupero e riciclo e le caratteristiche del ciclo di vita dei contenitori in vetro



7.1. Vetro, definizione, tipologie e proprietà

Il vetro è conosciuto e utilizzato da oltre 4000 anni. Nell'antichità (Fenicia, Siria, Egitto, Roma, ecc.) sono state sviluppate tecnologie per ottenere vari oggetti in vetro complicati e colorati. Il processo di fabbricazione del vetro da parte dei marinai fenici è essenzialmente lo stesso utilizzato oggi. Una miscela di sabbia purificata viene riscaldata ad una temperatura elevata di oltre 1000°C con carbonato di sodio e di calcio insieme al solfato di sodio. I gas aiutano a mescolare la massa fusa. L'aggiunta di calcio è necessaria per rendere il vetro insolubile in acqua - il semplice vetro al sodio è solubile in acqua e dà un liquido molto denso, noto come vetro solubile (usato come conservante per le uova durante la seconda guerra mondiale).

L'American Society for Testing Materials ha definito il vetro come "una sostanza di fusione inorganica che si è raffreddata in condizioni rigide, senza cristallizzare" (ASTM, 1965).

Il vetro ha una struttura amorfa. Al raffreddamento della miscela indicata, la bottiglia ha una struttura simile ad un liquido ma la viscosità è simile ad un solido e fondamentalmente si comporta come un solido. Il vetro silico (60-70%) - calco (13%) - sodio (12%) è la base per la produzione della maggior parte dei contenitori per imballaggi alimentari utilizzando le materie prime più economiche, sabbia, calcare e soda. Si tratta di materiali naturali sostenibili. Il vetro è il materiale di imballaggio preferito dai consumatori che sono attenti alla loro salute e all'ambiente. I consumatori preferiscono gli imballaggi in vetro perché mantengono il sapore e l'odore degli alimenti e mantengono la loro integrità. Il vetro è riciclabile al 100% e può essere riutilizzato all'infinito senza perdita di qualità o purezza.

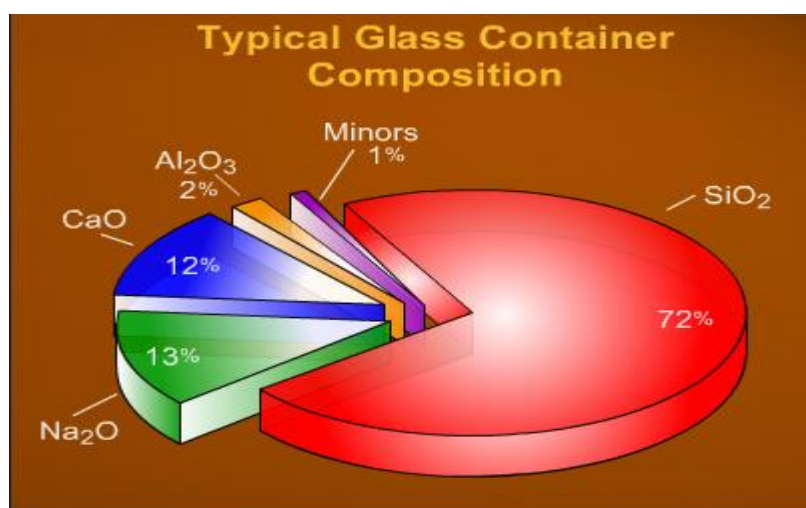


Fig. 1 La tipica composizione del vetro per contenitori alimentari Fonte: Glass Packaging Institute.



La bottiglia viene utilizzata come contenitore per i suoi vantaggi: è insolubile in acqua e resistente ad acidi e basi; è chimicamente inerte a contatto con gli alimenti; è impermeabile a gas, liquidi, vapori, aromi, aromi, microrganismi; è economica; è trasparente, permette la visione del prodotto; è facile da pulire ed è rigida.

La bottiglia presenta anche alcuni svantaggi: è trasparente; la luce può contribuire al cambiamento di qualità del contenuto; è fragile, non è resistente agli urti e alle vibrazioni, si rompe sotto l'azione degli shock termici se la temperatura è superiore a 30-35 °C e anche sotto shock meccanici; ha una densità relativamente alta, 2500 kg/mc; richiede particolari condizioni di movimentazione, trasporto, stoccaggio.

A seconda del colore, il vetro è classificato nei seguenti tipologie:

- Il vetro incolore (vetro bianco) viene utilizzato per: la produzione di vasetti per frutta e verdura in scatola; la produzione di bottiglie per acqua minerale, succhi, bibite, alcoolici, liquori; fiale e damigiane;
- Il vetro semi-bianco (blu-giallo) viene utilizzato per: blu per bottiglie d'acqua minerale e giallo per le bottiglie di vino bianco;
- Il vetro verde chiaro o scuro viene utilizzato per: la produzione di bottiglie di champagne, vino, birra;
- Il vetro giallo scuro (ambra) viene utilizzato per la produzione di bottiglie di birra, vino rosso;
- Il vetro marrone viene utilizzato per la produzione di bottiglie di birra¹.

Un'ampia gamma di alimenti è confezionata in contenitori di vetro. Alcuni esempi sono: caffè istantaneo, miscele secche, spezie, alimenti per bambini, latticini, zucchero, conserve e marmellate, liquori, sciroppi, frutta lavorata, verdura, pesce e prodotti a base di carne, senape e spezie, ecc. In queste categorie di alimenti e bevande, i prodotti variano da polveri e granuli secchi a liquidi (alcuni dei quali sono carbonati e confezionati sotto pressione) e prodotti termicamente sterilizzati.

¹ LILIANA GÎTIN AMBALAJE ȘI DESIGN ÎN INDUSTRIA ALIMENTARĂ UNIVERSITATEA DUNĂREA DE JOS DIN GALAȚI 2010



7.2 Il processo tecnologico di produzione dei contenitori in vetro

7.2.1 Il processo tecnologico dei contenitori in vetro

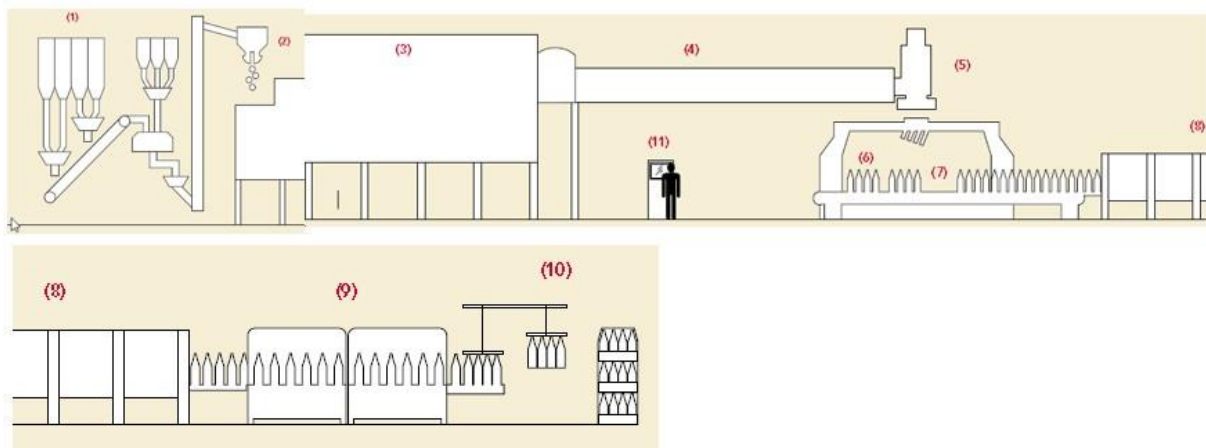


Fig.2 Il processo tecnologico dei contenitori in vetro: 1 - Stoccaggio delle materie prime, 2 - Dosatore, 3 - Forno di fusione, 4 - Crogiolo di condizionamento (trasporto e riscaldamento uniforme) del vetro fuso, 5 - Alimentatore a pistone, 6 – Formazione dei contenitori, 7 - Stoccaggio, 8 – Forno di ricottura, 9 - Controllo dei contenitori, 10 - Imballaggio dei contenitori su pallet, 11 – Cabina di controllo

L'impianto di stoccaggio **1** e fornitura delle materie prime che contengono frammenti di vetro (vetro rotto riciclato), sabbia, soda, minerali: calcite (CaCO_3), dolomite ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) e feldspato (un silicato, minerale molto diffuso). I frammenti sono utilizzati in proporzioni diverse, dal 20-30% fino al 60-90% in impianti ad alte prestazioni. Per la produzione dei diversi colori vengono aggiunti ossido di ferro (verde), zolfo (ambra - colore tra il giallo e l'arancione), e cobalto (blu), poi vengono selezionati e miscelati secondo la formula tecnologica e trasportati da un ascensore al dosatore - **2** che alimenta continuamente il forno **3** che può essere elettrico o alimentato a combustibile (gas naturale o derivati del petrolio) per riscaldare il lotto a 1050-1200 °C, in altri casi 1400-1600 °C. Per risparmiare energia e ridurre l'impatto sull'ambiente, i forni a combustibile vengono alimentati con energia i gas bruciati per preriscaldare l'aria di combustione, l'essiccazione dei lotti ed altri scopi. Il vetro fuso viene condotto attraverso uno o più crogioli **4**, che sono in realtà estensioni del forno attraverso il quale viene fatto scorrere il vetro fuso e che assicura il riscaldamento uniforme del fuso lungo il percorso, il processo viene chiamato condizionamento del vetro fuso. Il passo successivo è la formazione della goccia di vetro in peso, diametro e lunghezza, in base alle dimensioni e al formato dell'articolo da creare.

Per questo, la bottiglia condizionata entra in un alimentatore a pistone **5** che la spinge verso il basso attraverso uno stretto tubo alla base del quale viene tagliato il flusso di



vetro formando un pezzo di vetro-goccia. La fase successiva è la formazione del contenitore **6** che di solito è una bottiglia (bottiglia di vetro) o un vaso. Per le bottiglie, il processo è il doppio soffiaggio, mentre per i barattoli è la pressatura-soffiaggio.

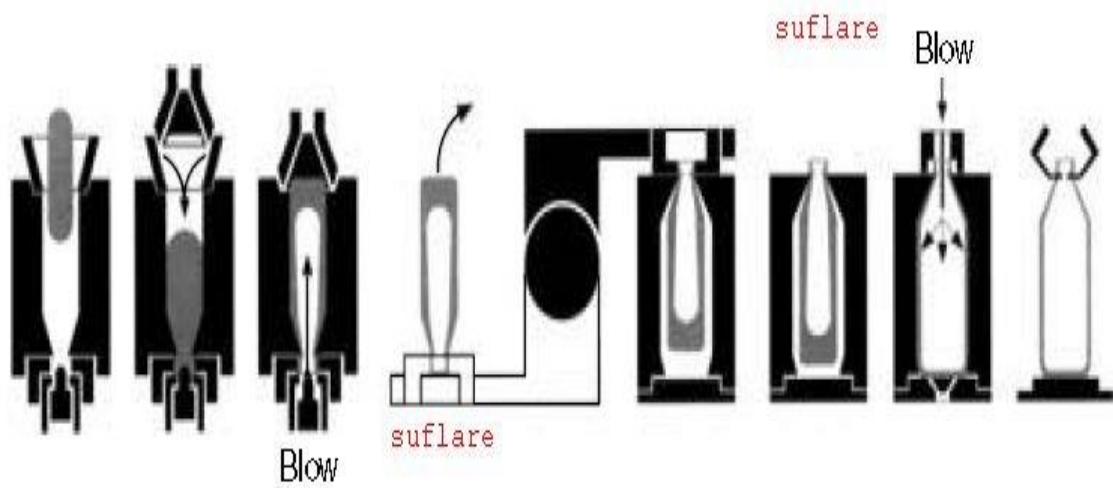


Fig. 3 Formazione delle bottiglie

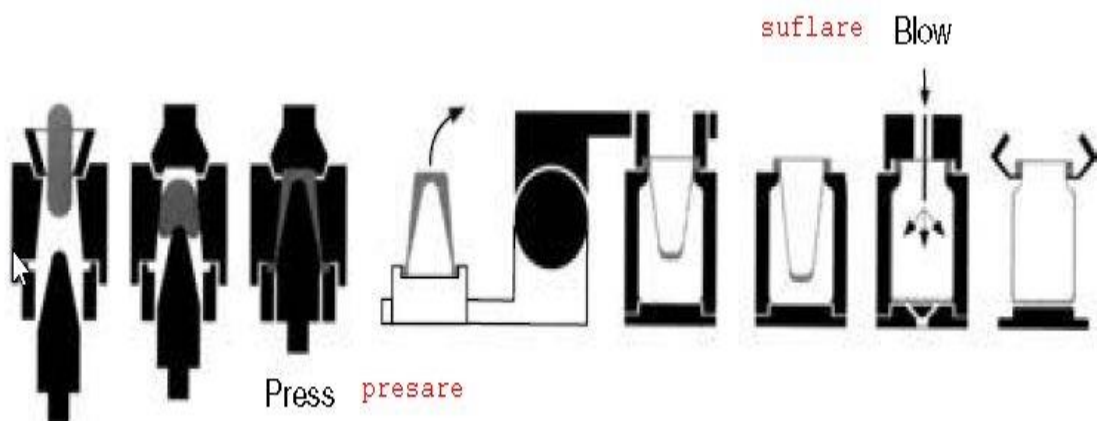


Fig. 4 Formazione dei barattoli²

Le linee di produzione dei contenitori in vetro presentano molte unità (o sezioni) che formano i contenitori indicati. In alcune linee possono esserci fino a 12 sezioni. Oltre alla produzione di un unico contenitore (noto come produzione di una sola goccia) può lavorare contemporaneamente con più gocce, ottenendo due, tre o quattro contenitori. Dopo la formazione completa, i contenitori vengono rimossi dall'impianto **7**. Successivamente, uno spintore automatico li trasferisce su un nastro trasportatore. Il trasportatore porta i contenitori caldi al forno di ricottura **8**, dove i contenitori vengono

² RICHARD COLES, DEREK MCDOWELL, MARK J. KIRWAN FOOD PACKAGING TECHNOLOGY, Blackwell Publishing Ltd, 2003



riscaldati a circa 580°C e poi raffreddati lentamente per scaricare la pressione. All'uscita del forno di ricottura i contenitori sono freddi e possono essere ispezionati **9** manualmente o con strumenti. Oggi, i dispositivi completamente automatizzati utilizzano test fisici e visivi per verificare se ogni contenitore ha le giuste dimensioni, forma e spessore. Inoltre, viene controllata l'esistenza di eventuali crepe, bolle e corpi estranei noti con il nome di pietre (di solito sono pezzi di materiale refrattario che si sono staccati). I contenitori non idonei sono scartati. Infine, i contenitori finiti sono accuratamente imballati e vengono posti su pallet o in scatole **10** pronti per il trasporto allo stabilimento del cliente, dove saranno riempiti, etichettati, sigillati e distribuiti per la vendita. Il sistema **11** controlla la macchina formatrice. In passato la produzione del vetro è stata controllata meccanicamente da tecnici qualificati che hanno effettuato regolazioni manuali. Successivamente sono stati sviluppati controlli elettronici e oggi la funzione di controllo può essere computerizzata.

7.2.2 Rivestimenti superficiali

- a) **Rivestimenti esterni** – Molti contenitori in vetro sono rivestiti all'esterno con due strati. Il primo è chiamato "zona calda" e è costituito da un ossido di stagno che viene applicato dopo la ricottura prima della formazione. Il secondo, denominato "zona fredda", viene applicato dopo la formazione e consiste in uno strato di acido oleico o di cera di polietilene. Il primo strato garantisce l'adesione tra il vetro e la zona fredda. La zona fredda riduce l'attrito tra i contenitori di vetro durante il trasporto e diminuisce il pericolo di rottura.
- b) **Rivestimenti interni** – Consistono nell'iniezione di sali di zolfo o fluoro per ridurre l'alcalinità del vetro sostituendo gli ioni sodio con ioni idrogeno. Questo rivestimento viene raramente applicato ai contenitori destinati agli alimenti che hanno una naturale resistenza all'alcalinità, viene applicato ai contenitori di bevande, ad esempio liquori, e ai contenitori farmaceutici dove il vetro viene sostituito con il boro, che è più costoso.



7.3 Ecodesign dei contenitori in vetro utilizzati come imballaggi

7.3.1 Elementi di design de contenitori in vetro

Uno dei parametri progettuali da tenere in considerazione quando si progetta la funzionalità di un contenitore in vetro è l'angolo di inclinazione. Per un vaso con foro largo dovrebbe essere $\geq 22^\circ$ e per una bottiglia dovrebbe essere $\geq 16^\circ$. Questi parametri indicano il più basso grado di stabilità che il contenitore può sopportare.

In figura 5 vengono mostrati forme differenti di contenitori in vetro:



Fig. 5 Contenitori in vetro, fonte: <http://www.commissionoceanindien.org/archives/>

In figura 6, 8, 9 vengono mostrati gli elementi principali del design di un vasetto e del coperchio (fonte: <http://www.ehcan.com/JarsClosure.html>)

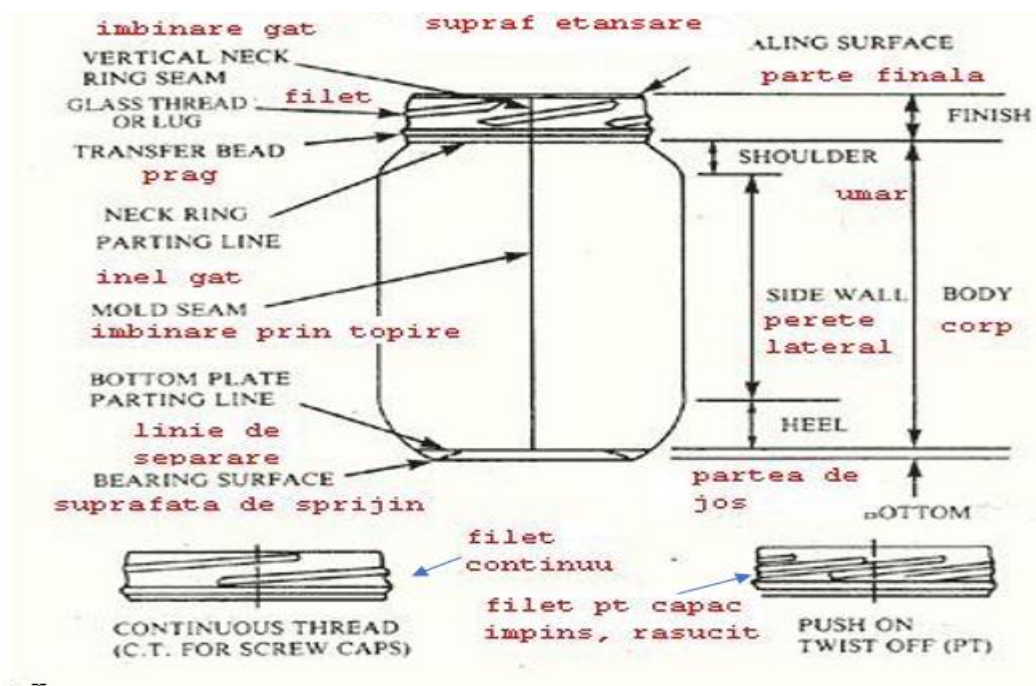


Fig 6 Componenti di un vasetto



In fig. 7 sono mostrati gli elementi costitutivi di una bottiglia di vetro:



r

Fig 7. Componenti di una bottiglia di vetro. After RICHARD COLES, DEREK MCDOWELL, MARK J. KIRWAN FOOD PACKAGING TECHNOLOGY, Blackwell Publishing Ltd, 2003

Per la sigillatura i mezzi più comuni sono: il tappo a filo continuo, il tappo di sughero o sostituti, il tappo a corona pressato o la corona filettata. Per il riempimento si raccomanda che il diametro del tubo di riempimento sia più piccolo di 1 mm rispetto al foro della bottiglia.

Il collo e le spalle offrono spazio per l'espansione termica e facilitano il riempimento della bottiglia. Sulla zona del corpo vengono applicate le etichette. La curvatura inferiore è un elemento tradizionale che mette in evidenza la qualità della bottiglia. La base della bottiglia ha un'area piana o curva su cui è posizionata la bottiglia nella forma.



7.3.2 Dispositivi di chiusura per barattoli

a) Chiusure sotto vuoto per alimenti

La chiusura per filetto continuo fig. 8, è costituita da una cassa in acciaio e può avere da tre a sei orecchie, a seconda del diametro. Normalmente, contiene una guarnizione in plastica.

L'applicazione e la sigillatura - lo spazio interno del vaso viene pulito con vapore come le altre vie di chiusura. La chiusura viene avvitata sulla parte finale del vasetto. È auspicabile, nella maggior parte dei casi, la guarnizione sia riscaldata per facilitare la sigillatura. Sia la filettatura che il vuoto creato per riempire il vaso, mantengono sigillato il vasetto, ma l'elemento più importante è il vuoto.

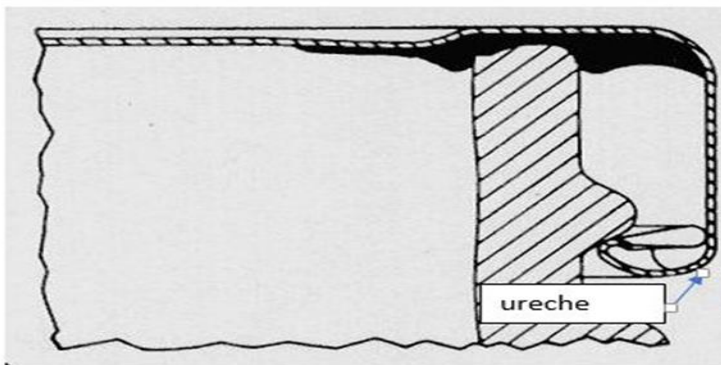


Fig. 8 La chiusura del vaso con filettatura continua e tappo Twist-off a pressione

Il coperchio PT Press-on Twist-on fig. 9 è costituito da una cassa in acciaio senza orecchie. La guarnizione è realizzata in plastica stampata che copre un'area di tenuta che si estende dal bordo superiore esterno della chiusura fino alla curvatura della chiusura, formando la guarnizione primaria superiore e una guarnizione secondaria sul lato. I requisiti applicativi richiedono la pressione della chiusura sul vetro dopo che il vapore scorre sopra lo spazio superiore. La guarnizione di chiusura PT deve essere riscaldata correttamente prima dell'applicazione. Le fibre di vetro della guarnizione sono deformate sul lato di chiusura e permettono di bloccare meglio quando si chiude.



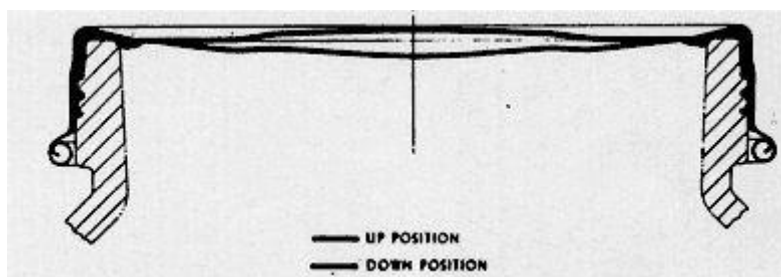


Fig. 9 Coperchio PT Press-on Twist-on

b) Altri coperchi per barattoli

Esistono altre forme per i coperchi, molto meno comuni e che differiscono per la tenuta. In figura 10 sono mostati alcuni esempi.



Fig. 10 Vari coperchi per barattoli, fonte: <https://sha.org/bottle/closures.htm>



7.3.3 Dispositivi di chiusura a tenuta delle bottiglie

La chiusura delle bottiglie viene effettuata con dispositivi di chiusura delle bottiglie che non permettono perdite di contenuto, evaporazione o contatto con l'atmosfera. Questi sono:



Fig. 10 Tappo in sughero.

- **Il sughero** è il più comune e più tradizionale dispositivo di chiusura per bottiglie. Viene prodotto dalla corteccia di alberi che crescono nel SE europeo ed in Africa

L'elasticità del sughero consente al tappo di mantenere le dimensioni normali dopo la compressione, permettendogli di essere ben stretto nel foro di una bottiglia e di creare una guarnizione. Inoltre, la sua inerzia chimica lo rende ideale per la sigillatura di qualsiasi tipo di prodotto imbottigliato - liquido o solido - senza dare sapore al prodotto. Il sughero, quando viene bagnato dal contenuto di vetro, assicura anche la tenuta stagna per un lungo periodo di tempo, che è uno dei motivi per cui il sughero viene ancora oggi utilizzato per le bottiglie di vino. Per altri usi c'è la tendenza a sostituire il sughero con una plastica sintetica.

Una delle chiusure più comuni senza sughero è l'ampio e variegato gruppo di chiusure filettate. Sono disponibili in entrambe le versioni con filettatura esterna e interna. I tappi con filettatura interna sono solitamente realizzati in gomma dura o altre materie plastiche. I tappi con filettatura esterna variano notevolmente e sono realizzati con più materiali - di solito metalli diversi e, più recentemente, plastica o gomma.



Fig. 11 Esempio di tappi filettati verso l'interno e l'esterno



- **Tappo a corona** - questa chiusura è costituita da un semplice coperchio metallico con un lato ondulato e un rivestimento comprimibile (inizialmente in sughero e ora in plastica). La dimensione standard della corona o della parte superiore di finitura è di 1", come il diametro esterno (circa 2,5 cm). Il tappo viene premuto nella posizione di chiusura con un dispositivo speciale o con una macchina pressatrice speciale. Per accedere al contenuto della bottiglia, viene utilizzato un dispositivo manuale, molto comune per l'apertura delle bottiglie.



Fig. 12 Una bottiglia ed un tappo a corona applicato

Tipologie di tappi a pressione:

a) capsula a corona – una capsula realizzata da un foglio d'acciaio, con il bordo ondulato (fig 12.)

b) Tappo a corona ad anello – una capsula realizzata da un foglio d'acciaio, con bordo rovesciato con prolunga che ne facilita l'apertura (fig 13).



Fig. 13 Capsula con anello d'apertura

fonte: <http://www.finn-korkki.com/en/caps-and-closures>



7.4 Operazioni a fine vita

7.4.1 Il riutilizzo dei contenitori in vetro

Rappresenta il più alto scenario di fine vita secondo la gerarchia dei rifiuti, ma attualmente il contenitore di vetro viene riutilizzato solo in modo limitato, per la maggior parte da piccoli stabilimenti di prodotti lattiero-caseari.

7.4.2 Il sistema di riciclaggio a ciclo chiuso per contenitori in vetro

Il riutilizzo di pezzi nella produzione del vetro è, allo stato attuale, il miglior scenario per la fine del ciclo di vita del contenitore di vetro. A causa della fragilità del vetro, il tipo di sistema di raccolta utilizzato ha un grande impatto sulla qualità del vetro recuperato. Per essere utilizzato come materia prima nella produzione di nuovo vetro, il vetro recuperato deve essere sufficientemente libero da piccoli frammenti e contaminanti, requisito difficile da mantenere in un sistema di raccolta a flusso. Secondo Morawski (2009), solo il 40% del vetro recuperato nei sistemi di raccolta a flusso mantiene il livello di qualità richiesto, mentre il restante 60% viene messo in discarica o venduto per usi di valore inferiore, ad es. aggregati per strade. Lo stesso studio ha dimostrato che in un sistema a doppio flusso, in cui il vetro è separato da altri materiali riciclabili, il 90% del vetro recuperato ha una qualità elevata, mentre il restante 10% è venduto per usi di valore inferiore; nei sistemi di stoccaggio di contenitori, il 98% del vetro recuperato ha una qualità elevata, mentre il restante 2% è venduto per usi di valore inferiore.

Inoltre, i sistemi di raccolta a flusso unico hanno come risultato piccoli frammenti di vetro rotto incorporati in prodotti cartacei o in contenitori di plastica e metallo, contaminando questi materiali e riducendone il valore. Se il vetro verrà utilizzato come rottame per la produzione di nuovi contenitori in vetro o fibra di vetro, deve essere spezzato in pezzi di dimensioni uniformi, pulito il più possibile, pulito dai contaminanti e diviso in base al colore. Il primo passo in questo processo è di solito la frantumazione dei contenitori di vetro (se non sono già rotti). I vagliatori possono essere utilizzati per separare i piccoli pezzi di vetro da contaminanti più grandi, meno fragili che non possono rompersi, come i tappi di sughero.

I frammenti di vetro possono essere inviati ad un'apparecchiatura di selezione automatica, come un separatore magnetico per la rimozione dei coperchi in acciaio e un separatore a correnti parassite per rimuovere i pezzi di alluminio. Facendo passare il



vetro attraverso un flusso d'aria, possono essere rimossi le etichette e altri oggetti leggeri e contaminanti³.

7.4.3 Risultati di una valutazione LCA per i contenitori in vetro

La valutazione del ciclo di vita o LCA consente l'analisi di diverse fasi del ciclo di vita di un prodotto:

- 1) valutazione di attività o fasi indipendenti (Gate-to-Gate) - valuta un impianto o un processo;
- 2) valutazione di un ciclo parziale (Cradle to Gate) - include le valutazioni effettuate secondo il primo punto con l'aggiunta di fornitori prima di tale attività (materie prime, materiali, lavorazione e trasporto);
- 3) la valutazione dell'intero ciclo di vita del prodotto (Cradle-to-Grave) - dall'estrazione allo smaltimento;
- 4) la valutazione dell'intero ciclo di vita del prodotto, compreso il suo riciclo (Cradle-to-Cradle) - include l'intero ciclo di vita del prodotto con l'aggiunta del riciclo del prodotto al fine originario.

Per ottenere un quadro chiaro e preciso dell'intero ciclo di vita dei contenitori in vetro, il Glass Packaging Institute (GPI) ha realizzato una LCA⁴ per la produzione di contenitori in vetro in Nord America di tipo Cradle-to-Cradle. Una LCA Cradle-to-Cradle del contenitore di vetro realizzato, si occupa di tutti gli ingressi e le uscite per la produzione e la gestione del fine vita per 1 kg di vetro contenitore, che comprende:

- L'estrazione e la lavorazione delle materie prime e del rottame di vetro riciclato
- Il trasporto di materie prime e rottame di scarto
- La produzione e il consumo di combustibile ed energia per la fusione e la formazione del vetro (anche per altre attività non direttamente connesse alla fusione da impianti).
- L'impatto del trattamento dei rottame di scarto alla fusione
- Il trasporto del contenitore finito all'utente finale

I risultati dello scenario "Cradle-to-Cradle" si riferiscono a 1 kg di vetro per il mercato dei contenitori. Si riscontra una riduzione dell'onere ecologico dell'impresa alla

³ Elizabeth Shoch, Adam Gendell, Anne Johnson, Matt Thomas *Closing the Loop: Design for Recovery Guidelines for Glass Packaging* by GreenBlue

⁴ The Glass Packaging Institute, *Cradle-to-Cradle Life Cycle Assessment of North American Container Glass*, 2010, www.gpi.org



produzione di vetro con l'aumento del riciclaggio e del ritrattamento del vetro per i contenitori.

In generale, con l'aumento del recupero e del riciclaggio si riduce il consumo di energia e si riduce il potenziale di riscaldamento globale GWP. Il maggior beneficio per il GWP è generato dalla diminuzione del consumo energetico e dalla riduzione delle emissioni di CO₂ con la riduzione del consumo di materie prime, sostituendo il rottame di scarto.

Il 50% di rottame di scarto riciclato nello scenario delle materie prime mostra una diminuzione del 10% del GWP nello scenario "Cradle-to-Cradle" rispetto allo scenario "Cradle-to-Gate" che non utilizza rottame di scarto riciclato.

Questo evidenzia l'importanza di uno studio dalla "Cradle-to-Cradle" quando deve essere preparata l'LCA di un prodotto.

Per il GWP, il valore di riferimento è di 1,26 kg di CO₂ per 1 kg di produzione di contenitori in vetro sul mercato e il valore di riferimento dello scenario con riciclaggio è del 50% e porta a una riduzione a 1,11 kg di CO₂ equivalente. In altre parole, il tasso di riciclaggio del 50% può ridurre l'emissione di 2,2 milioni di tonnellate di CO₂ nell'ambiente in Nord America, l'equivalente delle emissioni di CO per circa 400.000 automobili all'anno. Ad un consumo energetico fino ad un tasso di riciclaggio del 50%, non appaiono risparmi sostanziali ma all'aumento della percentuale di riciclaggio, questi risparmi diventano sostanziali. Si sottolinea che la percentuale di riciclaggio per gli impianti performanti ha raggiunto il 90%.

Nell'allegato 1 viene presentato il diagramma del flusso di produzione dei contenitori in vetro per la LCA dalla culla alla culla, inoltre i risultati della LCA relativi al consumo energetico e al potenziale di riscaldamento globale della produzione di 1 kg di vetro viene stampato come contenitore.



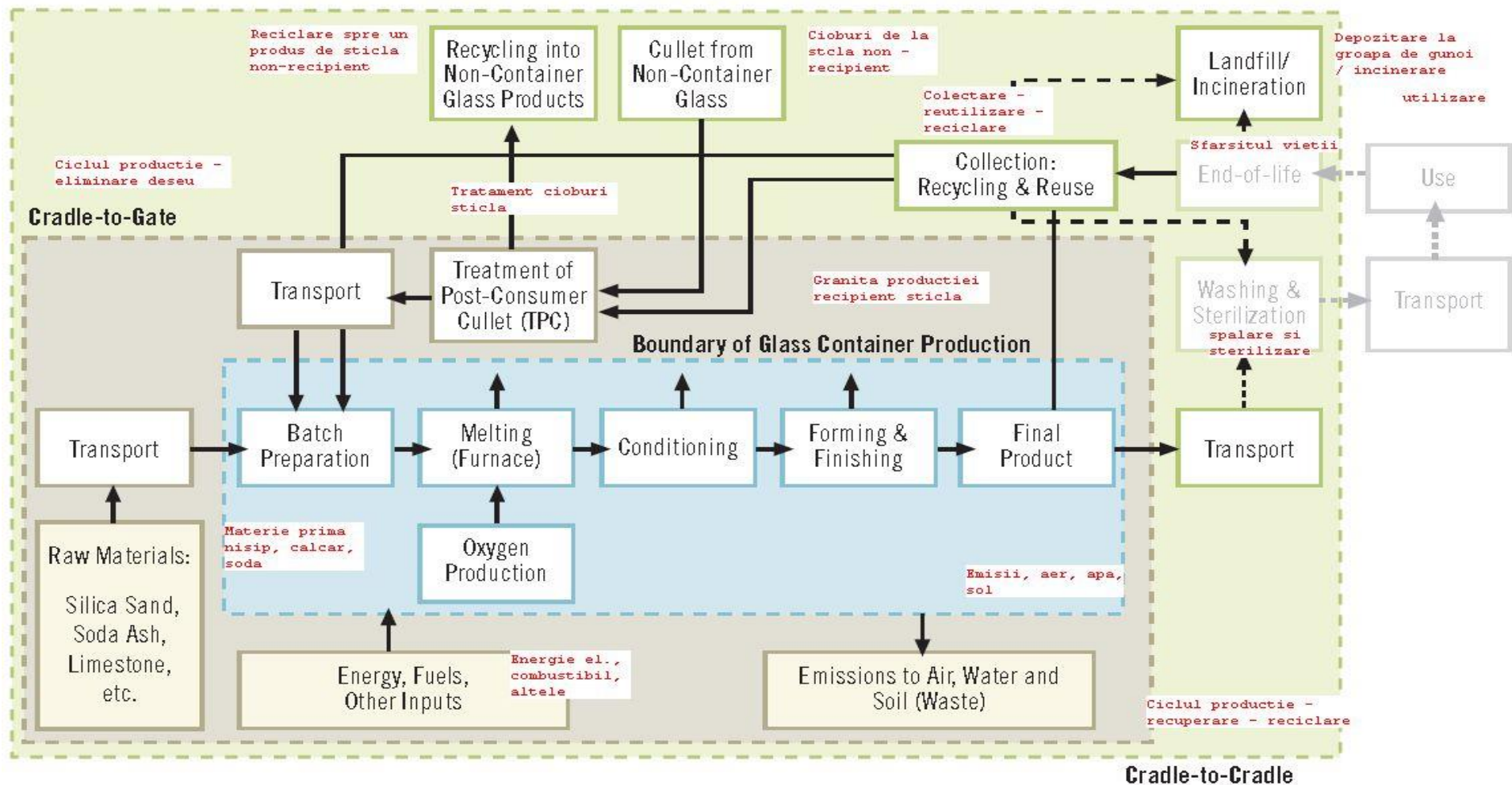
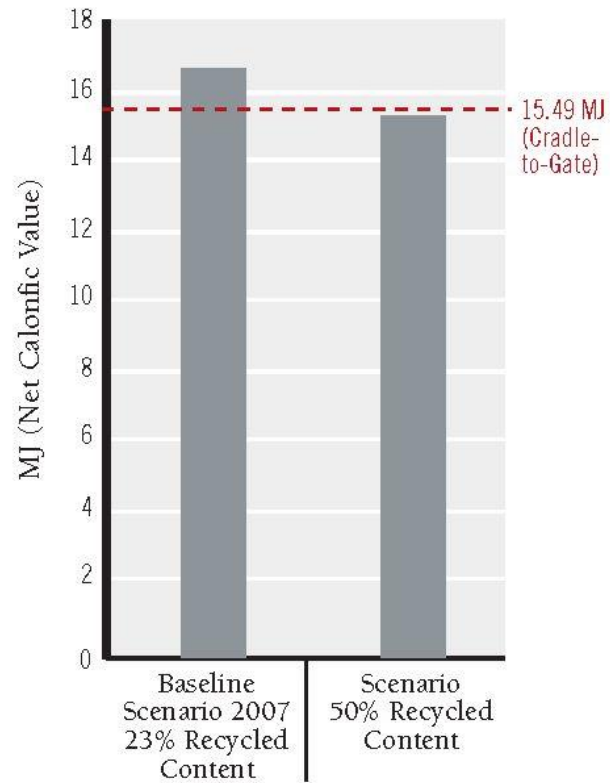


Diagramma di flusso della produzione di contenitori in vetro utilizzato nello studio LCA The Glass Packaging Institute, Cradle-to-Cradle Life Cycle Assessment of North American Container Glass, 2010, www.gpi.org



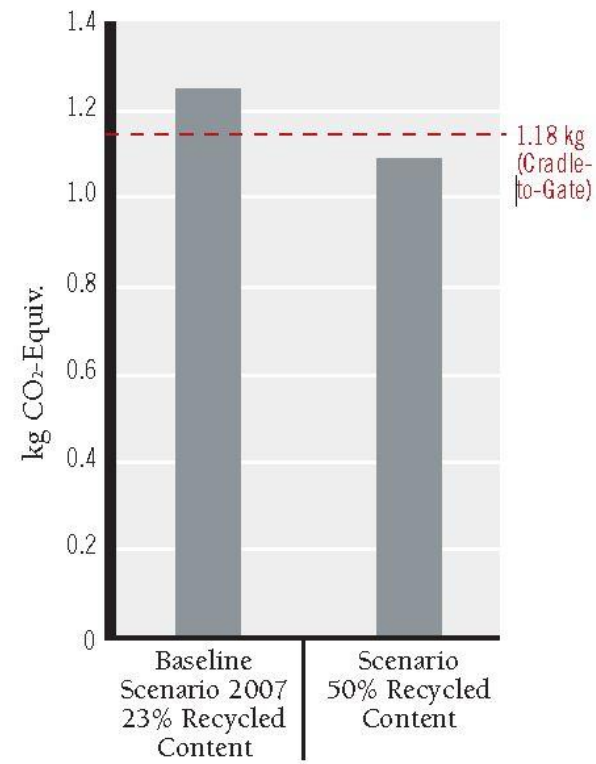
Cradle-to-Cradle Primary Energy Demand – (1 kg Formed & Finished Glass)

Energie consumata pentru 1 kg sticla incl. recipient



Cradle-to-Cradle Global Warming Potential – (1 kg Formed & Finished Glass)

Potentialul de incalzire globala pentru 1 kg sticla incl. recipient



I risultati dello studio LCA per il Nord America. The Glass Packaging Institute, Cradle-to-Cradle Life Cycle Assessment of North American Container Glass, 2010, www.gpi.org

