Consorzio Universitario di Ricerca Applicata
c/o Dipartimento di Processi Chimici dell'Ingegneria
Università degli Studi di Padova

Sintesi dello studio

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.

Dicembre 2005

Prot. n. 126/2006
Redazione a cura di:

CONSORZIO UNIVERSITARIO DI RICERCA APPLICATA
c/o Dipartimento di processi Chimici dell'Ingegneria
UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

Via Marzolo 9 – 35131 Padova
Telefono 049.8275539 - Fax 049.8275785
Email: info@cura.ws Sito: www.cura.ws

Indice

INDICE **1**

1. LO STUDIO CONDOTTO E LA METODOLOGIA UTILIZZATA **2**

2. OBIETTIVO DELLO STUDIO **3**

3. UNITÀ FUNZIONALE **4**

4. FASI DEL CICLO DI VITA E METODI DI ANALISI **5**

5. RISULTATI DELL'INVENTARIO **6**

6. PRINCIPALI RISULTATI OTTENUTI **7**

BOTTIGLIA IN PET E TETRA TOP 7

Analisi Energetica *7*

Consumi idrici *8*

Rifiuti Solidi *9*

Effetto serra *9*

Acidificazione *10*

Eutrofizzazione *10*

Formazione di ossidanti per via fotochimica *11*

Impoverimento delle risorse non rinnovabili *11*

BOTTIGLIA IN HDPE E TETRA PRISMA ASEPTIC 12

Analisi energetica *12*

Consumi idrici *14*

Rifiuti Solidi *14*

Effetto serra *15*

Acidificazione *15*

Eutrofizzazione *16*

Formazione di ossidanti per via fotochimica *16*

Impoverimento delle risorse non rinnovabili *17*

RISULTATI COMPLESSIVI 18

1. Lo studio condotto e la metodologia utilizzata

Gli studi di LCA stanno acquisendo sempre più importanza e attendibilità sia all'interno della comunità scientifica sia a livello di progettazione politica europea. Uno studio condotto "dalla culla alla tomba" (*from cradle to grave*), infatti, permette di valutare gli impatti di un bene o servizio in tutto il suo ciclo di vita, dall'estrazione delle materie prime al suo ritorno all'ambiente a fine vita come rifiuto solido o emissione in acqua, aria o suolo. Ciò è particolarmente importante qualora si vogliano confrontare tra loro alternative di gestione per una stessa funzione: il *life cycle thinking* permette infatti di valutare globalmente gli impatti, e poter scegliere l'alternativa a minor impatto complessivo. Nella politica integrata di prodotto europea (IPP) la LCA ha un ruolo cruciale, e anche nella definizione delle direttive politiche tale metodologia trova applicazione nei più svariati campi, dalla gestione dei rifiuti, alla produzione degli imballaggi, fino alla pianificazione dei trasporti.

All'interno di questo quadro europeo ed internazionale si inserisce il presente studio. Già nel 2002 il Centro Studi Qualità Ambiente dell'Università degli Studi di Padova aveva condotto un'analisi comparativa per la Tetra Pak Italiana confrontando gli impatti del PET e del Tetra Rex da un lato e dell'HDPE e Tetra Brik Aseptic dall'altro. Lo studio di Life Cycle Assessment, di cui tale documento è la sintesi, è stato commissionato dalla Tetra Pak Italiana al Consorzio Universitario di Ricerca Applicata dell'Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Processi Chimici dell'Ingegneria, con lo scopo di valutare e confrontare gli aspetti e impatti ambientali nel ciclo di vita di due coppie di contenitori per il latte: PET e Tetra Top per il latte fresco e HDPE e Tetra Prisma Aseptic per il latte a lunga conservazione.

La metodologia Life Cycle Assessment – LCA, valutazione del ciclo di vita – è stata normata dal comitato tecnico ISO/TC 207 nella famiglia di standard internazionali ISO 14040. Sulla base di queste norme ISO, nelle quali sono definite le modalità per svolgere le varie fasi dell'analisi, è stato condotto il presente studio (vedi Figura 1.1).

Lo studio è stato condotto man mano che i diversi attori della filiera produttiva rendevano disponibili i dati per l'analisi d'inventario, ed è stato concluso nella sua relazione finale a dicembre 2005.

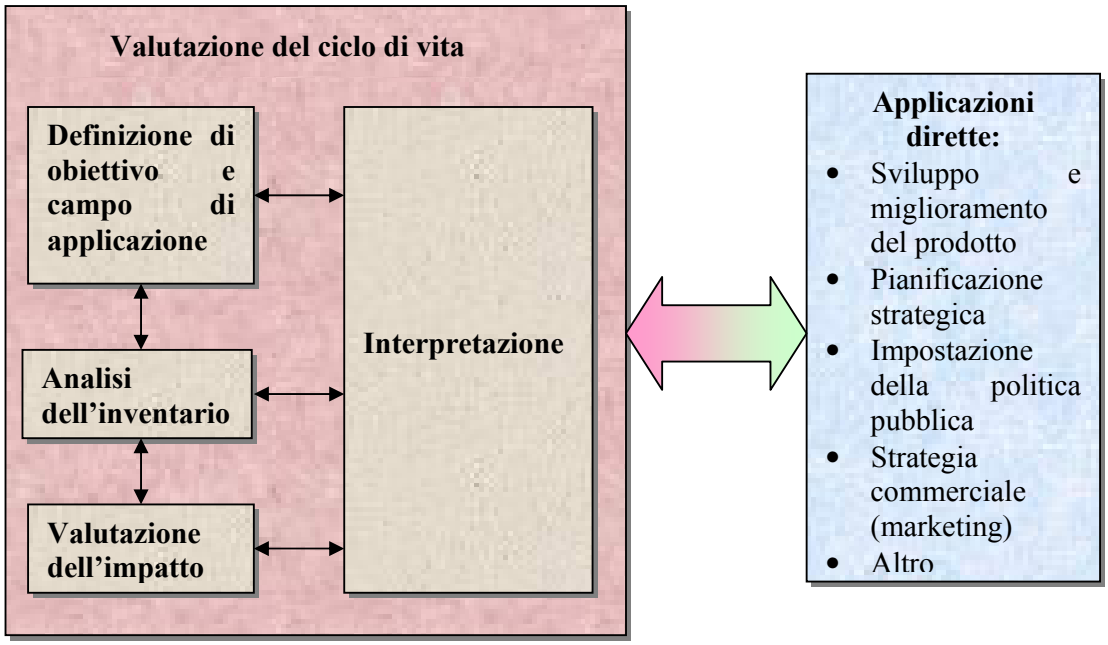

Figura 1.1 Struttura e finalità di uno studio di Life Cycle Assessment

2. Obiettivo dello studio

Lo studio ha per obiettivo l'analisi del ciclo di vita (LCA) di due tipologie di imballaggio normalmente utilizzate per il confezionamento e la distribuzione del latte fresco (bottiglia in PET e contenitore di cartone poliaccoppiato Tetra Top® prodotto da Tetra Pak) e di due tipologie di imballaggio normalmente utilizzate per il confezionamento e la distribuzione del latte UHT a lunga conservazione (bottiglia in HDPE a triplo strato e contenitore di cartone poliaccoppiato Tetra Prisma® Aseptic prodotto da Tetra Pak).

Gli obiettivi sono: creare degli ecoprofili (dalla culla alla tomba) relativamente alle bottiglie in PET e HDPE e ai contenitori in poliaccoppiato Tetra Top e Tetra Prisma Aseptic; confrontare gli impatti ambientali e i carichi energetici ed ambientali associati ai cicli di vita delle due tipologie di imballaggio primario per il latte fresco e per il latte a lunga conservazione; identificare i carichi energetico-ambientali e valutare i potenziali impatti associati alle diverse fasi dei cicli di vita considerati; individuare possibili priorità ambientali su basi oggettive al fine di concretizzare azioni di miglioramento; fornire informazioni oggettive dalle quali Tetra Pak possa avviare procedimenti di comunicazione ambientale nei confronti dei propri clienti, come pure degli utilizzatori finali. I risultati dello studio sono di proprietà di Tetra Pak Italiana S.p.A, cui spetta la decisione di condurre un'eventuale revisione critica dello stesso.

3. Unità funzionale

L'unità funzionale costituisce l'unità di misura di riferimento a cui correlare i flussi in entrata e in uscita dai confini del sistema assunti per lo studio. In questo lavoro la funzione dei prodotti è riferita alla loro capacità di contenere un certo volume di latte. Il volume utilizzato come riferimento per la funzione di contenimento è 1 litro di latte fresco o UHT a lunga conservazione, e tale è quindi l'unità funzionale scelta per il confronto tra i contenitori, coerentemente con gli obiettivi che lo studio si è prefissato.

In Tabella 3.1, Tabella 3.2, Tabella 3.3, Tabella 3.4 vengono riportate rispettivamente la composizione merceologica della bottiglia in PET, del contenitore Tetra Top, della bottiglia in HDPE e del contenitore Tetra Prisma Aseptic, relativamente all'unità funzionale considerata.

Tabella 3.1 Composizione merceologica della bottiglia in PET relativamente all'unità funzionale considerata

Bottiglia in PET (1 litro)	*Peso (g)*
Bottiglia in polietilene (PE)	26
Tappo in polietilene ad alta densità (HDPE)	3,5
Etichetta in polipropilene (PP)	0,77
PESO TOTALE	**30,27**

Tabella 3.2 Composizione merceologica del contenitore Tetra Top relativamente all'unità funzionale considerata

Contenitore Tetra Top (1 litro)	*Peso (g)*
Foglio di polietilene (PE) esterno	0,81
Carta	22,16
Foglio di PE interno e strato mPE	3,18
Tappo in HDPE	2,5
Colore	0,55
Moulding material	4
Fettuccia in PE	0,14
PESO TOTALE	**33,34**
AREA Tetra Top	**0,067575 m^2**

Come si può osservare le unità funzionali comprendono tutti i materiali, anche quelli ausiliari, connessi con il prodotto finale fornito al cliente.

Tabella 3.3 Composizione merceologica della bottiglia in HDPE relativamente all'unità funzionale considerata

Bottiglia in HDPE (1 Litro)	*Peso (g)*
Bottiglia in polietilene ad alta densità (HDPE)	28,56
Tappo in HDPE	3,59
Etichetta in polipopilene	1,94
Sigillo in alluminio	0,4
PESO TOTALE	**34,49**

Tabella 3.4 Composizione merceologica del contenitore Tetra Prisma Aseptic relativamente all'unità funzionale considerata

Contenitore Tetra Prisma Aseptic (1 litro)	*Peso (g)*
Foglio di polietilene (PE) esterno	1,27
Polipropilene trasparente orientato, TF	1,27
Foglio 1 in PE	1,19
Carta	24,11
Foglio 2 in PE	1,98
Foglio in alluminio	1,90
Polimero adesivo e foglio di PE interno	2,93
Tappo in polipropilene (PP)	4
Colla	0,12
Fettuccia in PE	0,15
PESO TOTALE	**38,92**
AREA Tetra Prisma Aseptic	**0,0793 m^2**

4. Fasi del ciclo di vita e metodi di analisi

La valutazione del ciclo di vita della bottiglia in PET da 1 litro e del contenitore Tetra Top da 1 litro è stata condotta in entrambi i casi distinguendo tre fasi:

- Produzione,
- Confezionamento,
- Fine Vita.

Per ogni fase si è proceduto ad identificare, tramite dati primari e secondari, tutti gli input e gli otput connessi, correlandoli alle relative quantità utilizzate o prodotte. I trasporti sono stati inseriti nelle relative fasi di pertinenza.

Per lo svolgimento della valutazione del ciclo di vita è stato utilizzato come ausilio il software Bousted Model 4.4. Tale software ha fornito alcuni dati in input per l'analisi di inventario, contenendo al suo interno banche dati internazionali dalle quali sono state tratte informazioni su materiali e processi analizzati, integrandole poi con i dati raccolti da altri databases o direttamente dai siti produttivi. Inoltre il software Bousted ha permesso di modellizzare le varie fasi del ciclo di vita attraverso i "moduli" implementati al suo interno.

5. Risultati dell'inventario

I risultati dell'inventario considerati in questi studi di LCA sono suddivisi in sei principali categorie di parametri:

- risultati energetici;
- consumi idrici;
- materie prime;
- emissioni in aria;
- emissioni in acqua;
- rifiuti solidi.

Gli impatti ambientali analizzati, sulla base dei risultati ottenuti nell'inventario, utilizzando gli appropriati metodi di caratterizzazione sono inoltre:

- effetto serra;
- acidificazione;
- eutrofizzazione;
- smog fotochimico,
- impoverimento delle risorse non rinnovabili.

6. Principali risultati ottenuti

Bottiglia in PET e Tetra Top

Analisi Energetica

L'analisi energetica condotta per i due contenitori PET e Tetra Top ha valutato due aspetti fondamentali:

- l'utilizzo di combustibili derivati o di vettori energetici lungo il ciclo di vita, caratterizzato in base alla tipologia di industrie energetiche coinvolte;
- la risalita alle fonti primarie da cui si produce tale energia utilizzata, che possono essere rinnovabili o meno.

In entrambi i casi, l'analisi dei risultati permette di valutare gli stessi sotto due punti di vista:

- quali fasi del ciclo di vita sono maggiormente energivore (Produzione, Confezionamento e Fine Vita);
- che tipologia di processi e di energie è alla base del fabbisogno energetico complessivo (produzione combustibili, utilizzo combustibili, trasporti e energia feedstock).

La bottiglia in PET risulta avere nel ciclo di vita un carico energetico complessivo (*Gross Energy Requirement*), espresso in MJ, quasi triplo rispetto a quello del Tetra Top.

Per entrambi i contenitori la fase del ciclo di vita che risulta essere maggiormente energivora è la Produzione (per un valore pari all'80% circa nel caso del PET e al 60% nel caso del Tetra Top), seguita dal Confezionamento, mentre nel Fine Vita si assiste ad un recupero energetico complessivo, rispettivamente del -0,3228 MJ per il PET e del -0,1998 MJ per il contenitore Tetra Top.

Per la bottiglia in PET l'elevato consumo energetico all'interno della fase Produzione è da imputare alla produzione della preforma (per un valore pari all'86,6% del totale), mentre per il contenitore Tetra Top la principale responsabile risulta essere la produzione delle materie prime (per un valore pari all'87% del totale).

Altra lettura del valore complessivo del GER dei due prodotti, viene svolta non più valutandone la distribuzione tra le varie fasi del ciclo di vita, ma analizzando i contributi portati dalle diverse forme di energia dei combustibili derivati in ingresso nel sistema, il cui potere calorifico resta espresso in MJ.

A questo proposito risulta evidente come il contributo dell'energia impiegata nelle operazioni di trasporto risulti basso per entrambi i contenitori, se rapportato al consumo di combustibili nell'intero ciclo di vita.

Per quanto riguarda il contenitore in PET, il GER si distribuisce con diverse percentuali tra le forme di energia dei combustibili derivati:

- energia feedstock per il 37%;
- contenuto energetico dei combustibili utilizzati nei processi produttivi per il 37,4%;
- produzione e trasporto dei combustibili derivati per il 23,1%.

Nel caso del Tetra Top invece il 50% circa del GER è costituito da energia feedstock, mentre il 27,5% è costituito dal contenuto energetico dei combustibili utilizzati nei processi produttivi e il 13,5% è speso per la produzione e il trasporto dei combustibili derivati.

La classificazione dei vari contributi energetici in termini di fonti di approvvigionamento primarie porta a concludere come l'apporto più consistente al fabbisogno energetico sia dato da petrolio e gas naturale sia per il PET che per il contenitore Tetra Top.

Consumi idrici

I consumi totali di acqua, espressi in milligrammi, sia di raffreddamento che di processo, all'interno del ciclo di vita dei due prodotti, sono stati valutati considerando le fonti principali di approvvigionamento per acqua ad uso industriale quali acqua prelevata da mare, fiume, pozzo, acquedotto pubblico e presentando i risultati in forma aggregata.

Il risultato più evidente è che al ciclo di vita del Tetra Top è associato un consumo maggiore di acqua (24,3 litri) rispetto a quello della bottiglia in PET, pari a 23,1 litri.
In particolare, il 58% circa di questo consumo è da addebitare alla fase Produzione, all'interno della quale la quasi totalità del fabbisogno idrico è imputabile alla produzione della carta.

Nella produzione della bottiglia in PET il 57% circa del consumo totale di acqua è imputabile alla fase di Confezionamento e inoltre si riscontra un utilizzo diverso dell'acqua prelevata, principalmente come acqua di raffreddamento.

Rifiuti Solidi

L'indicatore riguardante i rifiuti solidi raggruppa tutti i rifiuti di tipo solido che vengono generati in una qualsiasi attività nel ciclo di vita : in particolare si tratta di rifiuti solidi speciali e di rifiuti solidi assimilabili agli urbani prodotti sommati semplicemente tenendo conto della quantità emessa in massa (espressa in milligrammi).

I risultati evidenziano un contributo significativo della voce rifiuti del tipo "minerali" sia per il Tetra Top che per la bottiglia in PET e una maggiore incidenza della fase Produzione (circa 80%) rispetto al Confezionamento per entrambi i contenitori.

Bisogna comunque tener presente che la provenienza di rifiuto "minerali" nel caso della bottiglia in PET è principalmente dovuta alla produzione e al trasporto di combustibili derivati adoperati nei cicli di vita e non ai processi e agli impianti che li utilizzano, come invece nel caso del Tetra Top.

Effetto serra

Considerando un orizzonte temporale di 20 anni, il contributo all'effetto serra della bottiglia in PET è quasi triplo rispetto a quello del Tetra Top.

Nel caso della bottiglia in PET le sostanze che contribuiscono maggiormente al potenziale di effetto serra 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 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. Il riciclaggio del PET e la sua termovalorizzazione invece garantisono un credito complessivamente negativo per il Fine Vita (-8%).

Per il Tetra Top il maggior contributo è dato dalle emissioni di metano, per un 70% originate nel Fine vita (discarica) e per la parte restante nel Confezionamento. Il contributo dell'anidride carbonica è basso in quanto le quantità emesse nelle varie fasi vengono compensate dal credito che si origina e si accumula durante la fase di crescita delle piante e che resta contenuto nella fibra cellulosica costituente la carta.

Acidificazione

L'impatto acidificazione generato nell'intero ciclo di vita da un contenitore Tetra Top da un litro è circa cinque volte inferiore a quello causato dalla bottiglia in PET.

Per la bottiglia in PET, le emissioni di ossidi di azoto e zolfo, principali responsabili dell'impatto, si concentrano per la fase di Produzione sostanzialmente nella produzione dei granuli di PET, mentre nel Confezionamento sono riconducibili in larga parte all'uso di energia elettrica,e in seguito alla produzione di tappo ed etichetta, e all'utilizzo di vapore. I benefici del riciclo e della termovalorizzazione offrono crediti negativi di emissioni di SO_x e NO_x evitate.

Per quanto riguarda il Tetra Top le emissioni di SO_x si verificano per il 74% nella fase di Produzione del contenitore (soprattutto per carta e LDPE); il Confezionamento contribuisce per un 48%, dovuto principalmente alle emissioni connesse a moulding material, tappo ed energia elettrica utilizzata; infine nel Fine Vita si ha un impatto evitato pari a –22% del totale, garantito dalla termovalorizzazione della carta e dalla raccolta del biogas in discarica.

Le emissioni di gas NO_x per il Tetra Top si riferiscono per il 58% alla fase di Produzione (carta e LDPE), per il 50% alla fase di Confezionamento, mentre nel Fine Vita si ha un credito percentuale (quindi emissioni evitate) stimato attorno al -8%. Da notare che nel Fine vita ci sono anche contributi positivi portati dall'utilizzo sia del diesel nella fase di raccolta e selezione della carta, sia dei combustibili nella rilavorazione della stessa.

Eutrofizzazione

Il risultato complessivo dell'indicatore di categoria per l'eutrofizzazione evidenzia come la bottiglia in PET sia oltre tre volte più impattante rispetto al Tetra Top nell'intero ciclo di vita.

Per quanto riguarda la bottiglia in PET, l'80% dell'emissione complessiva di NO_x responsabile dell'eutrofizzazione, è imputabile alla fase di Produzione (principalmente dei granuli 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) mentre si ottiene un credito di -4,5% dal Fine Vita.

All'interno del ciclo di vita del Tetra Top invece il 62,4% del potenziale complessivo di eutrofizzazione è da attribuire alla fase di Produzione (sempre carta e LDPE), il 36,3% al Confezionamento e l'1,3% al Fine Vita. Si sottolinea come anche il COD e le sostanze azotate rilasciate in acqua influiscano sulla categoria eutrofizzazione nella fase di Produzione.

Formazione di ossidanti per via fotochimica

I principali responsabili dell'impatto "formazione di ossidanti per via fotochimica", detto anche smog fotochimico, risultano essere per entrambi i contenitori gli idrocarburi generici.

Per quanto riguarda il ciclo di vita della bottiglia in PET, il 54,8% delle emissioni in aria di idrocarburi non metanici appartiene alla tipologia "da processo", il 36,4% alla categoria produzione di combustibili, il 5,8% all'utilizzo di combustibili e il 3% ai trasporti. La ripartizione nelle fasi Produzione, Confezionamento e Fine vita è analoga agli altri impatti analizzati.

E' interessante notare la consistente quota di emissioni evitate di HC nel Fine vita del Tetra Top grazie al recupero energetico sia dalla termovalorizzazione sia dal recupero del biogas in discarica. Nella fase Produzione sono le materie prime carta e polietilene le principali responsabili dell'impatto, mentre nel Confezionamento si sottolinea il contributo dei materiali ausiliari (quasi 80% del totale) e dell'energia elettrica (20%).

Impoverimento delle risorse non rinnovabili

Le risorse non rinnovabili consumate nel ciclo di vita dei due contenitori sono principalmente petrolio, gas metano e carbone; la produzione della bottiglia in PET prevede per queste risorse un consumo più che triplo rispetto al Tetra Top.

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 %), Fine vita –7,59%. Gli impatti della fase Produzione sono dovuti principalmente alla fabbricazione dei granuli in PE della preforma, mentre nel confezionamento vari sono i contributi (tappi, energia elettrica, etichetta, vapore, aria compressa). Il recupero nel fine vita è da attribuire per la maggior parte al riciclo.

Dall'interpretazione dei risultati riguardanti il ciclo di vita del Tetra Top si ricava che l'impatto è attribuibile alla fase Produzione per il 48,42%, al Confezionamento per il 63,44%, mentre dal Fine vita si riesce ad ottenere un credito di –11,86 punti percentuali. La carta e il polietilene si dividono le responsabilità dei consumi in fase produzione, mentre i materiali ausiliari del moulding material e del tappo contribuiscono sensibilmente agli impatti nella fase di confezionamento. Preponderante è infine il ruolo della termovalorizzazione per garantire recupero energetico.

Bottiglia in HDPE e Tetra Prisma Aseptic

Analisi energetica

L'analisi energetica condotta per i due contenitori HDPE e Tetra Prisma Aseptic ha valutato due aspetti fondamentali:

- l'utilizzo di combustibili derivati o di vettori energetici lungo il ciclo di vita, caratterizzato in base alla tipologia di industrie energetiche coinvolte;
- la risalita alle fonti primarie da cui si produce tale energia utilizzata, che possono essere rinnovabili o meno.

In entrambi i casi, l'analisi dei risultati permette di valutare gli stessi sotto due punti di vista:

- quali fasi del ciclo di vita sono maggiormente energivore (Produzione, Confezionamento e Fine Vita);
- che tipologia di processi e di energie è alla base del fabbisogno energetico complessivo (produzione combustibili, utilizzo combustibili, trasporti e energia feedstock).

La bottiglia in HDPE risulta avere nel ciclo di vita un carico energetico complessivo – somma di energia elettrica, combustibili da petrolio e altri combustibili – circa doppio rispetto a quello del Tetra Prisma Aseptic.

Per entrambi i contenitori la fase del ciclo di vita che risulta essere maggiormente energivora è la Produzione (per un valore pari al 76% circa nel caso dell'HDPE e all'88% nel caso del Tetra Prisma Aseptic), seguita dal Confezionamento, mentre nel Fine Vita si assiste ad un recupero energetico complessivo, rispettivamente del -0,5475 MJ per l'HDPE e del -0,3092 MJ per il contenitore Tetra Prisma Aseptic.

Per quanto riguarda la produzione della bottiglia in HDPE, l'elevato consumo energetico all'interno della fase Produzione è da imputare alla produzione della resina di HDPE "*white*" masterizzata con TiO_2, e alla produzione della resina "*black*" concentrata con nerofumo (per un valore pari al 70% del totale), mentre per il contenitore Tetra Prisma Aseptic la principale responsabile risulta essere la produzione delle materie prime (per un valore pari all'87% del totale).

Altra lettura del valore complessivo del GER dei due prodotti, viene svolta non più valutandone la distribuzione tra le varie fasi del ciclo di vita, ma analizzando i contributi portati dalle diverse forme di energia dei combustibili derivati in ingresso nel sistema, il cui potere calorifico resta espresso in MJ.

A questo proposito risulta evidente come il contributo dell'energia impiegata nelle operazioni di trasporto risulti irrisorio per entrambi i contenitori, se rapportato al consumo di combustibili nell'intero ciclo di vita.

Per quanto riguarda il contenitore in HDPE, il GER si distribuisce con diverse percentuali tra le forme di energia dei combustibili derivati:

- energia feedstock per il 33,5%;
- contenuto energetico dei combustibili utilizzati nei processi produttivi per il 37,4%;
- produzione e trasporto dei combustibili derivati per il 27,8%.

Nel caso del Tetra Prisma Aseptic invece il 45,8% circa del GER è costituito da energia feedstock, mentre il 31,6% è costituito dal contenuto energetico dei combustibili utilizzati nei processi produttivi e il 21% è speso per la produzione e il trasporto dei combustibili derivati.

La classificazione dei vari contributi energetici in termini di fonti di approvvigionamento primarie porta a concludere come l'apporto più consistente al fabbisogno energetico sia dato da petrolio e gas naturale sia per l'HDPE che per il contenitore Tetra Prisma Aseptic.

Consumi idrici

I consumi totali di acqua, espressi in milligrammi, sia di raffreddamento che di processo, all'interno del ciclo di vita dei due prodotti, sono stati valutati considerando le fonti principali di approvvigionamento per acqua ad uso industriale quali acqua prelevata da mare, fiume, pozzo, acquedotto pubblico e presentando i risultati in forma aggregata.

Il risultato più evidente è che al ciclo di vita del Tetra Prisma Aseptic è associato un consumo maggiore di acqua, 27,3 litri, rispetto a quello della bottiglia in HDPE, pari a 23,1 litri e in particolare, il 68% circa di questo consumo è da addebitare alla fase Produzione.

Nella produzione della bottiglia in HDPE il 66,7% circa del consumo totale di acqua è imputabile alla fase di Produzione e inoltre si riscontra un utilizzo diverso dell'acqua prelevata, principalmente come acqua di raffreddamento.

Rifiuti Solidi

L'indicatore riguardante i rifiuti solidi raggruppa tutti i rifiuti di tipo solido che vengono generati in una qualsiasi attività nel ciclo di vita in particolare si tratta di rifiuti solidi speciali e di rifiuti solidi assimilabili agli urbani prodotti sommati semplicemente tenendo conto della quantità emessa in massa (espressa in milligrammi).

I risultati evidenziano un contributo significativo della voce rifiuti del tipo "minerali" sia per il Tetra Prisma Aseptic che per la bottiglia in HDPE.

Nel caso dell'HDPE è la produzione del granulo di polietilene ad alta densita a generare la maggior parte dei rifiuti del tipo "minerali".

Nel caso del Tetra Prisma Aseptic la voce rifiuti di tipo "minerali" si riferisce alla produzione di alluminio, e in particolare di allumina da bauxite secondo il processo Bayer, e alla produzione della carta (calcinazione bicarbonato).

Effetto serra

Considerando un orizzonte temporale di 20 anni, il contributo all'effetto serra della bottiglia in HDPE è quasi il 50% in più rispetto a quello del Tetra Prisma Aseptic.

Nel caso della bottiglia in HDPE le sostanze che contribuiscono maggiormente al potenziale di effetto serra sono la CO_2 (79%), e il CH_4 (quasi 21%). La produzione e l'utilizzo dei combustibili sia per la produzione dell'HDPE sia per l'utilizzo dell'energia elettrica sono i principali responsabili delle emissioni di CO_2 nella fase Produzione (il contributo all'intero ciclo di vita è pari all'62%). Il Confezionamento contribuisce con un 47% alle emissioni di gas serra con apporti derivati principalmente dall'uso di energia elettrica e dalla produzione del tappo. Il riciclaggio e la termovalorizzazione invece garantisono un credito complessivamente negativo per il Fine Vita (-9%).

Per il Tetra Prisma Aseptic il maggior contributo è dato dalle emissioni di metano, per un 46% originate nel Fine vita (discarica) e per la parte restante nel Confezionamento (21%) e nella Produzione (33%). Il contributo dell'anidride carbonica è minore rispetto alla bottiglia in HDPE anche perché le quantità emesse nelle varie fasi vengono compensate dal credito che si origina e si accumula durante la fase di crescita delle piante e che resta contenuto nella fibra cellulosica costituente la carta.

Acidificazione

L'impatto acidificazione generato nell'intero ciclo di vita da un contenitore Tetra Prisma Aseptic da un litro è circa 2,5 volte inferiore a quello causato dalla bottiglia in HDPE.

Per la bottiglia in HDPE, le emissioni di ossidi di azoto e zolfo, principali responsabili dell'impatto, si concentrano per la fase di Produzione sostanzialmente nel consumo di energia elettrica necessaria per coestrusione-soffiaggio e nelle materie prime per le resine in HDPE, mentre nel

Confezionamento sono riconducibili in larga parte all'uso di energia elettrica e alla produzione del tappo. I benefici del riciclo e della termovalorizzazione offrono crediti negativi di emissioni di SO_x e NO_x evitate.

Per quanto riguarda il Tetra Prisma Aseptic le emissioni di SO_x si verificano per il 97,1% nella fase di Produzione del contenitore (soprattutto per alluminio e carta); il Confezionamento contribuisce per un 35,5%, dovuto principalmente alle emissioni connesse a tappo ed energia elettrica utilizzata; infine nel Fine Vita si ha un impatto evitato pari a –37,6% del totale, garantito dalla termovalorizzazione della carta e dal riciclo.

Le emissioni di gas NO_x per il Tetra Prisma Aseptic si riferiscono per l'80% alla fase di Produzione (alluminio, carta, e in parte LDPE), per il 31,4% alla fase di Confezionamento, mentre nel Fine Vita si ha un credito percentuale (quindi emissioni evitate) stimato attorno al –11,4%.

Eutrofizzazione

Il risultato complessivo dell'indicatore di categoria per l'eutrofizzazione evidenzia come la bottiglia in HDPE sia oltre due volte più impattante rispetto al Tetra Prisma Aseptic nell'intero ciclo di vita.

Per quanto riguarda la bottiglia in HDPE, il 55,9% dell'emissione complessiva di NO_x responsabile dell'eutrofizzazione è imputabile alla fase di Produzione (principalmente alluminio e carta), il 48,9% alla fase di Confezionamento (principalmente utilizzo di energia elettrica e produzione del tappo) mentre si ottiene un credito di -4,8% dal Fine Vita.

All'interno del ciclo di vita del Tetra Prisma Aseptic invece il 77,6% del potenziale complessivo di eutrofizzazione è da attribuire alla fase di Produzione (sempre alluminio e carta principalmente), il 24,2% al Confezionamento e il-1,7% al Fine Vita. Si sottolinea come anche il COD e le sostanze azotate rilasciate in acqua influiscano sulla categoria eutrofizzazione nella fase di Produzione.

Formazione di ossidanti per via fotochimica

I principali responsabili dell'impatto "formazione di ossidanti per via fotochimica", detto anche smog fotochimico, risultano essere per entrambi i contenitori gli idrocarburi generici.

Per quanto riguarda il ciclo di vita della bottiglia in HDPE, il 67,3% delle emissioni in aria di idrocarburi non metanici appartiene alla categoria produzione di combustibili, il 26% alla tipologia "da processo", il 5,4% all'utilizzo di combustibili e l'1,3% ai trasporti. La ripartizione nelle fasi Produzione, Confezionamento e Fine vita è analoga agli altri impatti analizzati.

E' interessante notare la consistente quota di emissioni evitate di HC nel Fine vita del Tetra Prisma Aseptic grazie al recupero energetico sia dalla termovalorizzazione sia dal recupero del biogas in discarica. Nella fase Produzione sono le materie prime le principali responsabili dell'impatto, mentre nel Confezionamento si sottolinea il contributo dell'energia elettrica e del tappo.

Impoverimento delle risorse non rinnovabili

Le risorse non rinnovabili consumate nel ciclo di vita dei due contenitori sono principalmente petrolio, gas metano e carbone; la produzione della bottiglia in HDPE prevede per queste risorse un consumo più di 2,5 volte maggiore del Tetra Prisma Aseptic.

Il totale del potenziale di impatto associato al ciclo di vita della bottiglia in HDPE, è così ripartito tra le varie fasi: Produzione (78,18 %), Confezionamento (36,11 %), Fine vita –17%. Gli impatti della fase Produzione sono dovuti principalmente alla fabbricazione della resina bianca mentre nel confezionamento vari sono i contributi (tappi, energia elettrica, etichetta, consumi di stabilimento). Il recupero nel fine vita è da attribuire per la maggior parte al riciclo.

Dall'interpretazione dei risultati riguardanti il ciclo di vita del Tetra Prisma Aseptic si ricava che l'impatto è attribuibile alla fase Produzione per il 81,30%, al Confezionamento per il 34,27%, mentre dal Fine vita si riesce ad ottenere un credito di –15,57 punti percentuali. La carta, l'alluminio e il polietilene si dividono le responsabilità dei consumi in fase produzione, mentre il tappo contribuisce sensibilmente agli impatti nella fase di confezionamento. Preponderante è infine il ruolo della termovalorizzazione per garantire recupero energetico. Il consumo di bauxite che si rileva (7% del valore dell'indicatore totale) è dovuto alla produzione dell'alluminio

Risultati complessivi

La valutazione del ciclo di vita dei quattro contenitori per latte ha condotto ai risultati esposti nella presente relazione. Dalla Figura 6.1 si evince come, per le due bottiglie in PET e HDPE, l'andamento delle categorie sia similare, e come anche il Tetra Top e il Tetra Prisma Aseptic abbiano un comportamento analogo tra loro, tranne per la categoria rifiuti (contributo della fase di estrazione dell'alluminio). In Figura 6.2, infine, i contributi alle diverse categorie sono scissi ed evidenziati per ogni fase del ciclo di vita.

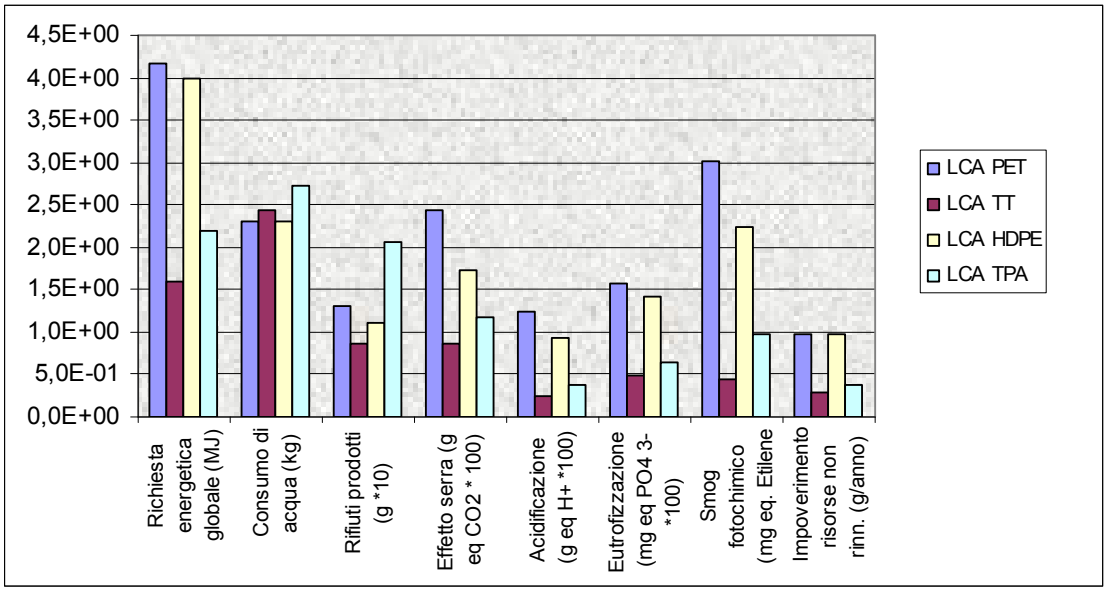

Figura 6.1 Risultati dello studio di LCA per i quattro contenitori

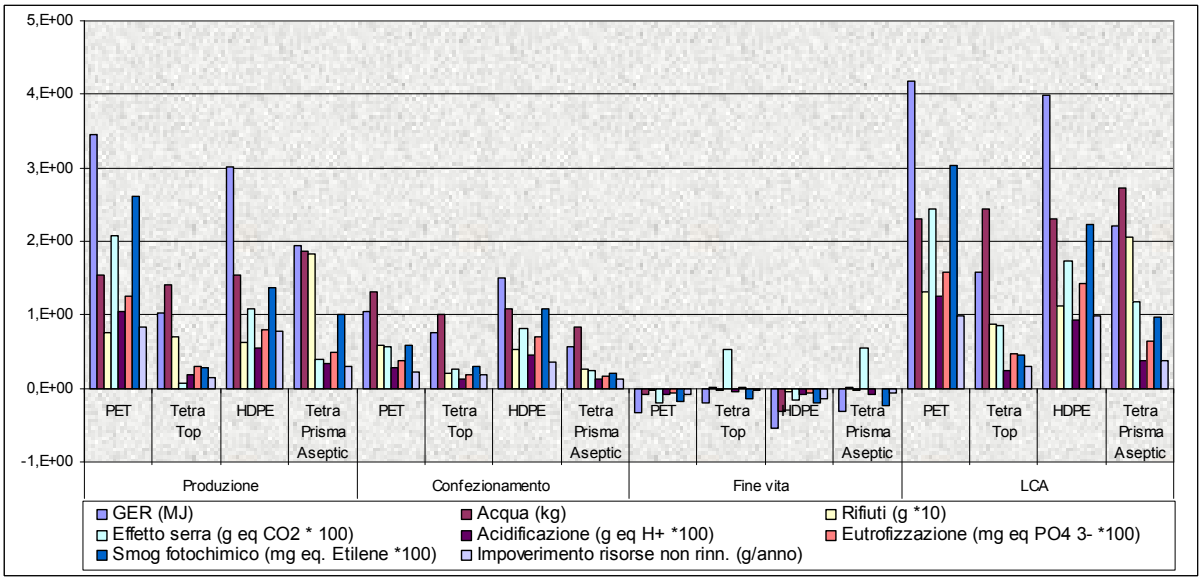

Figura 6.2 Risultati dello studio di LCA per i quattro contenitori, evidenziati per stadio del ciclo di vita