POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

"I sacchetti usa e getta non sono sostenibili", quaderno di approfondimento

*Original*
"I sacchetti usa e getta non sono sostenibili", quaderno di approfondimento / Cimnaghi, Elisabetta. - ELETTRONICO. - (2010), pp. 1-84.

*Availability:*
This version is available at: 11583/2372768 since:

*Publisher:*

*Published*
DOI:

*Terms of use:*

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

*Publisher copyright*

(Article begins on next page)

12 October 2024

ISTITUTO PER L'AMBIENTE E L'EDUCAZIONE SCHOLÉ FUTURO ONLUS

1

i quaderni

# I sacchetti usa e getta non sono sostenibili

a cura di Elisabetta Cimnaghi

SCHOLÉ FUTURO

# Introduzione

Il dibattito relativo alla questione secondo cui i sacchetti di cotone o le borse di tela da utilizzare per la spesa siano da preferire alle tipologie finora utilizzate, siano essi di plastica oppure di materiale biodegradabile, è quanto mai attuale, anche in correlazione alle normative da poco recepite che appunto vieteranno nei prossimi mesi l'uso dei sacchetti di plastica a favore di altre soluzioni; in particolare, per quanto riguarda il panorama nazionale, l'approvazione dell'emendamento alla Finanziaria per abolire in Italia la produzione e la diffusione dei sacchetti realizzati con la plastica derivata dal petrolio è stato ormai approvato e pertanto entro l'anno 2010 si assisterà a questo importante cambiamento.

Il presente documento vuole fornire un supporto tecnico alla discussione secondo cui, poiché anche i sacchetti di materiali biodegradabili e le bioplastiche presentano degli impatti di tipo ambientale, risulta auspicabile l'opzione di abbandonare la pratica dell'usa e getta a favore del riutilizzo – fino a che l'usura lo permetta – di borse di stoffa, che, per loro natura, non sono da considerarsi oggetti monouso.

A tal proposito, nell'ultima parte del report, si riporta un approfondimento specifico sulla plastica vegetale al fine di discuterne la sostenibilità o meno in termini di impatti ambientali e di consumo di suolo.

## La problematica dei rifiuti

"L'uomo è ciò che non butta via", diceva Italo Calvino in un racconto degli anni '60, *La poubelle agréée*.

Oggi i rifiuti non evocano più benessere materiale e sensazioni di tranquillità economica e di prosperità, come poteva accadere in passato, ma rappresentano un elemento portatore di inquinamento, sono visti come veleni e come generatori di distruzione dell'ambiente (Antonio Massarutto, 2009).

Da quando infatti, partendo dal Rapporto Brutdland (1987) in poi, si è capito come il modello di crescita economica adottato fino a quel momento non fosse sostenibile nel lungo periodo, passo dopo passo si è proceduto con una modificazione del modo di pensare e di intendere concetti quali lo sviluppo, la crescita economica, gli impatti ambientali, talmente imponente che molti ricercatori hanno dato una rilevanza tale al fenomeno da paragonarlo alla Rivoluzione Industriale. In questo contesto, tra le altre tematiche quali ad esempio l'inquinamento atmosferico, la necessità di tutelare la biodiversità, l'interesse alle fonti rinnovabili etc. ha iniziato a porsi anche il problema della gestione dei rifiuti. I rifiuti al giorno d'oggi sollevano in noi interrogativi inquietanti, anche se in realtà il fatto che la fase di fine ciclo di vita dei vari prodotti abbia un

risvolto delicato e problematico per l'ambiente non è una scoperta dei giorni nostri. "Già i più attenti osservatori della città della Rivoluzione Industriale, da Dickens a Hugo, hanno visto nell'immondezzaio e nella fogna una sorta di mondo alla rovescia, uno specchio capovolto della società" (Antonio Massarutto, 2009).

Ogni italiano produce circa 1 kg e mezzo di rifiuti urbani al giorno

I rifiuti sono decisamente un problema un reale, che va affrontato e risolto con approcci e metodologie appropriate. Ogni italiano produce circa 1 kg e mezzo di rifiuti urbani al giorno, e più del triplo sono quelli che invece derivano dal ciclo produttivo: la quantità è decisamente rilevante e di conseguenza il problema della loro collocazione e della loro gestione è tutt'altro che trascurabile. È necessario infatti trovare loro una sistemazione che inquini il meno possibile (si pensi a tal proposito ad esempio al problema del percolato nelle discariche), ma che nello stesso tempo sia economicamente sostenibile, che deturpi il meno possibile il paesaggio e che sia accettata dalla popolazione (non è da sottovalutare infatti l'enorme problema del consenso legato ad esempio all'apertura di una nuova discarica), e che si presti il meno possibile a pratiche illecite, che invece purtroppo sono all'ordine del giorno.

Al di là delle interessanti opzioni di riciclaggio e riutilizzo che si sono sviluppate negli ultimi anni e che hanno sicuramente contribuito a migliorare la situazione dei rifiuti e delle discariche (si pensi a tal proposito all'elevata percentuale di raccolta differenziata raggiunta in alcuni comuni con tutti i benefici economici e ambientali che ne derivano: ad esempio, con

l'equivalente di 243 sacchetti il LDPE[1] più 100 flaconi da 2 litri in HDPE[2] più 56 cassette in PP[3] si fa una panchina per esterni). Un concetto fondamentale che va accettato e che è ormai riconosciuto dalla comunità scientifica è che generare rifiuti è sempre e comunque uno spreco: produrre rifiuti vuol dire gettare via risorse utili e preziose per far posto ad altre che richiedono a loro volta energia e materie prime; in questo circolo vizioso, l'ambiente viene danneggiato due volte: una volta a seguito del prelievo di materie prime, una seconda volta per l'immissione di fattori di inquinamento.

I rifiuti diventano così una sorta di simbolo negativo nel nostro modello di vita consumistico, quasi una "punizione" per la continua ricerca del superfluo e dell'abbondanza esagerata che talvolta regna nella nostra società.

Da quanto detto finora, la soluzione al problema sembrerebbe semplice e di immediata comprensione: portare a zero la produzione dei rifiuti, cioè cercare di sviluppare un modello di vita secondo il quale non produrne più oppure, per lo meno, scegliere soluzioni produttive e di consumo che sappiano inserirsi nel ciclo naturale, senza opporvisi, ma che piuttosto siano in grado di favorire il reimpiego dei materiali; da qui gli incentivi a utilizzare la bicicletta, i pannelli fotovoltaici e i sacchetti di tela piuttosto che elementi energivori e sul lungo periodo insostenibili come l'automobile, le centrali alimentate da fonti fossili e pertanto non rinnovabili, i sacchetti di plastica usa e getta.

---

[1] Per LDPE si intende polietilene a bassa densità
[2] Per HDPE si intende polietilene ad alta densità
[3] Per PP si intende il Polipropilene

Questa soluzione viene etichettata da alcuni come un'utopia, e in parte è comprensibile, ma vent'anni fa era considerato impossibile anche superare il 10-15% di raccolta differenziata, mentre oggi è scontato che si debba arrivare almeno a percentuali pari al 30-40%, e in taluni casi particolari persino livelli del 70-80% non sono irraggiungibili. Percentuali elevate di raccolta differenziata non solo sono auspicate, ma sono addirittura imposte dalle normative di riferimento, quindi non si tratta di possibilità ma di veri e propri obblighi a cui è necessario adempiere secondo tempistiche ben precise.

Quanto detto significa che, se non è possibile azzerare la produzione di rifiuti, è possibile arrivare a ridurne la quantità in modo significativo e abbassarne il potenziale nocivo. I processi per ottenere ciò sono sicuramente impegnativi, richiedono strategie molto più incisive della semplice e ormai riduttiva gestione del rifiuto a valle del cassonetto, si devono chiamare in causa tutte le fasi del ciclo di vita di un prodotto, dalla fase di produzione, alla logistica, alla distribuzione, alle scelte legate al discorso del *packaging*, al design, alla fase di consumo vera e propria, fino alla fase di smaltimento; inoltre, fattore fondamentale e imprescindibile per un risultato finale soddisfacente, è la necessità di coinvolgere nel processo gli utilizzatori finali del prodotto. I cittadini devono essere disposti a cambiare i loro stili di vita: a tal fine, si ritiene ormai parte integrante del processo la fase di coinvolgimento della popolazione, con campagne di sensibilizzazione e di informazione finalizzate a illustrare i vantaggi di uno

stile di vita sostenibile, le modalità per metterlo in pratica e la presentazione delle azioni messe in campo dalle pubbliche amministrazioni.

Le politiche dell'Unione Europea sono sempre più indirizzati a una gestione sostenibile dei rifiuti

A questo proposito è interessante sottolineare come le politiche dell'Unione Europea e i riferimenti normativi che essa fornisce siano sempre più indirizzati a una gestione sostenibile e rigorosa dei rifiuti, sia per quanto riguarda l'organizzazione della società, si pensi ad esempio al Testo Unico Ambientale (decreto legislativo 152 del 2006) che impone elevati traguardi di raccolta differenziata da raggiungere, sia a livello dei sistemi produttivi, ad esempio con l'introduzione della direttiva IPPC (*Integrated Pollution Prevention and Control*) secondo cui determinate attività industriali dell'Unione Europea devono adeguare la fase di gestione delle emissioni a determinati *standard,* con un'attenzione particolare anche alla tematica della gestione dei rifiuti.

Il problema dei rifiuti è quanto mai delicato in quanto talune opzioni di trattamento risultano essere a loro volta attività inquinanti, sicuramente non più di moltissime delle attività industriali presenti sul nostro territorio, e anzi addirittura trascurabili nel contesto degli impatti generati sull'ambiente nell'area urbana, ma questo è sufficiente a generare problemi legati al consenso e talvolta il rischio è che la tematica della gestione dei rifiuti venga strumentalizzata per altri scopi: i rifiuti e tutto ciò che ne consegue diventano cioè a seconda delle situazioni, un male da cui fuggire, un fallimento della politica, oppure un esempio virtuoso di capacità organizzativa, una cartina di tornasole della volontà di impegnarsi per mettere in pratica i principi

dello sviluppo sostenibile. Un esempio di questo possibile duplice approccio può essere quello dell'inceneritore: da alcuni viene descritto addirittura come una "macchina infernale" che semina morte e assorbe quantità ingenti di denaro, con vantaggi solo per una certa classe industriale, mentre per altri rappresenta una soluzione valida, che è in grado di risolvere molti problemi di gestione dei rifiuti, producendo addirittura energia.

Più della metà dei rifiuti vengono conferiti a discarica

Nonostante tutti gli sforzi messi per ora in campo dalle istituzioni, che per altro hanno già dato risultati molto soddisfacenti, purtroppo oggi ancora più della metà dei rifiuti che noi produciamo vengono conferiti a discarica, al punto tale che le discariche attualmente presenti non sono sufficienti: ai ritmi attuali di produzione, è necessaria una capacità di circa 20 milioni di t/anno per i solo rifiuti urbani, nonostante i consistenti progressi raggiunti dalla raccolta differenziata e le altre soluzioni messe in atto quali ad esempio il riciclaggio.

Non è questa la sede per affrontare nel dettaglio l'argomento, ma si vuole ricordare come il problema dei rifiuti vada adeguatamente gestito e risolto anche perché ormai non vi è più dubbio che rappresenti uno dei principali *business* dell'ecomafia, non solo per quanto riguarda le scorie industriali tossiche, ma per l'intera filiera.

Da quanto detto finora, risulta ovvio che non è ormai più possibile sottovalutare il problema dei rifiuti, e in quest'ottica è urgente prendere coscienza della situazione e agire di conseguenza, anche con le nostre

piccole scelte quotidiane quali ad esempio **l'abolizione del sacchetto di plastica usa e getta a favore della borsa riutilizzabile**: il fatto che si possa provare a **immaginare un futuro senza rifiuti** - ammesso che questa condizione sia attuabile – non può esimerci dal fare i conti con quelli che attualmente sono presenti sul nostro territorio.

## L'origine del problema dei rifiuti e il concetto di esternalità

Riutilizzare è meglio che gettare via

In passato il buon senso insegnava che riutilizzare è meglio che gettare via, anche per un vantaggio economico che ne deriva. Ma questo fatto, pur avendo un indiscusso fondamento anche a livello di riduzione degli impatti sull'ambiente, era tanto più facile da accettare e comprendere quando le merci erano poche e relativamente costose, mentre adesso, che le merci sono numerosissime, talvolta poco costose e il consumismo si è inserito nella quotidianità con prepotenza, risulta molto diffusa la pratica dell'usa e getta, soprattutto per talune categorie di beni.

Il problema legato alla filosofia dell'"usa e getta" e agli impatti sull'ambiente che ne derivano, non riguarda solo ed esclusivamente l'esaurimento delle risorse naturali, anche perché molte di esse sono rinnovabili, ma anche le altre fasi del ciclo di vita dei prodotti e

l'energia che essi richiedono, con un'attenzione particolare alla fase di dismissione.

Volendo concentrarsi sulla plastica - oggetto dell'analisi del presente documento – essa deriva dal petrolio, che è ormai ogni giorno più scarso e questo rappresenta un primo ordine di problemi. È anche vero però che dei 100 milioni di t/anno di petrolio greggio consumato in Italia, solo una minima frazione è destinata alla produzione di plastica, 42.000 t, meno dello 0,5% del totale. Gli impatti sull'ambiente diventano subito più ingenti e preoccupanti se si considerano anche le emissioni inquinanti generate nelle diverse fasi del ciclo di vita del prodotto (si pensi ad esempio alla fase di trasporto, che molto spesso risulta essere la più impattante tra tutte nel caso di merci che viaggiano per moltissimi chilometri, in quanto vengono prodotte in un luogo e utilizzate in territori da essi lontanissimi) e l'energia necessaria per renderli disponibili.

A tal proposito, come si vedrà in seguito, numerosi studi condotti con il metodo ***Life Cycle Assessment*** *(LCA)*, dimostrano con dati quantitativi e inconfutabili come sia più vantaggioso e meno impattante operare con il riciclo di alcuni materiali, ad esempio i metalli, la carta e la plastica, piuttosto che produrne di nuovi da risorse vergini, anche se, anche in questo contesto, la soluzione ottimale sarebbe poter azzerare la quantità di rifiuti (ad esempio optando per l'utilizzo di borse di tela per la spesa riutilizzabili molte volte piuttosto che scegliere borse di plastica o di materiali biodegradabili "usa e getta") in quanto i consumi energetici, le emissioni prodotte in atmosfera e i costi per effettuare

la raccolta differenziata e i trattamenti che ne conseguono sono talvolta rilevanti.

Dunque, **cerchiamo di abolire "l'usa e getta"** e i connessi problemi di smaltimento principalmente per il fatto che questo stile di vita appare sempre più legato al concetto di produzione di esternalità ambientali.

Proprio per l'importanza del concetto a supporto della tesi che in questo testo si vuole difendere, si ritiene utile approfondire la tematica delle **esternalità ambientali**, al fine di comprenderne origini e conseguenze.

Il termine esternalità non è stato coniato per trattare esplicitamente di questioni ambientali, ma è nato nella dottrina economica e si riferisce alla seguente situazione: un'esternalità è presente ogni qualvolta la relazione di utilità o produzione di un individuo A include una variabile non monetaria il cui valore è scelto da altri individui senza che questi ultimi nel loro processo decisionale prestino attenzione al benessere di A. Il decisore la cui attività influenza positivamente (o negativamente) il livello di utilità di altri agenti, non riceve compenso (o non effettua un pagamento) per l'effetto esterno causato.

Un'esternalità si verifica quindi ogni qualvolta un produttore o un consumatore influenzano il benessere di un altro produttore o consumatore senza che ciò si rifletta sui prezzi di mercato.

**A livello ambientale, un tipico caso di esternalità negativa è la produzione di inquinamento** in quanto nel processo inquinante sono soddisfatte la due condizioni principali sopra individuate:

1) **un'attività intrapresa da un agente provoca la perdita di benessere a un altro agente** (e questo è vero per un fenomeno di inquinamento);

2) **la perdita di benessere non viene compensata** (e anche questo fatto si verifica generalmente nel caso esaminato).

Nella maggior parte dei casi l'interferenza avviene da parte di un soggetto che genera inquinamento nei confronti della collettività, quindi non è facile individuare i soggetti coinvolti e il danno infertogli poiché esso è rappresentato dalla somma di differenti fattori che possono presentare reazioni di sinergia o di reciproco annullamento.

Se l'esternalità viene compensata dal soggetto che l'ha generata si parla di internalizzazione; in seguito al verificarsi di un procedimento di internalizzazione, viene prodotto un duplice effetto:

1) il soggetto che ha generato l'esternalità si assume l'intero costo di produzione, comprensivo dei costi rigettati sulla collettività;

2) si riduce la produzione del bene limitando di conseguenza anche i danni.

Sul piano formale l'esternalità può essere rappresentata come nella fig.1.

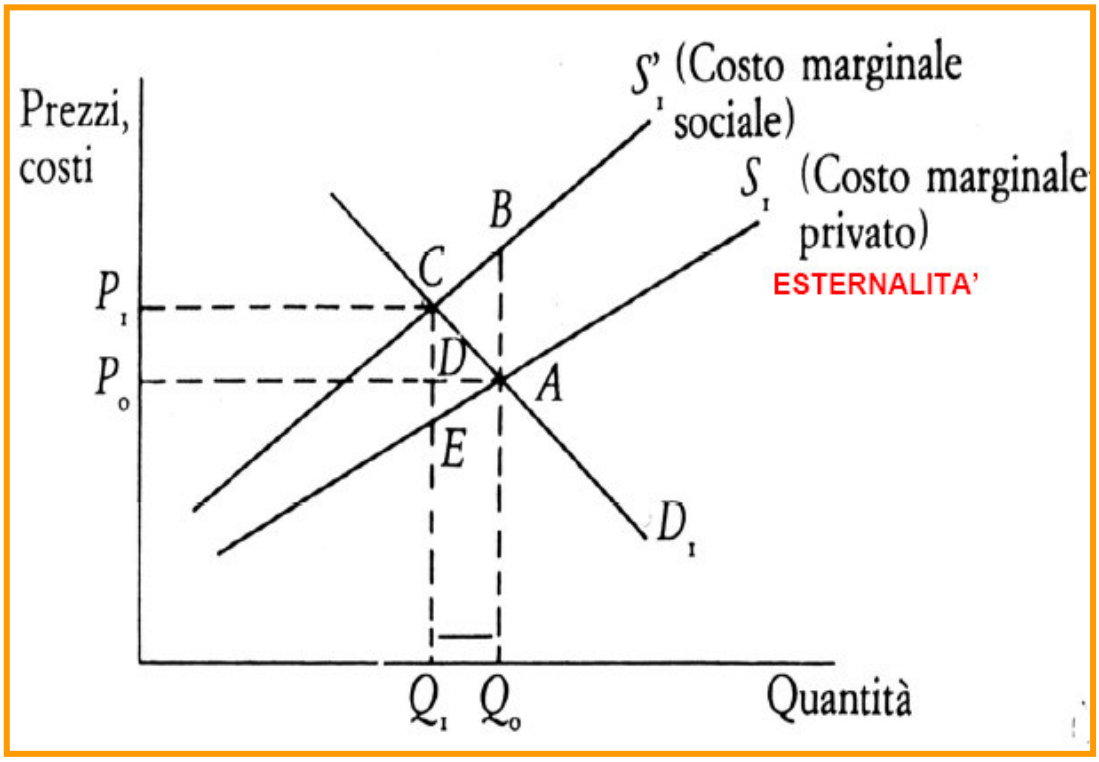


Fig.1 Esternalità (Bresso, 1997)

La curva S rappresenta il costo marginale privato dell'impresa e la curva S' il costo marginale sociale; tra le due curve la distanza tende a crescere perché i danni ambientali crescono in modo più che proporzionale al crescere della produzione. La distanza tra le due curve rappresenta il costo esterno di quell'attività, la parte cioè di costi che l'impresa non si assume e trasferisce sulla collettività. L'intersezione tra la curva di domanda e quella del costo marginale privato indica costo e prezzo di vendita ($P_0$) e quantità prodotta e venduta ($Q_0$). In quel punto l'esternalità sarà pari ad AB e il costo totale per la collettività sarà $BQ_0$.

Se l'impresa deve sostenere l'intero costo della propria produzione, essa sarà costretta ad accollarsi tutto il costo esterno, incorporandolo nei propri costi di produzione. Ma un aumento del costo di produzione porterà presumibilmente a un aumento del prezzo di vendita del bene, la cui entità dipende dalla possibilità per l'impresa di trasferire i costi maggiori sui prezzi. La traslazione sarà tanto maggiore quanto è minore l'elasticità della domanda. Nel caso illustrato in Fig.1 il nuovo equilibrio si stabilisce in un punto (C) in cui il prezzo è leggermente maggiore ($P_1$) e la quantità scambiata minore ($Q_1$).

Esempi tipici di esternalità ambientali sono l'emissione di fumi, gli scarichi inquinati, l'abbandono di rifiuti, la distruzione di specie rare

Per quanto riguarda le esternalità ambientali che interessano in questo contesto, esse derivano dall'utilizzo dell'ambiente come risorsa e fonte di servizi diretti e indiretti; esempi tipici di esternalità ambientali sono l'emissione di fumi, gli scarichi inquinati, l'abbandono di rifiuti, la distruzione di specie rare. Purtroppo, per quanto riguarda i casi di produzione di inquinamento, spesso non è possibile definire dettagliatamente i soggetti danneggiati, che sono una molteplicità e che subiscono il danno come accumulo di una serie di fattori inquinanti, e le sorgenti specifiche di danno, che anch'esse sono spesso numerose e di diversa natura. In questi casi è quindi necessario un intervento che sappia ridurre il danno inferto, in quanto non è possibile prevedere la compensazione diretta.

Tornando quindi alla necessità di **abbandonare dove possibile la pratica dell'usa e getta e di diminuire la produzione di rifiuti,** si può affermare che oggi il vero collo di bottiglia, il fattore limitante del processo, non è

rappresentato dalla scarsità delle materie prime, pur essendo questo un elemento da tenere in considerazione, **ma dalla capacità limitata dell'ambiente di ricevere e metabolizzare gli scarti del nostro processo di produzione e di consumo**, caratteristica che prende il nome di **resilienza**.

Il termine resilienza indica la capacità di un sistema di mantenere la propria struttura ed i propri modelli di comportamento di fronte a disturbi esterni, cioè la sua capacità di adattarsi ai cambiamenti; è da intendersi come una qualità intrinseca al sistema stesso, grazie alla quale viene assicurato il suo funzionamento dinamico. Il concetto di resilienza viene sottolineato soprattutto nelle discipline inerenti l'ecologia del paesaggio, ma il suo significato abbraccia un campo certamente più ampio. Parlare di resilienza riferendosi all'ambiente significa portare l'attenzione verso il funzionamento dei sistemi che lo compongono, funzionamento necessario per il mantenimento o il ripristino degli equilibri in seguito a pressioni o shock esterni.

La figura che segue vuole fornire una spiegazione del concetto di resilienza ambientale di un sistema.

La resilienza è la capacità di un sistema di mantenere la propria struttura e i propri modelli di comportamento di fronte a disturbi esterni, cioè la sua capacità di adattarsi ai cambiamenti

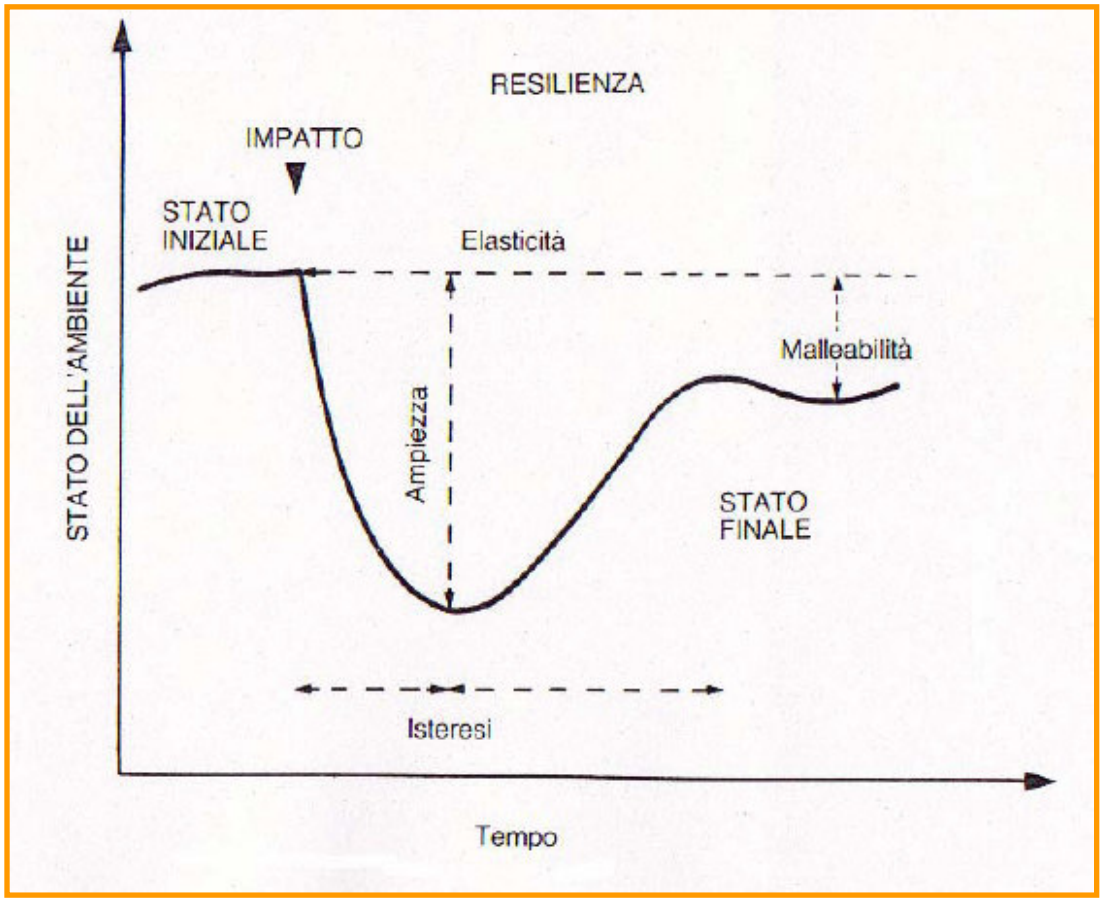


Fig. 2 La curva di resilienza ambientale

Come già detto, la curva rappresenta la resilienza di un sistema; gli elementi che caratterizzano questa grandezza sono:

- l'elasticità;
- l'ampiezza della risposta;
- l'isteresi;
- la malleabilità.

La capacità del sistema di tornare in più o meno tempo allo stato iniziale è definita elasticità. L'ampiezza

della risposta alla pressione esterna, senza giungere al collasso del sistema, misura il limite di assorbimento oltre il quale non vi è più possibilità di ritornare allo stato iniziale, mentre il tempo con il quale si produce la modificazione iniziale e la successiva fase di recupero è rilevato dall'isteresi che descrive l'andamento asimmetrico della curva. Infine, dopo la fase di recupero, è possibile rilevare la differenza tra la condizione iniziale e la situazione nella quale si arriva alla stabilizzazione del sistema: tale capacità è definita malleabilità.

Il concetto di resilienza trova però la sua applicazione anche nelle discipline economiche, dove il mantenimento dell'equilibrio deve essere perseguito tenendo conto di due fattori fondamentali: le tecnologie disponibili ed il capitale naturale che costituisce la materia prima.

Il nodo attorno al quale si discute al fine di definire la resilienza di un sistema è quindi l'individuazione della soglia critica oltre la quale non vi è più capacità di sopportare nuove pressioni di origine antropica e tale limite definisce la criticità del sistema. Individuare i punti di criticità o di non sostenibilità del sistema significa quindi evidenziare la vicinanza alla soglia di degrado irreversibile.

A proposito della necessità di diminuire la produzione di rifiuti, anche per questioni economiche oltre che ambientali, è interessante pensare che se "i rifiuti potessero volare fino al deserto del Sahara, ci sarebbero probabilmente spazi pressoché infiniti. Ma per portarli fin là, dovremmo sostenere costi proibitivi, almeno se confrontati con altre opzioni che oggi sono

praticabili come il recupero di materiali ed energia" (Antonio Massarutto, 2009)[4]. Questo aneddoto vuole testimoniare come la problematica dei rifiuti non riguarda solo fattori legati alla necessità di reperire grandi spazi dove accumularli, ma anche legati ai costi di gestione che talvolta sono ingenti.

Trent'anni fa circa, quando la discarica costava 5€/t, nessuna alternativa poteva economicamente competere, ma oggi che il costo può arrivare a 150 €/t o anche di più alto nel caso di rifiuti pericolosi, conviene pensare seriamente a soluzioni alternative, anche perché a questa cifra vanno aggiunte le esternalità ambientali, che, come detto, rappresentano un costo per la società.

È dunque inesatto, e può essere fuorviante, sostenere che i rifiuti siano una risorsa. Possono trasformarsi in risorsa una volta che esistono, ma il principio di fondo verso il quale dobbiamo indirizzarci è quello secondo cui se ne deve produrre il meno possibile.

Interessante a questo proposito è prendere in considerazione il pensiero di Guido Viale, il quale afferma che, nel momento in cui sono stabiliti regole e limiti per lo smaltimento dei rifiuti, essi divengono un bene, una merce, e come tutte le merci hanno un valore. Però, in coerenza con il fatto che i rifiuti sono e rimangono comunque un problema, essi presentano una caratteristica peculiare: il prezzo, a differenza di tutti gli altri prodotti in commercio, non viene pagato

[4] Questo al di là di ogni discorso legato alla salvaguardia del paesaggio e dell'ecosistema del deserto che andrebbero però ovviamente presi in considerazione (*ndr*).

da chi la merce la fornisce, ma da chi è disposto a riceverla e occuparsene; **il prezzo attribuito a una certa quantità di rifiuti viene quindi definito in base alla somma di denaro che viene pagata a chi si offre di prenderli in carico**. In quest'ottica, quante più qualità negative presenta il rifiuto – pericolosità, tossicità – e tanto più è difficoltosa e costosa la fase di smaltimento o recupero, tanto più sarà alto il prezzo da pagare. Si assiste quindi a un capovolgimento dei classici principi che regolano la circolazione delle merci: la fase di trasferimento da un possessore a un altro avviene con una transizione di denaro che va da colui che cede a colui che riceve; chi prende in consegna il rifiuto è quindi pagato per tenerlo, conservarlo ed eventualmente gestirlo, il tutto secondo le indicazioni fornite dalle normative in materia. «Si tratta di una grottesca caricatura dell'economia moderna» (Guido Viale, 2008). In realtà il paradosso sarebbe risolvibile se lo scambio delle merci avvenisse a fronte di un prezzo capace di tenere in conto e di incorporare non solo i costi di produzione, di trasporto, di distribuzione, di imballaggio, di rivendita, di fattori quali ad esempio la pubblicità e di tutti quegli altri elementi che permettono al consumatore di ottenere un prodotto finito, ma anche i costi delle fasi di trattamento e di smaltimento che sono necessarie per la gestione del fine vita del prodotto, secondo un processo, che come già detto, viene definito internalizzazione dei costi. Senza questa operazione che prevede di attribuire un costo alle merci tale per cui in esso vengano contemplati anche le spese relative alla gestione dei

rifiuti che da quel prodotto derivano, si scarica sulle collettività presenti e future un onere enorme. In definitiva, il problema dei rifiuti rappresenta nel modo più vistoso possibile il concetto già introdotto di esternalità negativa che sta alla base dell'intero sistema di produzione e trasferimento delle merci, celandone il vero costo e quindi il vero prezzo di mercato, nella completa violazione del principio «chi inquina paga», che viene invece imposto dalla normativa europea.

A partire dagli anni Settanta del secolo scorso l'aumento incontenibile delle merci, l'incremento del loro grado di usurabilità in funzione della sempre maggiore diffusione dell'usa e getta, la diffusione del benessere e delle abitudini proprie di una società dei consumi, rendono la problematica ingente e le politiche fino a quel momento adottate, del tutto insostenibili. I governi e l'opinione pubblica iniziano a preoccuparsi, soprattutto per quanto riguarda la tutela della salute dei cittadini e la scarsità delle risorse naturali. La preoccupazione per la salute dei cittadini riguarda dapprima le discariche, che, secondo un'indagine condotta dall'Unione Europea, sono una fonte di sostanze altamente cancerogene, di diossina nonché di metano, uno dei principali gas serra responsabili del cambiamento climatico; inoltre, studi epidemiologici hanno rinvenuto tassi più elevati di difetti di nascita nelle famiglie residenti in prossimità di discariche. L'alternativa classica alle discariche è costituita dagli inceneritori, ma anch'essi si rivelano essere pericolosi per la salute e dannosi per l'ambiente, soprattutto a causa delle sostanze altamente tossiche che vengono

prodotte durante il processo di combustione. Nonostante i notevoli miglioramenti tecnologici introdotti, gli inceneritori più moderni definiti gassificatori e termovalorizzatori restano comunque impianti pericolosi per coloro che vivono in prossimità e in parte dannsi per l'ambiente circostante. Negli anni Novanta si affermano quindi i concetti di riutilizzo e riciclo dei rifiuti, che diventano l'obiettivo principale della gestione dei rifiuti, non solo dal punto di vista strettamente ambientale, ma anche economico e addirittura sociale.

Si delinea nella seconda metà degli anni Novanta, una nuova politica, detta ***Zero Waste*** (rifiuti zero) che costituisce il punto di arrivo di una complessa riflessione e di un cambiamento radicale delle abitudini e delle convinzioni, che coinvolge tutti i campi della società, dalla sfera sociale a quella tecnologica, a quella economica: «l'obiettivo da perseguire non deve essere la ricerca di un nuovo modo di riciclare ma un **radicale cambiamento di prospettiva** a partire dalla produzione di merci, adottando il quale, e perseguendo le politiche appropriate, qualsiasi paese europeo può divenire entro un breve periodo un paese senza rifiuti» (Robin Murray, 1999). Questo significa in pratica che il problema dei rifiuti, come suggerito anche da Unione Europea e OECD, va affrontato alla radice, intervenendo cioè sui prodotti che generano i rifiuti, sui modi di produzione, distribuzione e consumo che stanno a monte della fase finale del ciclo di vita di un prodotto. La politica del *Zero Waste* impone quindi che si cerchi di azzerare alla fonte la produzione, il commercio e l'utilizzo

La politica *Zero Waste* impone che si cerchi di azzerare la produzione, il commercio e l'utilizzo di tutte quelle merci destinate a trasformarsi in breve tempo in rifiuto, ad esempio i prodotti usa e getta

di tutte quelle merci che sono destinate e trasformarsi in breve tempo in rifiuto, ad esempio i prodotti usa e getta. A questo proposito, interessante è rilevare che secondo una stima di Guido Viale, il 40% dei rifiuti urbani e addirittura il 70% del loro volume complessivo è costituito da imballaggi spesso superflui, mentre almeno il 10% è formato da prodotti usa e getta, che, contro ogni razionalità, sono preferiti dai consumatori a prodotti che sono in grado di fornire le stesse prestazioni con costi talmente inferiori e soprattutto con problematiche ambientali decisamente ridotte.

## Scelte di consumo quotidiane

La domanda a cui si vuole cercare di dare una risposta è la seguente: **meglio i sacchetti di plastica, di carta, di materiali biodegradabili o i sacchetti di tela che non sono usa e getta?** La risposta non è così banale, in quanto per affermare la sostenibilità o meno di un materiale è necessario ragionare in ottica di ciclo di vita, secondo la quale vanno prese in considerazione tutte le fasi della sua esistenza e il consumo di risorse e gli impatti che sono ascrivibili a ciascun *step* produttivo, dalla produzione, con le emissioni che ne derivano, alla fase di utilizzo, fino a quella di smaltimento, con un'attenzione particolare alle possibili fasi di riciclaggio e riutilizzo.

Una cosa che è certa, è che anche il materiale delle borse con cui quotidianamente facciamo la spesa si

porta dietro scelte che pesano molto sulla sostenibilità degli stili di vita di ciascuno e pertanto è bene saper fornire informazioni tecniche adeguate: dalle conoscenze scientifiche che via via si acquisiscono derivano infatti scelte individuali e provvedimenti politici sulla questione, come quello che presto entrerà in vigore in Italia e che vieterà l'uso dei sacchetti di plastica.

La situazione italiana vede l'utilizzo **ogni anno di circa 4 miliardi di sacchetti, equivalenti a 300.000 tonnellate di plastica, derivata da 430.000 tonnellate di petrolio con l'emissione in atmosfera di circa 200.000 tonnellate di anidride carbonica.** Vista la quantità veramente ingente di plastica utilizzata e gli enormi problemi ambientali che ne derivano, la finanziaria ha previsto di sostituire le buste di plastica con altri materiali biodegradabili di origine nazionale e in quest'ottica si sta assistendo alla promozione delle borse di tela.

Un'alternativa anche molto valida ai sacchetti di plastica sono i **sacchetti di carta**, anche se in Italia sono ancora poco diffusi per la spesa. Gli studi portati a termine sull'intero ciclo di vita dei sacchetti di carta dimostrano che la **carta è preferibile alla plastica**, innanzitutto per la facilità di produrre sacchi partendo da carta riciclata: **la carta è riciclabile completamente e in maniera molto semplice**, proviene da una fonte che è di tipo rinnovabile e considerando la fase di smaltimento, in discarica i tempi della sua decomposizione sono una frazione esigua di quelli della plastica mentre la combustione porta a

emissioni che sono decisamente ordini di grandezza minori che per la plastica.

È quindi chiaro come sia necessario ormai impegnarsi per incentivare l'uso di soluzioni alternative al classico *shopper* di plastica, coinvolgendo in questo anche i supermercati, in modo che **si privilegi l'utilizzo di borse di stoffa portate da casa, oppure di carta o di altri materiali biodegradabili** fornite direttamente dal negoziante.

**In Italia ogni anno si utilizzano circa**

**4 miliardi di sacchetti di plastica**

**equivalenti a 300.000 tonnellate di plastica**

**derivata da 430.000 tonnellate di petrolio**

**con l'emissione in atmosfera di circa 200.000 tonnellate di anidride carbonica**

## Le bioplastiche

I materiali polimerici di sintesi, noti anche con il nome di plastiche, svolgono oggi un ruolo fondamentale per la produzione di una vasta gamma di articoli di largo consumo e la ragione della loro diffusione va ricercata nelle loro elevate prestazioni e nei bassi costi di produzione. A tal proposito si pensi che **circa il 40% dei materiali polimerici oggi prodotto è utilizzato per ottenere imballaggi** e la tendenza all'espansione è in crescita, soprattutto se vengono considerate anche le potenzialità dei paesi in via di sviluppo (Massimo Centemero).

Attualmente il consumo di plastica pro-capite si attesta intorno ai 10 kg l'anno, con la previsione di raggiungere i 100 kg entro fine secolo. Una recente pubblicazione della società di consulenza britannica PCI Film Consulting, nell'edizione 2006 dello studio "The European Flexible Packaging Market", effettua una dettagliata analisi sul mercato europeo degli imballaggi flessibili (film di polietilene, poliestere e polipropilene) utilizzati nel *packaging* e *coverting*. Dal documento emerge che nel 2005 il mercato dell'imballaggio in Europa Occidentale ha registrato una crescita del fatturato pari a circa un punto percentuale, raggiungendo un valore di 9,29 miliardi di euro e le

Il consumo di plastica pro-capite si attesta intorno ai 10 kg l'anno, con la previsione di raggiungere i 100 kg entro fine secolo

esportazioni di imballaggi fuori all'Europa sono cresciute a 707 milioni di euro (7% della produzione totale).

L'utilizzo di materie plastiche però, pur avendo degli indiscussi vantaggi, risulta non essere più sostenibile nel lungo periodo. A tal proposito, negli ultimi tempi, la crescente attenzione verso gli impatti ambientali generati dagli imballaggi, che si è anche configurata in una serie di provvedimenti normativi, le problematiche sempre più crescenti legate alla gestione dei rifiuti ed infine la prospettiva di una crescita mondiale dei consumi e del costo delle fonti non rinnovabili, stanno spingendo sempre più l'industria della plastica verso la realizzazione di nuovi sistemi e processi produttivi per ottenere polimeri non più da processi di sintesi bensì dall'utilizzo di materiali biologici in grado di degradarsi in modo naturale nell'ambiente, le cosiddette bioplastiche.

Il processo di sostituzione è però molto lungo e difficoltoso: nel 2003 in Europa il mercato delle plastiche (incentrato principalmente sul consumo di imballaggi) derivate da petrolio superava i 40 milioni di tonnellate annue (con un tasso di crescita del 4- 5%), mentre quello delle bioplastiche possedeva una quota di sole 35-40.000 t/anno mentre nel 2001 addirittura non superava neppure le 25.000 t. Le potenzialità di crescita del settore risultano comunque molto elevate e la previsione è che in Europa saranno utilizzate fino ad 1 milione di t di bioplastiche nell'anno corrente per arrivare addirittura a 5 milioni nel 2020.

La European Bioplastics Association, l'associazione europea dei produttori di polimeri biodegradabili, ha

stimato che per le bioplastiche il mercato potenziale europeo si aggira intorno a 4 milioni di tonnellate, vale a dire il 10% dei consumi continentali di materie plastiche, con dei conseguenti vantaggi in termini di riduzione degli impatti negativi sull'ambiente decisamente rilevanti. Anche per quanto riguarda i costi di produzione ci sono stati negli anni degli sviluppi positivi: da recenti studi infatti pare che nel 2005 i costi dello zucchero e dell'amido (materie prime per la produzione di bioplastiche), siano stati inferiori a quelli delle materie prime di origine petrolchimica; inoltre, poiché in questi ultimi anni anche è cresciuto il numero dei produttori di plastiche di origine naturale, ne è derivata una maggiore concorrenza che porterà nel tempo ad ulteriori diminuzioni nei costi di produzione.

Attualmente sul mercato si trovano **polimeri naturali** oppure modificati, detti **biopolimeri sintetici**. I primi derivano da materiali di origine vegetale e quindi rinnovabili come:

- l'amido di mais (ad esempio il Mater-bi®, prodotto dalla Novamont), e di patate;
- l'acido polilattico ottenuto dalla fermentazione degli zuccheri;
- i poliidrossialcanolati (PIA), cioè macromolecole sintetizzate da particolari batteri
- la cellulosa e i suoi polimeri.

I biopolimeri sintetici sono invece di origine sintetica e derivano da alcuni poliesteri, da alcune poliesteriammidi e da alcol polivinilico.

Esistono numerosi grandi produttori di plastiche biodegradabili quali, ad esempio, la BASF in Germania, la Nature-Works negli Stati Uniti, la Novamont in Italia. Le applicazioni delle bioplastiche riguardano diversi settori; sul mercato, infatti, si trovano sacchetti, imballaggi, pneumatici, componenti per l'interno delle automobili, protesi biomedicali, vasetti per piante, supporti per il lento rilascio di feromoni o fertilizzanti e teli per la pacciamatura per quanto riguarda il settore agricolo.

Gli imballaggi ottenuti dalle bioplastiche hanno l'interessante prerogativa di essere biodegradati in elementi con peso molecolare inferiore grazie ad agenti fisici e chimici la cui azione combinata, insieme a quella di microrganismi esistenti in natura, consente di produrre anidride carbonica e acqua oppure anidride, acqua, metano e biomassa cellulare.

Tra i processi attualmente più adatti alla gestione post consumo delle bioplastiche, il compostaggio rappresenta sicuramente la soluzione migliore.

Unitamente agli aspetti di riduzione dello scarto organico da avviare a discarica, l'ingresso degli imballaggi biodegradabili nel comparto del compostaggio permette di ottenere un prodotto finito di qualità (si ha infatti una rilevante diminuzione della frazione di inerti indesiderati) e parallelamente di contenere il quantitativo di sovvallo in uscita dall'impianto, il cui destino rimane quello oneroso della discarica. Nella fattispecie, l'attività di standardizzazione italiana ha prodotto una serie di norme (UNI 10785:1999, UNI EN 13432:2002) che specificano le caratteristiche di compostabilità degli

imballaggi realizzati con bioplastiche (biodegradabilità, disintegrabilità, qualità del compost).

D'altra parte, gli imballaggi moderni sono spesso a base di materiali non rinnovabili (plastiche). Anche quando sono riciclabili, per esempio alluminio, vengono riciclati solo in parte e spesso in modo poco efficiente. Inoltre, siccome costano poco, tendiamo a usarli in misura maggiore di quanto non sia necessario: questo è quello che si chiama fenomeno dell'"'iperimballaggio", dell'utilizzo cioè esagerato e ingiustificato di materiali di imballaggio. Questa situazione porta a sostenere costi elevati, a produrre una grande quantità rifiuti e a problemi di dispersione degli imballaggi nell'ambiente: si pensi a tal proposito ai danni provocati dai sacchetti del supermercato abbandonati nell'ambiente, ad esempio nei boschi o in mare.

Per evitare queste problematiche, si vorrebbe idealmente che gli imballaggi scomparissero rapidamente dopo l'uso: per questo motivo si cercano soluzioni quali ad esempio **imballaggi che siano biodegradabili e compostabili**, due proprietà tra loro strettamente correlate. Ma non basta che l'imballaggio "scompaia dalla vista" dopo l'uso, bisogna che sia compatibile con un uso corretto delle risorse. Anche un polimero di sintesi come il polietilene è compostabile e biodegradabile, se si attende il tempo necessario, che generalmente è rappresentato da un certo numero di anni. Il vero problema è che il polietilene si crea a partire da risorse finite ed esauribili e dalla sua decomposizione si generano gas serra che vanno a incrementare il riscaldamento globale: quello di cui

abbiamo bisogno è di imballaggi che non siano soltanto biodegradabili e compostabili ma sostenibili nel lungo periodo. Per un materiale da imballaggio quale ad esempio un sacchetto per la spesa essere sostenibile vuol dire permettere di chiudere il ciclo di vita del prodotto medesimo partendo da materie prime di tipo rinnovabile e, a durata utile ultimata, poter essere completamente o quasi riciclato con impatti negativi sull'ambiente pressoché nulli.

Le bioplastiche sono sostenibili?

Proprio da questa esigenza di chiusura dei cicli nasce l'idea dei polimeri creati a partire da materiali di origine biologica. Questo concetto si esprime anche con il termine "bioplastiche". In linea di principio, questi polimeri sono sostenibili, in quanto sono il risultato di un processo sostenibile, capace cioè di permettere la chiusura del ciclo del materiale attraverso il riciclo del prodotto. Nella pratica, però, **è possibile considerare il MaterBi® e le altre bioplastiche presenti sul mercato veramente sostenibili?** Ovvero, permettono veramente di chiudere il ciclo produttivo senza generare impatti negativi sull'ambiente?

In generale, **un prodotto si può considerare sostenibile a due condizioni:**

a) che nella produzione vengano utilizzati esclusivamente materiali sostenibili, ovvero riciclabili;

b) che l'energia utilizzata per la produzione sia esclusivamente di origine rinnovabile.

È il cosiddetto principio "*cradle to cradle*", ovvero "dalla culla alla culla", termine che si riferisce appunto

ad un processo ciclico nel quale un prodotto a fine vita viene riciclato per diventare *imput* di un processo produttivo dal quale deriverà un nuovo prodotto utilizzabile e così via. Per verificare quali prodotti si possono definire sostenibili, sono state sviluppate alcune metodologie e certificazioni; una delle certificazioni più stringenti oggi disponibile è la cosiddetta "C2C" (*cradle to cradle*) sviluppata dalla società MBDC (McDonough Braungart Design Chemistry).

A sostegno della tesi secondo cui anche le plastiche vegetali presentano alcune problematiche ambientali, si riscontra che attualmente nella lista dei prodotti certificati dalla MBDC non è presente nessuna bioplastica e la ragione principale di questo fatto è principalmente legata al fatto che esse derivano dai prodotti di un'agricoltura che non è a sua volta sostenibile: come vedremo meglio di seguito, nel caso del MaterBi, per esempio, la coltivazione del mais richiede grandi quantità di combustibili fossili sotto varie forme.

## La valutazione degli impatti: metodologia *Life Cycle Assessment*

Entrando nel merito della quantificazione degli impatti di un certo processo o materiale, è necessario introdurre la metodologia LCA.

La metodologia LCA (*Life Cycle Assessment*) è una tecnica oggettiva di valutazione ambientale che permette di identificare e quantificare i potenziali carichi energetici e gli impatti ambientali di un sistema o di un processo attraverso la misura sistematica di tutti gli scambi fisici con l'ambiente, attraverso l'identificazione dei flussi in entrata (energia, materiali e risorse) e in uscita (rifiuti ed emissioni nell'ambiente) lungo tutto il ciclo di vita.

È una metodologia relativamente recente, ma che si sta affermando sempre più come strumento di valutazione fondamentale in diversi e svariati settori, da quello delle costruzioni, a quello dei prodotti alimentari, fino alle applicazioni industriali.

È stata introdotta a livello europeo dalla normativa ISO14040 (datata anno 2006, in sostituzione alla precedente del 1997), all'interno della quale è possibile trovare tutti i dettagli e le informazioni necessarie relative alle modalità di applicazione.

La metodologia LCA non è solo uno strumento di valutazione ambientale, ma **rappresenta un nuovo approccio alla questione energetica e ambientale**, si tratta infatti di un metodo che mira alla valutazione energetico-ambientale di un prodotto in tutte le sue fasi di vita, dalla culla alla tomba, dall'estrazione cioè delle materie prime fino alla fase di smaltimento finale: proprio in questo sta l'innovazione, nel **prendere in considerazione tutti gli impatti che sono legati alla produzione di un bene o di un servizio, non solo quelli legati alla fase di utilizzo o di produzione.**

Operativamente quindi effettuare un'analisi LCA significa andare a indagare tutte le fasi di vita di un prodotto e fornire per ciascuna di esse una caratterizzazione attraverso la quantificazione degli impatti e dei consumi energetici correlati.

In particolare le fasi da prendere in considerazione sono le seguenti:

- estrazione delle materie prime per produrre il bene;
- trasformazione e trattamento delle materie prime;
- fabbricazione del bene;
- fase di trasporto;
- fase di distribuzione;
- uso e manutenzione;
- eventuale riuso;
- eventuale riciclo;
- smaltimento finale.

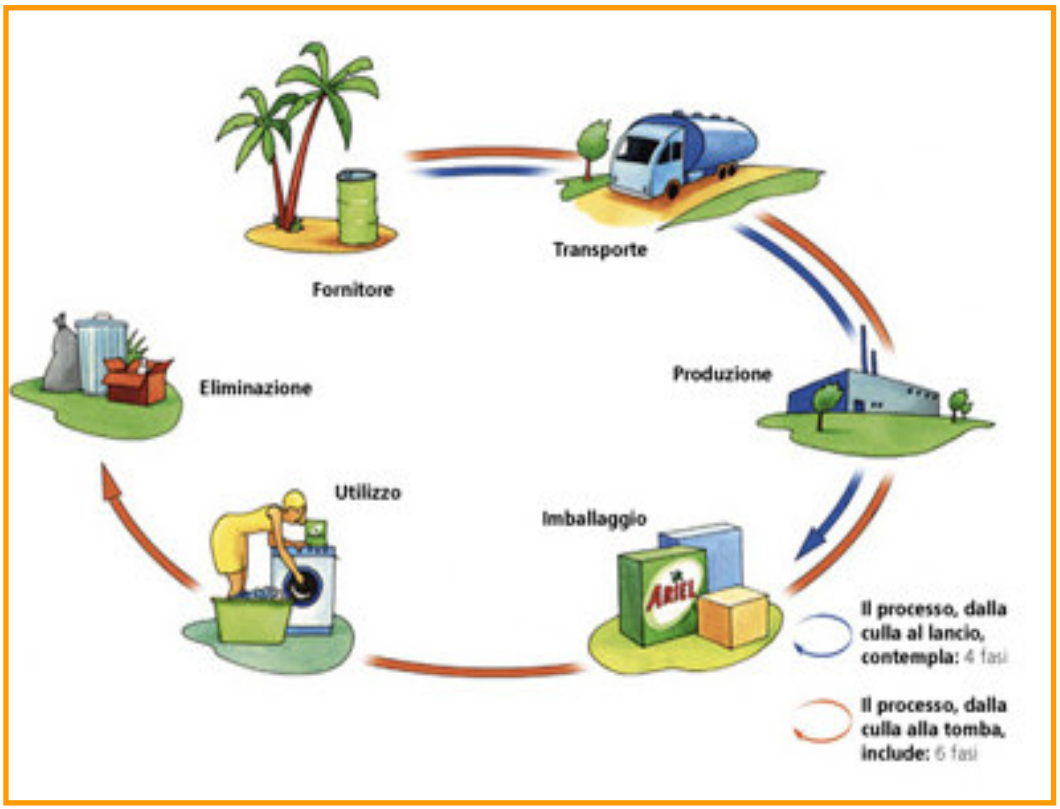


Fig.3 Esempio di ciclo di vita di un prodotto

Le tematiche relative allo sviluppo sostenibile che possono essere affrontate con un approccio LCA sono molteplici, e sono ascrivibili a queste tre macrocategorie:

- conservazione delle risorse naturali;
- inquinamento delle componenti ambientali (quali ad esempio aria, acqua e suolo);
- gestione dei rifiuti.

La tecnica è basata sulla costruzione di un modello in cui le fasi del ciclo di vita sono rappresentate da unità

di processo, interconnesse tra di loro da flussi di prodotti, energia e materiali; in pratica, una ad una le unità di processo sono analizzate ed integrate con le unità a monte e a valle nel processo produttivo, secondo un procedimento che prevede di risalire la filiera produttiva a ritroso fino alla miniera e quindi di discendere nuovamente la filiera stessa fino a quando i rifiuti non fanno ritorno nell'ecosistema. Tali unità di processo sono a loro volta connesse con l'ecosistema dal quale prelevano le risorse naturali e nel quale rilasciano le sostanze indesiderate.

La metodologia LCA è costituita da più *steps* che si susseguono in ordine cronologico:

1) Fase di definizione degli obiettivi (*Goal and scope definition*), per definire gli obiettivi e le finalità dello studio, nonché l'unità funzionale a cui riferire i risultati: è la fase iniziale, in cui sono definite le finalità ed il campo di applicazione, l'unità funzionale e i confini dello studio LCA. Tale fase determina quindi tutta l'impostazione di uno studio LCA, descrive il sistema oggetto dello studio e determina le categorie di dati da reperire, le assunzioni ed i limiti.

2) Fase di inventario del ciclo di vita *(Life Cycle Inventory analysis – LCI)*, in cui viene fornita una descrizione dettagliata delle materie prime e dell'energia in ingresso al sistema oggetto dell'analisi, nonché degli *outputs* in termini di emissioni in aria, acqua, suolo e rifiuti

prodotti; comprende la fase di raccolta dei dati e dei procedimenti di calcolo, che consentono di quantificare i flussi in entrata e in uscita di un sistema di prodotto. È sicuramente la fase più importante in uno studio LCA: si ottiene in questo momento la costruzione di un modello del sistema reale esaminato e ciò consente di determinare gli input e gli output fisici in funzione degli obiettivi dello studio. Per tale ragione questa fase viene solitamente supportata da software e banche dati dedicate.

3) Fase di valutazione degli impatti (*Life Cycle Impact Assessment - LCIA*), mirata alla valutazione dell'importanza e del significato dei potenziali impatti ambientali generati dal sistema oggetto dello studio; è la fase di elaborazione dei risultati dell'inventario acquisiti, con lo scopo di valutare la portata dei potenziali impatti ambientali e quindi di evidenziare l'entità delle modificazioni ambientali che si generano a seguito dei rilasci nell'ambiente (emissioni o reflui) e del consumo di risorse provocati dall'attività produttiva.

4) Fasi di interpretazione e miglioramento (*Life Cycle Interpretation)* in cui i risultati ottenuti nelle fasi precedenti sono analizzati alla luce degli obiettivi prefissati al fine di raggiungere ipotesi di miglioramento e raccomandazioni di carattere ambientale. È la

fase conclusiva di valutazione del ciclo di vita, nella quale i risultati ottenuti nell'analisi d'inventario e nella valutazione degli impatti sono combinati coerentemente con l'obiettivo prestabilito e lo scopo da raggiungere. La fase di interpretazione ha lo scopo di ricavare conclusioni e raccomandazioni necessarie a ridurre l'impatto ambientale dei processi o delle attività considerati, valutandoli in maniera iterativa con la stessa metodologia.

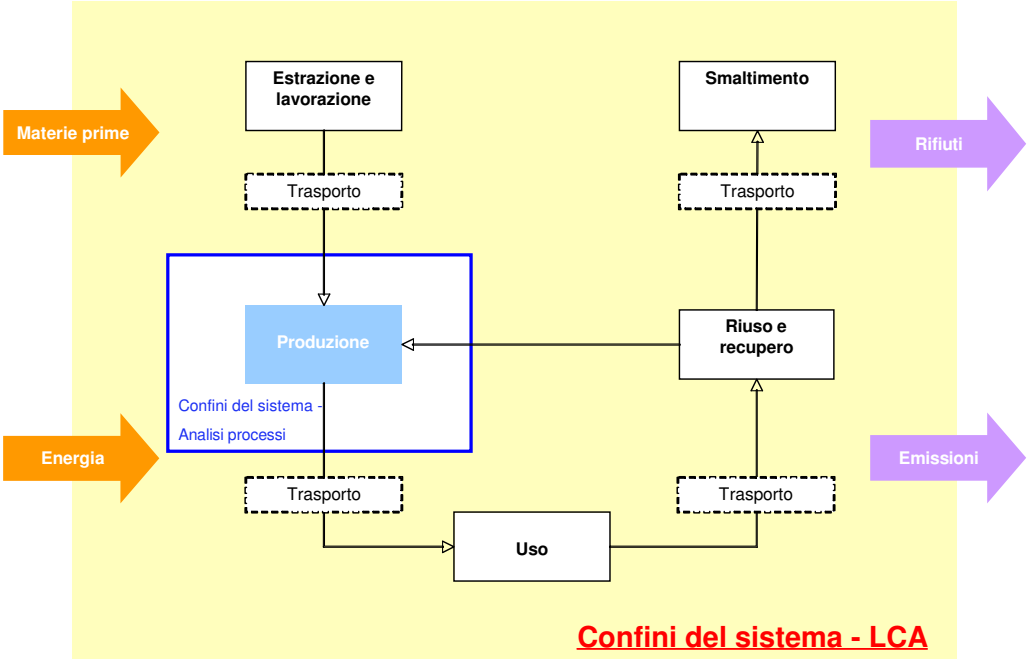


Fig.4 Confini di un sistema produttivo e LCA

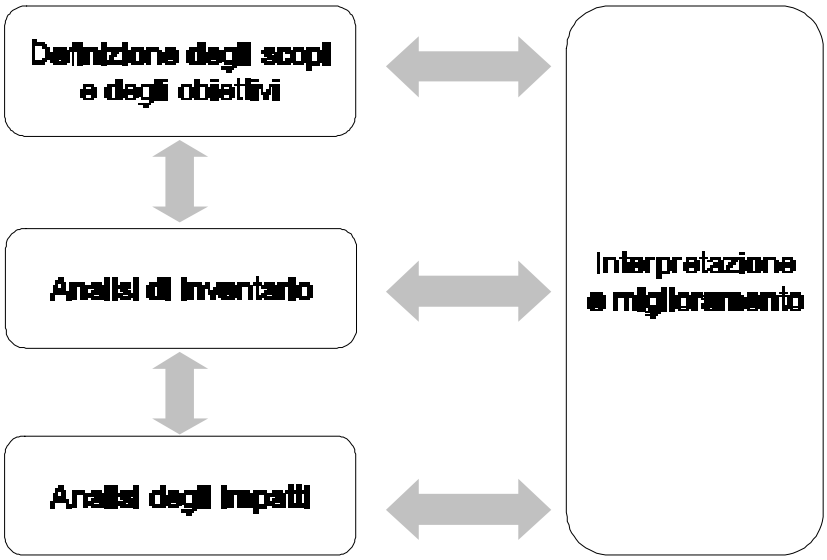


Fig.5 Schema operativo LCA
(fonte: elaborazione da UNI EN ISO 14040)

Come detto, passaggio fondamentale della metodologia è quello della quantificazione degli impatti; al fine di poter ottenere dei risultati che siano confrontabili a livello globale e che sappiano fornire un'indicazione diretta di quanto effettivamente una certa fase impatta sull'ambiente circostante, sono state individuate delle categorie di impatto *standard* da prendere in considerazione ogni qualvolta si voglia eseguire un'analisi LCA e per ciascuna di esse è stato individuato un indicatore di riferimento da utilizzare: per ogni materiale o processo analizzato si avranno quindi delle valutazioni numeriche espresse nelle diverse unità di misura definite per ciascun indicatore che quantificano quanto quella determinata fase va a contribuire nei confronti dell'impatto preso in considerazione di volta in volta.

Nella tabella che segue si riportano le categorie di impatto da prendere in considerazione, gli indicatori da utilizzare a riferimento (detti anche fattore di caratterizzazione) e una breve descrizione del fenomeno che è legato all'impatto considerato, nonché un'indicazione della scala dell'impatto medesimo.

| Categoria di impatto | Fattore di caratterizzazione | Descrizione del fenomeno | Scala dell'effetto |
|---|---|---|---|
| Effetto serra | **GWP**<br>Global Warning Potential<br>(kg di $CO_2$ equivalente) | L'effetto serra è un fenomeno dovuto all'incremento della temperatura atmosferica legato al massiccio aumento dei principali gas serra, quali $CO_2$ e vapore acqueo. I gas serra generano problemi ambientali in quanto sono in grado di assorbire una quota parte della radiazione infrarossa emessa dalla terra, fattore che contribuisce al riscaldamento globale del pianeta e ai conseguenti cambiamenti climatici. | Globale |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Assottigliamento della fascia d'ozono | **ODP** (kg $CFC_{11}$ equivalenti) | L'ozono è il gas che caratterizza la stratosfera e ha la funzione di schermare la Terra dai raggi ultravioletti del sole; i CFC (Cloro – Fluoro – Carburi) intaccano le molecole di ozono e con il passare del tempo hanno creato il ben noto "buco dell'ozono". Le maggiori conseguenze legate a questo problema riguardano soprattutto la salute dell'uomo in quanto provoca carcinomi, riduzione funzionalità del sistema immunitario etc. | Globale |
| Acidificazione | **AP** (kg di $SO_2$ equivalenti) | Il problema dell'acidificazione consiste nell'abbassamento del PH di laghi, fiumi, foreste, suoli. È un fenomeno che genera pesanti conseguenze per l'uomo e per l'ambiente naturale; le principali responsabili sono le emissioni provenienti dalla combustione di combustibili fossili, e in particolare di quelli a base di zolfo. | Regionale |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Eutrofizzazione | **NP**<br>(kg di $NO_3^-$ odi $PO_4^-$equivalenti) | Il massiccio apporto di sostanze come il fosforo e l'azoto (contenuti negli scarichi urbani e nei fertilizzanti) provoca un abbassamento del tenore di ossigeno nei suoli e nelle acque superficiali con conseguenze ambientali indesiderate e talvolta gravi quali appunto l'eutrofizzazione. In particolare nei bacini lacustri l'effetto risulta evidente per via della formazione di alghe in elevato numero. | Regionale |
| Formazione di smog fotochimico | **POCP**<br>(kg di etilene $C_2H_4$ equivalente) | Il fenomeno della formazione di smog fotochimico è causato dalla presenza di idrocarburi incombusti e di ossidi di azoto all'interno dei fumi di combustione del petrolio e derivati. Essi, reagendo tra loro in presenza della radiazione solare, producono ozono, che è ovviamente nocivo per l'uomo, e contribuiscono alla formazione di smog fotochimico. | Regionale |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Consumo di energia e materiali | **GER**[5]<br>Gross Energy Requirement (MJ)<br>**materiali** (kg) | Il fenomeno del consumo di energia all'interno di un processo va monitorato attentamente, prendendo in considerazione tutti i fattori che contribuiscono ad ottenere il GER.<br>I materiali da analizzare sono quelli impiegati per la realizzazione del prodotto o servizio. In particolare, le risorse vengono suddivise in rinnovabili (aria, acqua, suolo), e non rinnovabili (risorse minerarie, territorio); inoltre il loro consumo corrente annuo viene confrontato con quello delle riserve totali accreditate. | Locale |

[5] Per la valutazione degli impatti energetici, viene appunto utilizzato l'indicatore GER: *Gross Energy Requirement*. Esso rappresenta la somma di varie componenti in ottica di ciclo di vita:

1) l'energia diretta, che è quella direttamente consumata dagli operatori per alimentare i processi in oggetto, come ad esempio l'energia elettrica consumata in stabilimento;
2) l'energia *feedstock,* che rappresenta la quota di energia contenuta nei materiali in input impiegati nel processo come tali e non come combustibili. Questa quota risulta di notevole importanza quando si ha a che fare con materiali di scarto potenzialmente combustibili;
3) l'energia indiretta, che è l'energia necessaria per produrre l'energia diretta più quella di *feedstock;*
4) l'energia dei trasporti, che rappresenta la quota di energia associata al combustibile utilizzato direttamente dai trasporti coinvolti.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Tossicità per l'uomo e per l'ambiente | **Indicatori** (variabili da caso a caso) | Il fenomeno riguarda la tossicità per l'uomo e per l'ambiente che può derivare dal processo, sotto forma ad esempio di rilascio di sostanze con queste caratteristiche nell'ambiente. Poiché la risposta a determinati stimoli può essere molto diversa da organismo ad organismo e i diversi contributi possono sommarsi o elidersi a vicenda, risulta complicato quantificare l'effetto complessivo su ciascun organismo o ecosistema coinvolto. | Locale/Regionale |

Tab.1 Impatti e indicatori per un'analisi LCA

## Applicazione della metodologia *Life Cycle Assessment*

Scopo del presente documento è, come già detto, quello di cercare di capire quale sia effettivamente la soluzione migliore per quanto riguarda i sacchetti da

utilizzare per la spesa e di arrivare a definire la sostenibilità o meno di opzioni quali ad esempio l'uso di sacchetti di plastica vegetale.

A tal fine si è effettuato inizialmente uno studio LCA applicato a due tipologie di materiali di uso comune e di cui interessa in questa sede confrontare il livello di sostenibilità nel lungo periodo: **i sacchetti in plastica e quelli in polimeri biodegradabili[6].**

Il risultato che si è ottenuto è un confronto delle *performance* dei due materiali in termini di quantificazione degli impatti; a tal proposito si fa presente che il risultato è da considerare come globale, riferito cioè all'intero ciclo di vita (per ottenere il quale sono state però prese in considerazione tutte le fasi necessarie per produrre quel materiale, dall'estrazione delle materie prime al trasporto, in coerenza con quelli che sono i principi fondamentali dell'analisi LCA).

L'elaborazione è stata portata a termine attraverso l'utilizzo del *software* SimaPro 7.1, realizzato dalla Prè Consultants BV e comunemente impiegato per l'analisi degli impatti ambientali causati da prodotti e servizi. In particolare, all'interno del programma sono presenti e direttamente utilizzabili una serie banche dati internazionali (quali ad esempio Ecoinvent, Buwal 250 etc..) contenenti il profilo energetico-ambientale di numerosi prodotti e processi di uso comune.

L'unità funzionale di riferimento utilizzata nel caso specifico è 1 kg di materiale, i confronti non sono cioè

[6] Per polimeri biodegradabili si intendono materie plastiche degradabili per effetto di micro-organismi naturali, come funghi, batteri o alghe.

riferiti al singolo sacchetto, ma appunto al kg di materiale utilizzato.

I risultati ottenuti derivano dalle informazioni desunte dalla fase di inventario secondo due classi di indicatori:

1) in termini di caratterizzazione: i risultati sono presentati in termini di impatti disaggregati, dando nel caso specifico risalto all'effetto serra attraverso l'utilizzo dell'indicatore *Global Warning Potential* (GWP), in quanto ritenuto dalla comunità scientifica di estremo interesse (fig. 6);

2) in termini di pesatura e raggruppamento attraverso il metodo *Ecoindicator 99*, il quale permette di avere una più ampia visione in merito ai vari aspetti ambientali; in particolare gli impatti sono calcolati prendendo in considerazione i contributi forniti a tre categorie di danno: la salute umana, la qualità dell'ecosistema e il consumo di risorse (fig. 7).

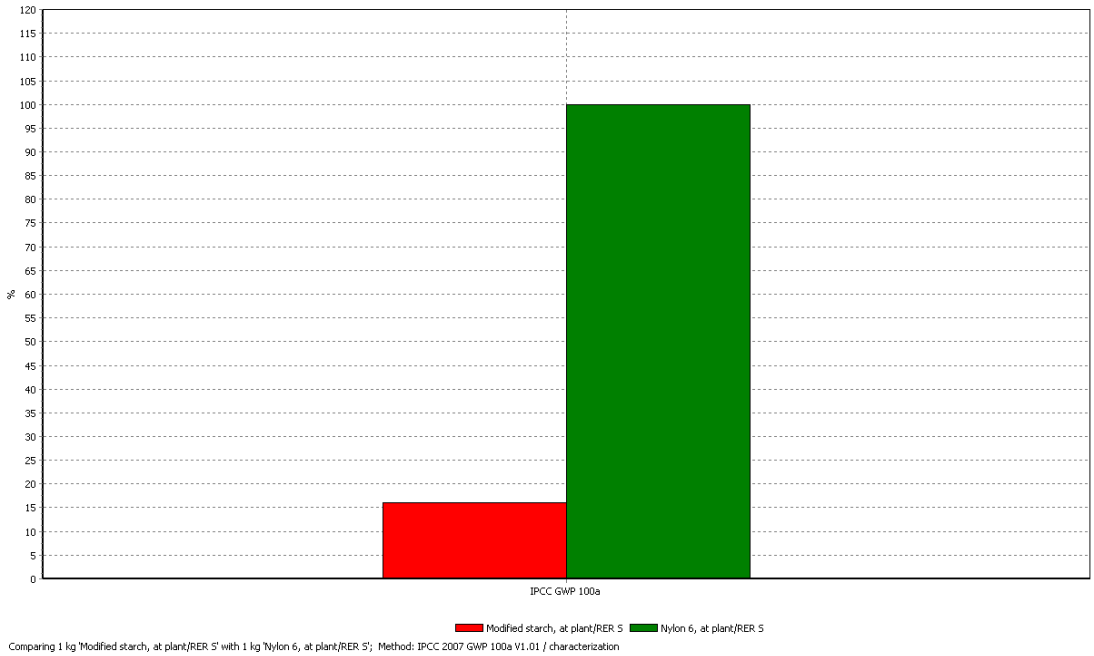


Fig.6 Emissioni di gas serra ($CO_2$)
dei due materiali presi in considerazione

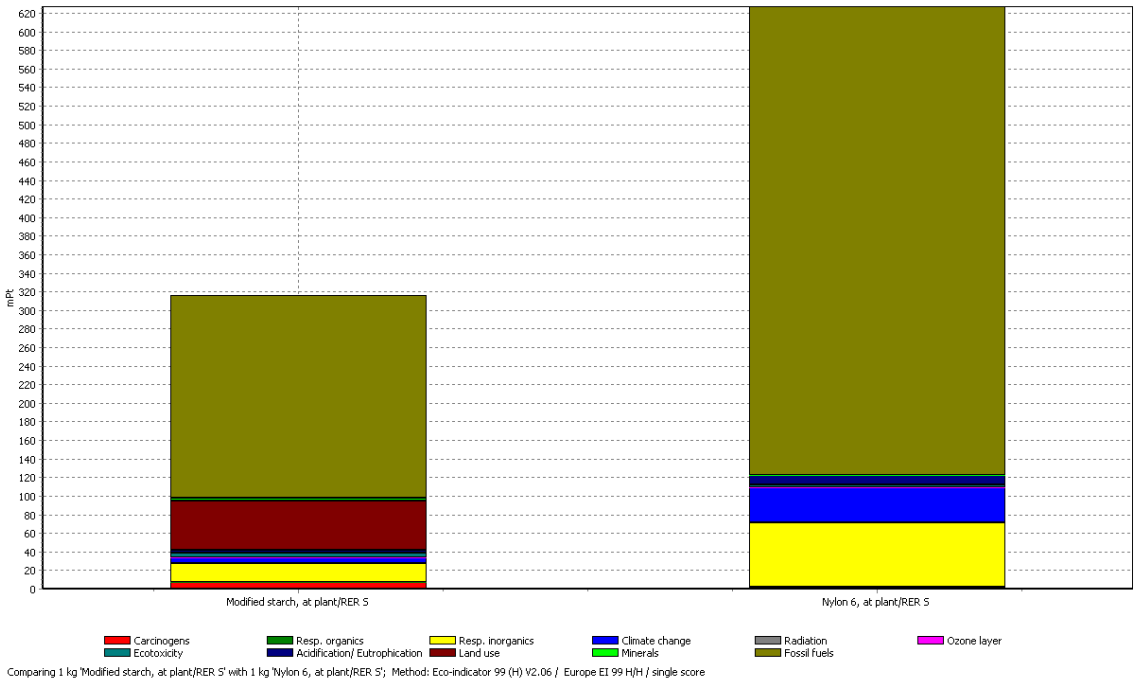


Fig.7 Valutazione degli impatti ambientali
secondo i diversi indicatori

Per quanto riguarda il primo grafico, in esso viene quantificato, come detto**, l'indicatore GWP**: si sono cioè quantificate per i due materiali le emissioni di gas serra in termini di produzione di kg di anidride carbonica equivalente al termine del ciclo di vita.

Come si evince dalla lettura dei valori percentuali, la **produzione di $CO_2$ è nettamente superiore per quanto riguarda la plastica (in verde), con un valore del 100% rispetto al solo 15% per il materiale biodegradabile (in rosso):** questo significa che per ogni kg di nylon prodotto vengono generati 100 kg di $CO_2$ contro i soli 15 per una quantità pari di materia biodegradabile.

Per ogni kg di nylon prodotto vengono generati 100 kg di $CO_2$

Il secondo grafico, invece, rappresenta il contributo ai diversi impatti normati per entrambi i materiali. Come si evince dal grafico, a consuntivo sono decisamente **maggiori gli impatti generati dal nylon** (a destra), anche se per alcuni indicatori la situazione risulta sfavorevole per il materiale biodegradabile (a sinistra), come ad esempio per il consumo di suolo: questo a testimonianza che anche i materiali biodegradabili generano impatti sull'ambiente e pertanto l'uso non deve essere indiscriminato.

I risultati mostrati derivano da una nostra elaborazione e come detto, forniscono interessanti indicazioni su quali siano gli impatti generati sull'ambiente dai due diversi materiali; al fine però di indagare meglio il discorso, si riportano anche i risultati di uno studio (*Evaluation study of environmental impacts of paper and plastic carrier bags*, Procelpac e Sacs Papier de France, 2008) all'interno del quale è

possibile analizzare gli impatti ascrivibili alle diverse fasi. Si sottolinea che però in questo caso il confronto è tra sacchetti di plastica e di carta, al fine di prendere in considerazione tutte le diverse soluzioni.

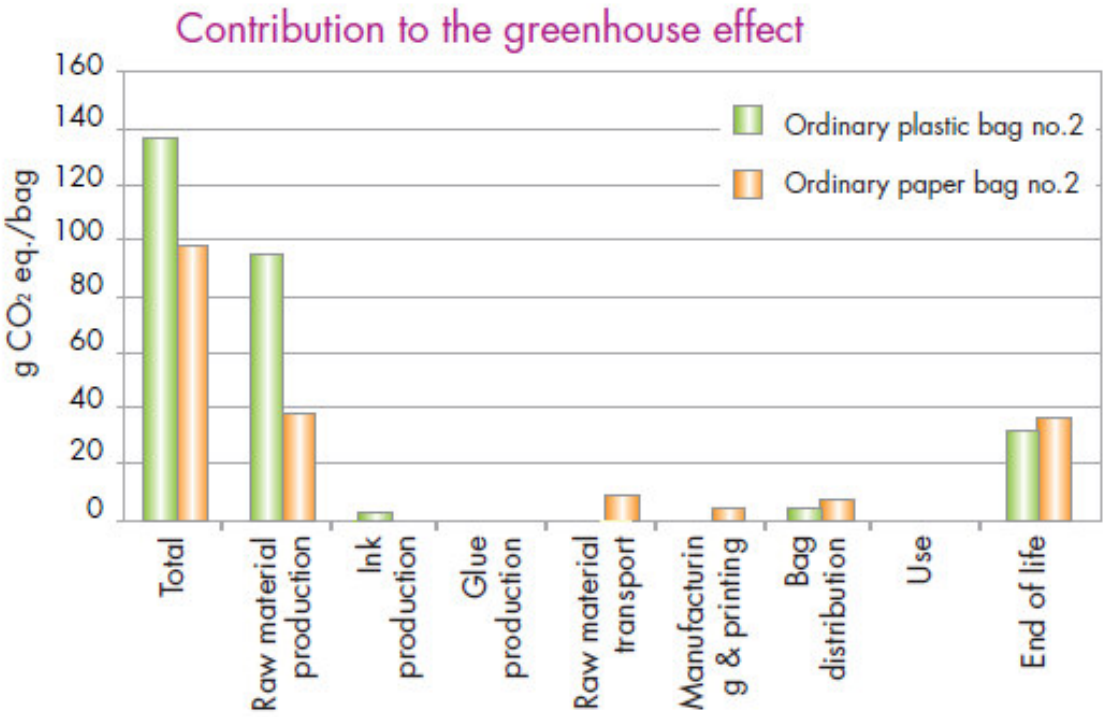


Fig.8 Valutazione degli impatti ambientali per le varie fasi

Il grafico mostra il contributo che i due sacchetti (uno di plastica in verde e uno di carta in giallo) forniscono all'effetto serra in termini di produzione di g di $CO_2$ equivalente, presentando i valori disaggregati fase per fase: come si evince dalla figura, il risultato globale è a favore della carta, che nel complesso risulta generare impatti minori; per quanto riguarda le singole

fasi, si può affermare che quelle più incidenti a livello di produzione di gas serra sono quelle relative all'estrazione di materie prime e alla fase finale del ciclo di vita, mentre ad esempio nel caso specifico è poco impattante la fase di trasporto. Anche se, come già detto, il confronto è a favore dell'utilizzo di sacchetti di carta, anche in questo secondo caso gli impatti non sono nulli a riprova del fatto che anche l'utilizzo di sacchetti di carta usa e getta è un'abitudine che incide sull'ambiente.

Si riporta di seguito una tabella che illustra l'andamento di tutti gli indicatori calcolati e che rileva quali situazioni sono a favore di un materiale o dell'altro.

Global results**

| | Plastic | Paper | Plastic | Paper | Plastic | Paper | Plastic | Paper |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | luxury | | ordinary 1 | | ordinary 2 | | small | |
| Non-renewable energy in MJ/bag | 5,3 | - 58 % | 6,5 | - 70 % | 3,3 | - 50 % | 1,5 | - 48 % |
| Consumption of water in l/bag | 3,6 | + 66 % | 1,1 | + 490 % | 0,7 | + 759 % | 0,3 | + 630 % |
| Greenhouse effect g $CO_2$ eq/bag | 284 | - 54 % | 280 | - 61 % | 137 | - 28 % | 63 | - 32 % |
| Acidification g H+ eq/bag | 0,037 | - 18 % | 0,034 | - 15 % | 0,018 | + 39 % | 0,009 | + 29 % |
| Photochemical oxidants g $C_2H_4$ eq/bag | 0,23 | - 28 % | 0,25 | - 39 % | 0,17 | - 26 % | 0,07 | - 9 % |
| Eutrophication g $PO_4$ eq/bag | 0,062 | + 62 % | 0,032 | + 174 % | 0,008 | + 628 % | 0,007 | + 485 % |
| Non-hazardous end waste kg/bag | 0,092 | - 50 % | 0,097 | - 60 % | 0,050 | - 31 % | 0,022 | - 38 % |
| Risk to the environment due to discarding | moyen | faible | moyen | faible | moyen | faible | moyen | faible |

difference considered as not significant — result favourable to paper — result unfavourable to paper

Fig.9 Confronto degli impatti ambientali secondo i diversi indicatori

## Gli impatti legati all'utilizzo del materiale Mater-bi®

Nel paragrafo precedente si è visto come i sacchetti in polimeri biodegradabili, pur avendo delle *performance* ambientali ed energetiche migliori di quelli di plastica e carta, sono anch'essi generatori di pressioni sull'ambiente, in termini ad esempio di consumo di suolo.

Al fine di indagare meglio il comportamento delle bioplastiche, si intende ora analizzare nel dettaglio quali siano gli impatti legati all'utilizzo di un particolare tipo di bioplastica, il materiale Mater-bi®: lo scopo finale dell'analisi è valutare la sostenibilità o meno di questi materiali di origine naturale.

Prima di procedere con questa valutazione, è bene fare un'introduzione al fine di capire esattamente di che cosa si tratti e quali siano le caratteristiche peculiari di questo materiale. Il Mater-bi® è un materiale biologico che deriva dal mais ed è prodotto dall'azienda Novamont S.p.A.[7]; l'azienda in particolare produce e commercializza il Mater-bi®, che è una famiglia di materiali termoplastici contenenti materie prime rinnovabili e che hanno diverse applicazioni nel campo della raccolta dei rifiuti, dell'igiene, dell'agricoltura, del *catering* e dell'imballaggio.

I prodotti e le tecnologie di Novamont sono protetti da più di 50 famiglie brevettali estese nei principali paesi.

[7] La Novamont S.p.A. è un'azienda italiana nata nel 1989 come centro di ricerca con il compito di sviluppare nuovi prodotti e nuove tecnologie utilizzando materie prime rinnovabili di origine vegetale.

Novamont produce il Mater-bi® nel suo stabilimento di Terni, dove ha una capacità produttiva di 20.000 t/a.

Nell'ottica dell'impegno nei confronti dell'ambiente, l'azienda si è certificata ISO14001 e ISO9001. **Il Mater-bi® viene descritto da fonti ufficiali (www.mater-bi) come un materiale biodegradabile e compostabile.** Si riportano qui di seguito alcune informazioni aggiuntive relative a queste due caratteristiche.

Tab.2 Caratteristiche di biodegradabilità e compostabilità (fonte: www.materbi.com)

| Caratteristica | Descrizione |
|---|---|
| **Biodegradabilità** | La biodegradabilità è la caratteristica delle sostanze e dei materiali naturali di essere assimilati dai microrganismi e di essere così immessi nei cicli naturali. È, in effetti, un concetto familiare a tutti. I materiali organici naturali, giunti al suolo, tendono progressivamente a decomporsi, a sparire.<br>Questo fenomeno è molto importante per l'ambiente che deve liberarsi dai rifiuti e dalle scorie per far posto alla nuova vita. Gli alberi, le piante, le alghe, ossia tutti gli organismi fotosintetici, grazie al "motore", il sole, fonte inesauribile di energia, assumono anidride carbonica dall'atmosfera e la utilizzano per sintetizzare i zuccheri e tutte le altre numerosissime sostanze presenti in natura. Tramite la catena alimentare, il flusso di sostanze e di energia passa dalle piante agli erbivori e da questi ai carnivori.<br>Questo meccanismo si interromperebbe velocemente, però, se non esistesse la possibilità inversa, cioè quella che permette di liberare anidride carbonica a partire dalla materia organica. Quindi il processo di biodegradazione ha, nell'equilibrio naturale, pari utilità del processo inverso di fotosintesi di cui rappresenta l'esito e nello stesso tempo la partenza.<br>Ruolo importante nella biodegradazione è quello dei microrganismi che, presenti in qualunque ambiente, si nutrono dei rifiuti organici. La materia organica viene così ritrasformata in anidride carbonica con la chiusura del ciclo naturale. |

| | |
|---|---|
| **Compostabilità** | Il compostaggio è la trasformazione dei rifiuti organici in compost ottenuta in impianti appositi che garantiscono la corretta gestione del processo. Tuttavia il compostaggio si basa su un fenomeno spontaneo. E' forse capitato a qualcuno di vedere, in campagna, cumuli di materiale organico (rifiuti, escrementi, segatura, trucioli di legno, etc.) produrre calore ed esalare vapore, come se fosse in atto una combustione senza fiamma. In realtà il materiale non brucia, anche se il fenomeno che è alla base dello sviluppo di calore non è poi così differente dalla combustione. Un cumulo di rifiuti organici è appetibile per i microrganismi normalmente presenti nell'ambiente. Se il tenore di acqua è sufficientemente alto, i microrganismi cominciano a consumare le sostanze nutritive, ossia a degradare le molecole organiche, producendo anidride carbonica, acqua e calore (biodegradazione). Alla fine del processo il rifiuto iniziale si è trasformato in una sostanza, chiamata compost, che assume l'odore e l'aspetto del suolo fertile ed è sanitizzato e stabilizzato in quanto privo di microbi patogeni e di materiale putrescibile. Negli impianti di compostaggio questo fenomeno è controllato ed ottimizzato allo scopo di raggiungere alte velocità di conversione, controllo degli effluenti e controllo della qualità del compost finale.<br>Il compostaggio viene da taluni interpretato come la soluzione per la frazione organica dei rifiuti urbani. Il trattamento della frazione organica dei rifiuti solidi urbani (detta anche "frazione umida") mediante compostaggio presenta aspetti estremamente positivi. Materiali quali gli avanzi alimentari, gli scarti di cucina, gli sfalci erbosi, i rifiuti delle mense, dei ristoranti, etc. sono ricchi d'acqua e velocemente putrescibili. Non sono quindi adatti al recupero di energia mediante incenerimento, perché alcune quantità di calore devono essere sprecate per evaporare l'acqua invece che per produrre elettricità. In discarica i materiali organici umidi sono inoltre fonte di grosse problematiche ambientali, quali la produzione di metano e la possibile contaminazione di falde acquifere con percolati contaminati. Viceversa la produzione di compost e il suo impiego in agricoltura rappresenta la chiusura del ciclo ambientale interrotto dall'urbanizzazione, dallo spopolamento delle campagne, dall'adozione di pratiche agricole intensive basate sull'utilizzo di fertilizzanti inorganici al posto del concime di una volta. Il materiale organico, allontanato dai campi per arrivare ai nostri supermercati, torna al luogo di origine sotto forma di compost, ossia sostanza adatta a mantenere la fertilità, prevenire l'erosione dei suoli, diminuire il dilavamento dei fertilizzanti inorganici, ostacolare l'insorgenza di microrganismi patogeni per le piante, tanto per citare alcuni degli aspetti positivi riscontrati nell'applicazione del compost. |

Definito ciò che si intende per materiale compostabile, è interessante indagare qual è il rapporto tra questo fattore e le materie bioplastiche: attualmente il compostaggio è applicato su rifiuti selezionati, contenenti cioè solo materiale organico biodegradabile e le plastiche tradizionali sono bandite perché non adatte alla degradazione e causa di contaminazione. Viceversa, le plastiche biodegradabili sono ammesse al compostaggio, ma solo se rispondono ai criteri stabiliti dalle norme che definiscono i materiali compostabili; il compostaggio di materiali non compatibili è avvenuto in passato, in assenza di regole e a causa della mancanza di definizioni e di metodi di prova normati, e questo fatto ha creato molti danni, specie nella fiducia degli utenti e dei tecnici responsabili degli impianti di compostaggio. Ora non è più possibile grazie all'introduzione della norma europea EN13432. Un aspetto particolare da prendere in considerazione nella valutazione delle performance del Mater-bi®, è l'impegno dell'azienda ad utilizzare tecnologie per la produzione di bioplastica in grado di ridurre l'emissione di gas serra. Grazie all'uso di materie prime rinnovabili di origine agricola, alle proprietà di biodegradazione e compostabilità di diverse applicazioni, alle particolari prestazioni garantite rispetto ai materiali tradizionali, si ottengono decisamente miglioramenti nelle prestazioni e nelle *performance* ambientali del prodotto finale. Si pensi ad esempio ai sacchetti in Mater-Bi®: la produzione di un sacchetto in Mater-Bi® a paragone con uno di plastica di pari peso, consente di ridurre

l'emissione di anidride carbonica di un valore pari almeno al 30%.

## LCA dei sacchetti in Mater-bi ®

Al fine di definire o meno la sostenibilità di una soluzione quale l'utilizzo di sacchetti per la spesa in materiale Mater-bi® piuttosto che altre soluzioni, siano esse il ricorso a sacchetti anch'essi usa e getta ma di carta oppure plastica, oppure optare per la soluzione di riutilizzare più volte sacchi ad esempio di tela, è bene concentrarsi su quelli che sono gli impatti e i consumi in termini di risorse ed energia del Mater-bi® stesso. Il crescente interesse nei confronti delle tematiche ambientali e in particolare degli interventi finalizzati a contrastare i cambiamenti climatici prodotti dalle emissioni dei gas a effetto serra, stanno creando un nuovo mercato di prodotti e servizi realmente eco-compatibili.

Chiave per l'affermazione di questo nuovo parametro economico e produttivo è l'adozione di una serie di strumenti di misura, controllo e verifica delle prestazioni ambientali.

In questo senso la Novamont ha da sempre avuto un ruolo propositivo nella definizione e promozione dell'LCA (*Life Cycle Analysis*), e più recentemente anche dell'EPD (*Environmental Product Declaration*), fattori considerati strategici per la verifica della reale utilità

ambientale associata all'uso dei polimeri plastici biodegradabili. L'impatto ambientale provocato dalla produzione e smaltimento di sacchi in Mater-Bi®, utilizzati dalle famiglie per la raccolta del rifiuto organico, è stato valutato attraverso l'analisi del ciclo di vita prendendo come riferimento sacchi di carta e di polietilene. La valutazione comprende tutte le fasi del ciclo di vita, dalle materie prime alla produzione, fino allo smaltimento del prodotto. Si sottolinea a questo proposito che le analisi che seguono sono da considerarsi ufficiali, in quanto portate avanti direttamente dall'azienda produttrice e rese pubbliche (sono scaricabili dal sito www.materbi.com).

## FASI DELLA CATENA PRODUTTIVA E CONTENUTI DEL SISTEMA

Il primo punto dell'analisi ha riguardato la valutazione delle diverse fasi che costituiscono la catena produttiva delle varie tipologie di sacchetti, al fine di poterne poi in una fase successiva definire gli impatti sul sistema ambientale. Come è richiesto dalla normativa relativa all'LCA, l'analisi deve essere effettuata dalla "culla alla tomba", e pertanto in essa verranno incluse le materie prime utilizzate (legno per i sacchetti in carta, petrolio, mais e soya per quelli in mater-bi® e petrolio per quelli in plastica) e le loro fasi di lavorazione, fino alla fase di fine vita, che a seconda dei casi sarà il compostaggio oppure l'incenerimento.

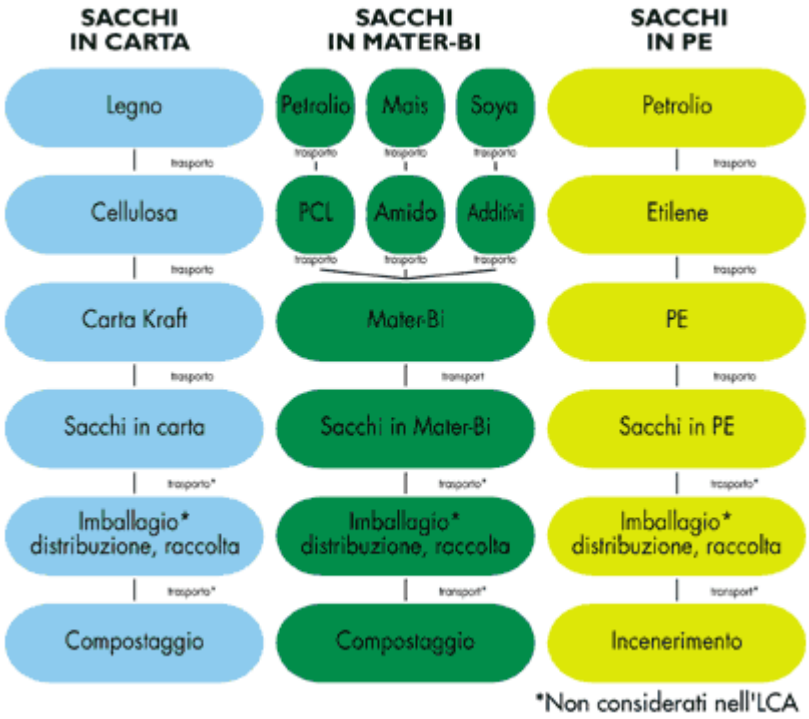


Fig.10 Flusso produttivo per i diversi materiali
(Fonte: www.materbi.com)

In particolare, per scelta dell'azienda, non verranno analizzate la fase di imballaggio, di distribuzione e di raccolta, anche se esse sicuramente hanno un forte impatto. A tal proposito l'analisi prende in considerazione sacchi mater-bi® utilizzati e smaltiti nel territorio italiano mentre ad esempio per quanto riguarda la carta, il riferimento è la Svizzera, pertanto anche i prodotti di riferimento sono stati selezionati in base a quelli attualmente in vendita presso la grande distribuzione svizzera.

Proprio perché, come si vede dalla tabella che segue, le tre categorie di sacchetti e le materie prime hanno paesi di origine diversi, la fase di trasporto e i conseguenti impatti in termini economici e ambientali (si pensi alle emissioni in atmosfera derivanti dal traffico pesante) andrebbe analizzati in quanto potrebbero fornire risultati interessanti.

| **Caratteristica** | **Sacchetto in Mater-Bi ®** | **Sacchetto in carta** | **Sacchetto in polietilene** |
|---|---|---|---|
| Materiale con cui è prodotto il sacchetto | Mater-Bi® classe Z | Carta Kraft | HDPE |
| Paese di origine | PCL: USA<br>Mais: Francia<br>Mater-Bi®: Italia | Carta: Svezia<br>Sacco: Svizzera | Granuli: Malesia<br>Sacco: Malesia |
| Smaltimento | Compostaggio | Compostaggio | Inceneritore |
| Dimensioni (mm) | (220+220)*440 | (240+105)*510 | (180+360)*600 |
| peso (gr) | 9.15 | 59.6 | 7.04 |

Tab.3. Caratteristiche dei diversi materiali
(Fonte: www.materbi.com)

## MODELLI DI CALCOLO

L'analisi[8] è stata effettuata sulla base del modello *impact oriented* (Heijungs, 1992; BUWAL 1996) e delle categorie del modello ECO-*Indicator* (Goedkoop, 1995). I calcoli sono stati effettuati con il software EMIS, versione 2.2 (*Environmental Management and Information System*).

## CONTENUTO ENERGETICO

Una prima valutazione ha riguardato l'energia che viene consumata per la produzione dei diversi tipi di sacchetti; in particolare è stato calcolato il contenuto energetico totale in MJ riferito a 1000 sacchetti. Come si evince dalla figura che segue, i sacchi di carta consumano molta più energia dei corrispondenti sacchi in Mater-Bi® ed in PE, a causa del loro elevato peso.

[8] Si precisa che i dati relativi allo studio sono stati reperiti dal sito internet ufficiale www.materbi.com all'interno del quale è indicato che l'analisi LCA è stata svolta da una società svizzera indipendente ed è stato certificato secondo EN ISO 14040.

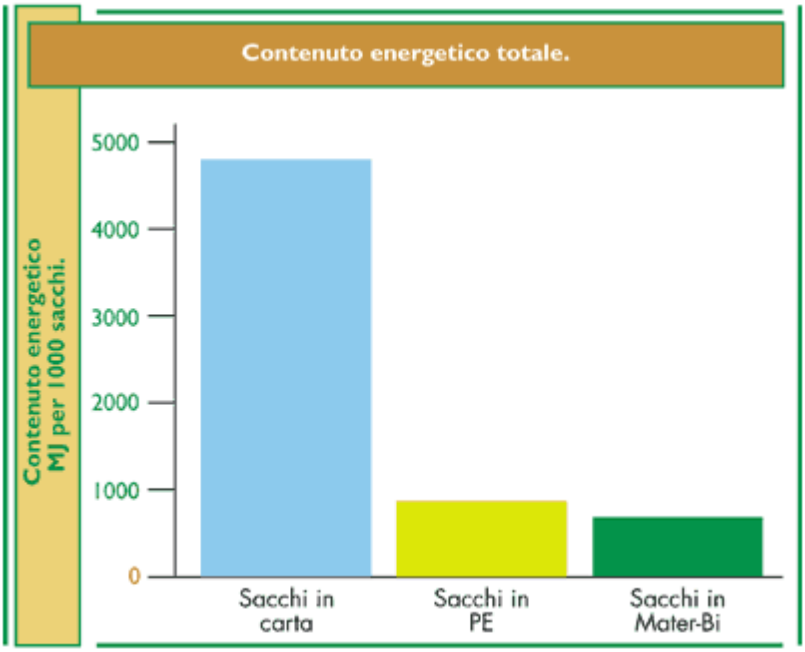


Fig. 11 Contenuto energetico totale per i diversi materiali (Fonte: www.materbi.com)

## EFFETTO SERRA

Come richiesto dalla normativa relativa agli studi sull'LCA, è stato calcolato quale fattore impattante il contributo che i diversi sacchetti forniscono all'effetto serra, esprimendolo attraverso il calcolo dei kg di $CO_2$ equivalenti legati al ciclo di vita di 1000 sacchetti.

Come si può vedere dal grafico, il sacco in Mater-Bi® genera lungo il suo ciclo di vita meno kg di $CO_2$ equivalenti rispetto alle altre tipologie di sacchetto e pertanto incide meno degli altri sull'effetto serra, grazie alle sue componenti di origine naturale.

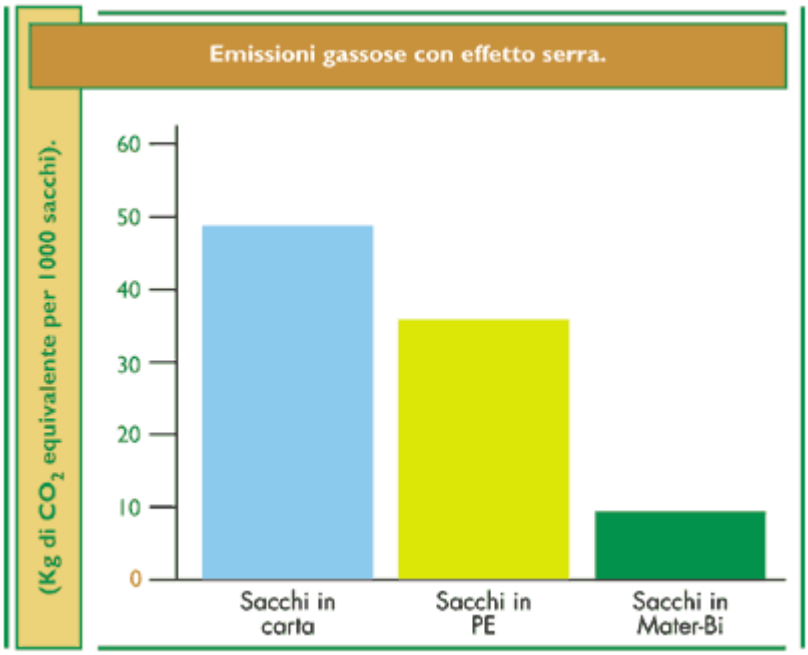


Fig. 12 Emissioni gassose con effetto serra per i diversi materiali
(Fonte: www.materbi.com)

In termini di produzione di $CO_2$ equivalente quindi, il sacchetto che più tende alla sostenibilità è quello realizzato in Mater-bi®, seguito da quello in plastica mentre le *performance* peggiori sono attribuibili al sacchetto in carta (Fig.13), anche se si fa presente che per altri indicatori presi in considerazione, la graduatoria risulterebbe diversa.

## Sostenibilità

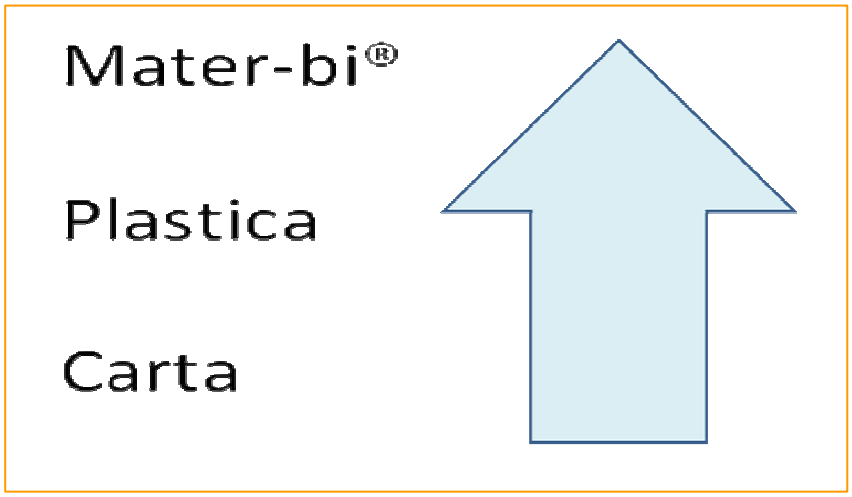


Fig. 13 Performance dei diversi sacchetti rispetto alla produzione di $CO_2$ (Fonte: Cimnaghi, 2009)

Si riporta una tabella conclusiva all'interno della quale vengono riportati tutti gli indicatori che sono stati presi a riferimento per la valutazione degli impatti sull'ambiente.

Per una corretta lettura della tabella, si sottolinea come il confronto sia tra i sacchetti di mater-bi® e gli altri materiali, pertanto un esito positivo del confronto andrà interpretato a favore del mater-bi® e viceversa.

| **Categoria di impatto ambientale** | **Sacchetto in carta** | **Sacchetto in PE** | **Sacchetto in PE, incluso incenerimento del residuo organico** |
|---|---|---|---|
| Energia | + + | 0 | + |
| Effetto serra | + | + | + + |
| Acidificazione | + | 0 | + + |
| Nutrificazione | + + | 0 | + |
| Formazione Ozono | + + | + | + + |
| Tossicità in aria | + | ++ | + + |
| Tossicità in acqua | ++ | 0 | + |
| Salificazione | _ | _ _ | + + |
| Rifiuti Prodotti | ++ | _ _ | _ |

**Legenda**

(++) = situazione in cui il sacchetto di Mater – Bi ® risulta avere prestazioni decisamente migliori

(+) = situazione in cui il sacchetto di Mater – Bi ® risulta avere prestazioni migliori

(0) = situazione in cui il sacchetto di Mater – Bi ® risulta avere prestazioni praticamente pari al sacchetto con cui viene confrontato

(-) = situazione in cui il sacchetto di Mater – Bi ® risulta avere prestazioni

(--) = situazione in cui il sacchetto di Mater – Bi ® risulta avere prestazioni decisamente peggiori

Tab.4 Performance a confronto

(Fonte: www.materbi.com)

Anche se è già stato affrontato l'argomento, si riporta una tabella esplicativa di come i singoli indicatori sono stati interpretati .

| Categoria di impatto | Descrizione |
|---|---|
| Energia | consumo di risorse energetiche (petrolio, gas naturale ecc.), valutato dal contenuto energetico delle risorse necessarie (MJ) |
| Effetto serra | aumento della temperatura del pianeta dovuto a emissioni gassose ($CO_2$ equivalenti) |
| Acidificazione | potenziale danno alle piante dovuto a emissioni di sostanze quali ossidi di azoto e di zolfo ($SO_2$- equivalenti) |
| Nutrificazione | potenziale sbilanciamento dell'acqua e del suolo dovuto a emissione di sostanze con effetto fertilizzante quali nitrati e ammoniaca ($PO_4$- equivalenti) |
| Formazione di ozono | aumento della formazione di ozono dovuto ad emissione di sostanze quali solventi organici ed ossidi di azoto ($C_2H_4$ equivalenti) |
| Tossicità in aria | inquinamento dell'atmosfera dovuto a emissioni gassose |
| Tossicità in acqua | inquinamento dell'acqua dovuto a emissioni organiche, metalli pesanti ecc. |
| Salificazione | danni a flora e fauna in acqua dovuti a emissione di sali quali cloruri (valutato come ioni $H^+$) |
| Rifiuti prodotti | quantità di rifiuti smaltiti, pesati come sostanze inerti, rifiuti tossico nocivi, rifiuti radioattivi etc. |

Tab.5 Categorie di impatto prese in considerazione
(Fonte: www.materbi.com)

L'analisi del ciclo di vita dimostra che il sacco in Mater-Bi® ha un impatto ambientale decisamente migliore del sacco di carta, ed è confrontabile con il sacco di polietilene incenerito da solo dopo separazione del rifiuto. L'esperienza di gestione del compostaggio dimostra tuttavia che la separazione completa del sacco di plastica dal rifiuto organico non è possibile in quanto insieme alla plastica rimane una quantità significativa di materiale organico non separabile. Questo rifiuto deve essere bruciato insieme alla plastica stessa. Considerando anche questo effetto, l'impatto ambientale del sacco in Mater-Bi® è migliore del sacco in polietilene.

## Impatti legati alla coltivazione del mais

L'analisi del ciclo di vita di un prodotto è fondamentale per definirne la sostenibilità o meno. Nel caso specifico della bioplastica prodotta a partire dal mais, può essere però interessante sviluppare oltre l'analisi, con considerazioni ambientali che derivano proprio dal ricorso a questo materiale quale materia prima. La coltivazione del mais infatti è un'attività a suo modo impattante: richiede energia, consumo di acqua e utilizzo di suolo agricolo, sottratto quindi ad altre coltivazioni oppure a coltivazioni di mais finalizzate però a scopi alimentari.

A tal proposito, la tabella che segue (Patzek, Pimentel 2005) mostra le quantità di energia e materiali

che sono necessari per la coltivazione del mais (*corn*) negli Stati Uniti; si fa notare come questi dati, pur riferendosi all'America, sono quasi certamente validi anche per l'Europa: come si evince da una rapida lettura, circa un quarto dell'energia alimentare contenuta nel mais proviene a sua volta da fonti fossili sotto forma di carburanti, di utilizzo di macchinari, di riscorso ad insetticidi, erbicidi, di uso di elettricità, ecc., secondo un modello di consumo di risorse non rinnovabili che non è propriamente sostenibile.

**Energy Inputs in U.S. Corn Production**

| | Quantity/ha | kcal/ha |
|---|---|---|
| *Inputs* | | |
| Labor | 11.4 h | 4,650 |
| Machinery | 55 kg | 1,018,000 |
| Diesel | 88 L | 1,003,000 |
| Gasoline | 40 L | 405,000 |
| Nitrogen | 153 kg | 2,448,000 |
| Phosphorus | 65 kg | 270,000 |
| Potassium | 77 kg | 251,000 |
| Limestone | 1120 kg | 315,000 |
| Seeds | 21 kg | 520,000 |
| Irrigation | 8.1 cm | 320,000 |
| Insecticides | 2.8 kg | 280,000 |
| Herbicides | 6.2 kg | 620,000 |
| Electricity | 13.2 kWh | 34,000 |
| Transportation | 204 kg | 169,000 |
| Total | | 8,115,000 |
| *Outputs* | | |
| Corn yield | 8655 kg | 31,158,000 |
| kcal output/kcal input | | 3.84:1 |

*Source*: Pimentel, D. and Patzek, T., *Natural Resources Research*, 14(1), 65–76, 2005.

Fig.14 Input energetici per la coltivazione del mais (Fonte: Patzek, Pimentel 2005)

Senza l'utilizzo di una quota parte di **energia di origine fossile**, non sarebbe possibile coltivare il mais così come lo si coltiva oggi, ma, dato questo consumo di energia e di risorse non rinnovabili che esiste alla base della coltivazione del mais, diventa più difficile e delicato affermare che i prodotti derivanti dal mais siano del tutto sostenibili.

Anche per quanto riguarda il **consumo di acqua** le coltivazioni del mais presentano un contributo non trascurabile: da indicazioni di matrice botanica, si rileva che le regioni più adatte al mais (le cosiddette *corn belts* o fasce da mais) sono quelle dove in estate le piogge sono frequenti e regolari. Il mais ha consumi idrici unitari non molto elevati, ma per sostenere la sua altissima produttività potenziale (20 e oltre t/ha di sostanza secca) sono richieste disponibilità d'acqua che solo in poche zone sono assicurate dalle riserve d'acqua del terreno e dalle piogge nel periodo di crescita. In Italia solo le regioni nord-orientali hanno una pluviometria abbastanza favorevole che spesso rende l'irrigazione non necessaria; ma nel resto del paese il regime pluviometrico è di tipo mediterraneo (piogge estive scarse e irregolari o assenti) per cui il mais qui fornisce produzioni che, senza l'ausilio dell'irrigazione, sono basse e aleatorie, oppure è necessario il ricorso a irrigazioni ingenti. Si consideri che il mais svolge il suo ciclo nel periodo dell'anno in cui la piovosità è al suo minimo e la domanda evapotraspirativa è al suo massimo: per questo la maiscoltura in Italia per essere veramente intensiva, come effettivamente è in quanto

le rese in Italia sono tra le più alte del mondo, non può prescindere dall'ausilio dell'irrigazione. Tutto questo non vuole dimostrare che sia totalmente insensato utilizzare le bioplastiche come contenitori ma, certamente al momento attuale, le bioplastiche sono materiali lontani dall'essere completamente soddisfacenti: nel futuro è necessario arrivare a fare di meglio in termini di *performance* ambientali, oppure semplicemente ricorrere alla borsa della spesa in fibre naturali, certamente sostenibile e anche molto economica perché riusabile un gran numero di volte.

Molto interessante è questo aspetto: una delle critiche mosse contro l'utilizzo di bioplastiche per la realizzazione di sacchetti per la spesa è che il mais andrebbe usato per scopi alimentari piuttosto che per fare imballaggi e addirittura da taluni contestatori è stato detto che l'uso improprio del mais e di altri cereali per scopi non alimentari potrebbe essere la ragione dell'attuale peggioramento della situazione alimentare mondiale. Questa critica in termini è giusta e sensata in termini generali e etici, ma poco rilevante nel caso del Materbi®: ipotizzando che un sacchetto di MaterBi pesi circa 10-15 grammi, anche considerando di sprecarli in gran numero senza troppo preoccuparsene, è molto difficile che una persona ne usi più di qualche kg in un anno. Se si confrontano queste quantità con la quantità di combustibile fossile che vene utilizzato per un solo pieno di biodiesel di un autoveicolo (almeno 30-40 kg), si vede subito come la bioplastica non possa essere la causa di una carestia di dimensioni planetarie.

## Il consumo di suolo

Come già detto, un altro aspetto interessante da prendere in considerazione è relativo al consumo di suolo ascrivibile alle coltivazioni di mais.

Il tema del consumo di suolo è quanto mai attuale e richiede un particolare impegno da parte delle istituzioni per una gestione adeguata del fenomeno.

Innanzitutto è bene definire esattamente cosa si intenda per consumo di suolo; il consumo di suolo deriva da trasformazioni che generano un passaggio da uno stato meno artificiale a uno artificiale e permanente, oppure in senso lato, definisce la possibilità di verificarsi trasformazioni da uno stato ad un altro, secondo il triangolo delle transizioni (Fig.15).

Come si evince dalla figura, esistono trasformazioni che avvengono più frequentemente, come ad esempio il passaggio da superfici agricola ad urbana, secondo il noto fenomeno dell'urbanizzazione, e tipologie di trasformazioni comunque possibili ma purtroppo più rare quali ad esempio il passaggio inverso.

Generalmente quando si parla di limitazione del consumo di suolo, si intende la necessità di contenere l'utilizzazione di suolo extraurbano, agricolo o naturale per nuovi usi insediativi, ciò evidentemente perché il suolo è una risorsa ambientale finita, non riproducibile e non rigenerabile e quindi la sua tutela, o la progressiva riduzione del suo consumo, sono insiti nel concetto di sostenibilità.

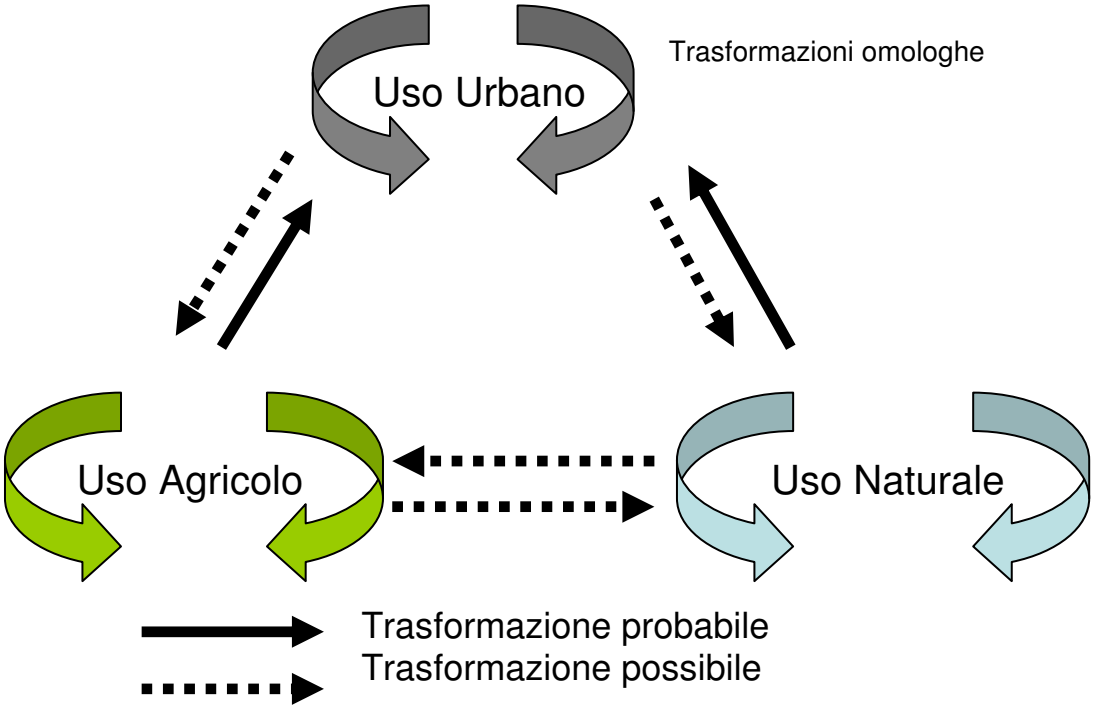


Fig.15 Triangolo delle transazioni

Si sta lavorando in questo periodo per una definizione adeguata dei principi secondo cui operare per la riduzione del consumo di suolo, e a questo proposito si auspica la realizzazione di una normativa nazionale di riferimento, al fine di comprendere in maniera univoca alcuni concetti che in taluni casi possono portare anche ad errori di valutazione: i numeri più ricorrenti del consumo di suolo si basano, per esempio, sulla diminuzione del territorio agricolo evidenziata dalle foto satellitari (situazione all'apparenza negativa), ma non tengono conto che quasi la metà del territorio agricolo perduto in realtà si è trasformato in aree rinaturalizzate, oppure in zone di rimboschimento favorite dagli incentivi comunitari (Federico Oliva), fattore che invece è auspicabile.

Ogni giorno 200.000 $m^2$ di suolo vengono divorati dal cemento

Ogni giorno 200.000 $m^2$ di suolo vengono "divorati" dal cemento che avanza nel bacino del Po: questo l`inquietante risultato che emerge dal primo rapporto sui consumi di suolo presentato a Milano dall'Osservatorio Nazionale sul Consumo di Suolo (ONCS).

Venti ettari di territorio che l'urbanizzazione ricopre ogni giorno, in un processo inesorabile che cancella quotidianamente aree grandi come 12 piazze del Duomo di Milano oppure 28 volte Piazza Maggiore di Bologna.

Il lavoro dell'Osservatorio non si è limitato a misurare il suolo consumato dall'urbanizzazione, ma ha valutato anche le trasformazioni del suo uso: suoli agricoli che vengono abbandonati alla natura, zone umide bonificate o ripristinate, insomma una fotografia delle mutazioni recenti del nostro paesaggio.

Anche per quanto riguarda il fenomeno preoccupante dell'erosione delle superfici agricole il protagonista resta l'urbanizzazione, responsabile di 2/3 delle perdite di suolo agricolo, con l'aggravante che ben difficilmente i suoli racchiusi da cemento e asfalto potranno mai tornare a essere produttivi.

Come già detto, tra le maggiori difficoltà nel misurare il consumo di suolo vi è quella di individuare regole comuni di riferimento, che permettano di rendere confrontabili i dati raccolti dalle diverse istituzioni.

È importante sottolineare che arrestare la crescita del consumo di suolo non è solo una grande sfida per la tutela del nostro paesaggio, ma anche una garanzia di presidio delle superfici agricole che da secoli sono state destinate a nutrire la popolazione mondiale.

## Il consumo di suolo per le plastiche vegetali

Il suolo utilizzato per coltivare il mais che a sua volta verrà trasformato in sacchetti di materie bioplastiche, non per forza deve rappresentare un elemento negativo, in quanto, come si è visto, il terreno di tipo agricolo è preferibile ad esempio ad un consumo di suolo a scopi di urbanizzazione. Quello che è certo, è che comunque quel terreno utilizzato per produrre mais viene sottratto alla possibilità di coltivare altro, oppure alla possibilità di rimanere incontaminato oppure di essere rinaturalizzato. A tal proposito, secondo la Coldiretti, con il granoturco e il girasole derivanti dalla coltivazione di una superficie di circa 3 milioni di ettari, pari a circa 1,5 per cento della superficie coltivata nell'Unione Europea, è possibile arrivare a sostituire i circa 100 miliardi di sacchetti di plastica che si consumano ogni anno in Europa e che sono in maggioranza importati da paesi asiatici come la Cina, Tailandia e Malesia; inoltre, mezzo chilo di mais e un chilo di olio di girasole sono sufficienti per produrre circa 100 bustine di bioplastica non inquinante *(bioshopper*): questi dati di consumo di suolo, pur non rappresentando cifre allarmanti, testimoniano come la coltivazione di materie prime finalizzata alla creazione di materie bioplastiche ha comunque una sua rilevanza nel panorama globale dell'agricoltura e come sarebbe possibile destinare ad altre coltivazioni a fini alimentari questi territori se si abbandonasse l'utilizzo delle borse usa e getta a favore di quelle riutilizzabili.

# Conclusioni

Il problema della gestione dei rifiuti da un lato e degli impatti sull'ambiente dall'altro sono quanto mai attuali e necessitano di interventi che sappiano indirizzarsi verso le pratiche dello sviluppo sostenibile.

A tal proposito, una tema di discussione recente è quello relativo all'utilizzo o meno di sacchetti di plastica per la spesa e all'eventuale necessità di sostituirli.

Le analisi riportate in questo documento hanno la finalità di valutare se la sostituzione dei sacchetti di plastica con sacchetti in plastiche biologiche quali ad esempio il mater-bi® sia vantaggiosa dal punto di vista ambientale o se invece convenga optare per sacchetti di tela non usa e getta.

Non è interesse di questo documento esprimere un giudizio sulla validità o meno del prodotto Mater-bi® o di altre bioplastiche in generale.

Sicuramente quello che si può fare in questa sede è esprimere un parere tra le *performance* dei diversi materiali analizzati.

**È ormai riconosciuto da tutta la comunità scientifica il fatto che i sacchetti di plastica non siano più sostenibili, in quanto generano forti impatti sull'ambiente sia in fase di produzione che**

**in fase di smaltimento**; per quanto riguarda l'utilizzo di sacchetti di carta, essi sicuramente possono presentare dei vantaggi rispetto a quelli in plastica, in quanto, come si è visto, hanno *performance* ambientali migliori rispetto ad alcuni indicatori.

I sacchetti di materiale biodegradabile presentano molti vantaggi rispetto a quelli in plastica, come si è evidenziato nello studio LCA presentato in questo fascicolo.

È interessante però notare che, pur presentando degli impatti inferiori rispetto ad altre tipologie, gravano comunque sull'ambiente.

Venendo in ultima analisi alla valutazione del materiale Mater-bi®, esso presenta sicuramente delle caratteristiche positive che sono state illustrate nel documento.

Non ha senso farne un confronto con la plastica o la carta in quanto risultano vincenti, come si è visto dallo studio LCA; può essere invece interessante rispondere alla domanda se sia meglio utilizzare borse di Mater-bi® usa e getta oppure borse di tela riutilizzabili.

Si ritiene di poter rispondere che è auspicabile abbandonare la filosofia dell'usa e getta a favore di quella del riutilizzo e quindi scegliere sacchetti riutilizzabili per i seguenti motivi:

- le **fasi di produzione** di sacchetti, qualsiasi sia il materiale di riferimento, generano impatti sull'ambiente e pertanto, riducendo la produzione di beni, si riducono i problemi ambientali correlati: nel caso di sacchetti riutilizzabili, all'aumentare del numero di

utilizzazioni rimangono costanti gli impatti legati alla produzione degli oggetti, mentre nella situazione di oggetti sempre nuovi, quindi sacchetti usa e getta, si vedono aumentare i carichi ambientali proporzionalmente al numero di oggetti prodotti;

- anche la **fase di trasporto** genera impatti; per quanto riguarda i sacchetti riutilizzabili, gli impatti della fase di trasporto risultano minori in un'ottica di lungo periodo in quanto minore sarà la necessità di trasportare merci se i prodotti vengono riutilizzati dai singoli individui;
- la problematica dei **rifiuti** e della generazione di **esternalità** negative è quanto mai delicata, come si è ampiamente visto nella prima parte della trattazione; pertanto, è bene diminuire la produzione di materiale di scarto ogni qualvolta sia possibile e in quest'ottica il confronto va a favore dei sacchetti riutilizzabili;
- i trattamenti di **riciclaggio** e di **compostaggio** generano comunque degli impatti sull'ambiente e pertanto è bene evitarli quando possibile;
- le plastiche di origine vegetale, pur presentano dei vantaggi indiscussi, presentano anch'esse delle problematiche, ad esempio relative al consumo di suolo che non può essere destinato ad altre coltivazioni;
- la coltivazione ad esempio di mais per la produzione di bioplastiche richiede quantità di energia non trascurabili, che potrebbero essere

risparmiate o utilizzate per altri scopi nel caso si optasse per sacchetti di tela non usa e getta;

- i processi di produzione delle bioplastiche non sono completamente sostenibili nel lungo periodo;
- i sacchetti di Mater-bi® presentano quale materia prima una percentuale di petrolio e questo può generare tutta una serie di problematiche di gestione e rappresenta un consumo di risorse non rinnovabili;
- anche i sacchetti di Mater-bi® contribuiscono alla produzione di $CO_2$. A tal proposito e a conferma della tesi discussa, si ritiene interessante concludere il lavoro con questa considerazione: dai dati ufficiali forniti dalla Novamont è possibile ricavare la quantità di $CO_2$ equivalente espressa in kg prodotta ogni 1.000 sacchetti di Mater-bi®, che nello specifico ammonta a circa 8 kg: questo significa che ogni sacchetto di Mater-bi® è causa della produzione di 8 g di $CO_2$ equivalente. **Ipotizzando che un cittadino possa utilizzare per la spesa un sacchetto al giorno, a fine anno avrà prodotto 2.920 g di $CO_2$ equivalente, cioè 2,9 kg**. In una città ed esempio di un milione di abitanti, questo valore diventa pari a 2.900.000 kg/anno, cioè 2.900 t/anno, che potrebbero essere evitati se ciascun consumatore utilizzasse ad esempio la medesima borsa di tela per tutto l'anno. Facendo un confronto con le quantità di $CO_2$ in tonnellate/anno emesse dalla città di

Torino (Fig.14), pari a circa 15.000.000 t/anno, si può subito comprendere come i sacchetti di Mater-bi® presentano un impatto in termini di $CO_2$ con incidenza bassa rispetto alle emissioni di $CO_2$ che si hanno nella città di Torino, ma non trascurabile.[9]

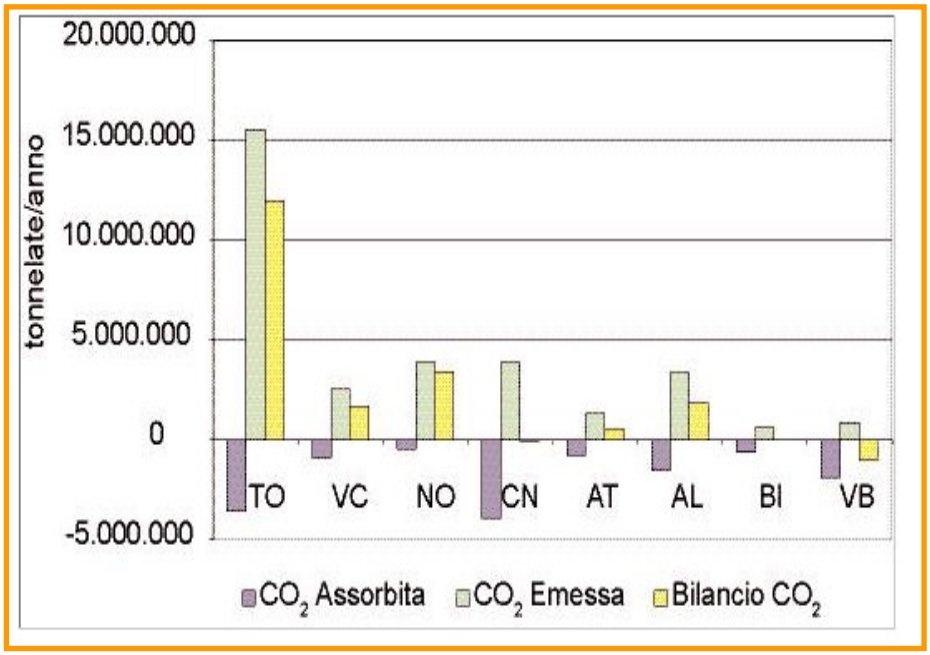


Fig.14 Bilancio dell'anidride carbonica, anno 2005, (fonte ISPRA, Elaborazione Arpa Piemonte)

Considerando che è noto dalla letteratura di settore che ogni kg di vegetazione contribuisce ad assorbire un valore di $CO_2$ compreso tra 1 kg e 10 kg a seconda della specie presa in considerazione, ci si rende subito conto come non sia banale pensare di mitigare l'anidride

[9] I dati sono stati ricavati dal Rapporto Stato dell'Ambiente della Regione Piemonte redatto dall'Arpa.

carbonica prodotta dalla produzione dei sacchetti per la spesa con interventi mitigativi legati alle pratiche di piantumazione di alberi. Se infatti si ipotizza, secondo un approccio cautelativo, di assorbire 1 kg di $CO_2$ ogni kg di legna e si considera, come fornito da studi di carattere botanico, che la legna dolce (rientrano in questa categoria le tipologie di legna che hanno un peso inferiore ai 350 Kg/$m^3$ quali ad esempio legno di pioppo, di ontano, di castagno, di salice etc.) pesa circa 300-350 Kg/$m^3$ mentre quella definita forte (legna cioè con un peso al $m^3$ maggiore di 350 kg, come nel caso dell'olmo, della quercia, del faggio etc.) ha un peso pari a circa appunto a 350-400 Kg/$m^3$, è subito chiaro come il numero di alberi da piantare per compensare la $CO_2$ prodotta sia veramente elevato. Inoltre, se anche si optasse per questa scelta, sorgerebbero problematiche non indifferenti di consumo di acqua e di suolo, pertanto, si approda nuovamente alla conclusione che è necessario ritornare alla pratica del riutilizzo delle borse di tela.

# Bibliografia

Centemero Massimo, *Biodegradabilità e compostabilità delle bio-plastiche,* scaricabile dal sito internet www.fareverde.it/informati/articoli.php?azione=dettaglio&id=143 e consultato online il giorno 4 gennaio 2010.

Massarutto Antonio, *I rifiuti*, Edizione Il Mulino, 2009.

Murray Robin, (1999), *Creating Wealth From Waste*, Demos.

Nespor Stefano, (2009), *Il governo dell'ambiente*, Garzanti, Milano.

Pimentel D. and Patzek T., (2005), Natural Resources Research n. 1(1) pp.65-76.

Oliva Franco, *Limitare il consumo di suolo*

Procelpac e Sacs Papier de France, (2008), *Evaluation study of environmental impacts of paper and plastic carrier bags*, Francia, (scaricabile dal sito www.eurosac.org).

Rapporto Stato dell'Ambiente della Regione Piemonte (2009), Arpa, scaricabile dal sito www.arpa.piemonte.it

Viale Guido, (2008), *Azzerare i rifiuti*, Bollati Bolinghieri, Torino.

Zavaglia Katia, (2009), *Applicazione della Life Cycle Assessment per la valutazione della sostenibilità di un intervento edilizio*, in Bottero M., Mondini G., (a cura di), *Valutazione e sostenibilità. Piani, programmi, progetti*, Celid, Torino.

www.materbi.com

www.aspoitalia.it/blog/nte/2009/06/21/sacchetti-ecologici-considerazioni-sulla-sostenibilità/

## Riferimenti normativi

UNI EN ISO 14040:2006 *Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento.*

La UNI EN ISO 14044:2006 *Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Requisiti e linee guida.*

# Sommario

**3 Introduzione**
**5 La problematica dei rifiuti**

11 L'origine del problema dei rifiuti e il concetto di esternalità
24 Scelte di consumo quotidiane

**27 Le bioplastiche**
**35 La valutazione degli impatti: metodologia *Life Cycle Assessment***

46 Applicazione della metodologia *Life Cycle Assessment*
53 Gli impatti legati all'utilizzo del materiale Mater-bi®

57 LCA dei sacchetti in Mater-bi ®

64 Sostenibilità

67 Impatti legati alla coltivazione del mais
71 Il consumo di suolo
74 Il consumo di suolo per le plastiche vegetali

**75 Conclusioni**
**81 Bibliografia**

**Dossier realizzato dall'Istituto per l'Ambiente e l'Educazione Scholé Futuro onlus - 2010**

Via Bligny 15 10122 Torino
Tel e fax 011 4366522 e-mail: segreteria@schole.it

www.educazionesostenibile.it

Ricerca: Elisabetta Cimnaghi
Direttore Responsabile: Mario Salomone
Redazione e impaginazione: Bianca La Placa
Copertina: Beppe Enrici