

PREVENZIONE DEI RIFIUTI TRAMITE LA DISTRIBUZIONE DI PRODOTTI ALIMENTARI SFUSI: UN CONFRONTO BASATO SULLA METODOLOGIA LCA

Giovanni Dolci*, Simone Nessi, Lucia Rigamonti, Mario Grosso

Politecnico di Milano, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale

Sommario – La prevenzione dei rifiuti è da tempo in posizione prioritaria nella strategia europea di gestione che riconosce la necessità di agire alla fonte per ridurre la quantità dei rifiuti prodotti e i rischi a essi associati. In quest'ottica, si è valutata, mediante la metodologia di analisi del ciclo di vita (LCA), l'effettiva convenienza ambientale di una pratica introdotta per ridurre la produzione di rifiuti ovvero la distribuzione di prodotti alimentari sfusi presso la Grande Distribuzione Organizzata in alternativa alla vendita mediante confezioni *tradizionali monouso*. In particolare, lo studio ha riguardato tre prodotti: pasta secca di semola di grano duro, cereali da colazione e riso. Per ciascuno di essi sono stati confrontati alcuni scenari base, relativi alla distribuzione in confezioni *monouso*, con alcuni scenari preventivi in cui la distribuzione avviene tramite dispenser posti nel punto vendita.

La distribuzione di pasta sfusa, secondo le modalità analizzate, consente di ridurre la produzione di rifiuti fino al 50% e la quasi totalità degli impatti ambientali potenziali solamente rispetto alla distribuzione con confezioni *monouso* in cartoncino ma non rispetto a quelle in polipropilene. La distribuzione di cereali sfusi consente invece di ridurre significativamente sia la produzione di rifiuti (fino all'87%) che gli impatti ambientali rispetto alla distribuzione in confezioni *monouso* caratterizzate da un sacchetto in polietilene contenuto in un astuccio in cartoncino. Infine, la distribuzione di riso sfuso consente di ridurre in maniera significativa (fino all'86%) i rifiuti prodotti rispetto alla distribuzione in confezioni *monouso*. Parallelamente, negli scenari preventivi si riduce anche la quasi totalità degli impatti ambientali con diminuzioni più consistenti rispetto alle confezioni che presentano un imballaggio comprendente un astuccio in cartoncino.

LOOSE DISTRIBUTION OF FOOD: A LIFE CYCLE-BASED ASSESSMENT OF WASTE PREVENTION AND IMPACT REDUCTION POTENTIALS

Abstract – Waste prevention has been the priority of the European waste management strategy for a long time. It represents in fact, even before recycling, a more direct option for the efficient use and the saving of natural re-

sources. In this framework, the goal of this study is to evaluate, by using the Life Cycle Assessment (LCA), the environmental convenience of an alternative method for the large-scale retailing of dry food products based on loose distribution recently introduced in Italy with the aim to reduce waste generation. In particular, this study focuses on three specific products: dry pasta, breakfast cereals and rice. For each product, some baseline scenarios, where the distribution is made with *single use* packaging, were compared to some waste prevention scenarios, in which the product is distributed loose (through gravity bin dispenser). The comparison was carried out considering both waste generation and the potential impacts on the environment and the human health.

Results show that loose distribution of dry pasta allows to reduce the amount of waste up to 50% and the majority of the potential environmental impacts only when it is compared with *single use* cartonboard boxes but not with *single use* polypropylene bags. Loose distribution of cereals allows to reduce significantly both the amount of waste (up to 87%) and the environmental impacts compared to the distribution with *single use* packaging made of high-density polyethylene bag put into a cardboard box (bag-in-box). Finally, loose distribution of rice allows to reduce the amount of waste up to 86%. Moreover, in the waste prevention scenarios the majority of the potential impacts is reduced. In particular, when a primary packaging including a cartonboard box is used,

the reduction is bigger in comparison with baseline scenarios where a primary packaging including a cartonboard box is used.

Parole chiave: prevenzione dei rifiuti, analisi del ciclo di vita, pasta, cereali, riso

Keywords: waste prevention, Life Cycle Assessment, pasta, cereals, rice

Accettazione finale il 09-09-2014.

Ricevuto il 20-05-2014; Correzioni richieste il 03-07-2014;

1. INTRODUZIONE

Prevenire la produzione di rifiuti è ormai da tempo l'obiettivo primario della strategia e della legislazione europea in materia di gestione dei rifiuti. L'attuale direttiva quadro 2008/98/CE (Parlamento europeo e Consiglio dell'Unione europea, 2008), ribadisce la gerarchia da applicare in materia di gestione dei rifiuti: prevenzione, preparazione per il riutilizzo, riciclaggio, recupero di altro tipo (ad esempio di energia) e smaltimento (articolo 4). È

* Piazza Leonardo da Vinci 32, 20133 Milano.
Tel. 02.23996415, giovanni.dolci@mail.polimi.it

necessario pertanto minimizzare il quantitativo (e la pericolosità) dei rifiuti prima ancora di procedere a una loro gestione ambientalmente ed economicamente valida. La direttiva richiede inoltre a ogni Stato membro di adottare, entro il 12 dicembre 2013, un *programma nazionale di prevenzione dei rifiuti* (articolo 29) che fissi gli obiettivi di prevenzione e individui le misure più idonee al loro raggiungimento così da conseguire non solo la riduzione del quantitativo e della pericolosità dei rifiuti ma anche il disaccoppiamento tra la crescita economica e gli impatti ambientali connessi alla produzione dei rifiuti.

A livello nazionale, la direttiva 2008/98/CE è stata recepita con il Decreto Legislativo 205/2010, che modifica e integra le disposizioni della parte quarta del Decreto Legislativo 152/2006, che già regolava la gestione dei rifiuti. Il decreto richiede che le regioni predispongano, nell'ambito dei rispettivi piani regionali di gestione dei rifiuti, un *programma di prevenzione della produzione dei rifiuti* (articolo 199) che descriva le misure esistenti e fissi gli obiettivi di prevenzione e le misure adeguate a conseguirli.

In quest'ottica, la regione Lombardia ha elaborato nell'anno 2009 un Piano d'Azione per la Riduzione dei Rifiuti Urbani (PARR) che si propone di attuare le linee di intervento, definite a livello generale nel Piano Regionale di Gestione dei Rifiuti, volte a promuovere la riduzione della produzione di rifiuti (Regione Lombardia, 2009). Il piano individua quindi alcune azioni che permettono potenzialmente di ridurre la quantità di rifiuti, tra cui la vendita di prodotti alimentari in maniera sfusa. Questa modalità di distribuzione prevede che il prodotto, una volta conferito al punto vendita, sia trasferito in appositi distributori a caduta dai quali è possibile prelevarlo con sacchetti di grammatura ridotta. Questa pratica è stata introdotta negli ultimi anni presso la Grande Distribuzione Organizzata (GDO) con l'obiettivo dichiarato di ridurre la produzione di rifiuti rispetto alla distribuzione mediante confezioni *tradizionali monouso*.

Il presente studio è stato condotto con l'obiettivo di analizzare, mediante la metodologia dell'analisi del ciclo di vita (LCA), l'effettiva convenienza ambientale di questa pratica in termini di produzione dei rifiuti, di impatti potenziali sull'ambiente e sulla salute umana e di consumi energetici. In dettaglio, lo studio è relativo alla pasta secca di semola di grano duro, ai cereali da colazione e al riso, ovvero i prodotti caratterizzati dal maggior consumo tra quelli venduti attualmente in modalità sfusa nelle due catene della GDO che offrono questa possibilità di acquisto in regione Lombardia.

2. MATERIALI E METODI

Al fine di raggiungere l'obiettivo, sono state confrontate la produzione di rifiuti e le prestazioni energetico-ambientali di alcuni *scenari base*, relativi alla distribuzione mediante confezioni *tradizionali monouso*, e di alcuni *scenari preventivi* in cui la distribuzione avviene in modalità sfusa.

L'analisi del ciclo di vita è stata condotta secondo i principi indicati dalla normativa tecnica attualmente rappresentata dagli standard ISO 14040 e ISO 14044 (ISO 2006 a, b) e con il supporto del software SimaPro 7.3.3.

2.1 Scenari analizzati

2.1.1 Pasta

Per quanto riguarda la distribuzione di pasta secca in confezioni *tradizionali monouso*, sulla base delle tipologie di imballaggio primario più frequentemente disponibili nei punti vendita della GDO, sono stati analizzati i seguenti scenari base:

- *cuscino 500g e cuscino 1kg*;
- *doppio fondo quadro (dfq) 500g e dfq 1kg*;
- *astuccio 500g e astuccio 1kg*.

Per quanto riguarda invece la distribuzione di pasta sfusa, sono stati analizzati innanzitutto due scenari *reali*, relativi alle esperienze in atto presso le due catene della GDO che offrono questa possibilità di acquisto in Lombardia:

- *sacchetto 1kg*;
- *sacchetto 3kg*.

È stato considerato inoltre uno scenario *ipoteticamente migliorativo* che prevede l'utilizzo di un imballaggio primario di formato maggiore rispetto agli scenari reali. Questo è stato definito appositamente per lo studio con l'obiettivo di minimizzare gli impatti:

- *sacchetto 5kg*.

Per consentire un miglior confronto tra scenari base e preventivi, in questi ultimi è stato considerato sia l'acquisto di 500 grammi che di 1 kg, quantità coincidenti con i formati delle confezioni *monouso*. Si sottolinea inoltre che è stata considerata solo la pasta di tipologia corta in quanto la pasta lunga non è vendibile in modalità sfusa tramite dispenser.

Le principali caratteristiche degli scenari base e preventivi analizzati sono riportate in tabella 1.

Tabella 1 – Scenari analizzati relativi alla distribuzione di pasta secca in confezioni monouso e in modalità sfusa.

Scenario		Imballaggio primario (a)	Formato imballaggio primario	Imballaggi per il trasporto	Sacchetto impiegato per l'acquisto di prodotto sfuso
B A S E	<i>cuscinò 500g</i>	Sacchetto a cuscinò in polipropilene (PP)	500 g	Scatole in cartone ondulato	-
	<i>cuscinò 1kg</i>		1000 g		-
	<i>dfq 500g</i>	Sacchetto a doppio fondo quadro in PP	500 g	Pallet in legno	-
	<i>dfq 1kg</i>		1000 g		-
	<i>astuccio 500g</i>	Astuccio in cartoncino	500 g	Film estensibile in polietilene lineare a bassa densità (LLDPE)	-
	<i>astuccio 1kg</i>		1000 g		-
P R E V E N T I V I	<i>sacchetto 1kg</i>	Sacchetto a cuscinò in PP	1000 g	Scatole in cartone ondulato	Sacchetto in LDPE
	<i>sacchetto 3kg</i>	Sacchetto a cuscinò in PP	3000 g	Pallet in legno	Sacchetto in cellulosa
	<i>sacchetto 5kg</i>	Sacchetto a cuscinò in polietilene a bassa densità (LDPE)	5000 g	Film estensibile in LLDPE	Sacchetto in LDPE

^(a) Negli scenari preventivi, l'imballaggio primario è utilizzato per il conferimento del prodotto ai punti vendita.

2.1.2 Cereali

Per la quasi totalità delle confezioni disponibili nei punti vendita della GDO, i cereali da colazione sono contenuti in sacchetti in polietilene ad alta densità (HDPE) posti a loro volta in astucci in cartoncino. Per il mercato italiano sono disponibili confezioni in molti formati: tra questi si considerano per lo studio 300 grammi (contenuto minimo di prodotto riscontrato), 375 e 500 grammi (maggiormente diffusi) e infine 960 grammi (contenuto massimo di prodotto). Sono stati pertanto analizzati i seguenti scenari base:

- *sacchetto + astuccio 300g, sacchetto + astuccio 375g, sacchetto + astuccio 500g, sacchetto + astuccio 960g.*

Per quanto riguarda invece la distribuzione sfusa, è stato considerato un solo scenario preventivo *reale*, relativo alla catena della GDO che offre, al momento, la possibilità di acquistare cereali sfusi in Lombardia:

- *sacco 10kg.*

In tale scenario è stato considerato l'acquisto di 300, 375, 500 e 960 grammi di prodotto.

Le principali caratteristiche degli scenari analizzati sono indicate in tabella 2.

2.1.3 Riso

Per quanto riguarda infine il riso, sulla base delle confezioni *monouso* più frequentemente disponibili nei punti vendita, sono stati analizzati i seguenti scenari base:

- *(busta + astuccio) + film 1kg e (busta + astuccio) + film 2kg;*
- *(busta + astuccio) + scatola 1kg;*
- *busta + film 1kg;*
- *busta + scatola 1kg e busta + scatola 2kg;*
- *astuccio + film 1kg;*
- *astuccio + scatola 1kg.*

In relazione alla distribuzione in modalità sfusa, è stato considerato innanzitutto uno scenario preventivo *reale*, relativo all'unica catena della GDO che offre, in Lombardia, la possibilità di acquistare riso tramite dispenser:

- *sacchetto 2kg.*

In aggiunta, sono stati analizzati due scenari *ipoteticamente migliorativi* che prevedono l'utilizzo

Tabella 2 – Scenari analizzati relativi alla distribuzione di cereali da colazione in confezioni monouso e in modalità sfusa.

Scenario		Imballaggio primario	Formato imballaggio primario	Imballaggi per il trasporto	Sacchetto impiegato per l'acquisto di prodotto sfuso
B A S E	sacchetto + astuccio 300g	Sacchetto in polietilene ad alta densità (HDPE)	300 g	Scatole in cartone ondulato	-
	sacchetto + astuccio 375g		375 g		-
	sacchetto + astuccio 500g	Astuccio in cartoncino	500 g	Pallet in legno	-
	sacchetto + astuccio 960g		960 g	Film estensibile in LLDPE	-
P R E V.	sacco 10kg	Sacco in carta	10000 g	Pallet Film estensibile in LLDPE	Sacchetto in LDPE

di imballaggi primari di formato maggiore rispetto allo scenario reale, definiti con l'obiettivo di minimizzare gli impatti:

- *sacchetto 5kg;*
- *sacco 25kg.*

Per ciascuno scenario preventivo è stato considerato sia l'acquisto di 1 kg che di 2 kg.

Le principali caratteristiche di tutti gli scenari analizzati sono riportate in tabella 3.

2.2 Descrizione del sistema

2.2.1 Scenari base

Successivamente alla produzione, pasta, cereali e riso destinati alla vendita presso la GDO sono confezionati innanzitutto nei rispettivi imballaggi primari (sacchetti in materiale plastico o astucci in cartoncino per quanto riguarda la pasta, sacchetti inseriti in astucci per i cereali e infine, per quanto riguarda il riso, buste in plastica mista, eventualmente inserite in astucci in cartoncino, o direttamente astucci). Gli scenari descritti al paragrafo 2.1 indicano le tipologie di confezione più diffuse. Questi imballaggi sono a loro volta inseriti in scatole in cartone ondulato o avvolti con film termoretraibile e posizionati su pallet il cui carico è avvolto con film plastico. Le unità di carico sono quindi trasportate ai centri di stoccaggio della GDO e da qui conferite ai punti vendita presso i quali i film e le scatole sono rimossi e scartati nella fase di esposizione del prodotto. Una volta venduta, la confezione è trasportata

fino al luogo di consumo: questa fase di trasporto non è considerata nello studio poiché non differisce tra scenari base e preventivi. Dopo il consumo, la confezione è scartata come rifiuto urbano.

2.2.2 Scenari preventivi

A valle della produzione, pasta, cereali e riso sono confezionati nei rispettivi imballaggi primari e per il trasporto (sacchetti in materiale plastico e scatole in cartone per quanto riguarda la pasta, sacchi per i cereali e sacchetti in materiale plastico avvolti da film termoretraibile o sacchi per quanto riguarda il riso). Dopo la fase di pallettizzazione, il carico è conferito ai centri di stoccaggio della GDO e quindi ai punti vendita, dove sono rimossi e scartati innanzitutto i film e le scatole. Gli imballaggi primari sono quindi svuotati e scartati nella fase di riempimento dei dispenser. Per consentire il prelievo del prodotto sfuso da parte del consumatore è infatti necessario attrezzare il punto vendita con distributori in grado di rilasciarne la quantità desiderata in sacchetti forniti dalla GDO. Il sacchetto è quindi trasportato fino al luogo di utilizzo del prodotto e scartato come rifiuto urbano dopo il consumo.

2.3 Unità funzionale

Per ciascun prodotto analizzato, la funzione dei sistemi confrontati è la distribuzione rispettivamente di pasta, cereali o riso al consumatore presso i punti vendita della GDO. Gli scenari base e preventivi sono stati pertanto analizzati considerando come

Tabella 3 – Scenari analizzati relativi alla distribuzione di riso in confezioni monouso e in modalità sfusa.

Scenario		Imballaggio primario	Formato imballaggio primario	Imballaggi per il trasporto		Sacchetto impiegato per l'acquisto di prodotto sfuso	
B A S E	(busta + astuccio) + film 1kg	Busta in plastica mista	1000 g	Film termoretraibile in LDPE	Pallet in legno	-	
	(busta + astuccio) + film 2kg		2000 g			-	
	(busta + astuccio) + scatola 1kg	Astuccio in cartoncino	1000 g	Scatole in cartone ondulato		-	
	busta + film 1kg	Busta in plastica mista	1000 g	Film termoretraibile in LDPE		Film estensibile in LLDPE	-
	busta + scatola 1kg	Film avvolgi buste in LDPE per il solo scenario busta + scatola 2kg	1000 g	Scatole in cartone ondulato		-	
	busta + scatola 2kg		2000 g			-	
	astuccio + film 1kg	Astuccio in cartoncino	1000 g	Film termoretraibile in LDPE		-	
	astuccio + scatola 1kg		1000 g	Scatole in cartone ondulato		-	
P R E V E N T.	sacchetto 2kg	Sacchetto a cuscino in LDPE	2000 g	Film termoretraibile in LDPE	Pallet in legno	Sacchetto in LDPE	
	sacchetto 5kg	Sacchetto a cuscino in LDPE	5000 g				Film estensibile in LLDPE
	sacco 25kg	Sacco in rafia di PP	25000 g	-			

unità funzionale, a cui sono riferiti i dati e i risultati, rispettivamente la *distribuzione di 1 kg di pasta secca*, di *1 kg di cereali da colazione* e di *1 kg di riso*.

2.4 Confini del sistema

In figura 1 sono indicati a titolo di esempio i processi inclusi nei confini del sistema degli scenari base e preventivi relativi alla distribuzione di pasta. I confini considerati per gli scenari di distribuzione di cereali e riso sono riportati nelle figure MS1 e MS2 del materiale supplementare.

All'interno dei confini del sistema, per entrambe le modalità di distribuzione, è stato considerato innanzitutto il ciclo di vita degli imballaggi primari (sacchetti e buste in materiale plastico, astucci in cartoncino e sacchi) e degli imballaggi per il trasporto (scatole in cartone ondulato, film termoretraibile in LDPE, film estensibile in

LLDPE e pallet in legno). In relazione al fine vita, è stato considerato che gli imballaggi primari impiegati negli scenari base siano scartati presso il luogo di consumo; negli scenari preventivi l'imballaggio primario, utilizzato per il conferimento del prodotto alla GDO è invece scartato presso il punto vendita nella fase di riempimento dei dispenser. È stato assunto invece che tutti gli imballaggi per il trasporto siano scartati presso i punti vendita della GDO ad eccezione del pallet che diventa rifiuto presso l'impianto di confezionamento dopo 20 cicli di trasporto (paragrafo 2.6). Nei confini del sistema sono state incluse inoltre le operazioni di confezionamento del prodotto, il trasporto del prodotto pallettizzato ai punti vendita e il viaggio di ritorno per il trasporto dei pallet vuoti.

Negli scenari preventivi i confini del sistema includono inoltre il ciclo di vita del sacchetto,

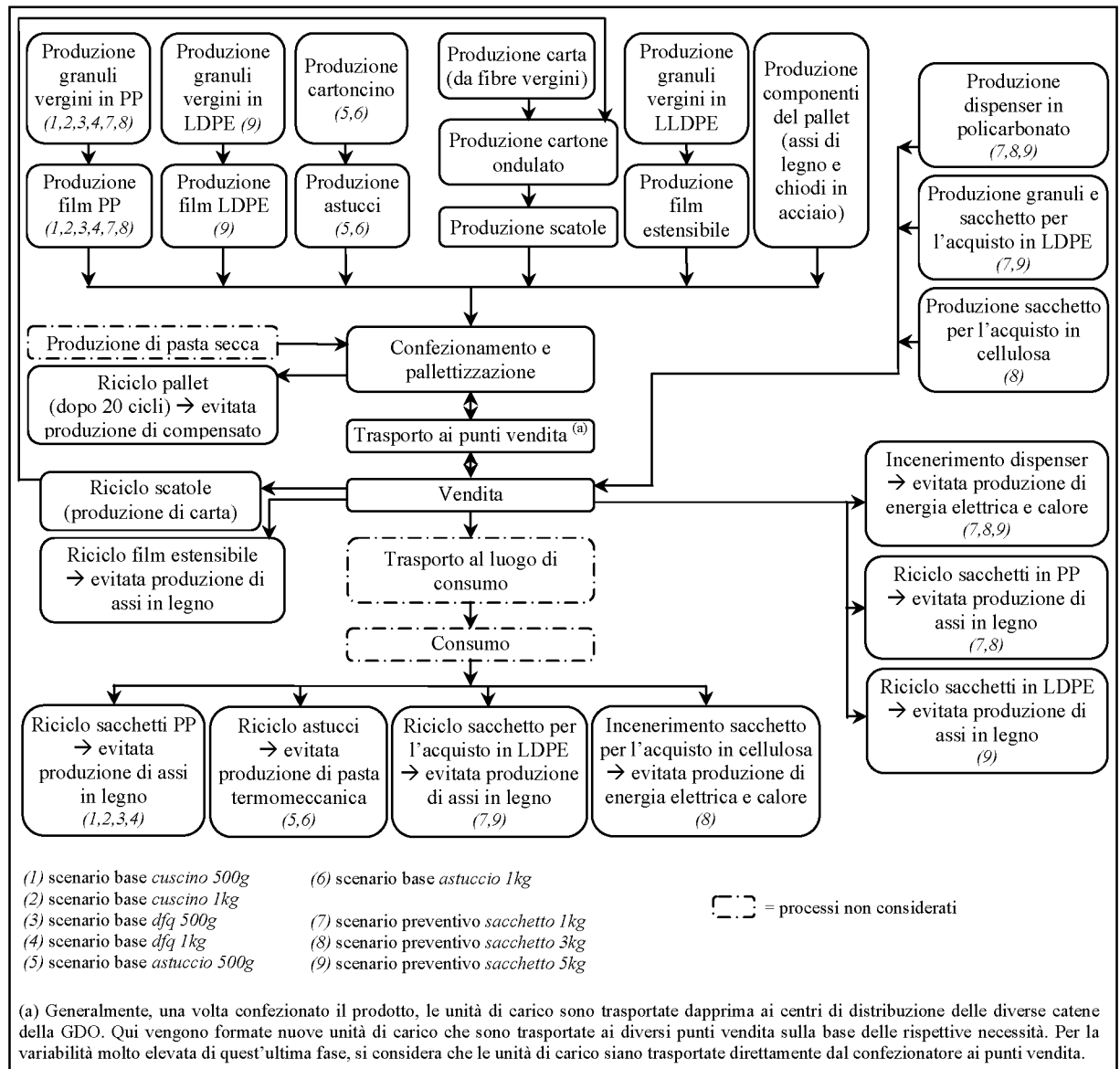


Figura 1 – Processi inclusi nei confini del sistema per gli scenari base e preventivi analizzati relativi alla distribuzione di pasta. Per ciascun processo si indicano lo scenario o gli scenari in cui è considerato. I processi per i quali non è indicato alcun numero sono relativi a tutti gli scenari analizzati.

realizzato in LDPE o cellulosa, necessario per l'acquisto di prodotto sfuso e il ciclo di vita dei dispenser impiegati per la distribuzione di pasta, cereali o riso nel punto vendita.

Le fasi di produzione e lavorazione di ciascun prodotto a monte del confezionamento sono state invece escluse in quanto non differiscono tra gli scenari base e preventivi considerati. Non è stato inoltre considerato il trasporto del prodotto dal punto vendita fino al luogo di consumo, generalmente effettuato con auto privata, in quanto:

- l'acquisto del prodotto sfuso sostituisce quello del prodotto in confezioni monouso non in-

fluenzando l'acquisto di altri prodotti: l'allocatione degli impatti del viaggio sulla base del numero di articoli acquistati come indicato in Nessi et al. (2012) non subisce quindi variazioni;

- la distanza percorsa è invariata in entrambe le modalità di distribuzione.

Si evidenzia infine che non sono stati considerati gli impatti associati al ciclo di vita dei beni capitali come le infrastrutture e i macchinari. Si tratta infatti normalmente di impatti trascurabili poiché distribuiti sull'intero periodo di utilizzo del bene.

2.5 Categorie di impatto considerate, rispettivi indicatori e metodi di caratterizzazione

In accordo con gli obiettivi dello studio, è stata calcolata innanzitutto la quantità di rifiuti prodotta che include gli imballaggi primari e gli imballaggi per il trasporto.

Sono state inoltre considerate tredici categorie di impatto sull'ambiente e sulla salute umana, così da valutare il più ampio spettro di problematiche ambientali potenzialmente connesse all'attività analizzata: *Cambiamento climatico, Riduzione dello strato d'ozono, Formazione fotochimica di ozono, Acidificazione, Eutrofizzazione (terrestre, in acqua dolce e in acqua marina), Ecotossicità in acqua dolce, Tossicità per l'uomo (effetti cancerogeni e non cancerogeni), Assunzione di materiale particolato, Impoverimento delle risorse idriche e Impoverimento delle risorse minerali e fossili.*

Gli indicatori di impatto considerati per queste categorie e i metodi di caratterizzazione utilizzati per il loro calcolo sono quelli raccomandati dalla Guida sull'impronta ambientale dei prodotti (Product Environmental footprint; PEF) sviluppata per la Commissione Europea dal Joint Research Centre (JRC) e incorporata nella Raccomandazione europea relativa all'uso di metodologie comuni per misurare e comunicare le prestazioni ambientali del ciclo di vita dei prodotti e delle organizzazioni (Commissione Europea, 2013).

Per la sola categoria *Impoverimento delle risorse minerali e fossili*, sono stati utilizzati i fattori di caratterizzazione calcolati in funzione delle *riserve ultime* riportati in Van Oers et al. (2002) in luogo di quelli relativi alle *riserve base* di ciascuna risorsa, raccomandati dalla PEF. I fattori utilizzati sono infatti considerati più appropriati rispetto a quelli relativi alle *riserve base* dal momento che nella stima di questi ultimi vengono introdotte incertezze associate a considerazioni sulla disponibilità tecnica ed economica delle risorse. Le *riserve base* rappresentano infatti la quantità di risorsa che ha un potenziale ragionevole di diventare economicamente e tecnicamente disponibile.

Per valutare le prestazioni energetiche delle attività esaminate, è stato infine calcolato l'indicatore *Cumulative energy demand (CED)*, in accordo con il metodo descritto da Hischier et al. (2010).

2.6 Modellizzazione degli scenari

2.6.1 Ciclo di vita degli imballaggi primari

Per definire il contributo agli impatti del rispettivo ciclo di vita, per ciascuno scenario è necessaria

una stima della massa media per unità funzionale dell'imballaggio primario utilizzato. A questo scopo, per ciascuno dei tre prodotti analizzati, è stato acquisito e pesato un certo numero di confezioni per ogni scenario base realizzando un campione ragionato sulla base delle quote di mercato italiane comprendente sia i prodotti di marca che quelli a marchio commerciale: si è acquisito pertanto un numero maggiore di imballaggi per i marchi con quote di mercato più elevate e viceversa. Per gli scenari preventivi *reali* è stato raccolto e pesato un campione di confezioni utilizzate per il conferimento dei prodotti alla GDO; negli scenari *ipoteticamente migliorativi* sono state invece considerate alcune confezioni attualmente destinate alla ristorazione. In ogni scenario, per ciascun elemento del campione è stata quindi calcolata la quantità del rispettivo materiale necessaria per unità funzionale rapportando la massa della confezione al peso netto contenuto. Infine, per gli elementi del campione relativi a ciascuno scenario, sono stati mediati i singoli valori di massa per unità funzionale.

I processi produttivi degli imballaggi primari, dall'estrazione delle materie prime sino alla conversione in prodotti finiti, sono stati modellizzati sulla base dei dati forniti nella versione 2.2 del databaseecoinvent. In dettaglio, sulla base delle evidenze ottenute con l'acquisizione presso i punti vendita, è stato considerato che tutti gli imballaggi siano prodotti a partire da materia prima vergine, ad eccezione degli astucci in cartoncino impiegati negli scenari di distribuzione di cereali e riso, prodotti per la maggior parte con pasta da macero.

Alla fine della vita utile, è stato ipotizzato che gli imballaggi primari, ad eccezione delle buste impiegate negli scenari base di distribuzione del riso e dei sacchi utilizzati per gli scenari preventivi di distribuzione di cereali e riso, siano raccolti in modo differenziato con le rispettive frazioni del rifiuto, selezionati e riciclati sulla base delle indicazioni riportate in Rigamonti e Grosso (2009) e Grosso et al. (2012). Poiché gli imballaggi sono sostanzialmente puri, si considerano nulle le perdite di materiale nei processi di riciclo. In dettaglio, il riciclo dei sacchetti in materiale plastico con le altre poliolefine consente la produzione di barre profilate che permettono di evitare l'utilizzo di assi di legno con un rapporto di sostituzione unitario. Il riciclo degli astucci in cartoncino fornisce invece pasta da macero che permette di evitare la produzione di pasta termomeccanica a partire da materia prima vergine con un rapporto di sostituzione di 1:0,833 che considera lo scadimento qualitativo delle fibre nel processo di riciclo.

È stato considerato invece che le buste impiegate per la distribuzione di riso in sei degli scenari base,

a causa della loro composizione in plastica mista (LDPE e Nylon secondo le indicazioni di un confezionatore), siano inviate a incenerimento con recupero energetico, modellizzato con i dati indicati in Turconi et al. (2011) e Doka (2009). Analogo è il fine vita dei sacchi in rafia di PP utilizzati in uno dei tre scenari preventivi di distribuzione del riso. È stato assunto infine che il sacco impiegato per la distribuzione dei cereali nello scenario preventivo analizzato, costituito da uno strato esterno in carta sbiancata e da uno strato interno in carta non sbiancata accoppiata a un rivestimento in LDPE, sia inviato a un processo di riciclo della carta. Questo fornisce pasta da macero che permette a sua volta di evitare la produzione di pasta termomeccanica vergine. Gli scarti di tale processo (la componente plastica del sacco) sono successivamente inviati a incenerimento con recupero energetico.

Come indicato al paragrafo 2.4, negli scenari preventivi l'imballaggio primario è scartato presso la GDO e non presso il luogo di consumo. Pertanto, non è stata considerata la raccolta urbana ma un semplice trasporto stradale sino all'impianto di trattamento. È stato ipotizzato inoltre che il rifiuto non sia sottoposto ad alcun processo di selezione poiché conferito dalla GDO senza la contaminazione di materiali estranei.

2.6.2 Ciclo di vita degli imballaggi per il trasporto

Sulla base dello scenario di volta in volta considerato, gli imballaggi per il trasporto sono costituiti innanzitutto da scatole in cartone ondulato o da fardelli di film termoretraibile, contenenti gli imballaggi primari. Le scatole, i fardelli o direttamente gli imballaggi primari (nel caso in cui le scatole o i fardelli non siano previsti) sono posizionati su pallet il cui carico è avvolto con film estensibile. Per ciascuno scenario che prevede l'utilizzo di scatole o di film termoretraibile, per calcolare la massa media del rispettivo materiale impiegato in riferimento all'unità funzionale, è stato raccolto e pesato un certo numero di imballaggi realizzando un campione in modalità analoga a quanto indicato per gli imballaggi primari al paragrafo 2.6.1.

È stato ipotizzato che le scatole siano prodotte a partire da sola carta da macero sulla base delle evidenze ottenute con l'acquisizione degli imballaggi e che, a fine vita, siano nuovamente inviate a riciclo. È stato considerato inoltre che il cartone inviato a riciclo permetta la produzione di carta da macero utilizzata nuovamente per la realizzazione di cartone ondulato. La produzione e il riciclo delle scatole sono stati modellizzati con le informazioni contenute nel databaseecoinvent (v.2.2).

Il film termoretraibile, prodotto a partire da granuli vergini di LDPE, una volta scartato, è riciclato con le poliolefine per la produzione di barre profilate utilizzate in sostituzione di assi di legno con un rapporto di sostituzione unitario. Poiché i film inviati a riciclo sono sostanzialmente puri, sono state considerate nulle le perdite di materiale nel processo stesso di riciclo. La produzione del film è stata modellizzata con le indicazioni contenute nel databaseecoinvent (v.2.2) mentre il fine vita con i dati indicati in Rigamonti e Grosso (2009) e Grosso et al. (2012).

In tutti gli scenari considerati, per il trasporto del prodotto confezionato ai punti vendita della GDO, è stato previsto l'utilizzo di pallet in legno EUR-Epal ovvero la tipologia più diffusa (Creazza e Dallari, 2007). Per ciascuno dei prodotti di cui si conosce la composizione dell'unità di carico (numero di scatole o fardelli per pallet), è stata calcolata la massa di pallet impiegata per unità funzionale rapportando il peso del pallet al peso netto dell'unità di carico e considerando, sempre sulla base delle indicazioni di Creazza e Dallari (2007), che ciascun pallet sia utilizzato per 20 cicli di trasporto prima di essere scartato. Infine, per ciascuno scenario, sono stati mediati i singoli valori di massa per unità funzionale. Al termine della vita utile, il legno del pallet è triturato e utilizzato per la produzione di pannelli truciolari impiegabili in luogo di pannelli di compensato con un rapporto di sostituzione di 1:0,6, introdotto per le caratteristiche meccaniche inferiori del pannello truciolare. Poiché i pallet inviati a riciclo sono sostanzialmente puri, sono state considerate nulle le perdite di materiale nel processo stesso. La produzione delle componenti del pallet e il fine vita del legno sono stati modellizzati sulla base delle indicazioni contenute nel databaseecoinvent (v.2.2), modificate secondo i dati di Rigamonti e Grosso (2009) per quanto riguarda il riciclo.

In relazione al film estensibile che avvolge il carico, è stato ipotizzato un unico valore di massa per unità funzionale per tutti gli scenari di ciascun prodotto, sulla base delle indicazioni fornite da un'azienda produttrice di robot avvolgi-pallet e dell'altezza media delle unità di carico del prodotto stesso. La produzione del film, a partire da granuli vergini di LLDPE, e il fine vita (riciclo con le poliolefine) sono stati modellizzati come descritto per il film termoretraibile.

2.6.3 Operazioni di confezionamento e imballaggio

Per ciascuno scenario analizzato, le operazioni di confezionamento sono state modellizzate sulla

base delle caratteristiche dei macchinari utilizzati dalle principali aziende produttrici rispettivamente di pasta, cereali e riso. In dettaglio, sono stati contabilizzati i consumi di energia elettrica le cui fasi di produzione, trasporto e trasformazione sono state modellizzate, considerando il mix energetico italiano, sulla base delle indicazioni contenute nel database ecoinvent (v.2.2).

2.6.4 Trasporto dal confezionatore ai punti vendita

Per entrambe le modalità di distribuzione confrontate, una volta confezionato il prodotto, l'unità di carico è trasportata sino ai punti vendita della GDO. Per pasta e cereali, è stato considerato un trasporto stradale, con autocarro, per una percorrenza pari alla distanza media tra la città di Milano e gli stabilimenti di tutte le marche considerate nei diversi scenari, pesata sulle quote di mercato (in valore) delle marche stesse. La distanza considerata, 550 km per la pasta e 800 km per i cereali, è stata considerata analoga per tutti gli scenari base e preventivi. In questo modo, i risultati del confronto tra le due modalità di distribuzione sono indipendenti dalla distanza confezionatore-punti vendita della GDO: si ipotizza infatti che gli stessi stabilimenti possano potenzialmente confezionare il prodotto distribuito con entrambe le modalità. Per il riso, a causa della mancanza di dati recenti relativi alle quote di mercato, è stata calcolata la distanza media non pesata tra Milano e gli stabilimenti delle marche considerate che risulta pari a 90 km. La modellizzazione del trasporto con autocarro è stata effettuata secondo le indicazioni del database ecoinvent (v.2.2).

2.6.5 Vendita del prodotto

In ciascuno scenario preventivo, è necessario l'utilizzo di dispenser a gravità per la distribuzione del prodotto sfuso nel punto vendita. Sono stati considerati pertanto gli impatti associati al ciclo di vita dei distributori stessi (realizzati in polycarbonato) ipotizzando che siano inviati a incenerimento (con recupero energetico) al termine della vita utile assunta pari a 10 anni. I dati utilizzati sono relativi ai dispenser installati in una delle due catene della GDO che offrono, al momento, questa possibilità di acquisto in Lombardia. La modellizzazione del ciclo di vita è stata condotta sulla base delle informazioni contenute nel database ecoinvent (v.2.2). Per il processo di incenerimento, sono stati inoltre considerati i dati indicati in Turconi et al. (2011) e Doka (2009).

Per il prelievo di prodotto sfuso è inoltre necessario l'utilizzo di un sacchetto fornito presso il punto vendita. Come indicato al paragrafo 2.1, sulla base

di quanto riscontrato nei punti vendita esaminati, è stato considerato l'impiego di sacchetti in LDPE per tutti gli scenari preventivi *reali* ad eccezione dello scenario *sacchetto 3kg* (distribuzione sfusa di pasta in sacchetti in cellulosa). È stato ipotizzato l'uso di sacchetti in LDPE, materiale più comunemente utilizzato rispetto alla cellulosa, anche per gli scenari *ipoteticamente migliorativi*. Per entrambe le tipologie di sacchetti, realizzate a partire da materia prima vergine, sono stati raccolti presso i punti vendita e pesati alcuni esemplari. I processi produttivi sono stati modellizzati sulla base dei dati forniti nel database ecoinvent (v.2.2). Alla fine della vita utile, è stato ipotizzato che i sacchetti in LDPE siano raccolti in modo differenziato con la frazione plastica del rifiuto, selezionati e riciclati con le poliolefine per la produzione di barre profilate. I sacchetti in cellulosa, non riciclabili con processi meccanici secondo le indicazioni del produttore, sono invece inviati a incenerimento con recupero energetico.

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

3.1 Produzione di rifiuti

Per ciascuno dei prodotti analizzati è stata calcolata innanzitutto la quantità di rifiuti generata che comprende gli imballaggi primari e per il trasporto e il contributo del sacchetto per l'acquisto impiegato negli scenari preventivi. Non sono stati invece considerati i rifiuti generati nelle diverse fasi di produzione, trasformazione e trasporto dei materiali e dei prodotti.

3.1.1 Pasta

In figura 2 si riporta la quantità di rifiuti prodotta in ciascuno scenario di distribuzione di pasta suddivisa per tipologia di imballaggio ed espressa in riferimento all'unità funzionale (UF). Si osserva innanzitutto che la distribuzione sfusa di pasta secca non comporta necessariamente una minor produzione di rifiuti rispetto all'utilizzo di confezioni *tradizionali monouso*. Lo scenario preventivo *sacchetto 1kg* comporta infatti un incremento dei rifiuti, sia per l'acquisto di 0,5 kg che di 1 kg, rispetto allo scenario base migliore (rispettivamente *cuscinco 500g* e *cuscinco 1kg*). In dettaglio, con l'acquisto di 1 kg si verifica un aumento del 13,0% (+7,3g UF⁻¹) che cresce al 15,1% (+8,9 g UF⁻¹) considerando invece 500 grammi di pasta. Ciò è dovuto al fatto che lo scenario *sacchetto 1kg* prevede l'utilizzo di imballaggi primari e per il trasporto analoghi per tipolo-

gia e formato a quelli che caratterizzano lo scenario base *cuscino 1kg*. In aggiunta ai contributi di tali imballaggi, lo scenario preventivo prevede anche l'impiego del sacchetto per l'asporto.

Per gli altri scenari preventivi, pur considerando il contributo aggiuntivo del sacchetto per l'acquisto, la produzione di rifiuti per unità funzionale è invece lievemente minore rispetto allo scenario base migliore con una riduzione che, per l'acquisto di 0,5 kg, varia tra -1,6 g UF⁻¹ (-2,8%) per lo scenario preventivo *sacchetto 3kg* e -1,2 g UF⁻¹ (-2,1%) per lo scenario *sacchetto 5kg*. Per entrambi gli scenari preventivi, nel caso di acquisto di 1 kg, il beneficio rispetto allo scenario base migliore è maggiore ma in ogni caso non superiore al valore di -5,8 g UF⁻¹ (-10,4%) che si riscontra nello scenario *sacchetto 3kg*.

La distribuzione di pasta in modalità sfusa, in tutti gli scenari preventivi considerati, permette invece di ridurre la quantità di rifiuti rispetto alla distribuzione in confezioni *monouso* a doppio fondo quadro in PP (scenari base *dfq 500g* e *dfq 1kg*) e in astucci in cartoncino (scenari base *astuccio 500g* e *astuccio 1kg*). In dettaglio, considerando lo scenario preventivo con meno rifiuti (*sacchetto 3kg* con acquisto di 1 kg), la massima riduzione, che si verifica rispetto allo scenario base *astuccio 1kg*, è pari al 49% (-48,8 g UF⁻¹). Tale riduzione è tuttavia solamente di poco superiore rispetto a quella conseguibile con il migliore scenario base (*cuscino 1kg*) pari al 43% (-43,0 g UF⁻¹).

Oltre alla produzione dei rifiuti relativa a ciascuno scenario base, considerando la quota di mercato associata a ciascuno di essi e il consumo pro-capite italiano di prodotto (11,9 kg pasta corta abitante⁻¹ anno⁻¹), è stata calcolata la quantità di rifiuti prodotta annualmente per il consumo di pasta corta in Lombardia, contesto territoriale esaminato, pari a 8773 tonnellate. Ipotizzando che il 100% del consumo in confezioni *monouso* sia sostituito con il consumo di pasta sfusa secondo gli scenari preventivi *sacchetto 1kg*, *sacchetto 3kg* o *sacchetto 5kg*, risulterebbe una produzione di rifiuti annuale pari rispettivamente a 7767, 6469 o 6591 tonnellate. I tre scenari preventivi analizzati permetterebbero pertanto una riduzione dei rifiuti rispettivamente di 1006, 2304 e 2182 tonnellate anno⁻¹ pari all'11,5%, al 26,3% e al 24,9%. Nonostante le criticità descritte per i tre scenari preventivi, le quantità di rifiuti complessivamente evitate risultano consistenti soprattutto per il fatto che quasi il 30% del mercato italiano è caratterizzato dall'utilizzo di confezioni *monouso* in cartoncino.

3.1.2 Cereali

In figura 3 si riportano le quantità di rifiuti prodotte negli scenari di distribuzione dei cereali,

espresse in riferimento all'unità funzionale. Si evidenzia innanzitutto che nello scenario preventivo *sacco 10kg* la quantità di rifiuti prodotta a partire dagli imballaggi primari e per il trasporto è costante mentre la massa di sacchetto per l'asporto per unità funzionale differisce nei casi di acquisto di 300, 375, 500 o 960 grammi. La quantità minima di rifiuti è prodotta con l'acquisto di 500 grammi e non di 960 grammi poiché, in quest'ultimo caso, è necessario l'utilizzo di due sacchetti per l'asporto. Confrontando lo scenario preventivo con gli scenari base, si osserva che i rifiuti prodotti con la distribuzione sfusa subiscono una riduzione fino all'84,5% (-248,8 g UF⁻¹) nel caso di acquisto di 300 grammi di cereali. I benefici sono consistenti anche con l'acquisto di 375 grammi (-83,5% pari a -214,7 g UF⁻¹), 500 grammi (-83,3% ovvero -196,4 g UF⁻¹) e 960 grammi (-78,5% corrispondente a -145,5 g UF⁻¹).

Considerando la quota di mercato associata a ciascuno scenario base e il consumo pro-capite italiano di prodotto (0,9 kg cereali abitante⁻¹ anno⁻¹), la quantità di rifiuti prodotta annualmente per il consumo di cereali da colazione in Lombardia risulta pari a 2237 tonnellate. Il consumo del 100% del prodotto acquistato tramite dispenser, secondo lo scenario preventivo analizzato nello studio, genererebbe invece una quantità di rifiuti pari a 365 tonnellate anno⁻¹ con una conseguente prevenzione di 1872 tonnellate anno⁻¹ (-83,7%). Tale beneficio, che in termini percentuali risulta notevolmente superiore rispetto alla pasta, in termini assoluti è limitato dal ridotto consumo pro-capite di cereali (0,9 kg abitante⁻¹ anno⁻¹) rispetto all'elevato consumo di pasta corta (11,9 kg abitante⁻¹ anno⁻¹). Un analogo calcolo svolto in riferimento all'unità funzionale (distribuzione di 1 kg di prodotto) fornisce infatti una riduzione dei rifiuti pari a 220 grammi kg⁻¹ per i cereali che risulta di oltre un ordine di grandezza superiore rispetto alla riduzione di 11 grammi kg⁻¹ del miglior scenario preventivo relativo alla distribuzione di pasta sfusa (*sacchetto 3 kg*).

3.1.3 Riso

Per quanto riguarda infine il riso, in figura 4 si riporta la quantità di rifiuti prodotta in ciascuno scenario analizzato, espressa in riferimento all'unità funzionale.

Si evidenzia, a pari quantità di prodotto acquistato, una riduzione dei rifiuti negli scenari preventivi sempre superiore all'81% rispetto allo scenario base peggiore (rispettivamente *astuccio + scatola 1kg* per l'acquisto di 1 kg e (*bu-*

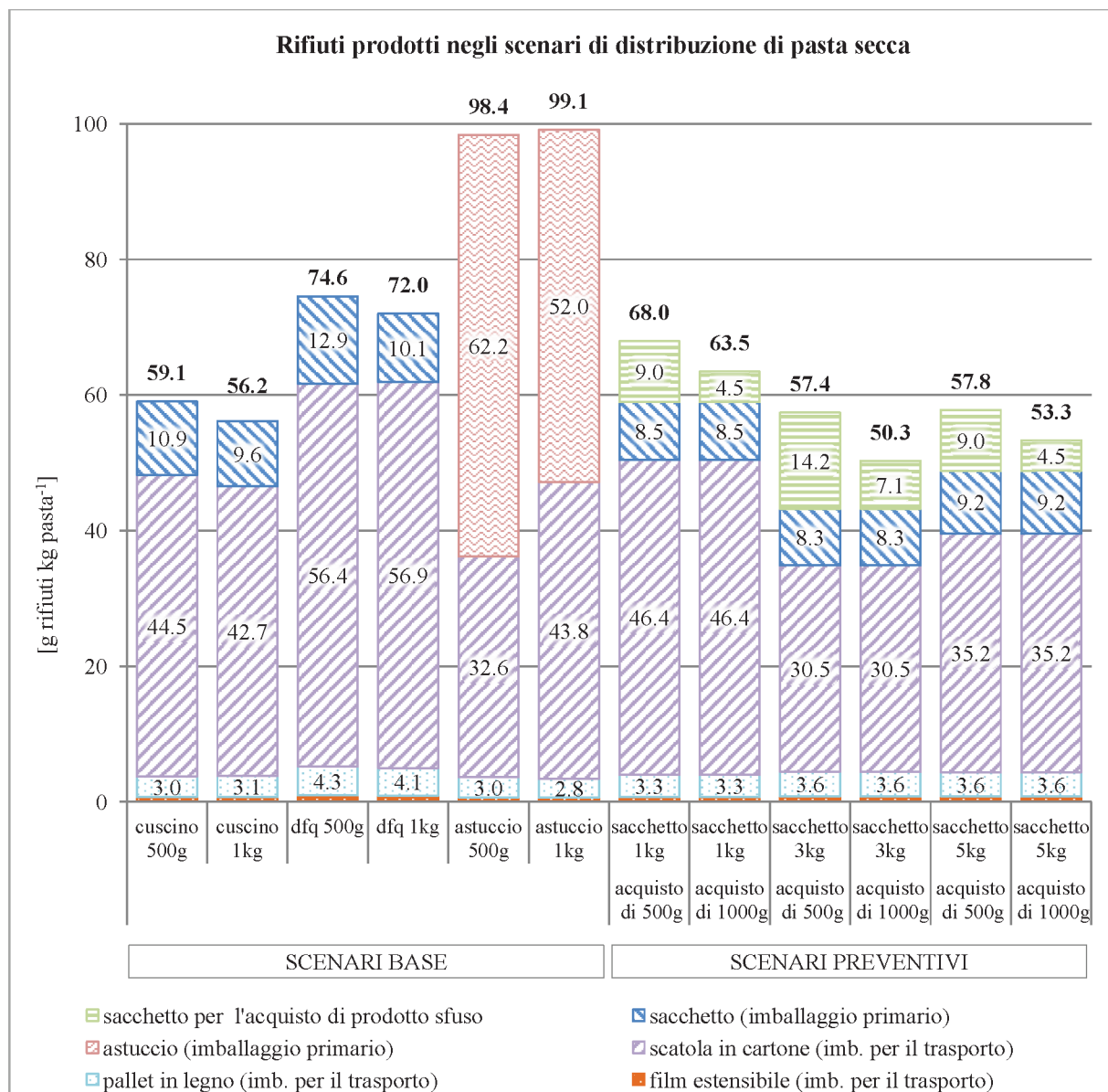


Figura 2 – Quantità di rifiuti prodotta per unità funzionale, per tipologia di imballaggio e totale, per tutti gli scenari di distribuzione di pasta secca analizzati.

sta + astuccio) + film 2kg per l'acquisto di 2 kg). In dettaglio, i valori più elevati di riduzione si osservano nel confronto con gli scenari base caratterizzati da un imballaggio primario comprendente l'astuccio in cartoncino. Gli scenari preventivi presentano comunque un minor quantitativo di rifiuti rispetto a tutti gli scenari base. Nel caso di acquisto di 1 kg, rispetto allo scenario base con minor produzione di rifiuti (*busta + film 1kg*), la riduzione negli scenari preventivi è infatti sempre superiore al 30%.

Per il riso, a causa dell'indisponibilità di dati relativi al mercato, non è stato possibile quantificare i rifiuti prodotti annualmente per il consumo del

prodotto in confezioni *monouso* e la conseguente riduzione dei rifiuti permessa dall'implementazione degli scenari preventivi.

3.2 Indicatori di impatto

3.2.1 Pasta

Per quanto riguarda la pasta, si riportano nelle tabelle MS1 e MS2 (materiale supplementare) gli impatti potenziali relativi a ciascuna delle 13 categorie considerate e il valore dell'indicatore *Cumulative Energy Demand* per tutti gli scenari base e preventivi analizzati.

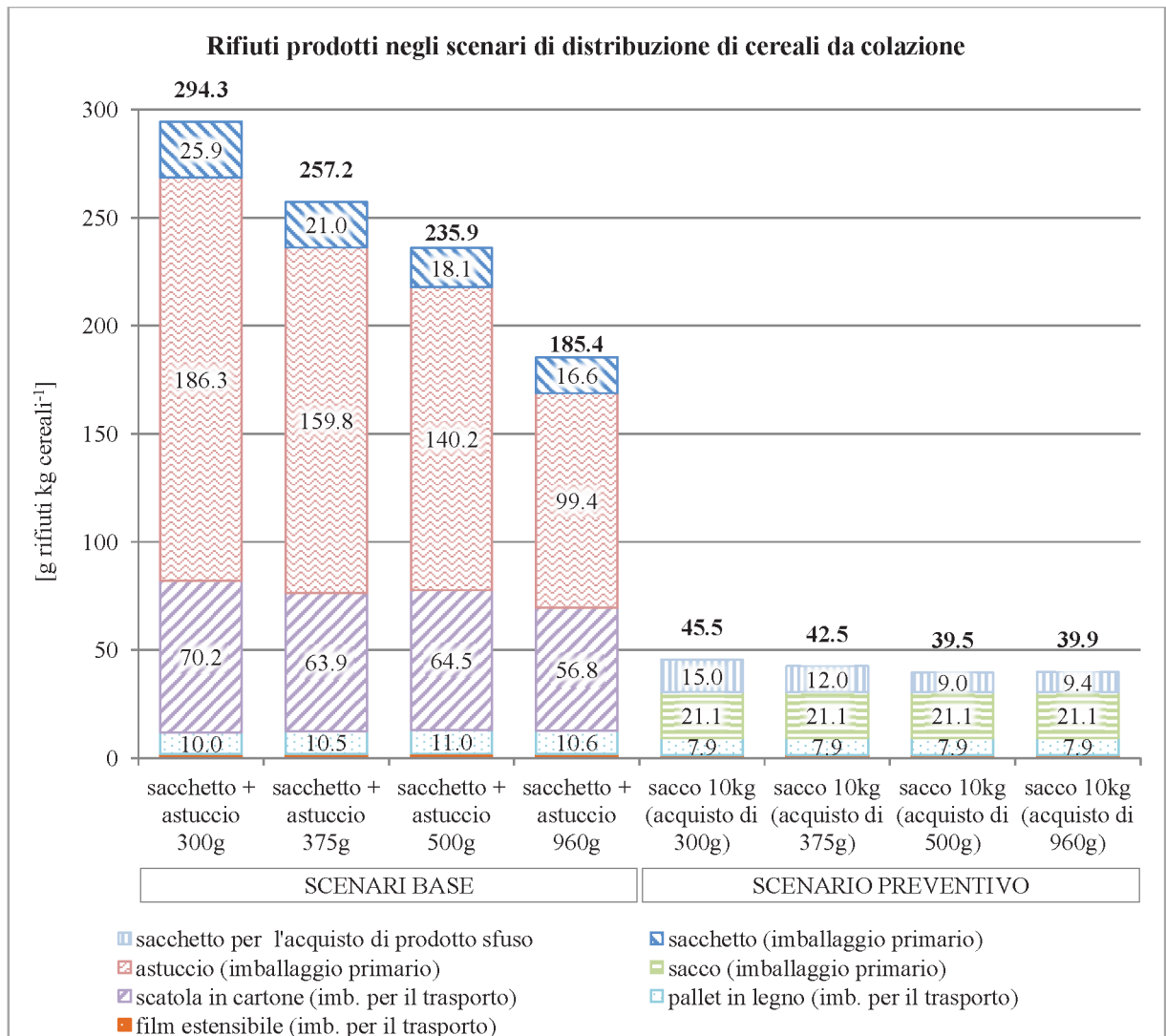


Figura 3 – Quantità di rifiuti prodotta per unità funzionale, per tipologia di imballaggio e totale, per tutti gli scenari di distribuzione di cereali da colazione analizzati.

Paragonando gli scenari base con le attività di prevenzione, è stato operato un primo confronto relativo all'acquisto di 1 kg di pasta. In particolare, lo scenario base *cuscino 1kg* (che presenta il valore minimo di impatto per tutte le categorie considerate) è paragonato a ciascuno scenario preventivo (*sacchetto 1kg*, *sacchetto 3kg* e *sacchetto 5kg*) nel caso di acquisto della medesima quantità di prodotto. In tabella 4 si riporta la variazione percentuale degli impatti per ciascuna categoria.

Lo scenario preventivo *sacchetto 1kg* è peggiorativo, rispetto allo scenario base *cuscino 1kg*, per 7 categorie di impatto e confrontabile per altrettante. Poiché in un'analisi del ciclo di vita esistono diverse fonti di incertezza (nei dati e nelle assunzioni modellistiche) e di variabilità (connesse alle variazioni del mondo reale), si è deciso di ritenere non significative differenze tra gli impatti inferiori al

10%; al verificarsi di questa circostanza gli scenari si ritengono pertanto confrontabili. Lo scenario preventivo *sacchetto 3kg* presenta lievi miglioramenti, sempre inferiori al 10% e pertanto ritenuti non significativi, per tutte le categorie ad eccezione di *Assunzione di materiale particolato* e *Impoverimento delle risorse idriche*. Infine, lo scenario preventivo *sacchetto 5kg* è confrontabile con lo scenario base *cuscino 1kg* per tutte le categorie ad eccezione dell'*Impoverimento delle risorse idriche* in cui risulta peggiorativo.

I risultati ottenuti sono estendibili all'acquisto di 0,5 kg di pasta. In dettaglio, è stato confrontato lo scenario base *cuscino 500g*, che presenta il valore minimo di impatto per tutte le categorie considerate per l'acquisto di 500 grammi, con i 3 scenari preventivi, nel caso di acquisto della medesima quantità di pasta. Lo scenario preventivo *sacchetto*

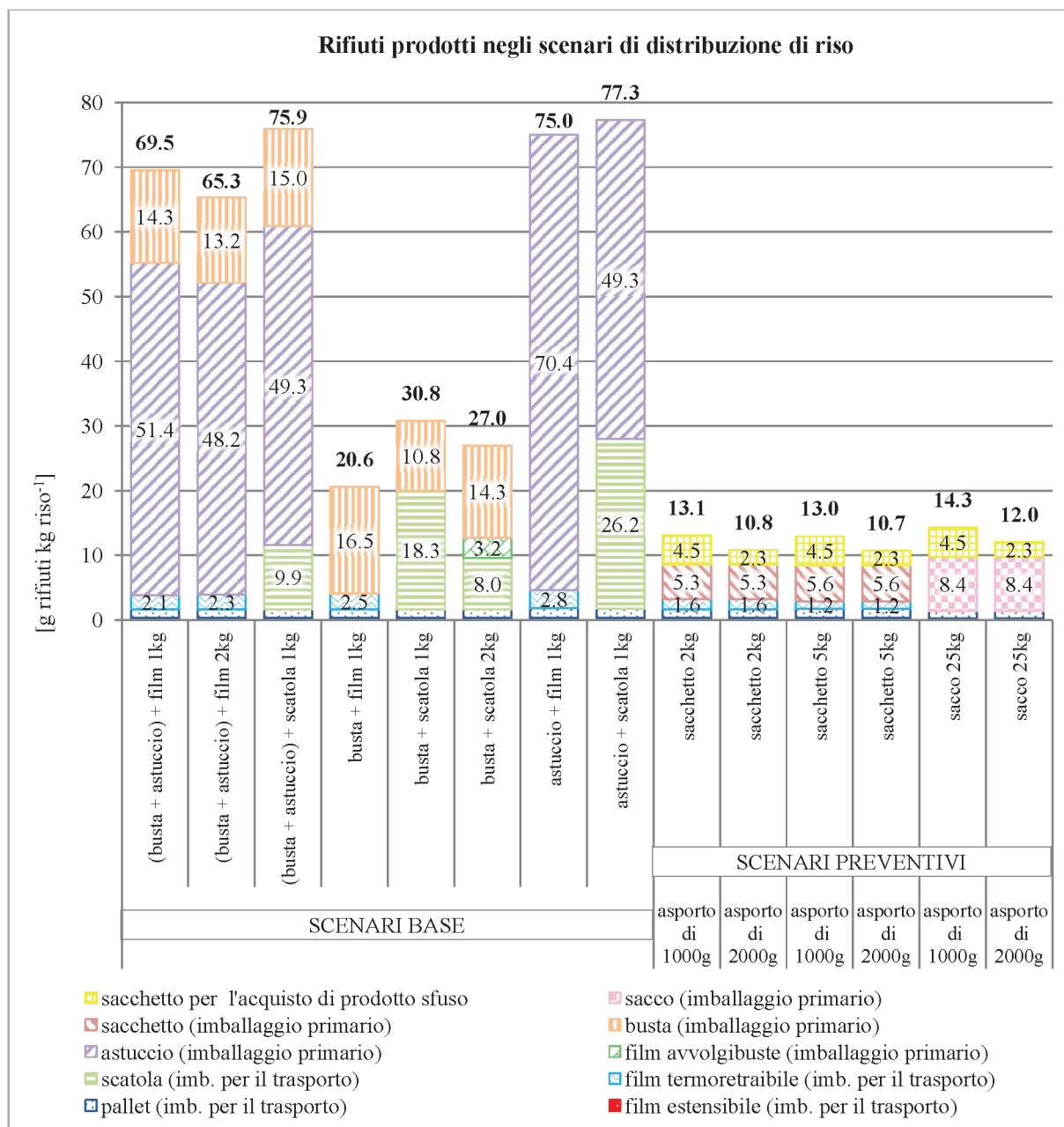


Figura 4 – Quantità di rifiuti prodotta per unità funzionale, per tipologia di imballaggio e totale, per tutti gli scenari di distribuzione di riso analizzati.

1kg risulta peggiorativo, rispetto a tale scenario base, per tutte le categorie di impatto ad eccezione di *Riduzione dello strato d'ozono*, *Formazione fotochimica di ozono*, *Eutrofizzazione terrestre*, *Eutrofizzazione (acqua marina)* e *Tossicità per l'uomo (effetti non cancerogeni)* in cui i due scenari risultano confrontabili. Lo scenario preventivo *sacchetto 3kg* è invece migliorativo per la categoria *Impoverimento delle risorse minerali e fossili* mentre presenta lievi miglioramenti, sempre inferiori al 10% e pertanto ritenuti non significativi, per *Riduzione dello strato d'ozono*, *Eutrofizzazione*

(acqua dolce), *Eutrofizzazione (acqua marina)*, *Ecotossicità (acqua dolce)* e *Tossicità per l'uomo (effetti non cancerogeni)*. Per le restanti categorie si verificano incrementi degli impatti che superano il 10% solamente per *Assunzione di materiale particolato* e *Impoverimento delle risorse idriche*. Infine, lo scenario preventivo *sacchetto 5kg* è migliorativo rispetto allo scenario base *cuscino 500g* per la sola categoria *Tossicità per l'uomo (effetti non cancerogeni)*, è peggiorativo per *Ecotossicità (acqua dolce)*, *Tossicità per l'uomo (effetti cancerogeni)*, *Impoverimento delle risorse idriche*, *Im-*

poverimento delle risorse minerali e fossili e CED e confrontabile per le restanti categorie.

Generalizzando, si evidenzia una ridotta differenza tra gli scenari base che prevedono l'utilizzo di sacchetti a cuscino in PP come imballaggi primari e quelli preventivi. Questa è legata principalmente al fatto che entrambi sono caratterizzati da imballaggi (sia primari che per il trasporto) della stessa tipologia e con valori di massa per unità funzionale simili.

Infine, gli scenari preventivi sono stati confrontati con lo scenario base che presenta il massimo valore di impatto per 8 categorie (*astuccio 500g*), nel caso di acquisto della medesima quantità di prodotto. Rispetto a tale scenario base, che presenta un imballaggio primario costituito dall'*astuccio in cartoncino*, ad eccezione dello scenario preventivo *sacchetto 1kg* per la sola categoria *Impoverimento delle risorse minerali e fossili*, tutti gli scenari preventivi comportano impatti inferiori per tutti gli indicatori. In dettaglio, la riduzione degli impatti è

compresa tra il 10,1% (*Eutrofizzazione terrestre*) e il 51,6% (*Assunzione di materiale particolato*) per lo scenario *sacchetto 1kg*, tra il 14,3% (*Eutrofizzazione terrestre*) e il 43,3% (*Assunzione di materiale particolato*) per lo scenario *sacchetto 3kg* e infine tra lo 0,2% (*Impoverimento delle risorse minerali e fossili*) e il 53,7% (*Assunzione di materiale particolato*) per lo scenario preventivo *sacchetto 5kg*. Considerando l'incertezza del 10%, la sola riduzione per la categoria *Impoverimento delle risorse minerali e fossili* nello scenario preventivo *sacchetto 5kg* non risulta significativa.

I benefici relativi a questo confronto sono tuttavia comparabili a quelli che si registrano paragonando lo scenario base migliore con gli scenari base che prevedono l'utilizzo di un *astuccio in cartoncino* come imballaggio primario. Lo scenario *cuscino 1kg* permette infatti la riduzione degli impatti, per tutti gli indicatori considerati, rispetto all'impiego di astucci in cartoncino da 1 kg (scenario *astuccio 1kg*). Tale riduzione, ad eccezione del solo *Impove-*

Tabella 4 – variazione percentuale degli impatti negli scenari preventivi rispetto allo scenario base che presenta il minimo valore di impatto per tutte le categorie considerate (*cuscino 1kg*), a pari quantità di pasta acquistata.

Categoria di impatto		Impatti scenario base <i>cuscino 1kg</i>	Variazione % impatti		
			scenario preventivo <i>sacchetto 1kg</i> acquisto di 1 kg	scenario preventivo <i>sacchetto 3kg</i> acquisto di 1 kg	scenario preventivo <i>sacchetto 5kg</i> acquisto di 1 kg
Cambiamento climatico	kg CO ₂ eq UF ⁻¹	0,173	10,0%	-1,7%	3,4%
Riduzione dello strato d'ozono	kg CFC-11 eq UF ⁻¹	2,02E-08	5,8%	-4,9%	-0,9%
Formazione fotochimica di ozono	kg COVNM eq UF ⁻¹	1,11E-03	5,5%	-1,6%	3,6%
Acidificazione	moli H ⁺ eq UF ⁻¹	1,01E-03	7,7%	-1,7%	4,3%
Eutrofizzazione terrestre	moli N eq UF ⁻¹	3,93E-03	4,1%	-1,6%	0,7%
Eutrofizzazione (acqua dolce)	kg P eq UF ⁻¹	3,46E-05	10,7%	-9,0%	-6,3%
Eutrofizzazione (acqua marina)	kg N eq UF ⁻¹	3,96E-04	4,6%	-3,0%	-1,0%
Ecotossicità (acqua dolce)	CTUe UF ⁻¹	0,225	13,3%	-8,5%	7,1%
Tossicità per l'uomo (effetti cancerogeni)	CTUh UF ⁻¹	8,77E-09	8,9%	-3,0%	5,9%
Tossicità per l'uomo (eff. non cancerogeni)	CTUh UF ⁻¹	1,82E-08	7,5%	-8,1%	-9,5%
Assunzione di materiale particolato	kg PM _{2,5} eq UF ⁻¹	8,51E-05	10,8%	14,7%	5,6%
Impoverimento delle risorse idriche	m ³ acqua eq UF ⁻¹	5,28E-04	17,8%	8,6%	11,4%
Impoverimento risorse minerali e fossili	kg Sb eq UF ⁻¹	5,83E-04	12,7%	-8,6%	8,0%
Cumulative Energy Demand	MJ eq UF ⁻¹	3,55	12,2%	-2,3%	6,8%

rimento delle risorse minerali e fossili, è superiore al 10% per tutte le categorie e oscilla tra il 14,8% e il 68,7%.

3.2.2 Cereali

Si riportano nelle tabelle MS3 e MS4 (materiale supplementare) gli impatti potenziali relativi a ciascuna delle 13 categorie considerate e il valore dell'indicatore *Cumulative Energy Demand* per tutti gli scenari di distribuzione dei cereali.

Confrontando le due modalità di distribuzione a parità di prodotto acquistato (tabella 5), risulta evidente una riduzione consistente degli impatti nello scenario preventivo per tutte le categorie e per l'acquisto di qualsiasi quantità di prodotto.

La riduzione è massima per l'acquisto di 300 grammi di cereali e decresce progressivamente per 375, 500 e 960 grammi. Le categorie di impatto caratterizzate dalla maggiore riduzione sono *Eutrofizzazione (acqua dolce)*, *Tossicità per l'uomo (effetti non cancerogeni)* ed *Ecotossicità (acqua dolce)*. I minori benefici, seppur con una riduzione prossima al 50% (acquistando 300 grammi), si riscontrano per la categoria *Eutrofizzazione terrestre*.

Generalizzando, la riduzione degli impatti è legata principalmente all'eliminazione, nello scenario preventivo, degli astucci in cartoncino e delle scatole in cartone ondulato. Entrambi sono caratterizzati da un valore di massa per unità funzionale superiore di circa un ordine di grandezza rispetto al sacco in carta utilizzato nello scenario preventivo. Quest'ultimo presenta infatti una massa per unità funzionale paragonabile al solo sacchetto in HDPE utilizzato negli scenari base.

3.2.3 Riso

Per quanto riguarda il riso, si riportano nelle tabelle MS5 e MS6 (materiale supplementare) gli impatti potenziali relativi a ciascuna delle 13 categorie considerate e il valore dell'indicatore *Cumulative Energy Demand* per tutti gli scenari analizzati.

Paragonando gli scenari base con le attività di prevenzione, è stato operato un primo confronto tra lo scenario base *busta + scatola 1kg*, che presenta i valori minimi di impatto per 10 tra le categorie considerate, e ciascuno dei tre scenari preventivi nel caso di acquisto di 1 kg di riso. Come si osserva in tabella 6, escludendo l'aumento dell'impatto per la categoria *Riduzione dello strato d'ozono* nello scenario preventivo *sacchetto 2kg*, si verifica una riduzione degli impatti in tutti gli scenari preventivi e per tutte le categorie compresa tra il 5,7% e il

78,2%. Le sole riduzioni del 6,9% per la categoria *Impoverimento delle risorse minerali e fossili* nello scenario *sacchetto 2kg* e del 5,7% per la categoria *Riduzione dello strato d'ozono* nello scenario *sacchetto 5kg* sono inferiori al 10% e pertanto ritenute non significative. Si osserva inoltre che lo scenario *sacco 25kg* presenta il valore massimo di riduzione per 12 categorie.

Ciascuno scenario preventivo è stato inoltre confrontato con lo scenario base maggiormente diffuso nella GDO (scenario *(busta + astuccio) + film 1kg*): 10 tra i 15 produttori considerati nello studio confezionano infatti il prodotto secondo le modalità previste per questo scenario ovvero con busta in plastica mista contenuta in un astuccio in cartoncino e film termoretraibile per il trasporto. Tutti gli scenari preventivi risultano migliori rispetto a questo scenario base, per tutte le categorie considerate, con una riduzione degli impatti di almeno il 53% fino a benefici superiori all'86%.

Si evidenzia che le riduzioni degli impatti negli scenari preventivi sono più elevate nel confronto con gli scenari base che presentano un imballaggio primario comprendente un astuccio in cartoncino (abbinato a una busta o da solo). L'astuccio è infatti caratterizzato da un valore di massa per unità funzionale superiore di circa un ordine di grandezza rispetto agli imballaggi primari impiegati negli scenari preventivi.

Considerando invece l'acquisto di 2 kg di riso, tutti gli scenari preventivi risultano migliori rispetto al miglior scenario base *busta + scatola 2kg* per tutte le categorie ad eccezione degli scenari *sacchetto 2kg* e *sacchetto 5kg* per la sola categoria *Riduzione dello strato d'ozono*. In dettaglio, la riduzione degli impatti negli scenari preventivi è compresa tra il 34,9% (*Impoverimento delle risorse minerali e fossili*) e il 63,0% (*Tossicità per l'uomo - effetti non cancerogeni*) per lo scenario *sacchetto 2kg*, tra il 42,1% (*Impoverimento delle risorse minerali e fossili*) e il 69,1% (*Tossicità per l'uomo - effetti non cancerogeni*) per lo scenario *sacchetto 5kg* e infine tra il 35,6% (*Riduzione dello strato d'ozono*) e il 66,7% (*Ecotossicità in acqua dolce*) per lo scenario preventivo *sacco 25kg*.

È stato effettuato infine un paragone tra i soli scenari base. In particolare, considerando le confezioni da 1 kg che prevedono l'uso di scatole in cartone per il trasporto, sono stati confrontati gli scenari *busta + scatola 1kg*, *(busta + astuccio) + scatola 1kg* e *astuccio + scatola 1kg* che prevedono l'utilizzo di tre differenti tipologie di imballaggi primari.

Entrambi gli scenari che prevedono l'utilizzo di un astuccio in cartoncino risultano peggiori, per tutte

le categorie di impatto, rispetto allo scenario *busta + scatola 1kg* che presenta, come imballaggio primario, la sola busta in plastica mista. Si sottolinea inoltre che, in questo confronto, i valori maggiori di impatto, per 12 dei 14 indicatori esaminati, competono allo scenario che presenta come imballaggio primario sia la busta in plastica mista che l'astuccio in cartoncino. I risultati sono simili se si confrontano gli scenari base con analoghi imballaggi primari ma che prevedono l'impiego, per il trasporto, di film termoretraibile anziché di scatole.

4. CONCLUSIONI

La distribuzione sfusa di prodotti alimentari secchi presso la GDO non consente necessariamente una riduzione in termini di rifiuti prodotti e di impatti potenziali sull'ambiente e sulla salute umana. L'e-

sito della valutazione è infatti correlato alla tipologia di imballaggio previsto per il conferimento alla GDO del prodotto sfuso e alle caratteristiche dell'imballaggio *monouso* sostituito.

Considerando la distribuzione di pasta sfusa, si riscontra una ridotta differenza tra gli imballaggi primari e per il trasporto utilizzati negli scenari preventivi e negli scenari base che prevedono l'utilizzo di sacchetti in materiale plastico. Entrambi sono infatti caratterizzati da sacchetti e scatole per il trasporto della stessa tipologia e con valori di massa per unità funzionale simili. Di conseguenza, la distribuzione del prodotto sfuso, secondo le modalità oggi in atto presso le catene della GDO esaminate, non fornisce benefici significativi bensì, in alcune circostanze, un aumento dei potenziali impatti rispetto alle confezioni *monouso* in materiale plastico. Nel caso in cui invece si eviti l'utilizzo di astucci in cartoncino *monouso*, la distribuzio-

Tabella 5 – Variazione percentuale degli impatti nello scenario preventivo rispetto agli scenari base, a pari quantità di cereali acquistata.

Categoria di impatto	sacchetto + astuccio 300g vs sacco 10kg acquisto di 300g	sacchetto + astuccio 375g vs sacco 10kg acquisto di 375g	sacchetto + astuccio 500g vs sacco 10kg acquisto di 500g	sacchetto + astuccio 960g vs sacco 10kg acquisto di 960g
Cambiamento climatico	-66,0%	-64,1%	-63,2%	-58,9%
Riduzione dello strato d'ozono	-63,2%	-60,9%	-59,0%	-52,1%
Formazione fotochimica di ozono	-51,4%	-49,9%	-48,6%	-43,0%
Acidificazione	-58,3%	-56,4%	-55,1%	-49,8%
Eutrofizzazione terrestre	-49,3%	-47,8%	-46,3%	-40,4%
Eutrofizzazione (acqua dolce)	-83,1%	-81,8%	-81,2%	-78,2%
Eutrofizzazione (acqua marina)	-54,6%	-52,8%	-51,3%	-45,3%
Ecotossicità (acqua dolce)	-73,0%	-71,5%	-71,3%	-68,5%
Tossicità per l'uomo (effetti cancerogeni)	-60,9%	-58,6%	-57,5%	-52,4%
Tossicità per l'uomo (eff. non cancerogeni)	-79,2%	-77,2%	-76,0%	-71,2%
Assunzione di materiale particolato	-63,8%	-62,0%	-60,4%	-54,3%
Impoverimento delle risorse idriche	-66,9%	-64,7%	-63,9%	-59,8%
Impoverimento risorse minerali e fossili	-63,2%	-61,8%	-61,6%	-59,4%
Cumulative Energy Demand	-67,1%	-65,4%	-64,8%	-61,4%

ne sfusa consente di ridurre significativamente sia la produzione di rifiuti che la quasi totalità degli impatti ambientali potenziali. Anche lo scenario *ipoteticamente migliorativo*, che prevede l'utilizzo del formato di imballaggio primario maggiore tra le confezioni oggi disponibili, non permette benefici superiori rispetto agli altri scenari preventivi esaminati.

Considerando invece la distribuzione sfusa di cereali, l'uso di sacchi da 10 kg, caratterizzati da una massa per unità funzionale estremamente ridotta, in sostituzione di sacchetti in HDPE posti in astucci in cartoncino e trasportati in scatole di cartone consente di ridurre significativamente sia la produzione di rifiuti che la totalità dei potenziali impatti ambientali.

Infine, si evidenzia che la distribuzione di riso sfuso, con la modalità oggi in atto presso la catena della GDO esaminata, consente di ridurre in

maniera significativa innanzitutto la produzione di rifiuti rispetto alla distribuzione in confezioni *monouso*. Parallelamente, si riduce anche la quasi totalità degli impatti potenziali sull'ambiente e sulla salute umana, con diminuzioni più consistenti nel confronto con le confezioni *monouso* caratterizzate da un imballaggio primario comprendente un astuccio in cartoncino che presenta un'elevata massa per unità funzionale. Analoghi risultati si ottengono analizzando gli scenari *ipoteticamente migliorativi*, che prevedono l'utilizzo di imballaggi primari di formato superiore rispetto allo scenario preventivo oggi in atto. È importante inoltre sottolineare che la distribuzione di riso sfuso presenta alcune criticità dal punto di vista igienico-sanitario. Alcuni punti vendita di una catena della GDO che offrivano in passato questa possibilità di acquisto oggi non vendono più riso sfuso. Nel caso in cui i volumi

Tabella 6 – Variazione percentuale degli impatti negli scenari preventivi rispetto allo scenario base busta + scatola 1kg, a pari quantità di riso acquistata.

Categoria di impatto		Impatti scenario base busta + scatola 1kg	Variazione % impatti		
			scenario preventivo sacchetto 2kg acquisto di 1 kg	scenario preventivo sacchetto 5kg acquisto di 1 kg	scenario preventivo sacco 25kg acquisto di 1 kg
Cambiamento climatico	kg CO ₂ eq UF ⁻¹	0,110	-44,0%	-51,6%	-42,7%
Riduzione dello strato d'ozono	kg CFC-11 eq UF ⁻¹	3,69E-09	12,9%	-5,7%	-55,3%
Formazione fotochimica di ozono	kg COVNM eq UF ⁻¹	3,95E-04	-27,5%	-33,1%	-35,8%
Acidificazione	moli H ⁺ eq UF ⁻¹	4,53E-04	-27,0%	-37,5%	-44,2%
Eutrofizzazione terrestre	moli N eq UF ⁻¹	1,26E-03	-34,2%	-39,9%	-42,0%
Eutrofizzazione (acqua dolce)	kg P eq UF ⁻¹	1,72E-05	-40,9%	-54,4%	-56,1%
Eutrofizzazione (acqua marina)	kg N eq UF ⁻¹	1,38E-04	-44,2%	-49,2%	-51,0%
Ecotossicità (acqua dolce)	CTUe UF ⁻¹	0,143	-47,2%	-51,9%	-56,6%
Tossicità per l'uomo (effetti cancerogeni)	CTUh UF ⁻¹	4,17E-09	-32,4%	-40,6%	-45,8%
Tossicità per l'uomo (eff. non cancerogeni)	CTUh UF ⁻¹	7,09E-09	-74,2%	-78,2%	-75,2%
Assunzione di materiale particolato	kg PM _{2,5} eq UF ⁻¹	4,63E-05	-37,4%	-44,5%	-48,0%
Impoverimento delle risorse idriche	m ³ acqua eq UF ⁻¹	4,03E-04	-19,3%	-31,2%	-36,5%
Impoverimento risorse minerali e fossili	kg Sb eq UF ⁻¹	2,86E-04	-6,9%	-15,7%	-24,8%
Cumulative Energy Demand	MJ eq UF ⁻¹	1,80	-17,3%	-25,3%	-29,9%

di vendita siano ridotti, l'eccessiva permanenza del prodotto nei dispenser crea infatti problemi dovuti principalmente alle infestazioni di insetti.

5. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Commissione Europea (2013) *Raccomandazione della Commissione, del 9 aprile 2013, relativa all'uso di metodologie comuni per misurare e comunicare le prestazioni ambientali nel corso del ciclo di vita dei prodotti e delle organizzazioni*. Gazzetta ufficiale dell'Unione Europea, serie L N.124 del 4 maggio 2013.
- Creazza A e Dallari F (2007) *La gestione dei pallet nei moderni sistemi distributivi*. Luic Papers n. 203, Serie Tecnologica N.11, Giugno 2007.
- Doka G (2009) *Life Cycle Inventories of Waste Treatment Services. Part II "Waste incineration"*. Ecoinvent report N. 13. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, St. Gallen.
- Grosso M, Rigamonti L, Brambilla V, Luglietti R, Falbo A (2012) *Progetto GERLA (GEstione Rifiuti in Lombardia - Analisi del ciclo di vita): Analisi LCA del sistema di gestione dei rifiuti urbani della Lombardia: situazione attuale e scenari evolutivi*. Relazione N.2, Milano.
- Hischer R, Weidema B, Althaus HJ et al. (2010) *Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods*. Ecoinvent report N.3, v 2.2. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, St. Gallen.
- ISO (International Organization for Standardization) (2006a) *ISO 14040:2006 Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework*.
- ISO (2006b) *ISO 14044:2006 Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines*.
- Nessi S, Rigamonti L, Grosso M (2012) *LCA of waste prevention activities: a case study for drinking water in Italy*. *Journal of Environmental Management* 108: 73-83.
- Parlamento europeo e Consiglio dell'Unione europea (2008) *Direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti*. Gazzetta ufficiale dell'Unione europea Serie L N.312 del 22 novembre 2008, Brussels.
- Regione Lombardia (2009) *Piano d'Azione per la Riduzione dei Rifiuti Urbani in Regione Lombardia*. Regione Lombardia, Direzione Generale Reti, Servizi di Pubblica Utilità e Sviluppo Sostenibile. Gruppo di lavoro: Ribaud A (coordinatore), Lussignoli F, Grossi F, Nicolini M e Gionco N.
- Rigamonti L e Grosso M (2009) *Riciclo dei rifiuti*. Palermo: Dario Flaccovio Editore.
- Turconi R, Butera S, Boldrin A, Grosso M, Rigamonti L, Astrup T (2011) *Life cycle assessment of waste incineration in Denmark and Italy using two different LCA models*. *Waste Management and Research* 29(10): 78-90.
- Van Oers L, de Koning A, Guinée JB, Huppes G (2002) *Abiotic resource depletion in LCA – Improving characterization factors for abiotic resource depletion as recommended in the new Dutch LCA Handbook*. Road and Hydraulic Engineering Institute.

RINGRAZIAMENTI

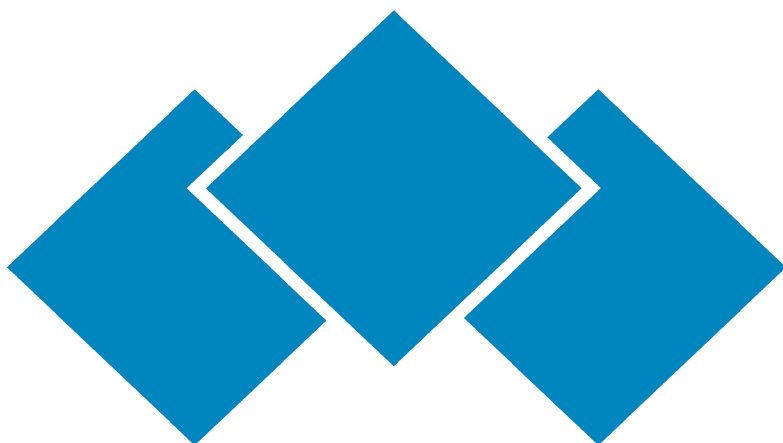
La ricerca è stata finanziata da Finlombarda S.p.A. per conto di Regione Lombardia.

Materiale supplementare è disponibile gratuitamente all'indirizzo www.ingegneriadellambiente.org.

Ingenieria dell' Ambiente per il 2015 è sostenuta da:



Veolia Water Technologies Italia S.p.A.



UNICALCE

Innoviamo la tradizione



comieco

Consorzio Nazionale Recupero e Riciclo
degli Imballaggi a base Cellulosica