



UNIVERSITÀ DI PISA
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE AMBIENTALI
TESI DI LAUREA

**Da rifiuto a prodotto un esempio di Circular Economy
in IKEA: framework per l'Analisi del Ciclo di Vita
applicata al prodotto *SKRUTT*.**

Relatore:

Prof.ssa Angela Tarabella

Controrelatore:

Prof. Tommaso Luzzati

Correlatore:

Dott. Stefano Brown

Candidato:

Natacha Gori

Anno Accademico 2015-2016

Riassunto analitico

In un'ottica di sostenibilità a 360 gradi e di economia circolare, già da tempo IKEA, azienda multinazionale leader nel settore dell'arredamento, attua modelli ciclici (reverse flow) di business basati sul riutilizzo, recupero e riciclo dei materiali. Un esempio è il sottomano da scrivania SKRUTT fatto per il 50% da plastica riciclata, in parte derivante dai rifiuti (imballaggi plastici) generati nei negozi IKEA, e per il 50% da plastica EVA che origina da materie prime vergini.

Lo studio promosso da IKEA, di cui questa tesi è parte, esamina il ciclo di vita del deskpad SKRUTT, “dalla culla alla tomba”, mediante la tecnica Life Cycle Assessment. Il fine dello studio è quantificare le prestazioni ambientali e gli impatti del ciclo di vita di SKRUTT e compararli con l’LCA del prodotto PROJS “gemello” per funzione, realizzato 100% con materie plastiche vergini.

Nello specifico, la ricerca di tesi si è occupata di fornire un solido framework per suddetta analisi quantitativa. Sono stati approfonditi i temi dell’economia circolare, acquisite le basi teoriche sulla metodologia LCA. Dunque il lavoro si è incentrato sulla raccolta dei dati interni a IKEA e presso i fornitori della filiera. Tutti i dati si riferiscono all’anno di produzione 2015.

Il risultato della ricerca di tesi è l’elaborazione di un modello concettuale (flow chart diagram) che fornisce un quadro aggiornato del sistema indagato, evidenziando la complessità e i punti critici della filiera in termini di impatti ambientali.

Parole chiave: economia circolare, IKEA, LCA, materia prima seconda, modello concettuale, rifiuto, sostenibilità.

INDICE

Riassunto analitico	2
Indice delle figure	6
Indice delle tabelle	9
INTRODUZIONE	10
1 SOSTENIBILITA' E BUSINESS IN IKEA	14
1.1 Il Gruppo IKEA	14
<i>1.1.1 Azienda, missione, idea commerciale</i>	<i>14</i>
<i>1.1.2 Cenni storici</i>	<i>16</i>
1.2 La strategia Sostenibilità di IKEA	19
<i>1.2.1 Background e origini</i>	<i>19</i>
<i>1.2.2 La strategia Sostenibilità IKEA</i>	<i>22</i>
<i>1.2.3 Report Sostenibilità IKEA</i>	<i>24</i>
2 ECONOMIA CIRCOLARE E CRESCITA SOSTENIBILE	30
2.1 Panoramica sull'Economia Circolare	30
<i>2.1.1 Concetto e finalità</i>	<i>30</i>
<i>2.1.2 Origini, principi, modelli e applicazioni</i>	<i>31</i>
2.1.2.1 Origini.....	31
2.1.2.2 Principi e caratteristiche	31
2.1.2.3 Modelli e applicazioni	33
2.2 Ambizioni ed esperienza del Gruppo IKEA nel campo dell'Economia Circolare	38
<i>2.2.1 Ricerche in atto ed esempi di applicazione</i>	<i>38</i>

2.2.2	<i>Da rifiuto a materia prima seconda. Focus sulla frazione plastica</i>	44
3	LA METODOLOGIA LIFE CYCLE ASSESSMENT.....	49
3.1	Definizione e scopo.....	50
3.1.1	<i>Che cosa è l'LCA?</i>	50
3.1.2	<i>Finalità di uno studio LCA</i>	52
3.2	Origini e sviluppo della metodologia LCA	53
3.3	Quadro normativo di riferimento	57
3.3.1	<i>Norme tecniche della serie ISO 14040</i>	57
3.3.2	<i>Principi delle norme tecniche ISO 14040.....</i>	60
3.3.3	<i>Normativa versus evoluzione metodologica</i>	61
3.4	Struttura di uno studio LCA.....	64
3.4.1	<i>Fase 1: Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione.....</i>	67
3.4.2	<i>Fase 2: Analisi dell'Inventario</i>	75
3.4.3	<i>Fase 3: Valutazione degli impatti.....</i>	78
3.4.4	<i>Fase 4: Interpretazione e perfezionamento</i>	85
3.4.5	<i>Comunicazione dei risultati e revisione critica</i>	87
3.4.5.1	<i>Comunicazione dei risultati</i>	87
3.4.5.2	<i>Revisione critica</i>	87
3.5	Vantaggi e limiti della metodologia.....	88
3.5.1	<i>Punti di forza della LCA</i>	89
3.5.2	<i>Punti di debolezza della LCA.....</i>	89

4	IL CASO DI STUDIO SKRUTT: FRAMEWORK PER L'ANALISI LCA	91
4.1	Quadro introduttivo all'analisi	91
4.1.1	<i>SKRUTT e PROJS: caratteristiche a confronto</i>	91
4.1.2	<i>Modalità di lavoro</i>	93
4.2	Definizione degli obiettivi	100
4.3	Ambito di applicazione	103
4.3.1	<i>Funzione del sistema prodotto</i>	104
4.3.2	<i>Descrizione del sistema</i>	105
4.3.2.1	Produzione della materia prima seconda	105
4.3.2.2	Produzione del sottomano SKRUTT	111
4.3.2.3	Distribuzione (Retailing)	114
4.3.2.4	Utilizzo e Fine Vita	116
4.3.3	<i>Confini del sistema</i>	117
4.3.4	<i>Tipo e requisiti di qualità dei dati</i>	121
4.3.5	<i>Selezione delle categorie di impatto</i>	122
4.3.6	<i>Assunzioni, limitazioni e ipotesi</i>	124
4.4	Risultati: discussione del modello	125
5	CONCLUSIONI	128
	Abbreviazioni	134
	Riferimenti	136

Indice delle figure

Figura 1.1. La presenza dei negozi IKEA nel mondo (Inter IKEA Systems B.V. 1999 - 2016, 2016).....	17
Figura 1.2 “Diamo i numeri”. I risultati del Gruppo IKEA nell’anno fiscale 2015. Dal 1 settembre 2014 al 31 agosto 2015. (IKEA Group, 2015)	18
Figura 1.3 “Diamo i numeri”. Risultati relativi al FY15 dell’impegno sociale, ambientale ed economico di IKEA Italia. Tratto da Report Sostenibilità di (IKEA Italia, 2015).....	29
Figura 2.1. Schema semplificato della catena del valore di un modello di Economia circolare (Ellen McArthur Foundation, 2015)	32
Figura 2.2 Scala gerarchica dei rifiuti-materiali. (IKEA & WWF, 2012)	39
Figura 2.3 Scale up scenario di breve e lungo termine sulla raccolta dei materiali generati nei punti vendita e di distribuzione IKEA in Europa (Inter IKEA Systems B.V., 2015).....	44
Figura 2.4 Schematizzazione della catena del valore di PROJS e SKRUTT. Modello lineare versus modello circolare (Inter IKEA Systems B.V., 2014).....	45
Figura 2.5 Logistica inversa del PE film IKEA. Scenari italiano e francese. (Inter IKEA Systems B.V., 2015).	47
Figura 3.1 Gli aspetti fondamentali dello sviluppo sostenibile. (Fonte: Wikipedia) .	49
Figura 3.2 Schema LCT/LCA. (Fonte: www.greenreport.it).	50
Figura 3.3. Struttura gerarchica delle metodologie basate sull’approccio LCT (Masoni, 2016).	51
Figura 3.4 Aggiornamenti delle norme della serie ISO 14040 (Scalbi, 2016).	59
Figura 3.5 Iniziative di sviluppo e armonizzazione della metodologia LCA (Scalbi, 2016).	62

Figura 3.6 LCA framework (elaborazione personale da: (SETAC, 1993)).....	65
Figura 3.7 Life Cycle Assessment framework ((ISO, UNI EN ISO 14040:2006, 2006)).....	66
Figura 3.8 Esempio di sistema prodotto (ISO, UNI EN ISO 14040:2006, 2006).	69
Figura 3.9 Esempio di diagramma di flusso (ISO, UNI EN ISO 14040:2006, 2006).	72
Figura 3.10 Procedura semplificata di Analisi d’inventario (LCI) (ISO, UNI EN ISO 14044:2006, 2006).	76
Figura 3.11 Fasi della Valutazione degli impatti ambientali generati dal sistema (ISO, UNI EN ISO 14040:2006, 2006).	79
Figura 3.12 LCIA. Dai carichi ambientali dell’inventario alle categorie di endpoints. Normalizzazione e pesatura non riportate perché applicabili sia ai midpoints che endpoints. ILCD Handbook (EuropeanCommission-JRC-EIS, 2010).	81
Figura 3.13 Ingredienti di un LCA. Conoscenze empiriche versus posizioni normative (Masoni, 2016).	89
Figura 4.1 Schema semplificato dei processi inclusi nell’analisi LCA, e relativi confini naturali. (Elaborazione personale, da fonti varie).	104
Figura 4.2. Schema a blocchi del processo di rigenerazione del film plastico PE. (Elaborazione personale. Fonte: Dati primari dal riciclatore).	107
Figura 4.3. Polimeri rigenerati (granuli) LDPE. (Fonte: IKEA - 2016).	108
Figura 4.4. Schema a blocchi del processo produttivo del sottomano SKRUTT. (Elaborazione personale. Fonte: dati primari dal produttore).	112
Figura 4.5. Logistica in ingresso e in uscita al processo di produzione del sottomano SKRUTT. (Elaborazione personale. Fonte: dati primari forniti dal produttore).	114
Figura 4.6. Distribuzione del sottomano da scrivania SKRUTT (Elaborazione personale. Fonte dei dati: IKEA - 2016).	115

Figura 4.7 Modello concettuale del sistema-prodotto SKRUTT. (Elaborazione personale. Costruzione del framework per l'analisi)..... 120

Indice delle tabelle

Tabella 1.1. Sintetica overview dei punti e dei target dell'approccio strategico descritto in "People and Planet Positive 2020" (tratto dal documento ufficiale della Strategia Sostenibilità del Gruppo IKEA).	24
Tabella 3.1 Esempi di modelli e fattori di caratterizzazione per la valutazione di diverse categorie d'impatto (Notarnicola, 2016).	83
Tabella 4.1 Aree nazionali di vendita al dettaglio dei due sottomani da scrivania IKEA. Dati validi al 31.12.2015 (Fonte interna IKEA).	92
Tabella 4.2 Sezione 1 del questionario elaborato per la raccolta dati. Richiesta dati generali (Elaborazione personale, basata su (PRé, 2013)).	97
Tabella 4.3 Sezione 2 di uno dei questionari elaborati per la raccolta dati - estratto. Dati di processo. (Elaborazione personale, basata su (PRé, 2013)).	98
Tabella 4.4 Sezione3 di uno dei questionari elaborati per la raccolta dei dati relativi al trasporto. (Elaborazione personale, basata su (PRé, 2013)).	99
Tabella 4.5 Flussi del sistema-prodotto SKRUTT. (Elaborazione personale. Fonte: dati primari e secondari da filiera).	118
Tabella 4.6 Categorie di impatto tratte dalla Raccomandazione PEF (Commissione Europea, 2013) e selezionate per lo studio in via preliminare.	123

INTRODUZIONE

Il presente lavoro di tesi si inserisce in un progetto più ampio promosso da IKEA con l'obiettivo di analizzare, attraverso l'applicazione della metodologia *Life Cycle Assessment* (LCA), le prestazioni ambientali del sottomano da scrivania SKRUTT, prodotto e commercializzato da IKEA, azienda multinazionale leader nel settore dell'arredamento.

Il prodotto in questione rappresenta un esempio di applicazione del concetto di *Circular Economy*, nell'ambito di un progetto internazionale sviluppato da IKEA, che prende il nome di *Closing the loop - Resource Chain project*. Il sottomano è infatti costituito per il 50% da plastica riciclata, in parte derivante dal film plastico prodotto come rifiuto nei negozi IKEA (imballaggio terziario), e per il restante 50% da plastica che origina da materie prime vergini (fonti fossili).

Mantenendo il focus sulle prestazioni ambientali, si vuole delineare l'*ecoprofilo* del prodotto e rilevare i margini di miglioramento esistenti in termini di efficienza energetica, efficienza nell'uso delle risorse ed efficienza nella logistica della filiera. Lo scopo del progetto è altresì comparare la produzione innovativa di SKRUTT con quella del prodotto IKEA equivalente PROJS, che svolge la stessa funzione del primo ma è fatto per il 100% da materie prime vergini. Il fine del progetto complessivo, di cui questa tesi rappresenta la prima parte, è pertanto quello di evidenziare vantaggi/svantaggi delle due filiere in un'ottica di sostenibilità ambientale, e valutare l'estendibilità del concetto di Economia Circolare ad altre categorie di rifiuto/prodotto, con particolare focus sul settore delle plastiche.

La ricerca di tesi si è svolta da febbraio a giugno 2016, nell'ambito di un tirocinio formativo condotto in IKEA Italia Retail S.r.l., presso la sede di Pisa.

Successivamente, da luglio a settembre sono stati elaborati e, ove possibile, approfonditi i dati raccolti durante il tirocinio. Il presente lavoro è stato eseguito con la collaborazione del Dipartimento di Economia dell'Università degli Studi di Pisa e con il supporto consultivo di un ricercatore di LCA-Lab del Centro ENEA di Bologna.

Complessivamente, l'attività di tesi è suddivisibile in due parti. La prima parte comprende una breve presentazione dell'azienda IKEA e della strategia di sostenibilità adottata (Capitolo 1), una revisione della letteratura sull'Economia Circolare (Capitolo 2) – dal contesto internazionale al background italiano, analizzando anche il quadro europeo – e l'acquisizione delle basi teoriche per l'applicazione della metodologia LCA (Capitolo 3) al caso di studio specifico. La seconda parte del lavoro di tesi si occupa invece di analizzare la filiera del prodotto SKRUTT e di applicare suddetta metodologia al sistema-prodotto indagato, col fine di completare le fasi preliminari dell'analisi LCA.

L'analisi della letteratura sul tema dell'economia circolare evidenzia il ruolo crescente e la rilevanza che questo modello di business ha acquisito, negli ultimi decenni, come valida alternativa per superare i problemi del modello economico tradizionale (ancora prevalente) cosiddetto “*take, make, dispose model*” (Ghisellini & al, 2015). La scarsità delle risorse e il problema della gestione dei rifiuti sono due temi cruciali della società contemporanea che fanno riflettere sui vantaggi della transizione ad un modello circolare di economia. In un sistema “ciclico” il concetto stesso di rifiuto non esiste, si parla di rifiuti come potenziali materiali da trasformare in nuove risorse (Ellen McArthur Foundation, 2015). Il sottomanico da scrivania IKEA (SKRUTT) rappresenta un valido esempio di attuazione di flussi inversi di materiali (IKEA Group, 2015) e dimostra che si può “*creare un'efficiente sistema economico post-consumo di riuso delle materie plastiche*” (Ellen McArthur Foundation, 2016). Inoltre, la plastica è

materiale comune in tutte gli aspetti dello stile di vita del terzo millennio. In questo contesto, come cita il report *Plastics-The Facts 2015*, “*Plastics is a key resource in the move towards circular economy*” (PlasticsEurope, 2015).

L’intera analisi sul prodotto SKRUTT si basa sull’applicazione della metodologia LCA. La *Life Cycle Assessment* (LCA) è uno strumento analitico finalizzato ad *orientare* le scelte dei decisori verso soluzioni che riducano gli impatti ambientali in modo significativo così da disaccoppiare la crescita del benessere dal degrado ambientale (Masoni, 2016). La LCA segue l’approccio *Life Cycle Thinking* e ha lo scopo di analizzare e quantificare gli impatti ambientali lungo l’intero ciclo di vita di prodotto (o sistema), dalla fase di design ed estrazione delle materie prime, alla produzione e l’uso, fino al fine vita. Si tratta di un metodo strutturato, standardizzato e regolato al livello internazionale dalle norme ISO 14040:2006 (ISO, UNI EN ISO 14040:2006, 2006) e ISO 14044:2006 (ISO, UNI EN ISO 14044:2006, 2006).

Al livello europeo l’ILCD Handbook (EuropeanCommission-JRC-IES, ILCD Handbook , 2010) costituisce una guida tecnica esauriente per l’applicazione del metodo, che prevede quattro step: 1) Definizione degli obiettivi e del campo di applicazione; 2) Analisi dell’Inventario (bilancio dei flussi input/output di materiali ed energia nel/dal sistema); 3) Valutazione degli Impatti associati ai flussi della fase 2, in tutto il ciclo di vita; 4) l’Interpretazione del ciclo di vita, ovvero dei risultati ottenuti dalle fasi 1, 2 e 3.

La seconda parte del lavoro ha previsto:

- Il reperimento delle informazioni e dei dati, tramite questionari elaborati ad hoc, presso il gruppo di lavoro IKEA che si occupa di Circular Economy e presso i fornitori coinvolti nella filiera;

- L'analisi dei processi della filiera del sottomano SKRUTT, l'organizzazione e l'elaborazione dei dati ottenuti.

L'obiettivo della ricerca di tesi è infatti, oltre all'inquadramento della letteratura su descritto e all'acquisizione del metodo, il completamento della fase 1 dello studio LCA su SKRUTT.

Il risultato del lavoro prevede la costruzione del *modello concettuale* (flow chart diagram) del sistema-prodotto SKRUTT, essenziale per le fasi successive di Inventario e analisi quantitativa degli input e degli output di sistema, da cui da cui verrà prodotto l'ecoprofilo. Inoltre sono state definite le categorie d'impatto da calcolare, secondo gli standard ISO e le Product Category Rules di riferimento.

La tesi non comprende l'analisi quantitativa degli input/output e la valutazione degli impatti. Questi step saranno oggetto di successiva elaborazione in seno al progetto presentato, in questa tesi si fornisce un solido framework per l'esecuzione di tali fasi.

1 SOSTENIBILITA' E BUSINESS IN IKEA

1.1 Il Gruppo IKEA

1.1.1 Azienda, missione, idea commerciale

IKEA è l'acronimo delle iniziali del suo fondatore Ingvar Kamrad e di Elmtaryd e Agunnaryd, la fattoria e il villaggio svedese dove nacque e crebbe lo stesso Kamrad.

Oggi IKEA è una delle aziende leader a livello internazionale nel settore dell'arredamento, con un assortimento di 9500 prodotti, tra mobili e complementi di arredo, e una presenza attiva, al 31 agosto 2015, in 43 paesi del mondo (Inter IKEA Systems B.V. 1999 - 2016, 2016)).

IKEA è costituita da due Gruppi di aziende separati, con diversa struttura manageriale e proprietaria (Inter IKEA Systems B.V. 1999 - 2016, 2016):

- 1) Inter IKEA Group (Inter IKEA Holding B. V.), proprietaria della Inter IKEA Systems B.V., con sede a Lussemburgo; è detentrica del concetto IKEA e franchisor mondiale di IKEA;
- 2) IKEA Group (INKGA Holding B.V. e le sue entità), casa madre del gruppo IKEA con sede a Leiden nei paesi Bassi. Il gruppo IKEA gestisce i negozi IKEA in base ad accordi di franchising con Inter IKEA Systems.

A capo di entrambi i gruppi ci sono le rispettive fondazioni: 1) la Interogo Foundation (Liechtenstein) istituita nel 1983 con l'obiettivo di salvaguardare l'autonomia e la diffusione del concetto e del marchio IKEA, 2) la Stichting INGKA Foundation (Paesi bassi), creata nel 1982 con lo scopo di investire nel Gruppo IKEA e sostenere progetti benefici.

In Italia, nel 2015 il Gruppo IKEA è presente con 21 negozi, una piattaforma di vendita on-line (e-commerce), 2 depositi centrali e quattro diverse realtà aziendali:

- IKEA Italia Retail, che si occupa della gestione dei punti vendita (sia fisici che on-line), dunque della distribuzione dei prodotti IKEA ai consumatori;
- IKEA Italia Property, responsabile dell'espansione immobiliare del Gruppo;
- IKEA Trading, l'ufficio che cura le relazioni con i fornitori di prodotti e servizi, e la loro selezione;
- IKEA Distribution: che gestisce la piattaforma logistica di Piacenza a supporto dei negozi IKEA in Italia, Svizzera, Austria e i paesi del Mediterraneo orientale.

L'intero concetto IKEA, così come lo sviluppo futuro dell'attività economica, si basano su valori solidi e concreti, e su una visione strategica comune: *“Creare una vita quotidiana migliore per la maggioranza delle persone”*.

Per raggiungere l'obiettivo di questa missione, IKEA ha un'idea commerciale vincente: *“offrire un vasto assortimento di articoli d'arredamento funzionali e di buon design a prezzi così vantaggiosi da permettere al maggior numero possibile di persone di acquistarli.”* (Inter IKEA Systems B.V. 1999 - 2016, 2016).

Nel 1976, il fondatore decise di mettere nero su bianco gli obiettivi di IKEA. Il risultato è una profonda riflessione sintetizzata nel *“Il Testamento di un Commerciante di Mobili”* (testo originario: *“The Testament of a furniture Dealer”* (Kamprad, 1976)).

Tutto l'assortimento di prodotti è pensato avendo sempre in mente questi obiettivi, secondo il principio del *Democratic Design*. Per IKEA ogni prodotto deve soddisfare i seguenti criteri: essere funzionale, di design (bello), di qualità, a prezzo basso e

sostenibile (eco-compatibile dalla sua realizzazione al fine vita) (Inter IKEA Systems B.V. 1999 - 2016, 2016).

1.1.2 Cenni storici

IKEA viene fondata nel 1943 dal diciassettenne svedese Ingvar Kamprad. Alle origini IKEA vende oggettistica (penne, portafogli, orologi e simili) per corrispondenza. I mobili entrano a far parte dell'assortimento nel 1948, prodotti da fornitori locali, da legno delle foreste del sud della Svezia. Nel 1951 viene pubblicato il primo catalogo IKEA e nel 1956 nascono il primo pacco piatto e l'idea che i mobili possano essere montati dai clienti. La ragione di questa scelta è strategica: far fronte ai concorrenti progettando in autonomia i propri mobili e in modo da massimizzare l'efficienza del loro trasporto, riducendo i costi. Nel 1958 viene inaugurato il primo store IKEA a Älmhult in Svezia: 6700 metri quadrati di prodotti per la casa, la più grande area espositiva della Scandinavia dell'epoca. Nel 1968 IKEA inizia a produrre mobili (una parte) sostituendo al legno il più economico truciolare. A partire dagli anni '60 IKEA registra un enorme sviluppo, sia in termini di ampliamento e dinamismo dell'assortimento che di espansione territoriale, arrivando ad essere presente (al 31 agosto 2015) con 328 punti vendita in 28 paesi, in tutti i continenti (Figura 1.1. - (Inter IKEA Systems B.V. 1999 - 2016, 2016)). Il primo punto vendita IKEA italiano viene aperto a Cinisello Balsamo (MI) nel 1989, poi trasferito in Carugate (MI).

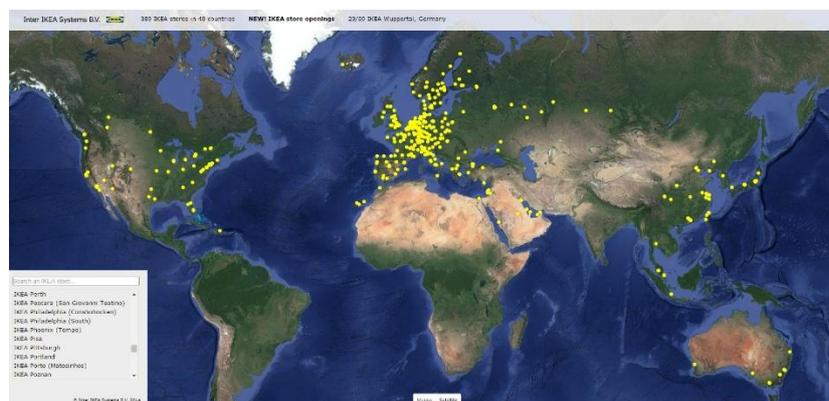


Figura 1.1. La presenza dei negozi IKEA nel mondo (Inter IKEA Systems B.V. 1999 - 2016, 2016).

Gli anni 2000 fino ad oggi mostrano un sempre crescente impegno di IKEA per raggiungere obiettivi di business e sostenibilità grazie alla ricerca continua di innovazione, di nuove soluzioni di arredo, l'ampliamento dell'offerta di servizi per i propri clienti, l'impegno quotidiano e concreto verso i propri collaboratori, verso le persone più bisognose e il pianeta (Inter IKEA Systems B.V., 1999-2016). Negli anni, dalla sua fondazione a oggi, IKEA ha dimostrato di saper comprendere e cogliere le opportunità di mercato, guardando con lungimiranza alle esigenze delle persone e alle conseguenze delle proprie strategie. Un modo di fare business dinamico e responsabile che nell'anno fiscale 2015 ha portato i risultati sintetizzati in Figura 1.2

A questi risultati ha contribuito anche l'attuazione della strategia di Sostenibilità del Gruppo intitolata "People and Planet Positive 2020" (Inter IKEA Systems B.V. 1999 - 2016, 2016), di cui parleremo a breve.

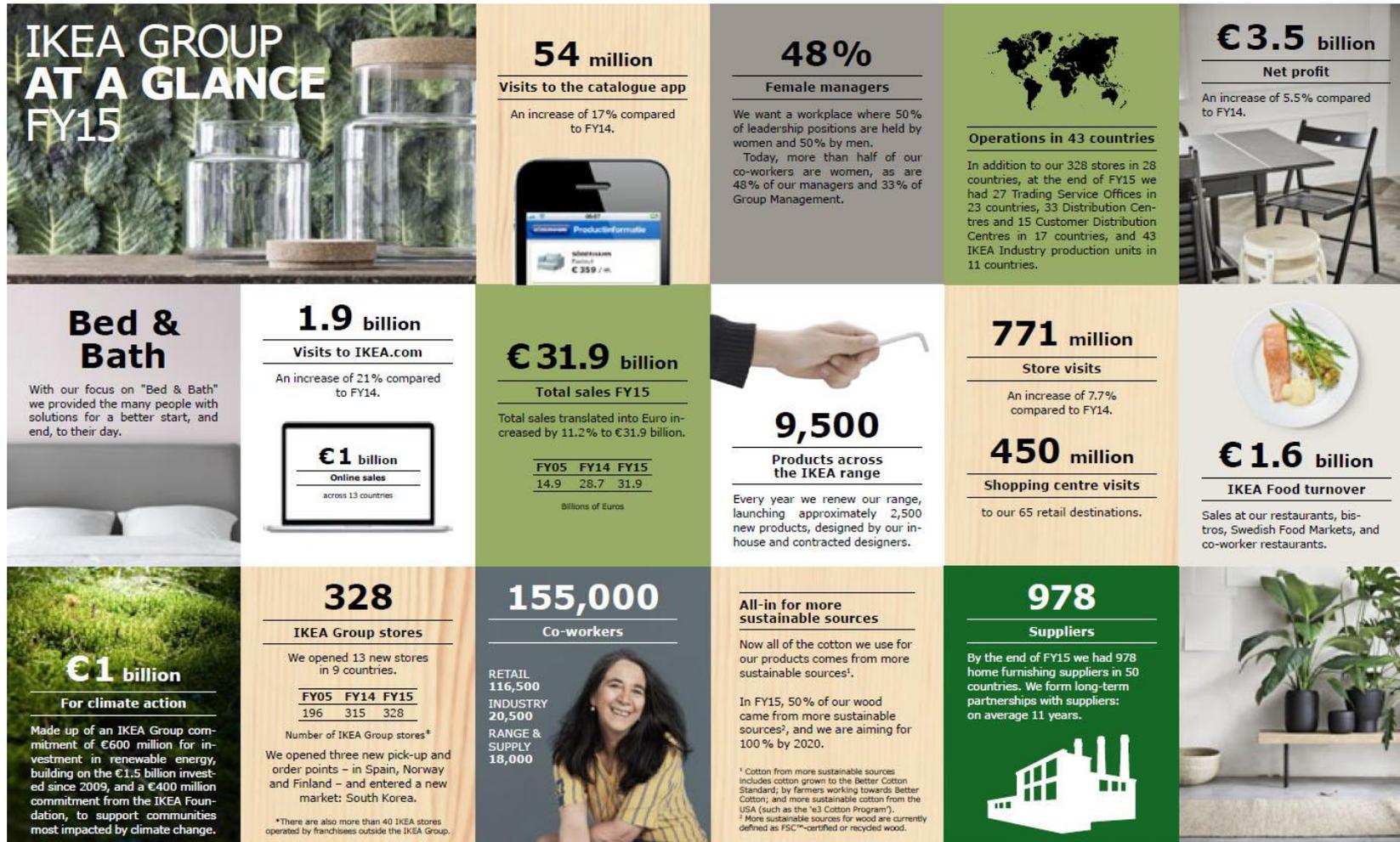


Figura 1.2 "Diamo i numeri". I risultati del Gruppo IKEA nell'anno fiscale 2015. Dal 1 settembre 2014 al 31 agosto 2015. (IKEA Group, 2015)

1.2 La strategia Sostenibilità di IKEA

1.2.1 Background e origini

Tra gli anni sessanta e settanta, anche grazie a pubblicazioni come “Silent Spring” (1962) di Rachel Carson e “The Limits to Growth” (1972) di Club di Roma, le problematiche ambientali diventano di interesse pubblico. Si comincia sempre di più a realizzare che ogni prodotto e attività, in ogni fase del suo ciclo di vita, genera un impatto sull’ambiente e, conseguentemente, anche sulla “salute” delle persone e della società. Inoltre, le due crisi energetiche degli anni ’70 attirano l’attenzione del pubblico e della politica su questi temi, in particolare sulla limitatezza delle risorse naturali, portando nel 1987 alla nascita e definizione del concetto di “sviluppo sostenibile”. La Commissione Internazionale per l’ Ambiente e lo Sviluppo¹ (United Nation’s World Commission on Environment and Development - WCED), nel suo rapporto “*Our Common Future*” introduce per la prima volta il termine *Sviluppo Sostenibile*, inteso come “*un tipo di sviluppo che soddisfi i bisogni del presente senza compromettere la possibilità alle generazioni future di soddisfare i propri*” (WCED, 1987). Diventa chiara l’esigenza di pensare la crescita come Produzione e Consumo Sostenibile (PCS)².

È ormai evidente che il mondo intorno a noi è infatti caratterizzato da un continuo e rapido cambiamento, accelerato per molti aspetti dall’attività dell’uomo che, a partire dalla Rivoluzione Industriale, ha avuto un’impronta ecologica crescente. La popolazione globale ha ormai superato i 7 miliardi di individui (nel 2011), le risorse naturali sono sempre più scarse, il cambiamento climatico è ormai un dato di fatto e la

¹ UN WCED: fondata nel 1983 e nota anche con il nome di Commissione di Brundtland.

² PCS: concetto strategico dello sviluppo sostenibile introdotto dal Simposio di Oslo del 1994. Il PCS intervenendo sulla riduzione degli impatti ambientali, sociali ed economici lungo l’intero ciclo di vita, mira a promuovere la domanda di beni, servizi e tecnologie ambientali innovativi e ad aumentare la competitività d’impresa. (Finzi, Luciani, & Masoni, 2012).

disparità nella distribuzione delle risorse e delle ricchezze rimane una delle criticità della società odierna. Entro il 2100 è stato previsto un aumento della temperatura media globale di 4°C, che avrà gravi conseguenze sui modelli climatici, sulla disponibilità di acqua e sull'agricoltura (IPCC, 2007). Gli effetti saranno molto gravi non solo per l'ambiente, ma anche per le popolazioni. Entro il 2030 si stima che circa la metà della popolazione mondiale vivrà in aree con scarso o assente accesso alla risorsa acqua (OECD, 2008). Si stima inoltre una perdita e degradazione già avvenuta di circa il 60% delle foreste e degli ecosistemi (Sustainable Development Commission, 2009). E la società sta sfruttando le risorse e i servizi ambientali, e producendo rifiuti, ad un tasso superiore a quello di rigenerazione/assorbimento degli stessi, e pari a 1,5 pianeta Terra (WWF, 2014).

In questo contesto, negli anni '70 si è sviluppato il concetto di Life Cycle Thinking, un approccio nuovo che abbraccia l'intero ciclo di vita di un prodotto, dalla progettazione al fine vita, e che è alla base della metodologia Life Cycle Assessment di cui parleremo nel Capitolo 3; più tardi è nato un nuovo modello di economia e di mercato (vedi capitolo 2) e aziende come IKEA hanno realizzato e compreso l'importanza di conciliare sempre di più la dimensione economica del business con quelle sociale e ambientale.

La visione e l'idea commerciale dell'azienda sono stati il punto di partenza delle prime iniziative ambientali e sociali, attuate molti anni fa. La prima politica ambientale di IKEA risale infatti al 1990, collocandosi nell'arco temporale compreso tra la Commissione di Brundtland (1987) e la Conferenza di Rio³ (1992), due momenti

³ Conferenza di Rio (1992): altrimenti nota come "Summit della Terra" o "UNCED", vide la partecipazione di oltre 180 nazioni e decine di migliaia di stakeholders dai cinque continenti, per discutere sulle problematiche ambientali e la ricerca delle loro soluzioni. Uno dei risultati è la nota Agenda 21, una sorta di programma redatto per guidare l'azione dei governi e delle imprese verso uno sviluppo sostenibile (Fonte: Sustainable Development Knowledge Platform – UN WCED).

cruciali che segnano l'inizio del processo orientato alla crescita economica sostenibile a livello globale. Nel 1993 IKEA diventa membro del Forest Stewardship Council⁴ (FSC), nel 2000 introduce il *Codice di Condotta IWAY*⁵ (*The IKEA Way on Purchasing Home Furnishing Products*) per i fornitori di prodotti e servizi, per assicurare i minimi requisiti di legge, lungo la catena del valore, sia in termini di condizioni di lavoro che di gestione ambientale delle proprie attività. L'obiettivo del Codice IWAY è altresì garantire che non sia impiegato il lavoro minorile. Nei primi anni del 2000 IKEA costruisce importanti partnership di spessore internazionale con UNICEF, Save the Children, Greenpeace, WWF ecc. (per citarne qualcuna), in cui collabora e promuove progetti per i diritti dei bambini e per la salvaguardia dell'ambiente (Inter IKEA Systems B.V., 1999-2016). Nel 2010 IKEA entra a fare parte di *Better Cotton Initiative*⁶ (BCI), per una produzione più responsabile e sostenibile del cotone.

Da allora IKEA ha continuato a investire molte risorse (economiche e umane) e una grande energia per trasformare il suo business. Dal 2012 la Sostenibilità è uno dei pilastri fondamentali della direzione strategica adottata dall'azienda per una crescita a lungo termine (The "Growing IKEA Together" direction strategy), e trova la sua applicazione attraverso la strategia globale "*People and Planet Positive 2020*", frutto di una attenta analisi del contesto socio-economico e ambientale in cui si trova ad operare il "colosso svedese". Il documento ufficiale, aggiornato nel 2014, è disponibile sul sito www.ikea.com/ms/it_IT/sala_stampa.

⁴ FSC è un'organizzazione internazionale non governativa, indipendente e senza scopo di lucro, nata nel 1993 per promuovere la gestione responsabile di foreste e piantagioni (Fonte: www.fsc.org).

⁵ Maggiori informazioni sul sito: http://www.ikea.com/ms/it_IT/pdf/reports-downloads/ikea-code-of-conduct-the-iway-standard.pdf.

⁶ Maggiori informazioni su BCI sul sito: <http://bettercotton.org/>

1.2.2 *La strategia Sostenibilità IKEA*

Come “Big Company” consapevole degli impatti derivanti dal proprio business, da tempo IKEA si è posta l’obiettivo di generare valore a lungo termine determinando un impatto positivo rilevante sulle tre dimensioni di sostenibilità: ambientale, sociale ed economica.

A fronte di sfide e impegni così importanti, la forza di IKEA sta nella programmazione delle attività e nella definizione delle strategie corrette per raggiungere il risultato finale. L’approccio adottato a livello globale si chiama *People & Planet Positive (PPP)* proprio perché mira a creare condizioni migliori per il pianeta, le persone, le comunità locali e il business. La strategia definisce gli obiettivi che IKEA vuole raggiungere in ogni settore della sostenibilità, entro il 2020, per avere un bilancio ambientale, sociale ed economico positivo.

I tre fattori di cambiamento su cui IKEA lavora per una crescita sostenibile sono (IKEA Group, 2012):

1. Ispirare e consentire a migliaia di clienti di vivere una vita più sostenibile a casa. Per IKEA questo significa essere leader nel creare e proporre prodotti e soluzioni di arredo che aiutino a ridurre i consumi di energie e di acqua, ridurre e differenziare correttamente i rifiuti; tutto ciò a prezzi accessibile per la maggioranza;
2. Impegnarsi per raggiungere l’indipendenza energetica e nell’uso delle risorse. Significa garantire un accesso a lungo termine alle materie prime provenienti da fonti sostenibili o gestite come tali, avere un impatto positivo sulle comunità/società da cui si attingono i materiali e utilizzare tali risorse nei limiti delle capacità del pianeta. Vuol dire rifornirsi di energia proveniente da fonti

rinnovabili, mirando a raggiungere l'efficienza e l'autosufficienza⁷ nei consumi lungo tutta la catena del valore (produzione, logistica, distribuzione, buildings ecc);

3. Creare una vita migliore per le persone e le comunità interessate dal business IKEA. Per l'azienda vuol dire diffondere il Codice di condotta IWAY attraverso la catena del valore, essere un buon vicino e supportare e sviluppare progetti che promuovono i diritti umani con particolare attenzione per i bambini.

Per riuscire a trasformare e migliorare il proprio business IKEA si focalizza su tutti gli elementi che contribuiscono alla crescita stessa dell'azienda: il coinvolgimento e la formazione delle proprie risorse (che IKEA chiama "co-workers") anche su questi temi, lo sviluppo delle competenze, il coinvolgimento dei clienti, la ricerca continua di innovazione, l'investimento nelle nuove tecnologie meno impattanti, la costruzione di collaborazioni con tutti gli stakeholder presenti e attivi sul territorio quali altre aziende, fornitori, istituzioni, organizzazioni non-profit ecc.

Per ogni fattore di cambiamento, IKEA ha fissato degli indicatori di performance così da "misurare" e monitorare il grado di conseguimento degli obiettivi di sostenibilità.

Lo schema in Tabella 1.1 offre una sintetica overview degli impegni e dei targets che IKEA si è prefissata di raggiungere entro il 2020.

⁷ Per autosufficienza si intende la produzione in proprio dell'energia consumata per le operazioni di business. Dal 2009 IKEA ha investito oltre EUR 1,5 miliardi nelle tecnologie rinnovabili, dalla costruzione di parchi eolici all'installazione di pannelli solari, di impianti di geo-scambio e altre tecnologie per l'autoproduzione energetica e la riduzione dell'impatto ambientale (IKEA Group, 2015).

Our commitments	Targets/indicators
Enabling change throughout our business to become people and planet positive.	<ul style="list-style-type: none"> -By August 2017, 95% of IKEA co-workers state that "sustainability is a natural part of the everyday work". - By August 2017, at least 95% of IKEA co-workers and 95% of our suppliers view IKEA as a company that takes social and environmental responsibility. - By August 2020, IKEA seen as number one home furnishing retailer for operating in a way that is better for people and the environment on each market²¹ and we see, on a country basis, a minimum 3% increase in awareness annually on two strategic areas related to People & Planet Positive topics²².
1) A more sustainable life at home.	
Take the lead in developing and promoting products and solutions that enable customers to live a more sustainable life at home.	<ul style="list-style-type: none"> -By August 2020, achieve more than a fourfold increase in sales from products and solutions inspiring and enabling customers to live a more sustainable life at home. - Take a lead in more sustainable food by enabling and encouraging a balanced diet.
2) Resource and energy independence.	
Strive for resource independence by using resources within the limits of the planet and by encouraging all waste to be turned into resources.	<ul style="list-style-type: none"> -By August 2020, we aim to source 100% of our wood, paper and cardboard from more sustainable sources²³. - By August 2015, all cotton used will be sourced from more sustainable sources, such as Better Cotton. -By August 2015, all home furnishing materials, including packaging, will be either made from renewable, recyclable or recycled materials. -By August 2020, 90% of our home furnishing products will be more sustainable with documented environmental improvements, covering both resource use and product functionality according to our sustainability product scorecard.
Strive towards energy independence through being a leader in renewable energy, and becoming more energy efficient throughout our operations and supply chain.	<ul style="list-style-type: none"> - By August 2020, the IKEA Group will produce as much renewable energy as we consume in our operations. - Become 20% more energy efficient in our own operations by August 2015 and encourage and enable our direct suppliers to achieve the same by August 2017.
3) A better life for people and communities.	
Take a lead in contributing to a better life for people and communities impacted by our business, placing human rights at the centre of everything we do.	<ul style="list-style-type: none"> - Maintain 100% IWAY approval of all suppliers of home furnishing and other key products and services²⁴. - Secure 100% IWAY approval for all national IKEA Food, Indirect Material and Services and retail suppliers within the scope of IWAY²⁵ by August 2015. - Secure compliance to IWAY Musts at all sub-suppliers of critical material and processes²⁶ by August 2017. - Develop and implement a transparent and reliable system for the responsible recruitment of migrant workers at first tier suppliers in identified critical areas by August 2017. - Continuously identify and develop setups for home based workers to improve working conditions, protect labour rights and prevent child labour. By August 2020, all home based workers are transitioned into improved setups and part of our handmade development programme.

Tabella 1.1. Sintetica overview dei punti e dei target dell'approccio strategico descritto in "People and Planet Positive 2020" (tratto dal documento ufficiale della Strategia Sostenibilità del Gruppo IKEA).

1.2.3 Report Sostenibilità IKEA

Da oltre dieci anni IKEA pubblica annualmente i risultati del proprio impegno sociale, ambientale ed economico. La trasparenza e il desiderio di raccontare a tutti gli stakeholders interessati, nella maniera più autentica possibile, gli sforzi e i risultati ottenuti sono i principi che dal 2005 guidano la pubblicazione del Report Sostenibilità del Gruppo IKEA – *The IKEA GROUP Sustainability Report*.

Non solo, il report rappresenta un momento di “check point” interno sui progressi compiuti in relazione agli indicatori (Key Performance Indicators – KPIs) e agli obiettivi strategici definiti in “People and Planet Positive 2020”. È uno degli strumenti che IKEA utilizza per effettuare un follow-up annuale delle azioni messe in campo e per comunicare i risultati ottenuti anche al suo interno, ai propri co-workers. Si tratta altresì di un resoconto da cui partire per settare e ricalibrare le azioni future necessarie al conseguimento degli obiettivi di Sostenibilità entro il 2020.

Tutti i dati contenuti in un report sono riferiti all’anno fiscale aziendale (Fiscal Year-FY). Così, il report del 2015 raccoglie dati e informazioni relativi al periodo compreso tra l’1 Settembre 2014 e il 31 Agosto 2015. Diversamente, i dati di IKEA Foundation⁸ seguono l’anno solare di riferimento (1 Gennaio-31 Agosto 2015 nel caso specifico).

Il report copre e “registra” la performance di sostenibilità di tutte le unità del Gruppo IKEA, ad eccezione degli IKEA Centres⁹, costituiti nel FY15 e non ancora dotati di sistema interno di reporting, e dei negozi IKEA gestiti da retailers non appartenenti al Gruppo IKEA¹⁰. In generale, fonti e natura dei dati (stimati, calcolati, rilevati ecc.) sono sempre documentate all’interno del rapporto.

Inoltre, il rapporto esiste in due versioni si potrebbe dire complementari: il Report Sostenibilità di impronta Global, strutturato come finora descritto e, per quanto concerne IKEA Italia, un Report Sostenibilità di impronta nazionale, che viene pubblicato dal 2006 e ormai giunto alla sua decima edizione nel 2015.

⁸ IKEA Foundation è il ramo di IKEA impegnato negli aspetti del CSR (Corporate Social Responsibility); maggiori informazioni disponibili sul sito: www.ikeafoundation.org (IKEA Foundation, s.d.)

⁹ I centri commerciali di proprietà di IKEA.

¹⁰ Vedi organizzazione aziendale illustrata nel paragrafo 1.1.1 o sul sito www.ikea.com/about-the-ikea-group.

Il Report Sostenibilità nazionale esprime la volontà di IKEA Italia di rendere fruibili anche i risultati frutto dell'attività di IKEA nel Bel Paese. I risultati di IKEA Italia sono tuttavia sempre inclusi nel Report Globale, aggregati ai dati delle altre unità IKEA. Entrambe le versioni del report sono disponibili on-line sul sito www.ikea.com.

Infine, sembra opportuno riportare alcuni¹¹ tra i risultati salienti di IKEA mondo e IKEA Italia raggiunti nell'anno fiscale 2015. Questi sono espressi in relazioni ai valori degli indicatori (KPIs) e degli obiettivi della strategia People and Planet Positive 2020.

IKEA Global (IKEA Group, 2015)

- Performance Economica (in linea con visione e idea commerciale): nel 2015 IKEA ha venduto prodotti e soluzioni di arredo per una vita più sostenibile a casa¹² per un totale di € 1.311 milioni;
- Performance Ambientale: nel 2015 IKEA totalizza il 53% di energia autoprodotta da fonti rinnovabili per soddisfare il fabbisogno delle proprie attività, avendo dal 2006 investito oltre 1,5 miliardi nel campo delle energie rinnovabili, tra parchi eolici (206 in 10 paesi nel 2014), installazione di pannelli solari (oltre 650,000 già nel 2014) (Inter IKEA Systems B.V. 2014, 2014), utilizzo di illuminazione a LED e di altre tecnologie per minimizzare l'impatto delle proprie operazioni di business. Inoltre il 50% del legno utilizzato per i prodotti IKEA proviene da fonti certificate FSC. Dal 1 settembre 2015 tutto il cotone utilizzato per la realizzazione dei prodotti IKEA è Better Cotton¹³: significa che il cotone è prodotto mediante pratiche di coltivazione più sostenibili che minimizzano l'uso di acqua, fertilizzanti chimici e

¹¹ Per una rassegna completa dei risultati si rimanda alla lettura dei Report sulla Sostenibilità disponibili on-line: www.ikea.com.

¹² Prodotti che aiutano a ridurre i consumi di acqua ed energia, ridurre e differenziare i rifiuti, risparmiare sulla bolletta delle utenze.

¹³ Better Cotton Initiative è un'organizzazione mondiale che riunisce tutti gli attori della filiera del cotone con lo scopo di perseguire una produzione più sostenibile di questa materia prima. Maggiori informazioni sul sito: <http://bettercotton.org/>

pesticidi, che impiegano tecnologie più efficienti ed eco-compatibili, migliorando le condizioni di lavoro dei coltivatori e il loro tenore di vita;

- Performance Sociale: il 98,9% dei fornitori IKEA di prodotti e servizi ha superato gli audit IWAY¹⁴ e sono stati confermati; nel 2015 il 48% dei manager IKEA è donna; dal 2003 al 2015, grazie alla Campagna Internazionale “Soft Toys for Education” IKEA Foundation ha devoluto a Save The Children e UNICEF € 77 milioni per progetti internazionali in 46 paesi che hanno come targets l’istruzione e la cura dei bambini; nel 2015, grazie alla Campagna “Brighter Lives for Refugees” sono stati raccolti € 10,8 milioni, donati a UNHCR per supportare progetti di accoglienza ai rifugiati in Bangladesh, Chad, Etiopia e Giordania.

IKEA Italia (IKEA Italia, 2015)

- Performance Economica (in termini di prodotti più sostenibili venduti): nel 2015 IKEA Italia ha fatturato circa € 85,6 milioni in prodotti che aiutano i clienti a vivere la casa in maniera più sostenibile;
- Performance Ambientale: nel 2015 è stata raggiunta quota 86% di rifiuti differenziati in negozio, prima ancora di essere avviati a riciclo/recupero (94%) e/o smaltimento; ben 10 negozi IKEA partecipano al progetto pilota internazionale di riciclo del proprio rifiuto plastico da imballaggi per reintrodurlo nel ciclo produttivo IKEA per la realizzazione del deskpad SKRUTT¹⁵; sempre nel 2015, il 98% dell’energia utilizzata da IKEA Italia proviene da fonti sostenibili; 18 negozi su 21 possiedono impianti fotovoltaici sui loro tetti, 5 dispongono di sistemi di

¹⁴ Codice di Condotta IWAY: si veda il paragrafo 1.2.1 e il documento ufficiale disponibile su www.ikea.com/ikea-code-of-conduct-the-iway-standard.

¹⁵ Il prodotto SKRUTT rappresenta un esempio di applicazione dell’Economia Circolare al business IKEA ed è l’oggetto del presente lavoro di tesi, con l’obiettivo di strutturare il framework per l’analisi del ciclo di vita (LCA) del sottomanico SKRUTT.

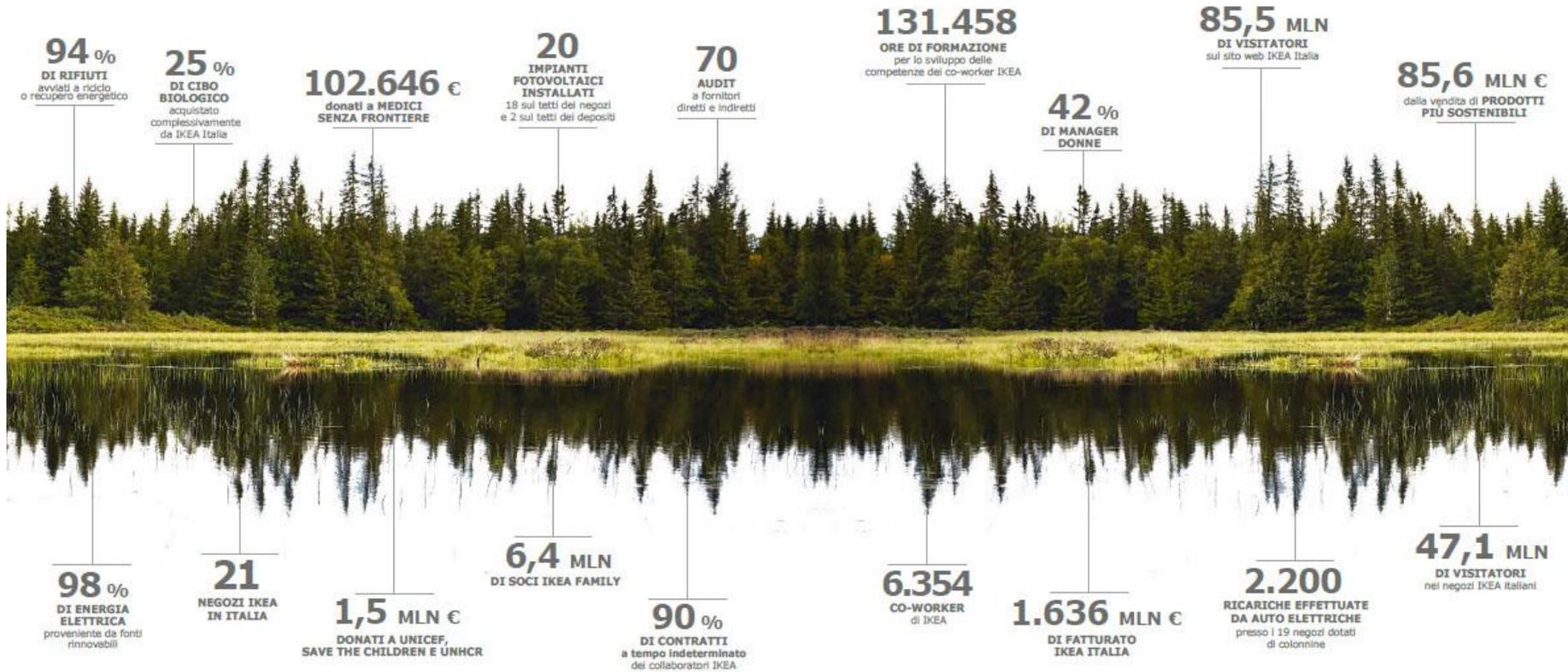
geoscambio e uno store è dotato di sistema di depurazione delle acque reflue e recupero di quelle piovane, poi utilizzate per l'irrigazione e gli scarichi;

- Performance Sociale: il 42 % dei manager di IKEA Italia è donna. Nel 2015, grazie alle iniziative e campagne di raccolta fondi internazionali e nazionali IKEA Italia ha donato € 1,5 milioni a Save The Children, UNICEF e UNHCR, e devoluto oltre € 100.000 a Medici senza Frontiere. Il 25% del cibo acquistato è di origine biologica, mentre sono stati effettuati 70 audit a fornitori diretti/indiretti, con l'esclusione per non conformità agli standard IWAY di un solo di essi.

In Figura 1.3 sono riportati i numeri salienti del FY15, tratti dal report sostenibilità di IKEA Italia.

DIAMO I NUMERI

ANNO FISCALE 2015*



* Il periodo compreso tra settembre 2014 e agosto 2015, poi indicato come FY15.

Figura 1.3 "Diamo i numeri". Risultati relativi al FY15 dell'impegno sociale, ambientale ed economico di IKEA Italia. Tratto da Report Sostenibilità di (IKEA Italia, 2015)

2 ECONOMIA CIRCOLARE E CRESCITA SOSTENIBILE

2.1 Panoramica sull'Economia Circolare

2.1.1 Concetto e finalità

Negli ultimi due decenni, l'*Economia Circolare - EC* (o *Circular Economy*) ha acquisito una rilevanza crescente in tutto il mondo, come valida alternativa per superare i problemi del prevalente modello economico cosiddetto “*take, make, dispose model*”¹⁶ (Ghisellini & al, 2015). Questo modello economico di tipo lineare, basato sul concetto neoclassico di produzione e consumo, pur avendo generato un livello di crescita senza precedenti a partire dalla Rivoluzione Industriale, si è rivelato fonte di instabilità e inefficienza sia sul piano socio-economico che ambientale. L'Economia Circolare rinnova il modo di concepire le attività economiche in quanto: “*is one that is restorative and regenerative by design and aims to keep products, components, and materials at their highest utility and value at all times, distinguishing between technical and biological cycles. ...is a continuous positive development cycle that preserves and enhances natural capital, optimises resource yields, and minimises system risks by managing finite stocks and renewable flows. It works effectively at every scale.*” (Ellen McArthur Foundation, 2015).

Attraverso l'adozione di schemi di produzione/consumo ciclici (closed-loops & open-loops), l'EC mira a promuovere un uso più appropriato e sostenibile delle risorse, al fine di conseguire un migliore equilibrio tra la sfera economica, sociale e ambientale. Tutto ciò è in linea con i principi dello sviluppo sostenibile: la finalità dell'EC è altresì

¹⁶ Vedi il video esplicativo “*Re-thinking Progress: From a linear to a circular economy approach*”, di Ellen McArthur Foundation: <https://youtu.be/zCRKvDyyHml>.

disaccoppiare la crescita del benessere dal degrado ambientale, realizzando un'economia verde con un nuovo modello di business e delle opportunità di lavoro innovative. (Ellen McArthur Foundation, 2012); (Stahel, 2014).

2.1.2 *Origini, principi, modelli e applicazioni*

2.1.2.1 **Origini**

Seppure l'applicazione del concetto di Economia circolare ai sistemi economici odierni è ancora ad uno stadio embrionale, un'analisi della letteratura condotta da Ghisellini et al. (2015) rivela che l'EC trae origini negli anni '60 e '70 da discipline quali l'Economia ecologica ed ambientale e l'Industria ecologica. Ma genera un reale interesse solamente a partire dagli anni '90. Attualmente, esempi di affermazione del concetto includono teorie recenti quali il design rigenerativo, la *performance economy* di Walter Stahel¹⁷, l'approccio "cradle to cradle" (dalla culla alla culla) design¹⁸, la biomimesi¹⁹ e la *blue economy*²⁰ (Ellen McArthur Foundation, 2015).

2.1.2.2 **Principi e caratteristiche**

L'EC si basa sui cosiddetti *3R's principles for action: Reduce, Reuse, Recycle*²¹, requisiti fondamentali per mantenere la catena del valore del modello circolare di cui la Figura 2.1 rappresenta uno schema semplificato:

Principio 1: Preservare e valorizzare il capitale naturale attraverso il controllo delle scorte finite e il bilanciamento dei flussi di risorse rinnovabili;

¹⁷ W. R. Stahel, *The Performance Economy*, Palgrave Macmillan, 2006

¹⁸ W. McDonough and M. Braungart, *Toward a Sustaining Architecture for the 21st Century: The Promise of Cradle to Cradle Design*, Industry & Environment, 2003.

¹⁹ J. Benyus, *Biomimicry*, Harper Collins, 2003; in generale la "Disciplina che studia la natura (i suoi processi, modelli ed elementi) come fonte di ispirazione per l'innovazione tecnologica e il miglioramento delle attività umane." (Fonte: Wikipedia).

²⁰ G. Pauli, *Blue Economy: 10 Years, 100 Innovations, 100 Million Jobs*, Paradigm Pubns, 2010.

²¹ Una definizione esauriente dei tre principi è disponibile in (Ghisellini & al, 2015).

Principio 2: Ottimizzare i rendimenti delle risorse facendo circolare prodotti, componenti e materiali di altissimo valore in entrambi i cicli tecnologici e biologici;

Principio 3: Promuovere l'efficienza del sistema, individuando e minimizzando/eliminando le esternalità²². (Ellen McArthur Foundation, 2015).

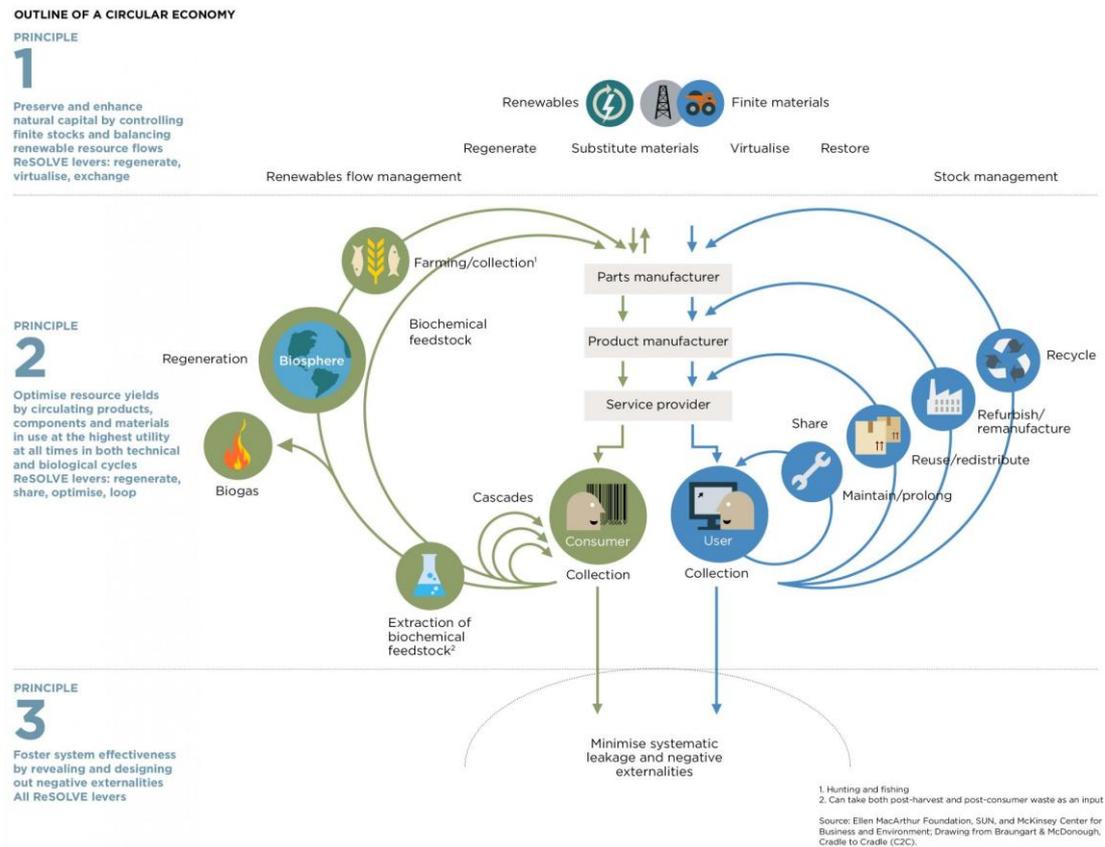


Figura 2.1. Schema semplificato della catena del valore di un modello di Economia circolare (Ellen McArthur Foundation, 2015)

Inoltre, le caratteristiche di un modello economico circolare sono riassumibili nei seguenti elementi²³ che integrano i principi 3R sopra descritti:

²² In economia: l'insieme degli effetti connessi a un'attività produttiva che possono essere positivi o negativi. Maggiori dettagli su <https://it.wikipedia.org/wiki/Esternalit%C3%A0> (Fonte: Wikipedia).

²³ Per una trattazione più dettagliata si rimanda a: Ellen McArthur Foundation (2012,2015); *Towards a Circular Economy: Business Rationale for an Accelerated Transition*. Disponibile su: www.ellenmacarthurfoundation.org.

- Eliminare/minimizzare i rifiuti: a monte della catena del valore attraverso un *design appropriato* e la *riclassificazione dei materiali* in “tecnici” e “nutrienti”, ovvero materiali che possono essere riutilizzati al termine del ciclo di vita di un prodotto e materiali non tossici riassorbibili dall’ambiente dopo vari cicli di degradazione; a valle operando il *riuso* e il *riciclo* dei materiali;
- Rafforzare la resilienza del sistema economico valorizzando e sfruttando proattivamente le differenze tra i vari elementi/attori, per esempio in termini di modularità, versatilità, adattabilità;
- Lavorare avendo come criterio la *rinnovabilità* nella selezione delle fonti energetiche e delle risorse utilizzate nel sistema EC;
- Pensare in modalità “sistema”, ovvero guardando alle cose con visione olistica al fine di capire come le singole parti si influenzino a vicenda generando il tutto, e come il sistema nel suo complesso sia in relazione con le singole parti;
- Pensare “in cascate”, cioè tenendo conto delle relazioni consequenziali tra le varie fasi del ciclo di vita di un prodotto/servizio. (Ghisellini & al, 2015); (Ellen McArthur Foundation, 2015).

2.1.2.3 Modelli e applicazioni

Prendendo ancora come riferimento lo studio condotto da Ghisellini et al. (2015), emergono diversi approcci e modelli di applicazione dell’EC. In generale società con gradi di sviluppo e contesti geo-politici diversi mostrano differenti background e approcci all’applicazione del modello EC. Inoltre, si deve poi differenziare ulteriormente i modelli sulla base della scala “spaziale” di implementazione: livello micro (singole imprese, consumatori), livello meso (gruppi di imprese e/o stakeholder), livello macro (gruppi di imprese e governi a livello provinciale, regionale, nazionale ecc.)

Background politico

Si osserva che in Cina, nazione interessata da una forte crescita (stadio meso-industriale), l'economia circolare segue un approccio top-down, essendo promossa all'interno di programmi nazionali più ampi di trasformazione e sviluppo socio-economico. In Europa, Giappone e Stati Uniti, invece, dove il regime economico ha raggiunto il climax da tempo imboccando la fase di decrescita²⁴(stadio di post-industrializzazione), l'EC segue un approccio bottom-up, e viene vista come uno strumento per sviluppare politiche ambientali e strategie efficienti nei settori quali la gestione dei rifiuti e la riduzione delle emissioni inquinanti (Ghisellini & al, 2015).

Nello specifico, La Commissione Europea nel 2015 ha elaborato un pacchetto per l'attuazione del modello di Economia circolare nell'UE: comprende il *Piano d'azione dell'Unione europea per l'economia circolare* – COM (2015) CE 614 final del 2 dicembre 2015- e il relativo Annex contenente tutte le misure e le tempistiche per l'adozione delle azioni da parte degli stati membri. Insieme ad esso sono state emanate una serie di proposte di leggi sui rifiuti volte a modificare e integrare le attuali norme vigenti in materia nell'ottica dell'EC (European Commission, 2016).

Modelli e scale di implementazione

Seppure la gerarchia tra i principi 3R (1. Reduce 2. Reuse 3. Recycle) sia riconosciuta anche a livello normativo – si pensi per esempio alla Direttiva Quadro sui Rifiuti 2008/98/CE, l'implementazione dell'economia circolare nei vari sistemi mondiali, quando attuata, sembra essere maggiormente incentrata sul riciclo dei materiali piuttosto che sul loro riutilizzo.

²⁴ Odum, H.T., Odum, E.C., 2001. *A Prosperous Way Down*. University Press of Colorado, Boulder, Co. et Odum, H.T., Odum, E.C., 2006. *The prosperous way down*. Energy 31, 21-32.

Su scala ridotta (micro), a livello aziendale, la transizione verso l'EC implica l'adozione di modelli di produzione più puliti (Cleaner Production) che includono elementi di eco-design, prevenzione dell'inquinamento e riduzione dell'uso di sostanze tossiche. Occorrono anche un incremento di consapevolezza e di responsabilità da parte di produttori e consumatori, l'utilizzo di tecnologie eco-friendly e materiali rinnovabili (per quanto possibile), così come l'adozione di politiche e strumenti adeguati, chiari e stabili da parte dei governi. Gli appalti pubblici verdi (Green Public Procurement), gli stili di consumo verdi (Green consumption), facilitati dalla diffusione di sistemi di etichettatura ambientale (Ecolabel in UE) e l'emergere di nuovi operatori (aziende/imprese private o pubbliche) cosiddetti "raccoltori" e "decompositori" capaci di estrarre risorse dai rifiuti, sono validi settori di applicazione del modello EC (Ghisellini & al, 2015).

La simbiosi industriale²⁵ rappresenta invece una modalità di attuazione dell'EC su scala meso (Ghisellini & al, 2015). Si può realizzare secondo diversi modelli quali le esperienze di sviluppo di distretti di simbiosi industriale, tipo Kalundborg²⁶, i parchi eco-industriali (PEI o EIPs in inglese), le reti per la simbiosi industriale. Nel primo modello organizzativo l'approccio è bottom-up: il sistema di relazioni tra imprese nasce indipendentemente da una specifica programmazione, ma sulla base di specifici accordi tra due interlocutori che si accordano per realizzare scambi di materia, energia o servizi; nel secondo caso l'approccio è top-down (esperienze principali in USA/Canada/Asia): il PEI è programmato, progettato e gestito sulla base dei principi dell'ecologia e della simbiosi industriale; l'esperienza italiana delle aree industriali ecologicamente attrezzate (AEA) è del tutto assimilabile ai PEI; invece, le reti per la

²⁵ Per simbiosi industriale si intende lo scambio di risorse tra due o più industrie dissimili, intendendo con "risorse" non solo i materiali (sottoprodotti o rifiuti), ma anche cascami energetici, servizi, expertise (Cutaia & Morabito, 2012).

²⁶ Si veda: www.simbiosiindustriale.it/la-simbiosi-industriale-dal-basso-il-caso-scuola-di-kalundborg; <http://www.symbiosis.dk/en>.

simbiosi industriale sono strumenti di tipo conoscitivo/relazionale che consentono l'incontro tra domanda ed offerta di risorse e tra interlocutori che per attività economica e sociale non hanno altrimenti occasione di incontro (Cutaia & Morabito, 2012).

Su larga scala, infine, la transizione verso l'EC passa attraverso la creazione di nuovi modelli di governo del territorio (es. eco-cities) e di consumo. Questi ultimi si basano sull'utilizzo condiviso di un bene/servizio anziché il possesso dello stesso (es. car sharing, bike sharing, noleggio ecc.). Si applica anche attraverso l'elaborazione di strategie e politiche settoriali di rilevante impatto: un esempio sono i programmi "zero rifiuti" tra cui quello adottato dall'UE con la COM(2014) 198 di luglio 2014 (European Commission, 2014), che rientra nel VII Programma di Azione Ambientale europeo (European Commission, 2013).

Non è tuttavia possibile pensare la transizione ad un modello EC senza pensare di agire sulle catene di approvvigionamento (logistica) di materie ed energie. Queste costituiscono reti chiave del sistema economico, le cui struttura e gestione determinano la solidità e il mantenimento della catena del valore. Due modelli di "supply chain management" sembrano favorire la realizzazione di un' economia circolare: i *processi di approvvigionamento sostenibile* (SSCM- Sustainable Supply Chain management) e i *sistemi prodotto-servizio* (PSS- Product-Service Systems) (Aminoff & Outi, 2016).

Gli SSCM coinvolgono i flussi²⁷ logistici *open-loop* e *closed-loop* (reverse flows). I cicli aperti comprendono flussi recuperati da operatori diversi dai produttori iniziali, capaci di riutilizzare questi materiali o prodotti all'interno della catena del valore; i cicli chiusi includono tutti i flussi che ritornano ai produttori iniziali dopo il fine vita di un prodotto/servizio e vengono conseguentemente reinseriti nella filiera. I PSS sono

²⁷ Per flussi si intende materia (materiali) e/o energia.

sistemi in cui un'azienda vende un servizio anziché il bene che espleta la funzione richiesta dal cliente; ossia il consumatore diventa un semplice utilizzatore che usufruisce di un'auto per esempio senza esserne il proprietario (car sharing, noleggio auto ecc.). Alla fine dell'uso il bene/servizio è di nuovo disponibile per un altro ciclo di utilizzo da parte di un altro utente (Aminoff & Outi, 2016).

Il contesto nazionale italiano

Rispetto all'approvvigionamento di materie prime, l'economia europea è in una posizione di forte vulnerabilità. E l'Italia, secondo paese manifatturiero dell'UE, è tra i membri a maggiore rischio a causa della sua forte dipendenza dall'estero. Sviluppare e rafforzare l'economia circolare è perciò di cruciale importanza: rientra nella Strategia Europa 2020²⁸ ed è uno dei modi per contrastare il trend negativo. *“A partire dalla necessità di massimizzare l'efficienza nell'uso delle risorse e nel recupero dei residui produttivi, il rifiuto è una risorsa che deve essere valorizzata e deve alimentare il sistema di produzione e di consumo, andando a ridurre la domanda di ulteriori materie prime.”* (Consiglio nazionale della Green Economy, 2015).

Nel Bel Paese sono numerosi gli attori e/o le reti di imprese che già operano nel settore del riciclo (es. Conai, Cobat, Ecopneus, CdC RAEE, CdCNPA, per citarne qualcuno). Ma mancano ancora indirizzi strategici e proposte di sviluppo solide e strutturate fornite dalle istituzioni di governo. Alcune proposte in tal senso arrivano per esempio da Gli Stati Generali della Green Economy²⁹ e invitano ad azioni quali la revisione immediata del quadro normativo - conformemente alle leggi comunitarie - e dei sistemi di tassazione sui rifiuti (i.e. TARI), l'adozione di un metodo di rendicontazione

²⁸ Vedi sito web: http://ec.europa.eu/europe2020/index_it.htm

²⁹ Consiglio Nazionale costituito da 64 organizzazioni di imprese rappresentative della Green Economy in Italia, in collaborazione con Ministero dell'Ambiente e Ministero dello Sviluppo. www.statigenerali.org

trasparente ed effettivo (non solo percentuali di raccolta differenziata), il 50 % degli acquisti verdi (GPP³⁰), l'eco-design, lo sviluppo del mercato delle materie prime seconde (MPS) e delle materie prime biodegradabili, l'incremento dei finanziamenti destinati a Ricerca e Sviluppo, l'eliminazione della burocrazia superflua che ostacola l'attività delle imprese che vogliono attuare l'economia circolare (Consiglio nazionale della Green Economy, 2015). Per una conversione dall'attuale *linear economy* alla *circular economy* occorre ripensare il modello di business, coinvolgere in modo sistemico l'intera filiera produttiva e manifatturiera del paese supportando in maniera adeguata (oggi questo non avviene) le piccole medie imprese (PMI) che, inutile ricordare, dominano il tessuto imprenditoriale italiano, nonché stimolare l'interesse e la sensibilità della cittadinanza per "scatenare" stili di consumo consapevoli e più sostenibili.

Concludendo, la transizione verso una economia circolare efficace richiede il coinvolgimento di tutti i portatori di interesse con la loro capacità di creare i giusti schemi di collaborazione e di scambio. Anche se, tuttora, il ritorno di investimento è spesso l'aspetto più convincente che guida la scelta di aziende e investitori verso un modello di economia circolare.

2.2 Ambizioni ed esperienza del Gruppo IKEA nel campo dell'Economia Circolare

2.2.1 Ricerche in atto ed esempi di applicazione

IKEA è membro di "Circular Economy 100 Programme" o CE100 (IKEA Group, 2015), una piattaforma internazionale multi-stakeholders fondata dalla Ellen McArthur Foundation per promuovere la conversione a un modello circolare di

³⁰ Appalti Verdi: Green Public Procurement.

economia. CE100 riunisce insieme un centinaio tra imprese, istituzioni governative ed accademiche, innovatori e affiliati emergenti. (Ellen McArthur Foundation, 2015).

In accordo con la propria strategia di sostenibilità People and Planet Positive³¹ e la Strategia Europa 2020³², l'ambizione di IKEA è di contribuire alla realizzazione dell'Economia circolare attraverso: la chiusura dei cicli di materiali (*closing the loops project*) derivanti sia da processi interni che da altre fonti esterne; la creazione di valore; l'incremento dei servizi di post-vendita offerti ai propri clienti e collaboratori così da consentire loro di conservare, riparare, riutilizzare e riciclare i propri mobili e complementi di arredo (Inter IKEA Systems B.V.).

Per IKEA ciò si traduce nell'“abbattere” e sostituire progressivamente il modello “take-make-dispose” con il concetto di EC, in cui i rifiuti non sono considerati tali ma possono essere trasformati in nuove risorse applicando i principi 3R (vedi paragrafo 2.1.2) della scala gerarchica dei rifiuti (Figura 2.2).

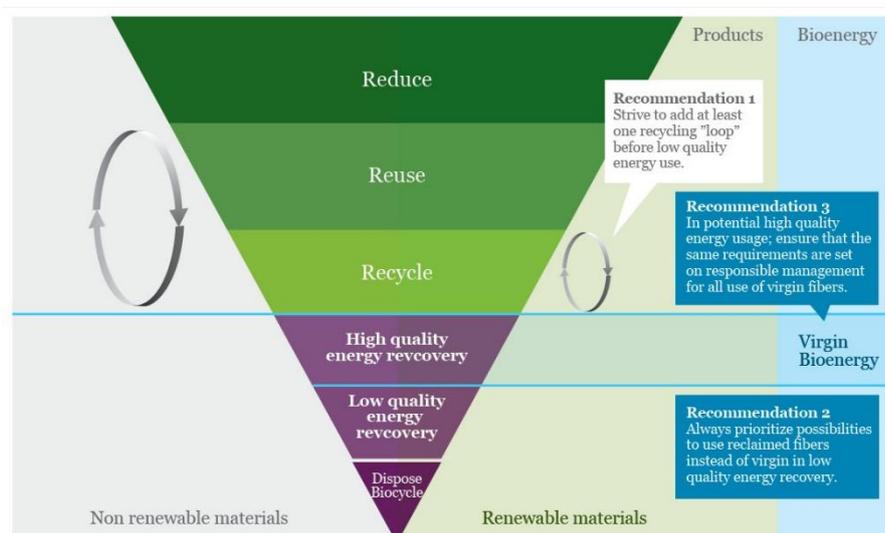


Figura 2.2 Scala gerarchica dei rifiuti-materiali. (IKEA & WWF, 2012)

³¹ Per maggiori dettagli si rimanda al paragrafo 1.2.

³² Maggiori informazioni sulla Strategia “Europe 2020” su: http://ec.europa.eu/europe2020/index_en.htm

Le motivazioni che spingono IKEA ad attuare l'EC nel proprio business sono:

- Incontrare le esigenze e le aspettative dei clienti, fornendo esperienze di utilizzo dei prodotti per la casa sempre migliori sotto il profilo della sostenibilità;
- Garantire l'accessibilità a lungo termine alle risorse naturali, fronteggiando in maniera proattiva il problema della loro scarsità e la volatilità dei prezzi delle materie prime;
- Trovare e usare nuovi materiali più sostenibili;
- Ridurre, e quando possibile eliminare, l'impatto ambientale attraverso modelli virtuosi di azione e business;
- Accrescere la fiducia e la percezione di qualità da parte dei consumatori (posizionamento del brand).

In IKEA il concetto di *circular economy* comprende tre aree differenti di azione e sviluppo (IKEA Group, 2015):

Prolungamento della vita di un prodotto: tre sono gli elementi chiave: 1) la ricerca di modalità innovative di design, approvvigionamento, produzione e distribuzione; 2) il supporto ai clienti IKEA; 3) il coinvolgimento di clienti e collaboratori IKEA nell'intento. Si riportano alcuni esempi.

L'azienda fornisce ai propri clienti soluzioni per facilitare il mantenimento e il riutilizzo di un prodotto nel tempo. Il rifiuto è uno status da evitare. Le soluzioni che IKEA offre in tal senso vanno da istruzioni chiare e semplici per la manutenzione e la riparazione dei prodotti, alla fornitura di parti di ricambio, fino alla possibilità di poter condividere, noleggiare, rivendere un prodotto. In alcuni paesi, tra cui l'Italia, già da

diversi anni è attivo il servizio di “Ritiro dell’Usato IKEA”: i soci IKEA Family³³ possono riportare il proprio mobile usato IKEA nei punti vendita dell’azienda per una rivalutazione dell’oggetto; se in buono stato IKEA corrisponde un “voucher” che il cliente può spendere per nuovi acquisti, mentre l’azienda rivende il mobile rivalutato in Angolo Occasioni³⁴. Così il prodotto “acquista” una seconda vita ed è disponibile a prezzo vantaggioso per altri utenti. Altre iniziative per il riuso di prodotti IKEA (e non) sono stati per esempio: Second Hand on-line, un portale in cui i soci IKEA Family potevano fino a poco tempo fa scambiare o vendere prodotti IKEA; “Barattoys”, il baratto dei giocattoli organizzato da IKEA in tutti i punti vendita d’Italia nel 2012-2013 per sensibilizzare i bambini al tema del riuso delle cose. Inoltre, negli anni l’azienda ha predisposto un efficiente sistema, il reparto Recovery, che ha come obiettivo quello di evitare che prodotti difettosi o lievemente danneggiati diventino immediatamente rifiuti. Si tratta di una specie di “officina” di negozio che si occupa di re-imballare e rimettere in vendita articoli imperfetti (dunque non commerciabili a prezzo pieno) ma funzionali e in buone condizioni; negli ultimi dieci anni la funzione Recovery, nota al pubblico come Angolo Occasioni, ha evitato che oltre 20.000 metri cubi di materiale diventasse rifiuto (Inter IKEA Systems B.V., 2016).

Design per un’economia circolare: l’approccio è di tipo from cradle to cradle (dalla culla alla culla), e presuppone che un prodotto venga creato pensando al suo fine vita, o meglio facendo sì che non finisca in discarica ma possa essere il più duraturo possibile, facilmente riparabile dunque riutilizzabile, fatto con materiali riciclabili e

³³ Clienti fidelizzati di IKEA tramite tesseramento.

³⁴ Assimilabile ad un Outlet, è un’area specifica presente in ogni punto vendita IKEA dove sono disponibili articoli IKEA a prezzi scontati a seguito di operazioni di riparazione, recupero e rivalutazione degli stessi. Le offerte dell’Angolo occasioni non sono assimilabili alle promozioni commerciali pianificate in certi periodi dell’anno e legate ad azioni di mercato e marketing. Maggiori dettagli su: http://www.ikea.com/it/it/store/angolo_occasioni.

ulteriormente valorizzabili una volta compiuto il ciclo di utilizzo. Deve valere il principio: *da rifiuto a nuova risorsa*.

Resource Chain (RC): si tratta di un progetto globale che concerne le catene di approvvigionamento dell'azienda; ha lo scopo di sviluppare un framework che definisca come IKEA debba lavorare con materie prime, materiali riciclati e flussi inversi³⁵ di materiali. Prevede il ripensare le catene di risorse in chiave *closing the loops*: tutto ciò che può essere riutilizzato all'interno del sistema IKEA deve rimanere all'interno del sistema, così da ridurre i consumi di risorse vergini, minimizzare i costi massimizzando l'accessibilità alle risorse, e semplificare la complessità della logistica di approvvigionamento.

Gli obiettivi principali del progetto sono infatti: garantire l'accessibilità alle materie prime secondarie, ridurre i costi all'interno della catena del valore, consentire a IKEA di essere flessibile nella scelta tra materie prime o materie riciclate rimanendo competitivi, e assicurarsi di essere una buona azienda che ispiri fiducia nei collaboratori e nei consumatori (Inter IKEA Systems B.V., 2014). I risultati attesi comprendono: sviluppare e testare nuove soluzioni e materiali, integrare il concetto di Resource Chain all'interno del modello di business IKEA, sviluppare una politica di gestione del concetto RC a lungo termine, implementare un piano strategico e casi di business reali.

Facciamo qualche esempio concreto di applicazione del concetto di RC e approccio *closing the loops* (CtL):

- In 20 nazioni in cui IKEA opera i materassi riportati dai clienti sono avviati a recupero energetico o riciclo a seconda dell'infrastruttura locale;

³⁵ Flussi inversi: flussi di materiali che diventano nuovi input a monte nella catena del valore (o delle risorse) avendo come punto originario il consumatore e non il produttore ([Wikipedia](#)).

- Raccolta di tessuti usati consegnati dai clienti in tutti i negozi IKEA della Norvegia; l'80% del materiale viene donato in beneficenza per un uso di seconda mano, il restante 20% è riciclato;
- In Australia, i clienti possono conferire le bottiglie di plastica vuote che vengono poi riciclate per produrre contenitori PET per bevande e frullati IKEA;
- Parte del film plastico proveniente da rifiuti di imballaggi terziari e generato nei negozi e centri di distribuzione IKEA viene riciclato al fine di produrre il sottomanico da scrivania IKEA denominato SKRUTT. Questo caso in particolare costituisce un esempio emblematico di attuazione del concetto RC-CtL e rappresenta il caso di studio analizzato nel paragrafo seguente e nel Capitolo 4 del presente lavoro di tesi. SKRUTT contiene il 50% di plastica riciclata, dunque la sua produzione consuma in media il 50% in meno di plastica derivante da fonti fossili vergini.

In generale, i flussi interni di materiali, provenienti dalle operazioni delle unità IKEA forniscono il maggior contributo al progetto Resource Chain, e costituiscono materiali di elevata qualità e di grande valore per il riciclo. Nel biennio 2010-2012 IKEA e WWF collaborarono per analizzare e testare le opportunità e le sfide per la chiusura dei cicli di materiali ("Close the Loops projet"). Il progetto rivelò che oggi il riciclo viene valutato sulla base dei volumi, del peso e delle percentuali di recupero, ma il focus sulla qualità dei materiali è basso. La qualità è invece uno dei prerequisiti essenziali perché un materiale possa essere usato in maniera circolare; i cicli di riciclaggio che incrementano (up-cycling) la qualità e il valore dei materiali nel tempo sono infatti preferibili a quelli che diminuiscono (down-cycling) questi parametri. Questo vale purché si analizzino anche tutti gli eventuali impatti (sociali, ambientali, economici) derivanti dagli stessi processi di riciclo (IKEA & WWF, 2012).

Proseguendo, in Figura 2.3, si osserva lo scenario a breve (2020) e lungo termine (2020+) auspicato da IKEA in termini di volumi e tipologie di materiali utilizzati in chiave “closing the loop” per la produzione dei propri prodotti. Basti pensare che ad oggi esiste un potenziale valore annuo di 6.000 tonnellate di film plastico in polietilene e 150.000 tonnellate di cartone non ancora valorizzati secondo il modello RC (Inter IKEA Systems B.V., 2015).

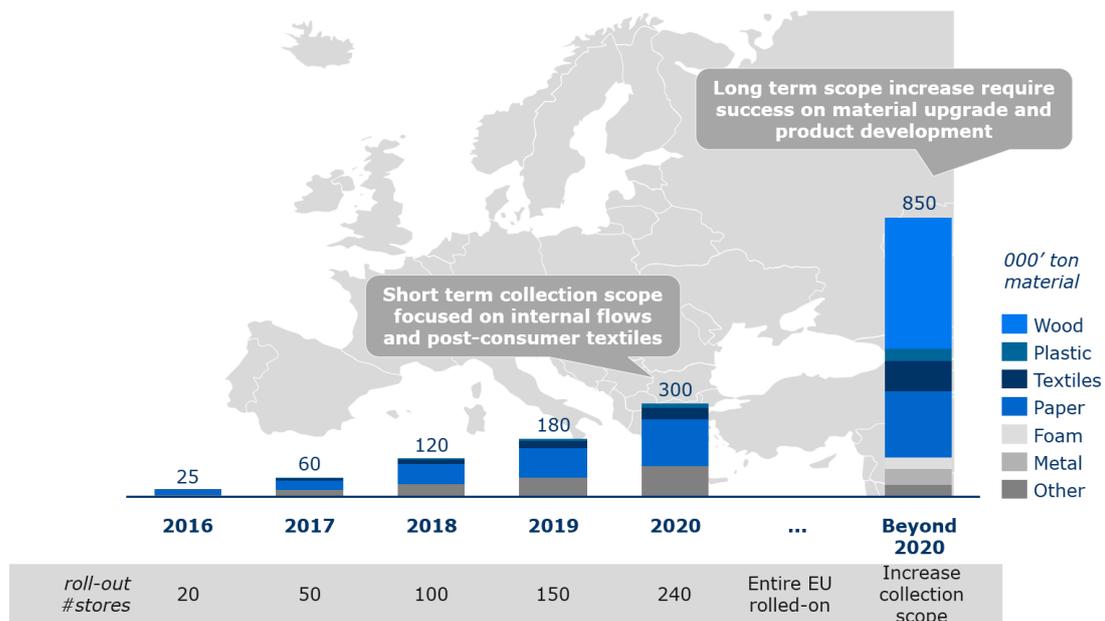


Figura 2.3 Scale up scenario di breve e lungo termine sulla raccolta dei materiali generati nei punti vendita e di distribuzione IKEA in Europa (Inter IKEA Systems B.V., 2015)

2.2.2 Da rifiuto a materia prima seconda. Focus sulla frazione plastica

I rifiuti in cartone e in plastica sono tra i materiali con il maggiore potenziale per essere re-impiegati come *materie prime seconde (MPS)*, previo eventuale riciclaggio, nei cicli produttivi, compresi la realizzazione di prodotti IKEA.

Nel presente lavoro di tesi ci focalizziamo sulla gestione della frazione plastica all'interno delle unità IKEA di vendita e distribuzione. Tale materiale, come cita il report *Plastics-The Facts 2015*, “... is a key resource in the move towards circular economy” (PlasticsEurope, 2015).

Nello specifico trattiamo del film plastico in polietilene (PE film) derivante dagli imballaggi terziari con cui vengono confezionati i prodotti IKEA per il trasporto dalle “fabbriche” ai punti vendita dell’azienda. Questo perché l’attenzione del presente studio è focalizzato sul già citato prodotto SKRUTT, di cui si vuole effettuare una valutazione del ciclo di vita, a distanza di due anni dalla sua immissione sul mercato da parte di IKEA. Uno degli obiettivi dell’analisi del ciclo di vita è confrontare la performance ambientale di SKRUTT con il suo equivalente funzionale PROJS, l’altro sottomano da scrivania commercializzato da IKEA ma realizzato per il 100% in plastica EVA³⁶ da fonti fossili (materie prime vergini).

Il prodotto SKRUTT è infatti il risultato di uno dei progetti pilota di Resource Chain avviato nel 2013. Il deskpad è così fatto: 48-49% di plastica EVA, 1-4% di masterbatch (colorante), 48-50% di plastica riciclata, a partire dal film plastico estensibile in polietilene proveniente da alcuni store e centri distribuzione IKEA situati in Europa, prevalentemente Francia e Italia. PROJS viene prodotto seguendo un modello lineare di economia, mentre SKRUTT è frutto dell’attuazione del modello circolare (Figura 2.4).

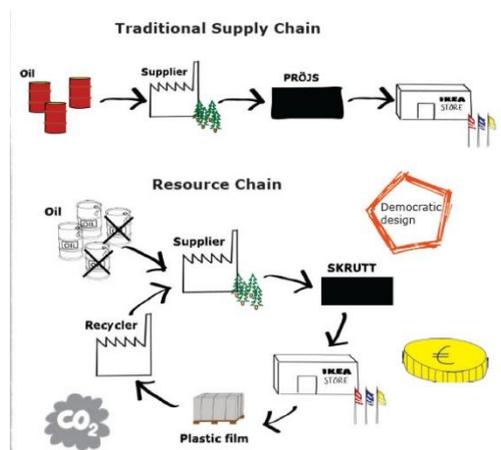


Figura 2.4 Schematizzazione della catena del valore di PROJS e SKRUTT. Modello lineare versus modello circolare (Inter IKEA Systems B.V., 2014)

³⁶Definizione su https://en.wikipedia.org/wiki/Ethylene-vinyl_acetate

Ad oggi circa il 35 % delle unità IKEA in Europa compatta il PE film in balle di materiale mediante l'uso di presse verticali e lo conferisce a riciclatori specializzati. Italia e Francia sono le nazioni che partecipano direttamente fornendo il maggior contributo al progetto *Closing the loop-RC* per la produzione di SKRUTT. In questi due paesi, il PE film generato come “rifiuto” nei negozi e centri di distribuzione segue due vie gestionali:

- Raccolta differenziata in-store e conferimento a ditte terze di riciclo specializzate ma che non vendono la materia prima seconda (MPS) a IKEA > processo open-loop: il materiale diventa MPS utilizzabile in un'altra catena del valore;
- Raccolta differenziata e conferimento a un riciclatore partner di IKEA nel progetto RC, che rivende i polimeri rigenerati al fornitore di IKEA che produce SKRUTT. Il riciclatore ha sede e impianto in Veneto (Italia) mentre l'industria che produce SKRUTT si trova in Repubblica Ceca.

Nelle unità IKEA di origine, il PE film è compattato o mediante l'uso di press-container scarrabili o con l'ausilio di presse verticali che generano balle da circa 1 metro cubo di materiale. Queste due modalità implicano logistiche gestionali e di costo differenti. Mediamente, ogni unità IKEA genera da 15 a 30 tonnellate l'anno di PE film da imballaggi terziari.

La Figura 2.5 è una fotografia degli scenari di logistica inversa, correlati al prodotto SKRUTT, presenti in Francia e Italia al 31 dicembre 2015.

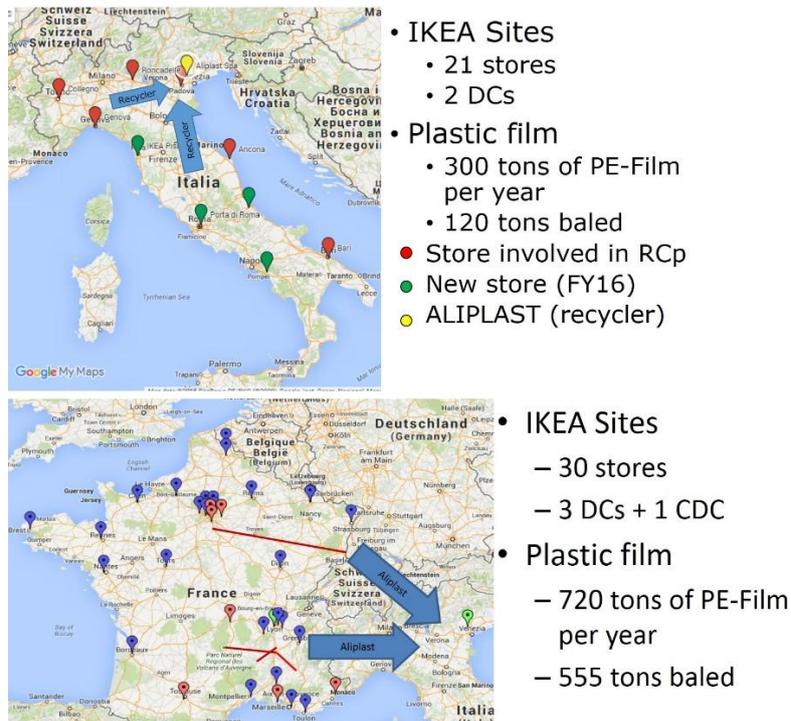


Figura 2.5 Logistica inversa del PE film IKEA. Scenari italiano e francese. (Inter IKEA Systems B.V., 2015).

La produzione innovativa di SKRUTT produce il 50% in meno di CO₂ e utilizza la metà delle risorse fossili rispetto al processo di PROJS (IKEA Group, 2015). Inoltre, l'attingere a MPS provenienti dal proprio business permette a IKEA di risparmiare circa il 15-20% sui costi dei materiali e della logistica; così il prezzo finale al consumatore di SKRUTT è persino inferiore al suo simile PROJS. Sul mercato italiano parliamo di €3,99 di SKRUTT contro €4,99 di PROJS (Inter IKEA Systems B.V. 1999 - 2016, 2016). Al 31 dicembre 2015 sono 28 i paesi in cui IKEA distribuisce il deskpad SKRUTT. Inoltre, questo sottomanico soddisfa pienamente i criteri del democratic design IKEA³⁷. Peraltro, al termine dell'utilizzo SKRUTT è riciclabile.

I processi della catena del valore di SKRUTT verranno ampiamente descritti e approfonditi nel capitolo 4, quando tratteremo la costruzione del framework per

³⁷ Democratic design: si rimanda al paragrafo 1.1.1.

l'analisi del ciclo di vita. Pertanto, qui di seguito si elencano soltanto gli stadi successivi che portano dalla raccolta del PE film alla produzione di SKRUTT.

Raccolta e riciclo: il materiale viene raccolto dal riciclatore con mezzi propri o tramite terzi, dunque trasportato fino all'impianto di riciclo italiano in Veneto. Le fasi di riciclo comprendono: selezione manuale, macinazione, lavaggio, asciugatura, filtrazione/setaccio, estrusione per l'ottenimento di granuli. I polimeri rigenerati in PE-HD (low-density polyethylene) costituiscono l'output del processo di riciclo;

Le fasi produttive includono: mescolamento dei granuli rigenerati con materiale vergine (plastica EVA) e masters (colorante), estrusione, dimensionamento e pesatura, taglio su misura e confezionamento per la distribuzione.

Come vedremo nel Capitolo 4, valutare quali siano i materiali utilizzabili in un 'ottica closing the loop costituisce un procedimento complesso ma necessario per capire se le decisioni strategiche prese e le stime iniziali siano valide. Il caso di studio SKRUTT presenta ora una sufficiente maturità di implementazione per poter essere valutato mediante la metodologia LCA, al fine di: evidenziare vantaggi e svantaggi reali della produzione circolare rispetto a quella tradizionale (lineare di PROJS), valutare le performance ambientali del prodotto, trovare punti di miglioramento per rendere più efficiente il processo closing the loop, valutare l'estendibilità dell'esperienza SKRUTT ad altre categorie di rifiuto/prodotto.

IKEA ha sviluppato diverse altre esperienze nel campo dell'economia circolare che qui non sono state descritte perché il presente lavoro si focalizza sul caso di studio del prodotto SKRUTT.

3 LA METODOLOGIA LIFE CYCLE ASSESSMENT

Dal concetto ormai affermato di “sviluppo sostenibile”³⁸ (enunciato nel capitolo 1), secondo cui le sfere di sviluppo economico, sociale e ambientale devono essere integrate (Figura 3.1), nasce l’innovativa filosofia di pensiero denominata *Life Cycle Thinking* (LCT). L’idea nuova rispetto al passato è quella di considerare un prodotto come un insieme di operazioni, di flussi di materiali e di energie in input e output, associati a tutti gli step del suo ciclo di vita, dalla progettazione all’utilizzo, fino al fine vita. Da questo concetto si sviluppa come principale strumento operativo, specie in campo ambientale, la metodologia *Life Cycle Assessment* (LCA).

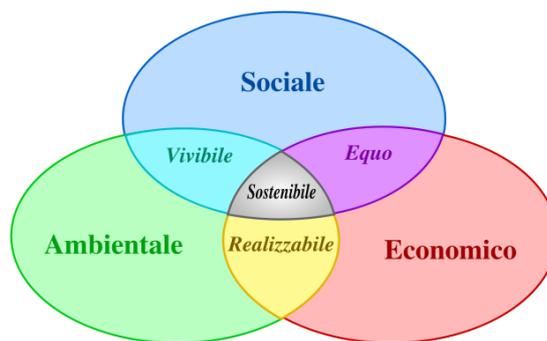


Figura 3.1 Gli aspetti fondamentali dello sviluppo sostenibile. (Fonte: Wikipedia)

L’approccio *Life Cycle Thinking* (LCT) e la metodologia *Life Cycle Assessment* (LCA) sono oggi alla base delle politiche ambientali e a supporto delle decisioni di business correlate con la Produzione e il Consumo Sostenibile (PSC)³⁹.

³⁸ “Uno sviluppo si dice sostenibile se soddisfa le esigenze di tutti i paesi e i gruppi di popolazioni della generazione attuale, senza compromettere la possibilità a future generazioni di soddisfare le proprie esigenze. Uno sviluppo degno del termine ‘sostenibile’ garantisce il mantenimento della molteplicità della natura.” (Conferenza Internazionale di Rio de Janeiro, 1992). Vedi anche prima definizione di (WCED, 1987) – Capitolo 1

³⁹ Si veda il capitolo 2, paragrafo 2.1 per maggiori dettagli.

3.1 Definizione e scopo

3.1.1 Che cosa è l'LCA?

La prima definizione del termine Life Cycle Assessment viene proposta durante il Congresso SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) nel 1990 (Baldo & alii, 2005). La formula recita: *“un processo oggettivo di valutazione dei carichi ambientali connessi con un prodotto, processo o attività, condotto attraverso l’identificazione e la quantificazione dell’energia e dei materiali impiegati e dei rifiuti rilasciati nell’ambiente, per valutare l’impatto di questi usi di energia e materiali e rilasci nell’ambiente, e per vagliare e realizzare le opportunità di miglioramento ambientale. La valutazione include l’intero ciclo di vita del prodotto, processo o attività, includendo l’estrazione e il trattamento delle materie prime, la fabbricazione, il trasporto e la distribuzione, l’uso, il riuso, la manutenzione, il riciclo e lo smaltimento finale.”*⁴⁰ (SETAC, 1993).

Una definizione standardizzata si può oggi trovare nella norma UNI EN ISO 14040 (2006): *“A compilation and evaluation of the inputs, outputs and the potential environmental impacts of a product system throughout its life cycle.”*⁴¹



Figura 3.2 Schema LCT/LCA. (Fonte: www.greenreport.it).

⁴⁰ Citazione da (SETAC, 1993). A Conceptual Framework for Life Cycle Assessment, workshop record, Sandestin, February 1992.

⁴¹ Citazione da norma UNI EN ISO 14040:2006 (ISO, UNI EN ISO 14040:2006, 2006).

Perché l’approccio di ciclo di vita e di sistema? Un tale approccio evita lo spostamento dei problemi da una fase all’altra del sistema (o tra sistemi), da una categoria di impatto ambientale all’altra. Inoltre, la visione LCT permette di cogliere la complessità che si nasconde dietro un prodotto apparentemente semplice.

La LCA è un metodo strutturato, completo e standardizzato, che si propone di stimare gli effetti (potenziali impatti) sull’ambiente e sulla salute correlati al ciclo di vita di un “prodotto”⁴² (EuropeanCommission-JRC-EIS, 2010). La struttura è determinata da un ordinamento che contempla, in ordine gerarchico: i concetti, i metodi e i modelli, e gli strumenti (Figura 3.3).

Le fondamenta scientifiche del metodo trovano radici nel modello IPAT proposto di Erhlich & Holdren⁴³ (1972) e nel modello DPSIR⁴⁴ di Smeets & Weterings (1999).

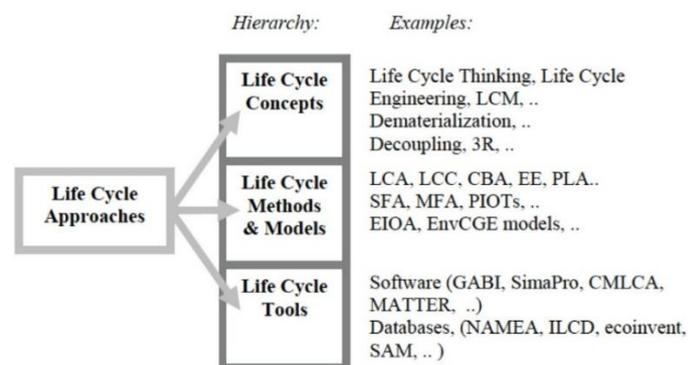


Figura 3.3. Struttura gerarchica delle metodologie basate sull’approccio LCT (Masoni, 2016).

⁴² Per “prodotto” o “sistemi di prodotti” si intende qualsiasi bene o servizio così come definito nel paragrafo 3.9 della norma UNI EN ISO 14040:2006.

⁴³ Modello IPAT ($I = P \times A \times T$): formula di valutazione dell’impatto ambientale, proposta nel 1972 da Paul Ehrlich e John Holdren nel libro "Impact of population growth". La relazione descrive una correlazione positiva (diretta) tra impatti, crescita della popolazione e del benessere economico (GDP), e una correlazione negativa (inversa) tra impatti e progresso/disponibilità tecnologico/a (Fonte: Wikipedia).

⁴⁴ Modello DPSIR: Driving forces, Pressures, State, Impacts, Reactions. Schema per l’analisi dei problemi ambientali (Smeets & Weterings, 1999).

3.1.2 Finalità di uno studio LCA

Le finalità di una valutazione del ciclo di vita sono profondamente diverse a seconda dell'ambito di applicazione e degli obiettivi per cui la si intraprende. Sempre per lo stesso motivo, le informazioni utili che possono essere ottenute, così come l'uso potenziale dei risultati, variano da contesto a contesto.

In generale, si individuano due macro aree di applicazione: 1) la gestione delle singole imprese; 2) la gestione dei sistemi socio-economici ovvero il governo del territorio.

A titolo esemplificativo, si elencano alcuni risultati ottenibili tramite LCA:

- Miglioramento delle prestazioni ambientali di prodotti, ai vari livelli del ciclo di vita (individuazione dei punti critici migliorabili);
- Supporto alle decisioni prese da aziende private/pubbliche, da istituzioni governative e non-governative (i.e. pianificazione strategica, definizione delle priorità, progettazione/redesign di prodotti processi ecc.);
- Ecodesign: progettazione di prodotti, processi, servizi che siano eco-friendly;
- Marketing: comunicazione dei benefit ambientali di un prodotto tramite Dichiarazione Ambientale di Prodotto (EPD), Eco-label;
- Gestione ottimale dei servizi pubblici;
- Valutazione delle diverse politiche ambientali e comparazione di soluzioni alternative: sostituzione/riduzione di sostanze pericolose, scelta di materiali.

Non bisogna dimenticare la ragione vera di questo tipo di analisi: contribuire, con dati quantitativi robusti e verificabili, ad *orientare* le scelte dei decisori verso

soluzioni che riducano gli impatti ambientali in modo significativo così da disaccoppiare la crescita del benessere dal degrado ambientale (Masoni, 2016)

3.2 Origini e sviluppo della metodologia LCA

Le origini dell'*Environmental Life Cycle Thinking* risalgono agli anni '60, quando furono redatti i primi bilanci energetici e di massa, sotto la spinta di una crescente preoccupazione per i problemi relativi all'esauribilità delle risorse e alla produzione di reflui industriali.

Si ricorda come primo esempio uno studio condotto da Harold Smith – l'indagine riguardava il calcolo dell'energia richiesta per la produzione di intermedi chimici – e presentato alla World Energy Conference del 1963. La relazione di Smith, seppure marginalmente, trattava aspetti di valutazione degli impatti ambientali.

Alla fine degli anni '60, alcuni ricercatori intuiscono che per analizzare efficacemente le problematiche ambientali connesse ai sistemi produttivi occorre utilizzare metodi scientifici che esaminino tutti gli step della filiera: estrazione delle materie prime, produzione, imballaggio, utilizzo, fine vita, senza dimenticare le fasi intermedie di trasformazione e trasporto (Baldo & alii, 2005).

L'analisi "from cradle to grave" non assume da subito il significato di analisi LCA; la denominazione LCA arriva solo più tardi, quando ci si rende conto che l'interesse deve spostarsi dai singoli step produttivi al sistema nella sua interezza e complessità. Inizialmente, si adottano terminologie quali "cradle to grave analysis", "resource and environmental profile analysis" – poi abbreviato metodo REPA, "life cycle analysis", "ecobalance", "energy and environmental analysis".

Questo tipo di approccio è del tutto innovativo per i tempi. Per la prima volta il focus cambia: da processo a “sistema prodotto”⁴⁵. Fino ad allora l’attenzione è incentrata sull’analisi dei singoli processi/componenti separatamente. Si trascura il fatto che i benefici ottenuti localmente in una fase possano influenzare/modificare le prestazioni altrove, all’interno del sistema tecnologico esaminato o al di fuori della filiera (sfera ambientale). Il rischio di una visione riduttiva, potremmo dire a “compartimenti stagni”, è quello di non ottenere risultati migliorativi nel complesso, o addirittura di peggiorare il bilancio generale.

Un esempio molto attuale dell’importanza di attuare un approccio “dalla culla alla tomba” è rappresentato dal dibattito in corso sulla produzione di biocombustibili; per effettuare un valido bilancio occorre tenere presente tutte le fasi, valutando sia i benefici – come ad esempio la riduzione della CO₂ footprint relativa alle emissioni veicolari — che i potenziali svantaggi – modifica di destinazione d’uso del territorio e di estensione delle superfici coltivabili destinati all’agricoltura (Humpenödera & alii, 2013).

Negli anni ’70, negli Stati Uniti, si sviluppano le prime applicazioni della teoria LCT. Alcuni ricercatori della Midwest Research Institute (MRI), su commissione di alcune grandi aziende industriali e sotto il patrocinio dell’Agenzia per la protezione dell’ambiente EPA (US Environmental Protection Agency), conducono i primi studi comparativi su diversi contenitori per bevande, con l’obiettivo di determinare il packaging con il minor impatto in termini di emissioni, consumo di risorse e più eco-compatibili a fine vita. L’obiettivo era sì caratterizzare il ciclo di vita dei differenti contenitori, ma in ultima battuta confrontare le prestazioni dei diversi materiali impiegati

⁴⁵ Per “prodotto” o “sistema di prodotti” si intende qualsiasi bene o servizio così come definito nel paragrafo 3.9 della norma UNI EN ISO 14040:2006.

per le medesime applicazioni. Vennero definiti indagini REPA - *Resource and Environmental Profile Analysis*. E da quel momento appare chiaro uno dei principi che sarà alla base di una tra le più comuni applicazioni della metodologia LCA: non si possono comparare in modo assoluto materiali diversi, bensì solamente funzioni equivalenti realizzabili, a parità di prestazioni, con materiali alternativi.

Tra le summenzionate ricerche si ricorda quella del 1969, sponsorizzata dalla Coca Cola Company, tra le prime industrie ad applicare il metodo REPA conducendo una analisi multi-criteri comparativa su diversi tipi di imballaggio; il fine era quello di valutare quale materiale (vetro, alluminio, plastica) e quale strategia di impegno a fine vita (a perdere o a rendere) fosse più eco-compatibili ed energeticamente favorevole (Baldo & alii, 2005).

Nel frattempo, in Europa, si sviluppa un approccio simile denominato *Ecobalance* e viene pubblicato il “manuale di Analisi Energetica” di Bouestead e Hancock (1979), considerato una delle pietre miliari della metodologia: esso riporta una prima descrizione della procedura che trova ancora la sua validità nell’attuale procedimento LCA (Bouestead & Hancock, 1979).

Negli anni '80 e '90, le crisi petrolifere e le emergenti problematiche ambientali - la destinazione dei rifiuti, il riscaldamento globale, la limitatezza delle risorse, le crisi energetiche - costringono ad abbandonare la teoria economia classica a favore dell'affermarsi consapevole del nuovo concetto di “sviluppo sostenibile”, già enunciato nel Capitolo 1. Diventa chiaro che i ritmi con cui l’umanità sfrutta le risorse ambientali superano il tasso di rigenerazione delle stesse.

In questo contesto, l’interesse delle aziende nei confronti dell’ambiente cresce e cominciano così ad affermarsi diverse tecniche per analisi di tipo ambientale. Consulenti, aziende e istituti di ricerca lavorano, talvolta congiuntamente talvolta in

parallelo per sviluppare, diffondere ed affinare la metodologia. In quel periodo l'analisi LCA riceve una notevole spinta propulsiva, e si trova a convivere con altri metodi basati sull'approccio Life Cycle Thinking, quali il Life Cycle Costing (LCC), l'Environmental LCC, il Life Cycle Accounting ecc.

Gli anni '80 si concludono tuttavia con una situazione di grande confusione; rapporti ambientali effettuati sugli stessi prodotti (funzionalmente equivalenti) contengono risultati spesso contrastanti. Tali studi si fondano su dati, metodi e terminologie differenti, questo il motivo delle incongruenze riscontrate. Appare evidente la necessità di implementare delle linee guide chiare per l'applicazione delle differenti metodologie.

Conseguentemente, negli anni '90 prende il via il processo di standardizzazione dei vari metodi, sotto il patrocinio della Society of Environmental Toxicology and Chemistry (UNEP, 1996).

La SETAC fornisce un contributo rilevante a tale processo, elaborando le prime linee guida LCA raccolte in "A code of practice" (1993). Nello stesso anno la International Organization for Standardization (ISO) prende la leadership del processo. SETAC costituisce diversi gruppi di lavoro in Europa (LCA Steering Committee) e in Nord America (LCA Advisory Group), con l'intento di diffondere la conoscenza e promuovere sviluppi ulteriori della metodologia LCA. ISO e SETAC trovano un valido partner per questa "missione" nell'UNEP (United Nations for Environmental Programme) - (Klöpffer, 2006). Nel 1996 l'UNEP pubblica un rapporto dettagliato sullo stato di applicazione dell'analisi LCA, definendola una tecnica innovativa di valutazione di impatto ambientale – l'equivalente della procedura VIA per gli impianti. Gli esperti dell'UNEP ritengono che " *Life cycle assessment is a decision support tool supplying information on the environmental effects of products. [...]. This information*

*can be used by governments and by companies as well as by NGOs and individual consumers when making decisions related to products [...].”*⁴⁶ (UNEP, 1996).

Il risultato più importante dell’impegno della comunità scientifica e di suddetti enti è la pubblicazione, nel 1998, delle norme tecniche della serie ISO 14040, che costituiscono un quadro di riferimento per la definizione e l’applicazione della metodologia LCA riconosciuto e accettato al livello internazionale.

3.3 Quadro normativo di riferimento

3.3.1 Norme tecniche della serie ISO 14040

LCA è il risultato di un rilevante processo di consenso internazionale, a partire dallo stimolo scientifico della SETAC nei primi anni ’90, guidato dalla necessità di uniformare i metodi di valutazione ambientale e rendere confrontabili tra loro risultati ottenuti da studi sui medesimi prodotti. La standardizzazione è stata il maggior driver del successo della LCA, favorendo l’accettazione e la diffusione della metodologia su scala globale. E come vedremo nei successivi paragrafi, attualmente le applicazioni della metodologia vanno oltre lo standard delle norme ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006 che trattano di LCA (Masoni, 2016).

Gli standard ISO 14040 e ISO 14044 sono parte della serie UNI EN ISO 14000, che detta le regole per la gestione ambientale valide al livello internazionale. Queste norme sono frutto del lavoro portato avanti dal Comitato Tecnico ISO 207, dal 1993 e composto da sei sottocommissioni (o Gruppi di lavoro – GdL), tra cui il GdL che ha elaborato lo standard LCA. Le norme UNI EN ISO 14000 sono state approvate e recepite al livello europeo dal CEN (Comitato Europeo di Normazione) e a livello nazionale dall’UNI (Enti Italiano di Unificazione). Sono inoltre suddivisibili in due

⁴⁶ Citazione da *Life Cycle Assessment: What it is and how to do it*. State of art review on LCA application. (UNEP, 1996).

sezioni: la prima parte è relativa ai sistemi di gestione ambientale, la seconda tratta la gestione ambientale di prodotto; si esclude soltanto la ISO 14050 che definisce in maniera trasversale la terminologia utilizzata in tutta la serie. Le ISO 14040 e 14044 si inseriscono nella seconda sezione, in quanto descrittive di come realizzare uno studio LCA completo e consistente per qualsiasi tipologia di prodotto.

L'LCA e l'approccio al ciclo di vita sono alla base dei sistemi di comunicazione ambientale regolamentati dalla serie ISO 14020, che stabilisce linee guida e principi per l'etichettatura e le dichiarazioni ambientali volontarie. Sono anch'esse parte della sezione II della serie ISO 14000. Infine, per completare il quadro generale in materia di gestione ambientale, vale la pena di citare la norma ISO 14001, che contiene i requisiti di un Sistema di Gestione Ambientale (SGA) ai fini della certificazione ISO.

Le norme ISO sono redatte con lo scopo di poter essere applicate universalmente, indipendentemente dal tipo e dalle dimensioni delle organizzazioni, e dai contesti socio-culturali e geografici. Non dettano regole assolute in materia di gestione ambientale, ma garantiscono, attraverso le politiche di settore, l'impegno a operare conformemente alle leggi e perseguendo il miglioramento continuo.

Nel tempo le norme della serie ISO 14000, comprese quelle inerenti il metodo LCA, sono state soggette a diverse revisioni. La prima versione delle norme relative all'LCA è datata 1997, fino ad arrivare alle versioni del 2006 (Figura 3.4 – Fonte: Corso LCA – S. Scalbi) – gli ultimi aggiornamenti sono dell'anno corrente 2016. Da allora la norma ISO 14044 sostituisce le precedenti versioni 14041, 14042, 14043 (Scalbi, 2016).

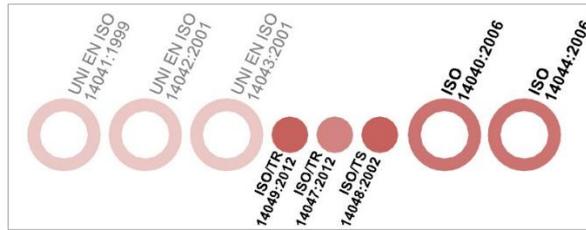


Figura 3.4 Aggiornamenti delle norme della serie ISO 14040 (Scalbi, 2016).

Attualmente il quadro di riferimento normativo per l'applicazione del metodo LCA è regolamentato dalle seguenti norme della serie ISO 14040:

- *UNI EN ISO 14040:2006* “Gestione ambientale – Valutazione del ciclo di vita – Principi e quadro di riferimento”: descrive i principi per la valutazione del ciclo di vita, definisce la struttura e gli elementi fondanti dell’LCA; è destinata ad una vasta gamma di stakeholder, anche con una conoscenza limitata della metodologia (ISO, UNI EN ISO 14040:2006, 2006);
- *UNI EN ISO 14044:2006* “Gestione ambientale – Valutazione del ciclo di vita – Requisiti e linee guida”: di carattere operativo, contiene le linee guida pratiche per l'applicazione del metodo LCA; stabilisce i requisiti per lo svolgimento di tutte le fasi di uno studio LCA completo e consistente (ISO, UNI EN ISO 14044:2006, 2006) .

Inoltre, al fine di fornire un ulteriore supporto all’esecuzione di uno studio LCA, sono disponibili i rapporti tecnici e le specifiche tecniche di seguito elencati:

- *ISO / TR 14047:2012* “Environmental management – Life cycle impact assessment - Illustrative examples on how to apply ISO 14044 to impact assessment situations (ISO, ISO/TR 14047:2012, 2012);

- *ISO/TR 14049: 2012* “Environmental management – Life cycle assessment – Examples of application of ISO 14044 to goal and scope definition and inventory analysis” (ISO, UNI EN ISO 14049:2012, 2012);
- *ISO/TS 14048:2002* “Environmental management – Life cycle assessment – Data documentation format”: fornisce i requisiti e la struttura relativa al formato da utilizzare per la documentazione dei dati, lo scambio di questi durante la fase di inventario e durante la valutazione del ciclo di vita stesso, nonché le modalità con cui elaborare report trasparenti e privi di ambiguità (ISO, UNI EN ISO 14048:2002, 2002).

3.3.2 *Principi delle norme tecniche ISO 14040*

Di seguito si riportano i principi fondamentali enunciati nella norma ISO 14040, da adottare in sede di esecuzione di uno studio LCA:

- *Prospettiva del “ciclo di vita”*: uno studio LCA guardare all’intero ciclo di vita di un sistema prodotto, dalla progettazione al fine vita. L’approccio dalla culla alla tomba consente di evitare lo spostamento di problematiche da uno stadio all’altro della filiera o tra cicli di vita differenti;
- *Focus sugli aspetti ambientali*: ...e sugli impatti potenziali che un sistema prodotto può generare; di solito non si considerano aspetti sociali ed economici;
- *Approccio basato sull’unità funzionale*: l’attenzione non è posta sull’oggetto/prodotto ma sulla funzione svolta dal sistema prodotto e tutti i flussi sono rapportati all’unità funzionale nell’analisi;
- *Approccio iterativo*: i risultati ottenuti in una fase dell’analisi LCA sono input per tutte le altre fasi; i risultati vengono di conseguenza validati o meno, così come i metodi e strumenti che hanno portato a essi favorendo la completezza

e il raggiungimento di un risultato consistente e coerente con gli obiettivi dello studio;

- *Trasparenza*: data l'intrinseca complessità della metodologia, la trasparenza è requisito primario per garantire una corretta ed appropriata interpretazione dei dati e dei risultati;
- *Completezza*: includere tutti gli elementi relativi all'ambiente naturale, alla salute umana e alle risorse consente di individuare e caratterizzare i flussi di interscambio;
- *Priorità dell'approccio scientifico*: ogni decisione deve basarsi su considerazioni scientifiche, preferibilmente sulle scienze naturali; qualora non sia possibile, è consentito l'uso delle scienze sociali e/o economiche, o di altri approcci non scientifici (valori ed esperienza), solo se consistente ed appropriato.

3.3.3 *Normativa versus evoluzione metodologica*

In una realtà socio-economica dinamica, caratterizzata da una competitività molto elevata, ma anche dalla consapevolezza e dalla conoscenza crescenti di cittadini e consumatori verso i temi dell'ambiente e della salute, l'attenzione per gli aspetti ambientali è diventata un elemento di differenziazione e un discreto fattore di successo e riconoscimento.

In questo contesto, la metodologia si sta rapidamente evolvendo in 4 principali direzioni (Scalbi, 2016), sotto la spinta di numerose iniziative nazionali/europee/globali (Figura 3.5):

- Affinamento dei metodi e dei modelli impiegati
- Allargamento del basket di indicatori
- Allargamento del campo d'applicazione

- ‘Forme speciali’ di LCA: carbon footprint, water footprint, eco-efficiency.

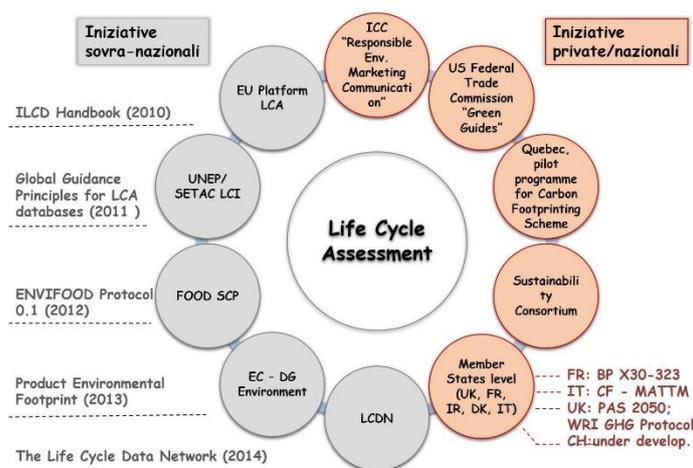


Figura 3.5 Iniziative di sviluppo e armonizzazione della metodologia LCA (Scalbi, 2016).

Da un lato possiamo infatti osservare numerosi esempi di politiche europee e nazionali che adottano l’approccio LCT (Masoni, 2016)– Direttiva RoHs 2002/95/CE, Direttiva RAEE, Direttiva quadro sui rifiuti (2008/98/CE), Circular Economy Action Plan (COM(2015) 614 final), Legge 221 del 2015 “collegato ambientale”⁴⁷, Legge 50 del 2016 (codice appalti – Life Cycle Costing richiesto) - dall’altro lato lo sforzo di enti scientifici, governativi e non, e di gruppi di imprese per lo sviluppo di approcci/metodi LCT/LCA innovativi e settoriali quali Product Environmental Footprint (PEF), Organization Environmental Footprint (OEF) ecc (Scalbi, 2016).

La standardizzazione da sola non basta: occorre tener conto delle specificità dei diversi settori/gruppi di prodotto. Occorre:

- armonizzazione settoriale per poter garantire al sistema delle imprese e ai decisori in ambito pubblico metodi robusti per incrementare la confrontabilità degli studi ed evitare distorsioni del mercato;

⁴⁷ obbligatorietà di adozione dell’approccio LCT per settore del Green Public Procurement (LCA usata per la definizione dei criteri); schema volontario per il “Made Green in Italy” basato su PEF (Masoni, 2016).

- armonizzazione per garantire una comunicazione che rispetti i requisiti di etichettatura della serie ISO 14020.

Inoltre, è bene ricordare che l’LCA non nasce come strumento “one size fits all”: esistono metodi diversi a seconda del problema analizzato.

Per lo studio in esame, nella scelta degli indicatori di impatto, si fa riferimento anche alla Product Environmental Footprint (PEF), una delle recenti “iniziative LCA”, che promuove lo sviluppo di Product Footprint Category Rules, in analogia con le PCR del sistema EPD (Scalbi, 2016).

ILCD Handbook

Tra le iniziative europee sopracitate si annovera la European Platform on Life Cycle Assessment, un progetto nato nel 2005, coordinato e supportato da IES-JRC (Institute for Environmental and Sustainability- Joint Research Center), in collaborazione con il Dipartimento Generale Ambiente (Environmental Directorate General - EDG).

Gli obiettivi del progetto sono:

- l’aggiornamento e lo sviluppo di inventari/database standardizzati per la metodologia LCA, grazie al contributo di varie associazioni europee, che si occupano di materiali, fonti di energia, del trasporto e della gestione dei rifiuti, con particolare attenzione alla qualità, consistenza ed applicabilità dei dati;
- l’elaborazione di un manuale costruito sulle norme internazionali ISO che possa fare da guida tecnica esauriente per l’applicazione del metodo;
- l’istituzione di un centro di informazioni sull’LCA, dove siano fruibili i dati di riferimento, il manuale, l’indice completo degli strumenti e il database sull’LCA.

Rispetto al punto due, nel 2010 viene infatti pubblicato l’ILCD Handbook (International Reference Life Cycle Data System Handbook), contenenti linee guide

tecniche e dettagliate per la conduzione di studi LCA coerenti, robusti e affidabili. Il manuale comprende un set di più documenti che trattano parti specifiche della metodologia Life Cycle Assessment⁴⁸ (EuropeanCommission-JRC-IES, European Platform on LCA, s.d.)).

3.4 Struttura di uno studio LCA

Prima di procedere è opportuno riprendere alcuni concetti chiave e introdurne di altri nuovi, di utilità per una buona comprensione del metodo.

In primis, riportiamo ancora una volta la definizione di LCA contenuta nella norma ISO 14040. LCA è “*compilazione e valutazione attraverso tutto il ciclo di vita dei flussi in entrata e in uscita, nonché dei potenziali impatti ambientali, di un sistema di prodotto*” (traduzione del testo originale, tratto da (ISO, UNI EN ISO 14040:2006, 2006).

Per una maggiore chiarezza, si introduce il significato dei termini “potenziale” e “sistema prodotto” contenuti nella definizione, che verranno poi ripresi nella sezione 3.4.1.

Potenziale: l’LCA non calcola gli impatti effettivi, bensì stima gli effetti del ciclo di vita attraverso l’elaborazione e l’utilizzo di modelli scientifici⁴⁹ (matematica e non).

Sistema prodotto (o di prodotti): la norma ISO 14040 ne parla come “*l’insieme elementare di unità di processo connesse tra loro per quanto riguarda materia e energia, che perseguono una o più funzioni definite*” (ISO, UNI EN ISO 14040:2006, 2006). È allora logico affermare che, più che descrivere un prodotto, una LCA descrive

⁴⁸ Vedi anche EU Platform on LCA: http://eplca.jrc.ec.europa.eu/?page_id=1159

⁴⁹ Modello scientifico, l’insieme delle relazioni che rende possibile la descrizione (rappresentazione) di un particolare fenomeno e/o sistema, relativamente ai campi più vari, dalla fisica all’economia, alle scienze sociali (Fonte: Wikipedia).

il sistema che lo genera o, in altre parole, la funzione del sistema stesso, valutando le interazioni che stabilisce con altri sistemi, tra cui l' Ambiente. Suddetti modelli servono pertanto a descrivere:

- A) Tecnosfera (modello tecnologico): ovvero l'insieme delle relazioni tecnologiche interne al sistema indagato e quelle tra sistema in esame e altri sistemi tecnologici;
- B) Ecosfera (modelli ambientali): i meccanismi ambientali determinati dall'interazione tra A e B (dualismo della metodologia - (Masoni, 2016)).

Proseguendo, una definizione alternativa di “sistema prodotto” è fornita nell'ILCD Handbook: *“Any good, service, event, basket-of-products, average consumption of a citizen, or similar object that is analysed in the context of the LCA study.”* (EuropeanCommission-JRC-EIS, 2010). Questa accezione è più appropriata se, per esempio, l'indagine LCA ha il fine di comparare due sistemi di gestione dei rifiuti solidi urbani.

Poiché lo studio in esame ha come oggetto la valutazione del ciclo di vita di un prodotto, si terrà conto della definizione di “sistema prodotto” così come descritto più avanti, riferendosi alla norma ISO 14040 (paragrafo 4.4).

Uno dei primi framework per le indagini LCA viene elaborato, ancora una volta, dalla SETAC nel 1993. Il modello prevede allora tre fasi (Figura 3.6):



Figura 3.6 LCA framework (elaborazione personale da: (SETAC, 1993)).

- Inventario, la fase di raccolta di tutti i dati e le informazioni utili e di elaborazione costruito del modello concettuale del sistema indagato;
- Interpretazione, la fase in cui i dati ambientali sono correlati a una o più categorie di impatto ambientale;
- Perfezionamento, la fase in cui vengono effettuate simulazioni per testare i miglioramenti del sistema indagato (Baldo & alii, 2005).

Con la pubblicazione delle norme ISO 14040 e ISO 14044, il modello di analisi LCA viene ampliato e suddiviso in 4 distinte fasi (Figura 3.7):

1. Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione (Goal and Scope Definition);
2. Analisi dell'Inventario (Life Cycle Inventory Analysis – LCI);
3. Valutazione degli impatti del ciclo di vita (Life Cycle Impact Assessment – LCIA);
4. Interpretazione del ciclo di vita (Life Cycle Interpretation).

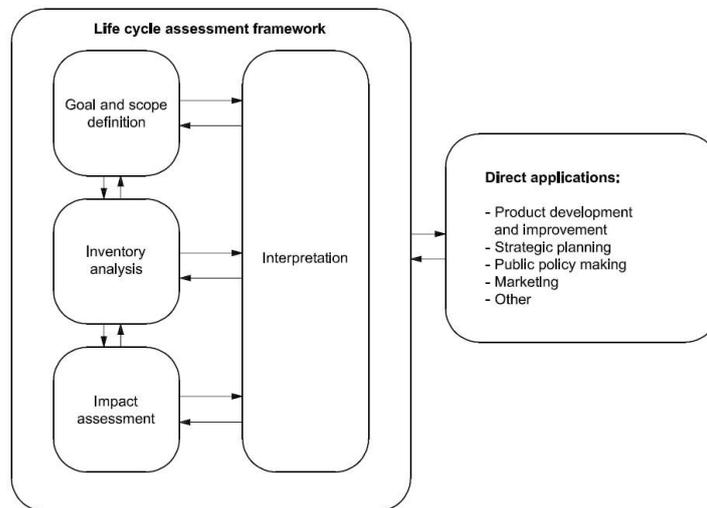


Figura 3.7 Life Cycle Assessment framework (ISO, UNI EN ISO 14040:2006, 2006).

La rilevanza della tecnica risiede nel valutare tutte le fasi di una filiera come correlate e interdipendenti, secondo un approccio scientifico e iterativo fino a giungere a:

- costruire un inventario di input e output;
- fare una valutazione qualitativa e quantitativa di tali input e output;
- identificare gli aspetti più significativi del sistema per quanto riguarda l'oggetto dello studio.

Nel condurre uno studio LCA, devono essere rispettati e applicati tutti i requisiti della norma tecnica ISO 14044:2006.

3.4.1 Fase 1: Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione

La fase più importante di uno studio LCA è certamente la definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione. Un errore in questa fase preliminare può infatti compromettere l'intera indagine rendendola inconcludente.

Nello specifico, la norma UNI EN ISO 14044:2006 afferma che: "l'obiettivo e il campo di applicazione devono essere definiti chiaramente e devono essere coerenti con l'applicazione prevista. A causa della natura iterativa dell'LCA, è possibile che il campo di applicazione debba essere corretto nel corso dello studio."

L'*obiettivo* deve definire l'applicazione prevista, le motivazioni che hanno portato a realizzare lo studio, il tipo di pubblico a cui è destinato, ovvero le persone alle quali si intendono comunicare i dati dello studio, se i risultati sono destinati ad essere usati per effettuare asserzioni comparative destinate alla divulgazione al pubblico;

Il *campo di applicazione* definisce cosa studiare, assicurando che l'ampiezza, la profondità e il dettaglio dello studio siano compatibili con l'obiettivo stabilito e sufficienti per conseguirlo. Deve fornire chiaramente le seguenti informazioni sul sistema indagato:

- sistema prodotto da studiare;

- descrizione della funzione del sistema, o dei sistemi nel caso di studi comparativi;
- unità funzionale;
- confini del sistema, flussi, cut-off criteria;
- procedure di allocazione;
- identificazione delle categorie di impatto utilizzate nella fase LCIA (Life Cycle Impact Assessment) e dei metodi applicati in questa fase, compresi anche la normalizzazione e la pesatura;
- qualità dei dati per la fase LCI, come rappresentatività in termini geografici e temporali;
- assunzioni e limitazioni;
- requisiti iniziali di qualità dei dati;
- tipo di revisione critica, se prevista;
- tipo e formato di report richiesto.

Il *sistema prodotto* (o semplicemente sistema), deve restituire una modellazione esaustiva, coerente con il campo di applicazione, del ciclo di vita del prodotto analizzato. È utile la costruzione di un modello tecnologico rappresentativo.

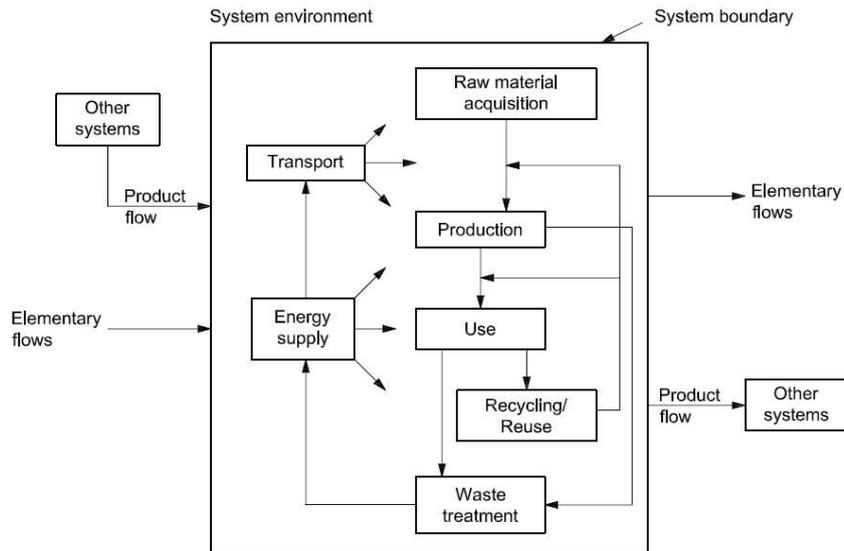


Figura 3.8 Esempio di sistema prodotto (ISO, UNI EN ISO 14040:2006, 2006).

Il sistema prodotto è costituito “dall’insieme elementare di *unità di processo (UP)*, connesse tra loro e con l’ambiente mediante flussi quantificabili di materia ed energia, che perseguono una o più funzioni definite”. Ogni UP rappresenta un’attività svolta all’interno del sistema e genera output. Gli scambi fisici (flussi di input e output) possono essere materiali, componenti, prodotti, energia. Alcuni input, come i materiali ausiliari, vengono utilizzati completamente all’interno di un processo; non compaiono negli output di una UP, nemmeno trasformati.

La *funzione* (o le funzioni) esprime le prestazioni caratteristiche del sistema prodotto, o dei sistemi nel caso di studi comparativi (ISO, UNI EN ISO 14040:2006, 2006). È proprietà essenziale del modello.

L’*unità funzionale (UF)* quantifica la performance del sistema. È l’unità di riferimento del sistema, cui devono essere riferiti tutti gli input/output calcolati. È sempre misurabile; l’unità di misura deve rimanere costante durante tutte le fasi dell’analisi. La minima quantità di prodotto necessaria per soddisfare la/le funzione/i svolta/e dal

sistema stesso è detta *flusso di riferimento*. Unità funzionale e flusso di riferimento possono coincidere, ma concettualmente e nella pratica non sono la stessa cosa. Per maggiore chiarezza si riporta un esempio:

- Unità funzionale: numero di penne necessarie per scrivere per 1 km;
- Flusso di riferimento associato all'UF: 1,5 penne.

Quando se effettuano studi comparativi, l'UF dei sistemi posti a confronto deve essere la medesima.

Infine, un buon criterio da adottare per definire correttamente l'unità funzionale è seguire lo "schema delle 4-questions": Cosa? Quanto? Come? Per quanto tempo? (What, How much, How well, How long - (Scalbi, 2016).

I *confini del sistema* stabiliscono quali unità di processo (UP) sono da includere nello studio. Il livello di dettaglio richiesto per soddisfare obiettivo e scopo dell'LCA, le assunzioni iniziali, le limitazioni, i criteri di esclusione, i vincoli informativi (disponibilità e qualità dei dati) ed economici (costi dello studio), il pubblico destinatario dei risultati, sono fattori discriminanti nella scelta dei confini.

Questi possono essere di differenti tipi:

- "cradle to grave" (dalla culla alla tomba), è il ciclo di vita completo, dall'estrazione delle materie prime attraverso l'uso del prodotto fino allo smaltimento (o recupero/riciclo) finale; vanno di norma inclusi:
 - acquisizione delle materie prime;
 - ingressi e uscite della sequenza di produzione/trasformazione principale;
 - distribuzione/trasporto;
 - produzione e uso di combustibili, energia elettrica e calore;
 - uso e manutenzione dei prodotti;

- smaltimento dei rifiuti e dei prodotti di processo;
- recupero dei prodotti usati (tra cui il riutilizzo, il riciclaggio e il recupero di energia);
- produzione di materiali ausiliari;
- fabbricazione, manutenzione e dismissione di beni strumentali;
- operazioni aggiuntive, come l'illuminazione e riscaldamento ecc;
- “cradle to gate” (dalla culla al cancello), comprende le fasi dall'estrazione delle materie prime fino alla produzione (bene/servizio pronto al consumo), senza considerare l'utilizzo, il fine vita e i relativi trasporti e rilasci nell'ambiente;
- “gate to gate” (dal cancello al cancello), considera unicamente la fase di produzione, escludendo i rilasci nell'ambiente;
- “gate to grave” (dal cancello alla tomba), sono comprese soltanto l'utilizzo del prodotto e il fine vita (fasi di smaltimento/recupero/riciclo).

Le ultime tre tipologie di “system boundary” definiscono Life Cycle Assessment parziali.

I *flussi*, ovvero gli input e output associati a un processo o sistema prodotto, sono altri elementi essenziali da definire con cura nell'ambito di uno studio LCA (Figura 3.9).

All'interno della tecnosfera⁵⁰ gli scambi sono regolati dalle relazioni di mercato e sono denominati *flussi tecnologici*⁵¹. Se avvengono tra la tecnosfera (A) e l'ambiente (B) sono detti *flussi elementari*: “*materia o energia che entra nel sistema, prelevato dall'ambiente senza alcuna preventiva trasformazione operata dall'uomo, oppure materia o energia che esce dal sistema studiato, scaricato nell'ambiente senza alcuna*”

⁵⁰ Si veda la descrizione data nel paragrafo 3.4.

⁵¹ I flussi tecnologici si distinguono in a) flussi di prodotti intermedi (tra unità di processo del medesimo sistema); b) flussi di prodotti (tra sistemi tecnologici diversi).

ulteriore trasformazione operata dall'uomo"⁵². Solamente questi ultimi sono rilevanti ai fini della valutazione degli impatti del ciclo di vita. I flussi elementari includono: uso delle risorse ed emissioni, uso dell'acqua e del suolo associati con le attività del sistema. Un altro tipo di flusso considerato spesso a sé sono i *flussi di rifiuti* (waste flow) da o verso un processo/sistema (EuropeanCommission-JRC-EIS, 2010).

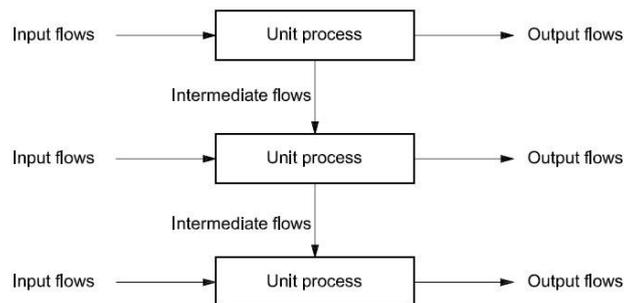


Figura 3.9 Esempio di diagramma di flusso (ISO, UNI EN ISO 14040:2006, 2006).

Per individuare e stimare gli impatti correlati ai flussi elementari si utilizzano modelli ambientali. Questa parte sarà tratta nelle sezioni successive. Inoltre, la rilevanza ambientale di un flusso è dato da alcuni fattori quali ad esempio: l'uso di elettricità e materiali da risorse non rinnovabili, la quantità di materiali ed energia utilizzati, l'uso di sostanze (potenzialmente) pericolose, l'uso di materiali essenziali ai processi globali ma disponibili in scarse quantità.

Talvolta non è possibile o rilevante includere tutti gli input/output facenti parte del sistema indagato. Per questa ragione, vanno definiti chiaramente anche i *criteri di esclusione (cut-off criteria)*. Per la ISO 14040, i cut-off criteria specificano la “*quantità di materiale o energia (flussi), il livello di rilevanza ambientale associati con le unità di processo o il sistema prodotto che possono essere esclusi dall'analisi LCA*”⁵³. La

⁵² Tratto da ISO 14040:2006, definizione 3.12.

⁵³ Tratto da ISO 14040:2006, definizione 3.18.

scelta dei criteri deve essere argomentata, di modo che si possa comprendere il metro di elaborazione prescelto: esclusione in base al contributo percentuale in massa o energia sul totale degli input/output materiali/energetici del sistema; cut-off determinato dal livello di rilevanza ambientale.

L'*allocazione* si applica nel caso di sistemi e/o processi multi-output. Consiste nel procedimento di ripartizione degli input/output di un processo unitario o di un sistema prodotto tra il sistema indagato e altri sistemi tecnologici⁵⁴.

Si prende come esempio la filiera del latte da cui si producono sia latte per il consumo, formaggi, burro ecc. Si tratta di un sistema multi funzionale, multi-prodotti. Se l'LCA riguarda la valutazione del ciclo di vita del formaggio X, è chiaro che andrà deciso come attribuire quantitativamente e proporzionalmente i flussi di input/output alle diverse lavorazioni e prodotti finali.

Durante la fase 1 di una LCA sono da definire anche le *categorie di impatto*, i *metodi di LCIA* e di *interpretazione* che si vorranno selezionare e applicare. Di solito per la scelta delle categorie di impatto e dei relativi metodi si usano le guideline di settore/prodotto, se disponibili (un esempio sono la PEF⁵⁵ e le PCR⁵⁶).

È importante specificare i *requisiti di qualità dei dati* richiesti per raggiungere un grado di accuratezza in linea con le finalità dello studio e con il tipo di pubblico cui verranno presentati i risultati. La qualità dei dati deve essere tale da garantire le seguenti informazioni:

- la *copertura temporale*, mediante la definizione dell'età desiderata dei dati (ad esempio gli ultimi cinque anni) e del tempo necessario per la loro raccolta;

⁵⁴ Si veda la norma ISO 14040:2006, definizione 3.17.

⁵⁵ PEF: Product Environmental Footprint; Raccomandazione 2013/179/UE.

⁵⁶ Product Category Rules (regole di categoria di prodotto) così come definite dalla norma ISO 14025:2006.

- la *copertura geografica*, nella quale si definisce l'area spaziale all'interno della quale i dati devono essere raccolti (ad esempio locale o regionale);
- la *copertura tecnologica*, specificando quali tecnologie dovranno essere applicate (ad esempio la migliore disponibile);
- la *precisione*, che misura la variabilità dei valori per ogni categoria;
- la completezza, ovvero la percentuale del flusso misurata o stimata;
- la *rappresentatività*, cioè una definizione qualitativa riguardo alla rappresentatività dei dati utilizzati rispetto ai valori reali;
- la *coerenza*, cioè quanto uniformemente risulta applicata la metodologia di studio ai vari componenti dell'analisi;
- la *riproducibilità* cioè una valutazione qualitativa sul grado di riproduzione dei risultati;
- le *fonti* dei dati;
- l'*incertezza* dell'informazione, come ad esempio i dati, i modelli utilizzati e le ipotesi effettuate.

Le *assunzioni* rappresentano le ipotesi iniziali che lo studio LCA si propone di verificare.

Le *limitazioni* derivano dal fatto che la modellazione di una realtà complessa risulta intrinsecamente incompleta e approssimativa. Non esistono modelli in grado di riprodurre con esattezza un fenomeno reale. Le limitazioni possono essere:

- funzionali e sono esplicitati lo sviluppo e l'ampiezza del processo esaminato;
- temporali, ovvero prevedendo l'elaborazione e la simulazione di più possibili scenari ambientali futuri; questo perché emissioni e inquinanti subiscono trasformazioni nel tempo e nelle varie matrici ambientali recettrici;

- territoriale, cioè stabilire il raggio di influenza delle attività nei confronti dei recettori (sfera biotica e abiotica⁵⁷).

La *revisione critica*, da effettuarsi da parte di un terzo che non partecipa all'analisi, è sempre consigliata, ma obbligatoria solo nei casi di studi comparativi. Ha l'obiettivo di esaminare se l'indagine è stata condotta secondo gli standard internazionali.

Infine, si tende a scegliere formato e tipo di rapporto finale (o report) a seconda del pubblico cui sono destinati i risultati.

3.4.2 Fase 2: Analisi dell'Inventario

La Life Cycle Inventory (LCI) “comprende la raccolta dei dati e i procedimenti di calcolo per la quantificazione dei flussi in entrata e in uscita di un sistema prodotto⁵⁸”.

Lo scopo della LCI è computare le risorse impiegate e stimare i rilasci relativi al ciclo di vita dell'unità funzionale. Si tratta di effettuare il bilancio ambientale del ciclo di vita del sistema prodotto studiato. Il risultato finale della LCI è l'*Ecoprofilo*⁵⁹. Il processo analitico è iterativo: ad ogni step si verificano e aggiornano i dati e il modello finora elaborato. Questo significa che è possibile che venga revisionata anche la fase 1 di Goal and Scope Definition. I risultati ottenuti da questa fase costituiscono la base informativa per lo stadio di Valutazione degli impatti (LCIA). (Cellura, 2016).

Lo schema in Figura 3.10 riporta la procedura semplificata da seguire per condurre l'analisi d'inventario secondo quanto stabilito dalla norma UNI EN ISO 14044:2006.

⁵⁷ L'ecosfera (ambiente) nei suoi elementi viventi e non viventi.

⁵⁸ Tratto da ISO 14040:2006, paragrafo 5.3.1.

⁵⁹ Esprime le prestazioni ambientali di un prodotto/sistema di prodotti o sistema (Cellura, 2016).

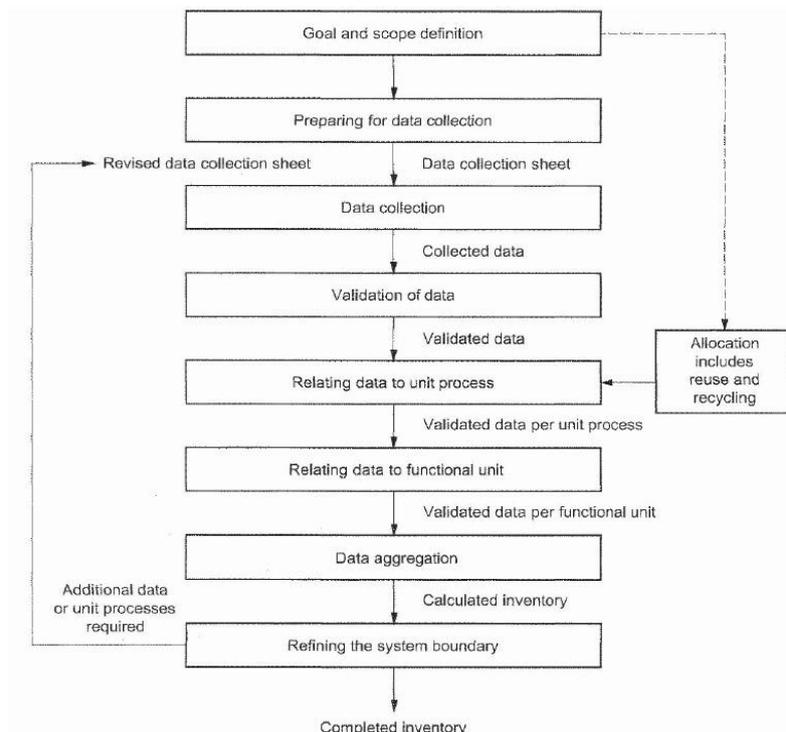


Figura 3.10 Procedura semplificata di Analisi d'inventario (LCI) (ISO, UNI EN ISO 14044:2006, 2006).

Prima di raccogliere i dati si deve implementare un *diagramma di flusso (flow chart)* che fornisca un modello quanto più dettagliato possibile di tutte le unità di processo del sistema, e dei relativi flussi in ingresso e uscita, tecnologici ed elementari. Inoltre, si costruiscono un elenco di tutte le categorie di dati associate a flussi e UP, e una lista delle unità di misura che caratterizzano tali categorie. Infine, si descrive sempre le tecniche di raccolta dati e di calcolo che verranno impiegate e le eventuali anomalie riscontrate.

La raccolta data ha lo scopo di creare il database informativo per il calcolo del bilancio ambientale e l'elaborazione dell'ecoprofilo. I dati sono classificabili come segue:

- *qualitativi o quantitativi;*
- *primari:* raccolti direttamente sui siti di produzione (on-site presso le aziende);

- *secondari*: presi da letteratura o da banche dati specifiche; in questo caso va sempre riportata la fonte nonché gli studi precedenti;
- *terziari*: ricavati da stime, coefficienti tecnici; test sperimentali, statistiche ambientali ecc. e deve essere indicato il metodo di calcolo (Raggi, 2016).

L'elaborazione dei dati rilevati prevede:

- la convalida: tramite bilanci di massa e di energia, controlli incrociati ecc.;
- che i dati siano rapportati alle singole unità di processo, per le quali viene individuato un flusso di riferimento specifico dell'UP;
- la normalizzazione dei dati; il calcolo va eseguito rispetto al flusso di riferimento di sistema, alla fine i dati devono essere rapportati all'unità funzione di sistema;
- l'aggregazione per categoria.

I requisiti di qualità dei dati, enunciati nel paragrafo 3.4.1, vanno verificati durante e al termine del procedimento LCI. Per il controllo dei dati e della loro rilevanza (inclusione/esclusione) possono essere applicate diverse tecniche quali l'analisi di sensibilità, l'analisi di incertezza, l'utilizzo della Pedigree Matrix (Weidema, 1996 – fonte: (Raggi, 2016)), o altri metodi suggeriti nella norma ISO 14044:2006.

In questa fase si applicano i cut-off criteria. Di conseguenza, è spesso necessario un affinamento/redesign dei confini del sistema e/o altri elementi del modello preliminare elaborati in partenza.

Se il sistema o alcuni processi elementari sono multi-output (vedi esempio paragrafo 3.4.1) o comprendono “sistemi di riciclo”, può essere necessario dover attuare l'allocazione dei flussi. In questo caso bisogna definire i processi soggetti all'allocazione, garantire il bilancio di materie ed energia prima e dopo la procedura, stabilire la metodologia e motivarne la scelta se sono possibili più alternative.

Quando possibile, l'allocazione è da evitare agendo sui confini del sistema. Si attua una suddivisione (esclusione di elementi) o una espansione (inclusione) del modello. Se inevitabile, l'allocazione segue principi definiti: può essere fatta su base massica (tenendo conto delle trasformazioni fisiche di materia ed energia), economica (fondata sul valore dei co-prodotti, prodotti, sotto-prodotti), attributiva (condizione statica), consequenziale (condizione dinamica).

Va posta particolare attenzione nell'uso dell'allocazione quando il sistema contempla processi a ciclo chiuso o a ciclo aperto (closed-open-loop) di riutilizzo, riciclo e recupero di materia ed energia. Questo è il caso del sistema che andremo ad esaminare nel capitolo 4. Gli input/output possono essere infatti in condivisione tra due o più sistemi e/o le loro proprietà cambiare da uno stadio all'altro. In presenza di cicli in cui il materiale è riciclato in altri sistemi e subisce modifiche delle proprietà, l'allocazione viene applicata secondo i suddetti criteri e in base al numero dei successivi utilizzi del materiale riciclato (Longo, 2016).

3.4.3 Fase 3: Valutazione degli impatti

La Life Cycle Impact Assessment (LCIA) ha lo scopo di “comprendere e valutare la rilevanza dei potenziali impatti generati dal sistema, utilizzando i risultati dell'analisi di inventario” (ISO, UNI EN ISO 14040:2006, 2006). Il processo di valutazione consiste nell'associare i dati d'inventario a specifiche categorie di impatto ambientale ed ottenere degli indicatori numerici che rappresentino una stima quantitativa delle ricadute ambientali associate ai rilasci e consumi di risorse del sistema prodotto. In altre parole, la LCIA mira a trasformare i risultati ottenuti nella fase LCI in indicatori di più facile lettura e comprensione. LCIA restituisce i danni potenziali, non gli effetti reali sui recettori (aree di protezione- AdP) - salute umana, ambiente naturale, risorse naturali- che si vogliono salvaguardare. Per questa fase di analisi si utilizzano modelli

ambientali in grado di modellare i meccanismi generati dall'interazione tra tecnosfera ed ecosfera⁶⁰. I modelli ambientali si basano su catene causa-effetto (es. modello DPISR⁶¹).

In Figura 3.11 sono riportati gli elementi della procedura LCIA.

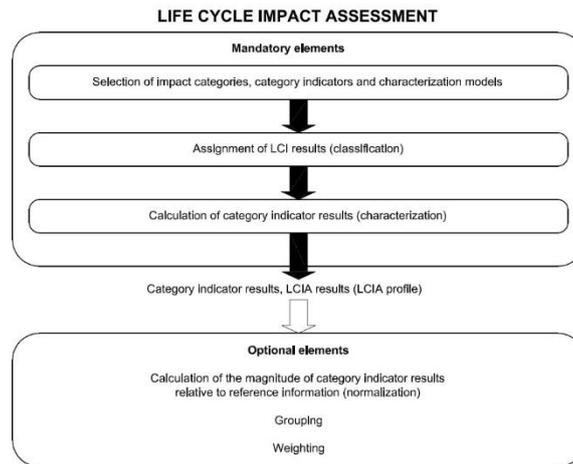


Figura 3.11 Fasi della Valutazione degli impatti ambientali generati dal sistema (ISO, UNI EN ISO 14040:2006, 2006).

Ai sensi della norma UNI EN ISO 14040:2006, sono obbligatorie solo le fasi di classificazione e caratterizzazione. Non è possibile valutare tutti gli aspetti ambientali correlati alle prestazioni del sistema indagato che, spesso, possono avere effetti neutri (o positivi) in relazione ad alcuni comparti ambientali ma negativi su altri. Pertanto, è importante scegliere accuratamente le categorie rilevanti e coerenti con le finalità dello studio LCA, dunque i metodi più appropriati per la caratterizzazione (calcolo degli indicatori di impatto).

Classificazione: consiste nel definire le categorie di impatto rilevanti per il sistema studiato e nell'associarvi i dati di inventario relativi al consumo di materie prime e alle

⁶⁰ Si veda il paragrafo § 3.4

⁶¹ DPISR: Driving forces, Pressures, Impacts, State, Reactions. (Smeets E. & Weterings R., 1999)

emissioni inquinanti. Una stessa sostanza ottenuta nell'ecoprofilo dell'inventario può contribuire a diversi carichi ambientali, quindi essere assegnata a più categorie di impatto (vedi caratterizzazione). Esistono fino a 18 categorie di impatto che differiscono per la natura degli effetti provocati sull'ambiente, per il target di azione e per la scala spaziale di influenza:

- impatti *globali*, interessano tutto il pianeta;
- impatti *regionali*, interessano una vasta area (qualche migliaio di km) intorno alla sorgente d'impatto;
- impatti *locali*, investono le aree prossime (decine-centinaia di km) al/i punto/i di rilascio e/o emissione.

Si elencano le categorie più comuni, con riferimento al loro raggio di azione:

Scala	Categoria-Effetto
Globale	Effetto Serra (Global Warming Potential) Riduzione strato ozono (ODP)
Regionale	Impoverimento risorse rinnovabili e non Acidificazione, Eutrofizzazione Smog fotochimico, Ecotossicità
Locale	Tossicità per l'uomo, Uso del suolo, uso dell'acqua

In accordo con la ISO 14044, la valutazione si può effettuare a diversi livelli, in un qualunque punto/meccanismo lungo la catena causa-effetto che “connette” i flussi elementari (dati inventario) alle aree di protezione (target recettori). Sulla base di questo criterio si distinguono:

Midpoints categories: valutano impatti che si trovano “a metà strada” tra sorgente di rilascio e recettore; l'indicatore di categoria rispecchia un fenomeno ambientale, un potenziale cambiamento nello status dell'ecosfera, ma non quantifica i danni sulle aree

di protezione; rientrano in questa tipologia le categorie: GWP, ODP, Acidificazione, Eutrofizzazione ecc.

Endpoints categories: valutano gli effetti dei carichi ambientali al termine della catena causa-effetto, in corrispondenza delle aree di protezione; l'indicatore quantifica il danno reale provocato all'ambiente, alla salute dell'uomo e/o alle riserve di risorse naturali; rientrano in questa tipologia: riduzione della biodiversità, scarsità delle risorse, danni alla salute (DALY, YLD), perdita di terreno coltivabile ecc. (EuropeanCommission-JRC-IES, ILCD Handbook , 2010).

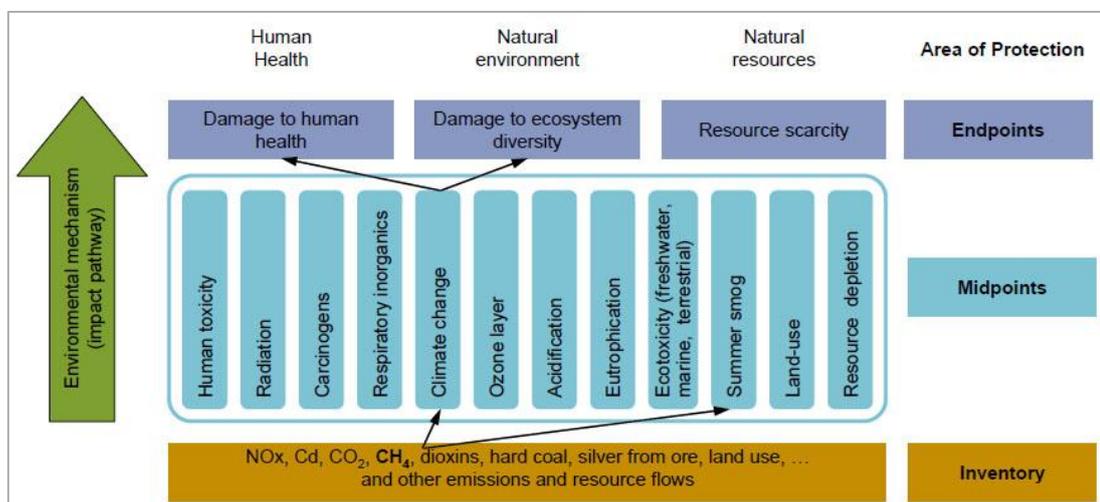


Figura 3.12 LCIA. Dai carichi ambientali dell'inventario alle categorie di endpoints. Normalizzazione e pesatura non riportate perché applicabili sia ai midpoints che endpoints. ILCD Handbook (EuropeanCommission-JRC-EIS, 2010).

Caratterizzazione: i risultati ottenuti nell'inventario vengono convertiti in indicatori numerici specifici che esprimono quantitativamente il contributo fornito dai flussi elementari ad ogni categoria di impatto. Per il calcolo si utilizzano modelli e fattori di caratterizzazione sviluppati da diversi enti riconosciuti, e validati previo revisione critica da parte di organi preposti, e secondo le norme ISO di riferimento.

Per esempio, per la categoria di impatto "Effetto serra", l'IPCC (International Panel on Climate Change), ha elaborato un modello (IPCC 2001/2007) per il calcolo degli

impatti generati dai gas serra (GHGs, GreenHouse Gases). Il capostipite della classe è la CO₂ ma vi rientrano anche altri gas quali H₂O (vapore), CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆, NF₃ - sono elencati solo i più abbondanti. L'indicatore di categoria è la Forza Radiativa dell'atmosfera, ma il Global Warming Potential è espresso in chilogrammi di CO₂ equivalenti. Questi valori sono calcolati per ciascun gas serra citato, tenendo conto della loro capacità di assorbire la radiazione e del loro tempo di permanenza in atmosfera; sono poi restituiti come rapporto tra il contributo all'assorbimento della radiazione che fornisce il rilascio di 1 kg di un certo GHG e quello fornito dall'emissione di 1 kg di CO₂. Il dato è stimato su un periodo di 100 anni, a parità di permanenza nell'atmosfera, così come indicato nel GHG Protocol Corporate Standard (WBCSD & WRI, 2004), uno dei standard di calcolo diffuso e utilizzato su scala globale. I valori limite di GWP sono invece stabiliti in *IPCC Assessment Reports* (IPCC, 2007). Il fattore di caratterizzazione per la CO₂ è 1 mentre per il CH₄ è 25. Risulta pertanto che il metano (CH₄) ha un effetto serra 25 volte superiore a quello della CO₂. Semplicemente, lo si percepisce meno perché presente in concentrazione molto minori (inferiori di circa 200 volte) dell'anidride carbonica (EPA, 2016).

Ma chi detiene i valori soglia di impatto? Enti quali IPCC, EPA, Ministero dell'Ambiente. Vista la pluralità di metodi e strumenti disponibili, è fondamentale adottare riferimenti corretti per una valutazione consistente e coerente con le finalità dello studio e il sistema indagato. Se i confini geografici del sistema hanno estensione nazionale, l'utilizzo di dati globali (ci sono dentro anche i paesi "poveri") non è consigliato; piuttosto si utilizzano database nazionali (per l'Italia l'incertezza sui dati è significativa) o al massimo europei (ELCD per esempio).

Proseguendo, la Tabella 3.1 evidenzia alcuni esempi di modelli e fattori di caratterizzazione per la valutazione di diverse categorie d'impatto (Notarnicola, 2016).

impact category	category indicator	characterisation model	characterisation factor	equivalency unit
abiotic depletion	ultimate reserve irt annual use	Guinee & Heijungs 95	ADP	kg Sb
climate change	infrared radiative forcing	IPCC model	GWP	kg CO ₂
stratospheric ozone depletion	strat. ozone breakdown	WMO model	ODP	kg CFC-11
human toxicity	PDI/ADI	Multimedia model, e.g. EUSES, CalTox	HTP	kg 14-DCB
ecotoxicity (aquatic, terrestrial etc.)	PEC/PNEC	Multimedia model, e.g. EUSES, CalTox	AETP, TETP, etc.	kg 14-DCB
photo-oxidant formation	trop. ozone formation	UNECE Trajectory model	POCP	kg C ₂ H ₄
acidification	deposition/ac.criti cal load	RAINS	AP	kg SO ₂

Tabella 3.1 Esempi di modelli e fattori di caratterizzazione per la valutazione di diverse categorie d'impatto (Notarnicola, 2016).

Si elencano inoltre alcuni metodi diffusi di calcolo LCIA:

- CML 1992, 2001/2002: metodo multi-step weighting (o problem-oriented); lavora sui midpoints;
- Eco-indicator 95, Eco-indicator 99,
- IMPACT 2002+
- TRACI
- EPS (ecoscarsity): metodo *single-step weighting*; le emission sono pesatre tra loro direttamente; lavora sugli endpoints;
- Ecopoints
- ReciPe, ecc.

Le principali differenze tra i metodi LCIA sono:

- il target: midpoint/endpoint- oriented;
- la scelta delle categorie di impatto da includere;
- la scelta dei modelli di caratterizzazione;
- la scelta dei fattori di caratterizzazione.

I metodi endpoint-oriented sono più significativi in quanto forniscono una “misura” effettiva del danno di un gruppo di sostanze/consumi sulle aree di protezione, ma i modelli ad oggi disponibili per questo tipo di valutazione possiedono grado di incertezza e incompletezza rilevanti; d’altro canto, i metodi midpoint-oriented restituiscono solamente il danno potenziale e non reale, e peraltro su certi aspetti dell’ecosfera e non sui bersagli da proteggere; tuttavia questi si basano su modelli più accurati e consistenti. Ne consegue che, ad oggi, si preferisce effettuare valutazioni midpoint-oriented perché possiedono un buon grado di scientificità.

Normalizzazione (opzionale): gli indicatori ottenuti possono risultare difficili da capire perché spesso presentano differenze di unità e di scala dovute ai diversi modelli utilizzati per la valutazione. La normalizzazione ha l’obiettivo di riportare i risultati a valori di riferimento oggettivi (ISO, UNI EN ISO 14044:2006, 2006), ovvero produrre indici sintetici, così da facilitare anche eventuali confronti tra sistemi produttivi. In altri termini, “*i contributi del sistema ad ogni effetto sono normalizzati alla quantità annuale di quell’effetto che si verifica in una determinata zona (Italia, Europa, tutto il mondo) in un determinato periodo di tempo (un anno).*” (Notarnicola, 2016). Questa operazione è opzionale in quanto si basa su criteri piuttosto soggettivi ma risulta utile per verificare incongruenze o errori di valutazione: riportare a valori di riferimento attendibili permette questo controllo.

Aggregazione (opzionale): consiste nel raggruppare le categorie di impatti in comparti omogenei, per agevolare l’interpretazione dei dati e la valutazione associata a particolari settori di interesse; esempi di raggruppamenti sono: a) le emissioni in aria, acque, suolo (per classe e target), b) le categorie ad effetto sull’ambiente o sull’uomo (per area di protezione), c) indicatori di impatto globale, regionale, locale (criterio spaziale).

Ponderazione(opzionale): ogni indicatore normalizzato (o non) è moltiplicato per un fattore di peso, che riflette l'importanza relativa attribuita ai diversi effetti così che i diversi effetti del sistema possano essere comparati e si possa raggiungere un ulteriore grado di aggregazione dei dati. L'attribuzione dei pesi segue principi di natura scientifica (livelli di sostenibilità, ecc.) e socio-economica, che rispecchino cioè, le preferenze dei cittadini (Notarnicola, 2016).

Il risultato della valutazione complessiva è la determinazione di un indice assoluto, un *Eco-indicatore* che esprime le prestazioni ambientali del sistema.

La fase di valutazione degli impatti è quella meno definita della LCA; necessita di un maggior livello di standardizzazione su cui sono incentrati diversi studi interdisciplinari, per cercare di implementare procedure chiare, affidabili, applicabili ai differenti settori di studio e che tengano conto di tutte gli aspetti di sostenibilità (sociale, economico, ambientale).

Essendo l'LCA una procedura iterativa, anche in questo stadio dell'analisi sono ammessi “aggiustamenti” e affinamenti del modello e dei metodi e dei dati, quando la valutazione evidenzia anomalie che non consentono il raggiungimento del risultato finale, secondo le finalità prefissate. Inoltre, è sempre consigliato effettuare analisi sulla qualità dei dati – analisi statistica, di sensibilità e di incertezza⁶² – per verificare l'affidabilità dei risultati ottenuti.

3.4.4 Fase 4: Interpretazione e perfezionamento

L'interpretazione dei risultati del ciclo di vita (Life Cycle Interpretation) è l'ultima fase del processo LCA, nella quale i risultati della fase di inventario e della fase di valutazione degli impatti sono correlati tra loro e valutati in relazione all'obiettivo e al

⁶² Si veda il paragrafo 3.4.4 per maggiori dettagli sulle procedure di analisi della qualità dei dati.

campo di applicazione definiti all'inizio, al fine di trarre *conclusioni* appropriate, spiegare le *limitazioni* dello studio e fornire *raccomandazioni* adeguate per il *miglioramento* delle prestazioni ambientali del sistema (UNI EN ISO 14044:2006, §3.5). Consiste in una tecnica sistematica che permette di identificare, quantificare, controllare e valutare le informazioni e i risultati ottenuti mediante tre tipologie di controllo. Anche in questa fase vale l'iterazione.

1. *analisi di completezza*: permette di verificare se le informazioni fornite durante le fasi di valutazione del ciclo di vita siano sufficienti per giungere a conclusioni in linea con l'obiettivo e il campo di applicazione dello studio;
2. *analisi di sensibilità*: è necessaria per valutare l'accuratezza e l'attendibilità dei risultati e l'influenza su questi ultimi delle scelte operate riguardo al modello (stime, assunzioni, ipotesi, cut-off criteria, allocazione ecc.), ai dati e alle metodologie messe in campo; spesso questo controllo comprende anche l'analisi di incertezza che consente di quantificare l'incertezza dei risultati derivanti da effetti cumulativi di imprecisione del modello, incompletezze delle informazioni, errori, variabilità intrinseca dei dati e/o incertezza delle informazioni in ingresso alle varie fasi analitiche dell'LCA; per questa operazioni si ricorre all'analisi statistica; il metodo Monte Carlo è uno dei più utilizzati per questo processo;
3. *analisi di coerenza*: si verifica che le assunzioni fatte, i metodi e i dati siano stati applicati in modo coerente nel corso dell'intero studio e in conformità con la definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione (Scipioni & Mazzi, 2016).

3.4.5 *Comunicazione dei risultati e revisione critica*

3.4.5.1 Comunicazione dei risultati

Il report finale è il documento che presenta i risultati dello studio effettuato alle parti interessate. Il report può avere uso interno e/o esterno, essere destinato a professionisti e semplici cittadini. A seconda del destinatario deve cambiare il formato utilizzato per la divulgazione. Se il rapporto è destinato ad uso esterno e/o per asserzioni comparative tra più sistemi, deve essere preparato un documento di terza parte, secondo le indicazioni ISO 14044 § 5.2. Se il report è ad uso interno (solo del committente) questo non è necessario. I requisiti imprescindibili indipendentemente dal pubblico, sono equità, completezza, dettaglio, precisione, trasparenza (sui risultati, dati, metodi, assunzioni, limitazioni) e coerenza (dei risultati e dell'interpretazione rispetto all'obiettivo. Di norma un rapporto esauriente contiene:

- una relazione con i risultati dell'analisi di inventario;
- la descrizione della qualità dei dati;
- le finalità delle categorie da proteggere;
- le categorie di impatto considerate;
- i modelli di caratterizzazione impiegati;
- i fattori ed i meccanismi ambientali;
- il profilo dei risultati degli indicatori.

3.4.5.2 Revisione critica

Il riesame critico è un processo volto a verificare se uno studio LCA rispetta i requisiti per ciò che riguarda la metodologia, i dati, l'interpretazione e se esso è coerente con i principi della norma UNI EN ISO 14040.

La revisione critica di solito migliora la comprensione e incrementa la credibilità dello studio, specie se impostato come processo partecipativo che coinvolge le parti interessate. Il riesame è obbligatorio quando i risultati sono destinati ad un uso esterno e in caso di studi comparativi tra più sistemi/prodotti. Sono fortemente consigliati anche nelle altre casistiche. La revisione può essere svolta in due modi: 1) riesame da parte di un esperto interno o esterno che deve conoscere i requisiti dell'LCA e avere le adeguate competenze tecniche e scientifiche; 2) organizzazione di un panel di discussione condotto da un esperto esterno ed indipendente, composto da almeno tre membri. Sulla base dell'obiettivo, dell'applicazione o del budget disponibile, il presidente del comitato coinvolge eventuali altri revisori esperti; possono essere invitati a partecipare anche altri stakeholder quali istituzioni governative e non, competitors, aziende e imprese, cittadini.

3.5 Vantaggi e limiti della metodologia

Come ogni metodo, anche l'LCA possiede i suoi punti di forza e i suoi punti di debolezza. Prima di elencare i più importanti di questi, si propone un breve riepilogo delle caratteristiche dei modelli utilizzati nell'applicazione della metodologia (Masoni, 2016):

- Lineari;
- Stazionari;
- Adimensionali;
- (integrazione nello spazio e nel tempo);
- Ceteris Paribus: non si modella quello che è in isolamento temporale (cambiamenti lenti indotti dal sistema) o causale (non influenzato dal sistema);
- Integrazione di conoscenza empirica (fatti) e posizioni normative (valori): questo aspetto è importante per motivare le scelte fatte durante uno studio(Figura 3.13).

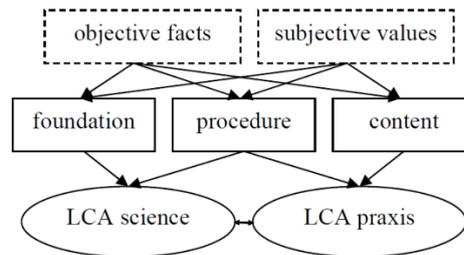


Figura 3.13 Ingredienti di un LCA. Conoscenze empiriche versus posizioni normative (Masoni, 2016).

3.5.1 Punti di forza della LCA

Uno studio LCA realizzato secondo le norme tecniche UNI EN ISO 14040/14044:2006 presenta diversi vantaggi:

- Evita spostamenti di problema da una parte all'altra (del sistema, tra sistemi);
- Mette al centro dell'analisi la funzione del sistema;
- Permette confronti fra modalità diverse di soddisfacimento della stessa funzione;
- Procedura standard con semplici e solide basi scientifiche;
- Modelli semplici e lineari;
- Permette un elevato grado di dettaglio delle analisi;
- Consente di gestire in un quadro razionale una mole rilevante di dati ed informazioni ambientali
- Ottimo strumento per il miglioramento continuo.

Questi vantaggi fanno sì che il metodo LCA sia diventato nel tempo un utile e diffuso strumento di supporto per i decisori politici, per le aziende che vogliono migliorare i propri processi e prodotti e differenziarsi in un mercato molto competitivo, per il settore del eco-design, per la certificazione ambientale di prodotto e di attività ecc.

3.5.2 Punti di debolezza della LCA

I principali limiti della metodologia si riscontrano a causa dei seguenti elementi:

- Impossibilità di una verifica sperimentale dei risultati (comune a tutti i modelli di analisi ambientale);
- Nel caso di sistemi con rilevanti interazioni con il mercato, la linearità della modellazione tecnologica non è in grado di rappresentare correttamente la complessità;
- Complessità: necessita di solide basi metodologiche da parte dell'analista;
- Qualità dei dati di input non sempre ben documentata e non sempre realmente rappresentativa del processo che si intende modellare;
- Difficoltà di un vero confronto fra prodotti diversi anche con funzione simile;
- Difficoltà di comunicare in modo semplice ma scientificamente corretto i risultati.

Considerate tali limitazioni, è possibile dedurre che uno studio LCA non determina in modo assoluto quale sia il prodotto/processo migliore, non restituisce la soluzione ad un determinato problema ambientale, ma fornisce informazioni utili per prendere decisioni in modo maggiormente consapevole.

4 IL CASO DI STUDIO SKRUTT: FRAMEWORK PER L'ANALISI LCA

4.1 Quadro introduttivo all'analisi

Il lavoro di tesi si inserisce come parte di un progetto più ampio promosso da IKEA, con l'obiettivo di analizzare, attraverso l'applicazione della metodologia Life Cycle Assessment (LCA), le prestazioni ambientali del sottomano da scrivania SKRUTT (50% plastica riciclata e 50% plastica vergine), e comparare il ciclo produttivo di suddetto prodotto con quello del sottomano PROJS (100% plastica da materie prime vergini).

Nel presente capitolo, tutti i dati riferiti al ciclo produttivo di SKRUTT e alla filiera in generale derivano da fonti interne a IKEA ed esterne (fornitori diretti).

4.1.1 SKRUTT e PROJS: caratteristiche a confronto

La differenza chiave all'interno delle due *value chain* risiede nell'utilizzo o meno della plastica riciclata per la loro produzione.

Questo implica che i prodotti finali possiedono caratteristiche differenti, soprattutto di composizione e che il loro ciclo produttivo è diverso, ovvero lo è la struttura della filiera-prodotto quindi lo sono anche gli attori coinvolti e i confini dei due sistemi.

Prima di passare all'analisi del ciclo di vita di SKRUTT, si propone un sintetico confronto tra i due sottomani da scrivania appena citati.

SKRUTT: ha dimensioni pari a 65x45 centimetri, pesa 0,44 chilogrammi ed è fatto per il 48-49% di plastica EVA⁶³, 1-4% di masterbatch (colorante), 48-50% di plastica

⁶³ Definizione su https://en.wikipedia.org/wiki/Ethylene-vinyl_acetate

riciclata⁶⁴. È realizzato attraverso un processo produttivo integrato che utilizza sia materie prime che materie prime seconde (MPS- polimeri rigenerati in PE-HD) derivanti da rifiuto plastico. I polimeri rigenerati (granuli), sono prodotti riciclando il film plastico estensibile in polietilene usato per gli imballaggi terziari con cui sono trasportati e stoccati i prodotti IKEA in attesa di essere venduti all'ingrosso o al dettaglio sul mercato. Questo sia che parliamo del film plastico generato nei punti vendita del “colosso svedese”, sia che si consideri l'approvvigionamento da altre aziende. La plastica EVA invece, viene prodotta da fonti fossili (raffinazione del petrolio). La produzione dei polimeri EVA avviene interamente in Germania, mentre i masters (coloranti chimici e additivi) sono prodotti in Repubblica Ceca. I polimeri rigenerati in PE-HD sono prodotti da ALIPLAST S.p.a⁶⁵ (di seguito “riciclatore”), con sede legale e impianto di riciclo in Veneto (Italia); mentre l'industria che produce SKRUTT è Fatra a.s.⁶⁶ (di seguito “produttore”), e si trova in Repubblica Ceca.

Il deskpad in questione viene distribuito da IKEA in 28 paesi (dato al 31 dicembre 2015 –Tabella 4.1) ed è disponibile al cliente in due colori: bianco e nero.

Nazioni vendita SKRUTT			Nazioni vendita PROJS				
ES	IT	RU	AE	DE	HU	PL	US
IS	NL	FR	AT	DK	IE	PT	
PL	DE	MY	AUW	DO	IL	QA	
SG	FI	AE	BE	EG	IS	RO	
AU	CH	DK	BG	ES	IT	RU	
TR	TH	AUW	CA	FI	JO	SA	
LT	EG	OA	CE	FR	KW	SE	
PT	SE	JO	CH	GB	LT	SK	
KW	AT	SI	CY	GR	NL	SP	
NO			CZ	HR	NO	TR	

Tabella 4.1 Aree nazionali di vendita al dettaglio dei due sottomanici da scrivania IKEA. Dati validi al 31.12.2015 (Fonte interna IKEA).

⁶⁴ Corrispondente a più del 30% in peso di plastica riciclata sui 440 grammi di prodotto finito. EVA e LDPE hanno pesi specifici differenti (Fonte: [Wikipedia plastiche](#))

⁶⁵ Maggiori informazioni sull'azienda e le attività svolte sul sito <http://www.aliplastspa.com/>.

⁶⁶ Maggiori informazioni sull'azienda e le attività svolte sul sito <http://www.fatra.cz/en/>.

PROJS: ha dimensioni pari a 65x45 centimetri, pesa 0,54 chilogrammi (100 grammi in più di *SKRUTT*) ed è fatto per il 100% di plastica EVA⁶⁷. La plastica EVA deriva da materie prime vergini, ovvero fonti fossili. *PROJS* viene prodotto in India, venduto in 41 nazioni (dato al 31 dicembre 2015) ed è disponibile al consumatore nel solo colore bianco (Tabella 4.1).

In sintesi, la produzione di *PROJS* si può definire “convenzionale” poiché segue il modello lineare classico di tipo “take-make-dispose”. La produzione di *SKRUTT* si basa sulla creazione di flussi inversi di materiali (sistema closed-loop) tipico del modello circolare di economia emergente; è per questo che si può dire “innovativo” (Figura 2.4).

4.1.2 *Modalità di lavoro*

Il lavoro di ricerca e analisi è stato svolto da febbraio a giugno 2016, nell’ambito di un tirocinio formativo condotto in IKEA Italia Retail S.r.l., presso la sede locale di Pisa. Successivamente, da luglio a settembre sono stati elaborati e ove possibile approfonditi i dati raccolti.

Il presente lavoro di ricerca è stato eseguito con la collaborazione del Dipartimento di Economia dell’Università di Pisa e il supporto consultivo di un membro del LCA-Lab del Centro ENEA di Bologna.

Complessivamente, l’attività di tesi ha incluso una prima fase di documentazione bibliografica sull’Economia Circolare (Capitolo 2) e di acquisizione delle conoscenze e basi teoriche per l’applicazione della metodologia LCA (Capitolo 3), seguita dal

⁶⁷ Definizione su https://en.wikipedia.org/wiki/Ethylene-vinyl_acetate

completamento delle fasi preliminari⁶⁸ all'analisi quantitativa degli impatti del ciclo di vita di SKRUTT. Questa seconda parte del lavoro ha previsto:

- Il reperimento delle informazioni e dei dati preliminari utili all'impostazione dello studio e all'analisi della filiera;
- La stesura e la somministrazione di questionari ad hoc per la raccolta dati interna (in IKEA) ed esterna (presso i fornitori coinvolti nella filiera);
- L'analisi della filiera del sottomano SKRUTT, che ha portato a:
 - ✚ La costruzione del modello concettuale (flow chart) che rappresenti la filiera, essenziale per impostare correttamente tutte le fasi successive di Inventario e analisi quantitativa degli impatti ambientali;
 - ✚ La selezione delle categorie di impatto da calcolare, secondo gli standard ISO, la Guida sull'Impronta Ambientale dei Prodotti⁶⁹ (Product Environmental Footprint - PEF) e la Product Category Rule⁷⁰ più affine alla tipologia di prodotto studiato.

Questionari: elaborazione e struttura

La raccolta dati è una fase delicata, da pianificare e organizzare con cura. La qualità e completezza dei dati ottenuti sono fondamentali per l'impostazione dell'inventario (bilancio input/output di sistema) e la correttezza dell'analisi di impatto.

Nel presente studio, il questionario è lo strumento utilizzato per la raccolta dei dati presso i fornitori della filiera e presso IKEA. I questionari sono una elaborazione personale, e sono stati creati ad hoc per il caso di studio, prendendo come riferimento l'esempio riportato in "Introduction to LCA with SimaPro" (PRÉ, 2013). La struttura

⁶⁸ Con fasi preliminari si intende la fase 1, ovvero la Definizione degli obiettivi e del Campo di Applicazione dell'analisi LCA relativa al sistema-prodotto SKRUTT.

⁶⁹ Raccomandazione 2013/179/UE (Commissione Europea, 2013).

⁷⁰ Il Sistema EPD® International è un programma globale per le dichiarazioni ambientali basate su ISO 14025 e EN 15804. (The International EPD®System, 2009)

del questionario è un elemento fondamentale: deve essere di facile comprensione e compilazione per il compilatore. Di seguito si elencano i criteri utilizzati per la stesura dei questionari:

- **Struttura del questionario:** presenta tre sezioni differenti a seconda dei dati utili da richiedere per l'analisi e della scansione temporale in cui vengono richiesti: 1. Informazioni generali sul fornitore, 2. Dati di processo, 3. Dati di trasporto; in apertura ad ogni sezione viene motivato Cosa chiediamo, Perché lo chiediamo e Come vengono utilizzati i dati (Obiettivi e scopo analisi LCA).
- **Formato del questionario:** rigorosamente in lingua inglese (interlocutori e fornitori hanno quasi tutti sede all'estero) ed elaborato in formato excel per i fornitori - un foglio per ogni sezione su indicata. Per la raccolta dati interna a IKEA è stato invece utilizzato un questionario in formato word (sempre in inglese), con una serie di domande a cui i compilatori potevano rispondere apertamente e/o tramite l'invio di file e documenti specifici;
- **Allocazione:** una stessa linea di produzione può generare diversi prodotti o prodotti destinati a differenti filiere; in questo caso, quando possibile, è stato chiesto al fornitore di provvedere al calcolo delle allocazioni e fornire i soli dati relativi ai flussi di interesse per l'analisi;
- **Note per la compilazione:** Ogni sezione (foglio) del questionario contiene un campo "note per il compilatore" di supporto alla compilazione;
- **Data set:** i quesiti sono raggruppati in tre sezioni e diversi "blocchi" (sottosezioni) in base alla tipologia e natura dei dati richiesti. Per esempio:
 - Informazioni generali > dati qualitativi sull'azienda e sulle attività svolte (corporate information, corporate social and environmental responsibility, Logistic networks ecc.);

- Dati di processo > flussi di riferimento, input/output di energia, input/output di materiali ecc.);
- Dati di trasporto > tratte di trasporto, input di combustibili ed energia ecc.;
- Qualità dei dati: in ogni sezione è richiesto al compilatore di indicare la fonte dei dati forniti, ovvero se questi derivano da rilevazioni dirette (primari), database (secondari) e/o stime (terziari).

In Tabella 4.2, Tabella 4.3 e Tabella 4.4 sono riportate le tre sezioni appena citate di uno dei questionari elaborati, nello specifico quello somministrato al riciclatore della filiera (ditta Aliplast S.p.a).

LCA analysis on the IKEA deskpad SKRUTT - IKEA ITALIA RETAIL with UNIVERSITY OF PISA	
Section 1. General Information	
<p>Goals of the LCA Analysis</p> <p>The LCA analysis aims to 1) analyze the sustainability of the "closing the loop" process (Resource chain) of SKRUTT deskpad production in order to quantify environmental impacts and to find any proposal for further efficiency; 2) to compare SKRUTT production with PROJS production, comparable product made from virgin materials only, with focus on environmental parameters; 3) to evaluate new categories of products/wastes that could be processed in a "closing the loop" way. Target results: internal use.</p>	<p>Why do we ask for this information?</p> <p>The data that you want/can share to us will be used to perform the LCA analysis in order to calculate the following potential environmental impacts:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Global warming potential (CO2 and other Greenhouse gases footprint of each phase of SKRUTT's life cycle) - Acidification Potential - Resource depletion at each phase (i.e. water consumption, fossil/non-fossil fuels and resources, recyclability at the end-of-life); - Primary energy from renewable and non-renewable resources (energy consumption and source origin); - Chemicals use.
Questions	Answers
1 Corporate general information	
01:01 Company name	
01:02 Reference contact for the data collection	
01:03 Telephone number	
01:04 Telephone number 2	
01:05 E-mail contact	
01:06 Head office address	
01:07 Operational headquarters	
01:08 Year of foundation of the society (with current name):	
01:09 Main Activities of the society answering	
01:10 Specific activities	
01:11 Do you publish annual reports or company brochures? Are they available?	
2 Quality, corporate social and environmental responsibility	
02:01 Please indicate the quality and environmental certifications in your possession, and for each one the Certifying Authority:	
02:02 Please indicate the prevailing emission class (EUROX) of the means used for the transport of materials/products and wastes	
02:03 Please indicate the systems used for control emissions	
02:04 Please describe briefly your waste management system	
02:05 Please describe briefly your wastewater management system	
3 Logistics	
03:01 Please describe briely how is organized your transport network	
03:02 Please describe briely the transport network related to LDPE polymers used for SKRUTT production. Specify activities done by contractors (third parties not belonging to Aliplast)	
4 Qualitative description of single step (process unit) for LDPE polymers (year 2015)*	
04:01 Supplying of raw materials (virgin and secondary-recycled), auxiliary materials, packaging materials,ecc.	* please give spatial reference
04:02 Storage phases before production	
04:03 Production of LDPE polymers - Sorting	
04:04 Production of LDPE polymers - Grinding	
04:05 Production of LDPE polymers - ...	
04:06 LDPE polymers sotrage before distribution	
04:07 Transport of LDPE polymers product to Fatra's plant (where, to how many units)	
04:08 What are and how do you manage any by-product/co-products	

Tabella 4.2 Sezione 1 del questionario elaborato per la raccolta dati. Richiesta dati generali (Elaborazione personale, basata su (PRé, 2013).

Section 2. Tecnical Questionnaire - Data collection for inputs/outputs balance									
Which data requested		Why do we ask for these data?				Data source for total			NOTE (in this field you find some note for the filling process - you can use this field also to insert any comments or notes of yours)
Please specify below the inputs/outputs for each steps of your production related to the IKEA deskpad SKRUTT. All the available data about the production of the LDPE regenerated polymers used downstream within the resource chain for the production of SKRUTT. That's data for the mass and energy balance concerning the process of PE-film regeneration (only flows interesting for this specific analysis).		The data that you want/can share to us will be used to perform the LCA analysis in order to calculate the following main environmental impacts: - Global warming potential (CO2 and other Greenhouse gases footprint of each phase of SKRUTT's life cycle) - Acidification Potential - Resource depletion at each phase (i.e. water consumption, fossil/non-fossil fuels and resources, recyclability at the end-of-life); - Primary energy from renewable and non-renewable resources (energy consumption and source origin); - Chemicals use.				Direct data (Derived directly from administrative systems)	Indirect data (based on some sort of calculation)	Estimated data	
Which steps of the value chain are considered by this questionnaire (RECYCLING PROCESS)									
Functional Unit for LCA: one piece of SKRUTT deskpad (50% recycled plastics, 50% EVA plastics) that weighs 0,44 kg and has a size of 65x45 cm									
Functional unit for process units considered:									
Step of the life cycle of SKRUTT's Resource chain: mass & energy balance of recycling process (red highlight in the flow chart by side)									
Material input (main flows) Weight in (kg or ton) SRM output (reference flow for R) Weight out (kg or ton) Units (for sale)									
PE-film from IKEA stores regenerated polymers used for SKRUTT ¹									
PE-film from other sources									
Please for each process in the production of regenerated polymers used for SKRUTT fill the following table (Paste and copy for each process unit)									
Step of technological cycle: e.g. extrusion									
Production technology:									
Time required:									
INPUTS - 1. ENERGY									
Type of energy (specify each type - e.g. electricity, heat, natural gas, etc.)	Total quantity used in (time frame for the study)	Quantity ² used for production machines (with respect with the total used - you can use %)	Quantity used for other (specify for what)	Unit	Alt. Unit	Direct (Yes or Not)	Indirect (Yes or Not)	Estimated (Yes or Not)	use this field to insert any comments or notes of yours
e.g. electricity		%		%					² alternatively, machine nominal power and time requested for the operation
e.g. natural gas		%		%					
e.g. heavy oil		%		%					
INPUTS - 2. MATERIALS									
Solid Materials consumptions	Total quantity (year 2015)	Quantity ¹		Unit	Alt. Unit	Direct	Indirect	Estimated	
e.g. plastic film									
e.g. Masters									
Chemicals use	Total quantity (year 2015)	Quantity ¹		Unit	Alt. Unit	Direct	Indirect	Estimated	
OUTPUTS									
Air emissions ³	Total quantity (year 2015)	Quantity ¹		units	Alt. units	Direct	Indirect	Estimated	³ only the emissions out
Solid waste	Total quantity (year 2015)	Quantity ¹		units	Alt. units	Direct	Indirect	Estimated	
Byproduct/s	Total quantity (year 2015)	Quantity ¹		units	Alt. units	Direct	Indirect	Estimated	

Tabella 4.3 Sezione 2 di uno dei questionari elaborati per la raccolta dati - estratto. Dati di processo. (Elaborazione personale, basata su (PRé, 2013).

LCA analysis on the IKEA deskpad SKRUTT - IKEA ITALIA RETAIL with UNIVERSITY OF PISA

Section 3. Tecnical Questionnaire - Transport & Logistics

Which data requested		Why do we ask for these data?				Data source for total			NOTE (in this field you find some note for the filling process - you can use this field also to insert any comments or notes of yours)	
Please specify below every available data concerning the transport phases: 1) From IKEA STORES to ALIPLAST; 2) from other supplier providing PE film or others to ALIPLAST plant; 3) From ALIPLAST to the IKEA's supplier that produces SKRUTT.		The data that you want/can share to us will be used to perform the LCA analysis in order to calculate the following main environmental impacts: - Global warming potential (CO2 and other Greenhouse gases footprint of each phase of SKRUTT's life cycle) - Acidification Potential - Resource depletion at each phase (i.e. water consumption, fossil/non-fossil fuels and resources, recyclability at the end-of-life); - Primary energy from renewable and non-renewable resources (energy consumption and source origin); - Chemicals use.				Direct data (derived directly from administrative systems)	Indirect data (based on some sort of calculation)	Estimated data		
Which steps of the value chain are considered by this questionnaire (TRANSPORT PROCESS RELATED TO RECYCLING)										
Functional Unit for LCA: one piece of SKRUTT deskpad (50% recycled plastics, 50% EVA plastics) that weighs 0,44 kg and has a size of 65x45 cm Functional unit for process units considered:										
Step of the life cycle of SKRUTT's Resource chain: impacts of transport related to the recycling process (red highlight in the flow chart by side)										
Material input (main flow) Units (kg or ton) per load transport IN Weight in (kg or ton) MPS output (primary flow) Weight out (kg or ton) Units per load transport OUT										
PE-film from IKEA stores regenerated polymers used for SKRUTT										
PE-film from other sources other resources (materials&energy)										
Please for each process in the production of regenerated polymers used for SKRUTT fill the following table (Paste and copy)										
The path of transport considered (start point, destination and goods transported): e.g. supplying of PE film from IKEA stores Italy Delivery Type and vehicle used: (road, rail, ocean ecc. Specify any leg interested by intermodal transport): Distance traveled (in km): Maximum load capacity of vehicle: Nr. of transport with full load (average per year 2015): Nr. of transport with no load - that's empty shipment (average per year 2015):										
Fill the record below with a "X" sign in the corresponding source data column										
INPUTS - FUELS										
Type of fuel (specify each type)	Average consumption per distance traveled? ²	Unit (L/km)?	Alt. Unit (mc/km)?				Direct	Indirect	Estimated	Use this field to insert any comments or notes of yours ² specify calculation method
e.g. oil										
e.g. natural gas										
e.g.										
OUTPUTS (data from secondary sources)										
Air emissions ³	Total Quantity ⁴	Units (gCO2 eq/km?)	Alt. units				Direct	Indirect	Estimated	optional section for the compiler ³ only the emissions out - ⁴ total for the path considered
e.g. CO2										
e.g. NOx										

Tabella 4.4 Sezione3 di uno dei questionari elaborati per la raccolta dei dati relativi al trasporto. (Elaborazione personale, basata su (PRé, 2013).

Risultati raccolta dati

In un caso, è stato possibile visitare l'impianto del riciclatore all'inizio del tirocinio e osservare come avviene la rigenerazione della plastica e la produzione dei granuli PE-LD utilizzati per il sottomano SKRUTT; trattandosi di un incontro preliminare, non è stata effettuata nessuna raccolta dati sul campo (dati primari quantitativi di processo); in generale, il contatto e le richieste di informazioni sono avvenuti a mezzo di posta elettronica e tramite meeting on-line (conference call). Sono stati reperiti i dati generali riguardanti la filiera e solo in minima parte i dati di trasporto. Per motivi legati alla complessità del metodo da utilizzare, all'estensione della filiera – sono coinvolti attori dislocati sia in Italia che in altri paesi europei ed extraeuropei – e alle tempistiche di risposta dei fornitori, non è stato possibile completare la raccolta dei dati quantitativi necessari per procedere con l'analisi quantitativa nei tempi prefissati (tirocinio: febbraio-giugno 2016). La raccolta di tali dati riferiti agli input e output di processo sarà oggetto della fase di Analisi dell'Inventario, che non fa parte del presente lavoro di tesi.

Ai fini dell'analisi di *Inventario* e della calcolo degli impatti ambientali, che verranno eseguiti in un secondo momento, la metodologia LCA mette a disposizione numerosi strumenti riconosciuti che qui citiamo solo in parte: 1) Banche dati: Ecoinvent, US LCI, ELCD 2.0, INLCI Database ecc.⁷¹, e 2) Software LCA: GABI, SimaPro, CMLCA ecc.) (Masoni, 2016).

4.2 Definizione degli obiettivi

A distanza di quasi due anni⁷² dall'attuazione del progetto pilota Closing the Loop – Resource Chain e dall'immissione sul mercato del sottomano da scrivania SKRUTT

⁷¹ (Raggi, 2016)

⁷² Arco temporale inteso da agosto 2014 a gennaio 2016 (inizio progetto LCA in corso).

prodotto con materiale plastico riciclato, IKEA ha deciso di valutare la performance e la risposta della filiera messa in piedi, dal punto di vista della sostenibilità ambientale e dei requisiti dell'economia circolare.

In tal senso, uno degli obiettivi è validare le scelte strategiche intraprese, avendo come base di partenza i risultati ottenuti da una analisi LCA preliminare, effettuata prima dell'implementazione della catena del valore e dell'avvio della produzione di SKRUTT (maggio 2014). Infatti, in fase di set-up finale (primo semestre anno 2014) della filiera incentrata su SKRUTT, IKEA aveva stimato l'impatto in termini di impronta della CO₂, ritenuto l'impatto più rilevante lungo la filiera, di due scenari applicativi per la produzione di suddetto sottomano:

Scenario 1: SKRUTT realizzato con il 50% di plastica riciclata; fu stimato una riduzione della CO₂⁷³ emessa pari 43% rispetto ad una produzione che usa solo materiale vergine. L'analisi fu di tipo "cradle to gate", comprendendo solo i "core-processes": la produzione delle materie prime e materie prime seconde e la fase di produzione del sottomano con i relativi trasporti tra queste unità produttive – comprese tratte che includono eventuali depositi di stoccaggio materiale. Inoltre, l'analisi preliminare supposeva che la produzione, con e senza utilizzo di polimeri rigenerati, avvenisse nello stesso impianto; in realtà così non è poiché PROJS (100% plastica EVA da fonti fossili) ha confini e struttura di filiera differenti rispetto a SKRUTT. Fu allora una semplificazione giustificata dal fatto che interessava capire l'impatto specifico del processo di riciclo del rifiuto plastico, poiché la presenza di questa fase nel ciclo produttivo di SKRUTT è ciò che lo differenzia maggiormente dal suo equivalente "fabbricato" in maniera convenzionale;

⁷³ kg CO₂ equivalente totale per ogni chilogrammo di prodotto finito.

Scenario 2: SKRUTT realizzato con il 100% di plastica riciclata; fu stimato una riduzione della CO₂⁷⁴ emessa pari all'86% rispetto ad una produzione che usa solo materiale vergine. Ad eccezione della percentuale di plastica riciclata, furono applicate le medesime condizioni di analisi dello scenario 1, adeguando le dimensioni e i confini del sistema per soddisfare l'approvvigionamento di rifiuto plastico richiesto come input per la produzione.

Sintetizzando dunque, le finalità dell'analisi del ciclo di vita SKRUTT sono:

- Analizzare le prestazioni del sottomanico da scrivania SKRUTT con focus sui parametri ambientali lungo l'intero ciclo di vita;
- Rilevare eventuali margini di miglioramento esistenti in termini di efficienza energetica, efficienza nell'uso delle risorse ed efficienza nella logistica (hot spots);
- Evidenziare vantaggi/svantaggi della filiera e valutare l'estendibilità del concetto di Circular Economy ad altre categorie di rifiuto/prodotto.

Nello specifico, lo studio di tesi ha avuto l'obiettivo di creare un solido framework per l'analisi LCA del sottomanico SKRUTT, completando la fase 1 di "Goal and Scope definition" e impostando la raccolta dati per l'analisi di inventario e le fasi successive dell'LCA. Il lavoro di tesi non comprende l'analisi quantitativa di inventario e degli impatti che saranno oggetto di analisi future, al di fuori del presente lavoro di tesi.

Inoltre, in base a quanto stabilito nella norma ISO 14040, essendo lo studio destinato all'utilizzo interno da parte del committente (IKEA), non è stata prevista per adesso alcuna revisione critica.

⁷⁴ kg CO₂ equivalente totale per ogni chilogrammo di prodotto finito.

4.3 Ambito di applicazione

L'LCA esamina l'intero ciclo di vita di SKRUTT in un'ottica "dalla culla alla tomba", ovvero dall'estrazione/raccolta delle materie prime e seconde, al fine vita del prodotto finito, così da poter successivamente comparare i cicli di vita di PROJS (produzione convenzionale) e SKRUTT (produzione alternativa). In effetti, seppure le due catene del valore hanno come principale differenza la presenza/assenza della fase di riciclo, ci sono altre aspetti diversi della filiera che vanno tenuti in considerazione già in questa fase per poi poter essere valutati con il confronto. Esempi di tali aspetti sono la diversa collocazione geografica degli impianti di produzione o l'areale geografico di distribuzione al consumatore del prodotto finito.

Lo schema semplificato in Figura 4.1 illustra i processi considerati per lo studio LCA di SKRUTT e i relativi confini naturali del sistema-prodotto. Nei prossimi paragrafi si descrive con maggiore dettaglio i processi della filiera.

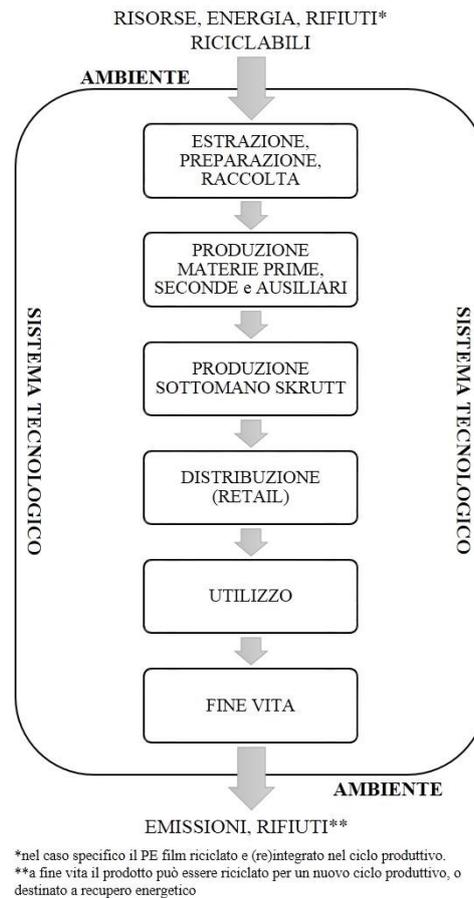


Figura 4.1 Schema semplificato dei processi inclusi nell'analisi LCA, e relativi confini naturali. (Elaborazione personale, da fonti varie).

4.3.1 Funzione del sistema prodotto

Il sottomano da scrivania SKRUTT è pensato come accessorio (o complemento di arredo) da scrivania per una singola postazione di lavoro, concepito per proteggere il ripiano della scrivania da graffi e urti regalando un aspetto curato e ordinato. Svolge anche le funzioni di antiscivolo e di supporto lavorativo (es. compilazione o firma di documenti).

Pertanto, l'unità funzionale di riferimento scelta è una unità di prodotto finito in materiale plastico (50% plastica riciclata PE, 50% plastica EVA) che pesa 0,44 kg, delle dimensioni di 65x45 centimetri.

Nel presente caso di studio, il flusso di riferimento del sistema a cui rapportare gli input e output calcolati durante la fase di Inventario coincide con l'unità funzionale definita. Un sottomano da scrivania SKRUTT espleta con completezza la funzione del sistema.

4.3.2 Descrizione del sistema

Partendo dallo schema in Figura 4.1, si descrivono i principali processi (core processes) del ciclo produttivo del sottomano SKRUTT che includono le fasi di riciclo e produzione. Nei limiti dei dati a disposizione, si illustra anche la rete logistica in ingresso e in uscita ai due stadi.

4.3.2.1 Produzione della materia prima seconda

Processo di rigenerazione

Tutte le fasi di rigenerazione dal rifiuto alla produzione di MPS avvengono in Aliplast S.p.a. I polimeri rigenerati impiegati nella produzione di SKRUTT sono neutri ossidati, prodotti a partire dal film PE plastico della stessa IKEA, o selezionati a partire dal film PE di altri conferitori: in linea di massima si tratta di film trasparenti di spessore sottile (<50 micrometri) ed in gran parte di film estensibile da imballaggio.

In ingresso all'impianto di riciclo, il materiale viene verificato e stoccato nelle aree di competenza, se necessario sottoposto a pressatura con pressa continua per ottimizzare gli stoccaggi. I rifiuti plastici in PE sono prelevati dal piazzale esterno del riciclatore e depositati all'interno dello stabilimento con carrelli elevatori. Quindi avviene una cernita manuale per eliminare eventuali materiali estranei (es: carta, legno, materiali ferrosi, materie plastiche non idonee). Successivamente i materiali sono inviati tramite un nastro trasportatore ad appositi mulini di macinazione chiusi a secco e ad acqua, che provvedono alla triturazione del materiale plastico in scaglie, che in seguito verrà

accumulato in appositi silos. Le scaglie prelevate dai silos vengono inviate alla fase di lavaggio ad acqua in vasche a ciclo chiuso a temperatura ambiente: le impurità pesanti derivanti dal lavaggio si depositano sul fondo delle vasche, mentre il polietilene misto all'acqua viene inviato alla centrifuga per la separazione della parte solida dalla liquida. Il PE separato nella fase di centrifugazione viene inviato ad una successiva fase di rimacinazione ed asciugatura con aria calda e, sequenzialmente, inviato pneumaticamente a silos. Il materiale, dai silos di stoccaggio, viene prelevato per mezzo di una coclea di dosaggio e va ad alimentare l'estrusore, con l'eventuale aggiunta di masters (additivi e coloranti): il materiale fonde ad una temperatura di 200-250°C e, nella parte finale dell'estrusore, il materiale viene filtrato e granulato dal taglio in testa. I fumi emessi nella fase di estrusione vengono convogliati ed emessi dai camini, uno per ogni impianto tranne per un camino specifico che convoglia due impianti di estrusione. I granuli di PE estruso vengono quindi raffreddati con acqua e successivamente centrifugati per togliere l'acqua residua prima di essere stoccati in appositi silos per poi essere inviati al confezionamento (insacatrice e pallettizzatore in linea). In uscita, la MPS viene confezionata in big bag in PP su pallet, che vengono poi trasportati presso i clienti con mezzi idonei, solitamente autoarticolati (bilici) di trasportatori terzi, che si occupano di ottimizzare il carico.

Per tutte le unità di processo descritte, viene consumata energia elettrica per il funzionamento dei macchinari della linea di produzione, dell'impianto in generale e per l'illuminazione. Per l'analisi dovrà essere specificata la fonte di energia utilizzata (idroelettrica, termoelettrica ecc). Inoltre, sono parte rilevante del processo, in punti diversi⁷⁵ della rigenerazione, i seguenti 1) input e 2) output: 1) acqua, soda caustica, additivi e coloranti per polimeri (master), detersivi per il lavaggio, acqua ossigenata,

⁷⁵ Per i dettagli si rimanda al modello concettuale elaborato nel presente studio (paragrafo 4.3.3).

solfato ferroso, ossigeno, azoto; 2) acque di trattamento e di lavaggio attrezzature, fanghi di depurazione, emissioni in atmosfera, polveri di centrifugazione, calore, rifiuti solidi.

I trasposti interni effettuati con carrelli elevatori, nastri trasportatori (tra unità di processo) implicano a loro volta consumi energetici e di materie prime (es. carburante, olii dei mezzi con motore ecc.). Lo stesso vale per i trasporti esterni. Anche i costi ambientali della produzione degli imballaggi (primari, secondari, terziari) forniti da terzi sono da includere come dato di tipo secondario.

La Figura 4.2 rappresenta una schematizzazione del processo di rigenerazione del PE appena descritto.

LINEA RIGENERAZIONE PE



Figura 4.2. Schema a blocchi del processo di rigenerazione del film plastico PE. (Elaborazione personale. Fonte: Dati primari dal riciclatore).

Alla produzione di SKRUTT sono destinati i granuli PE-LD FT08 in Figura 4.3.



Figura 4.3. Polimeri rigenerati (granuli) LDPE. (Fonte: IKEA - 2016).

I carichi di polimeri rigenerati inviati al produttore del deskpad IKEA rappresentano soltanto uno dei flussi in uscita all'impianto di riciclaggio. L'azienda ricicla infatti diversi materiali plastici offrendo alla fine quattro categorie di prodotti che ci limitiamo a citare: Film rigido A-PET, Film flessibili PE, Film rigido PET Relife[®], Polimeri rigenerati in PET, PE-LD, PE-HD e PP (granuli o scaglie)⁷⁶.

Poiché l'impianto usa linee di produzione differenti per i vari prodotti sopracitati a seconda della composizione del materiale (PET, PE, PP ecc.), durante la rigenerazione del PE non si formano co/sotto-prodotti. Tuttavia, ai fini della modellazione del sistema - finalità del presente lavoro di tesi - e del bilancio di massa ed energia (Inventario), vanno tenuti in considerazione anche i processi secondari correlati alla linea di riciclo del film plastico, non direttamente finalizzati alla produzione bensì alla gestione dei rifiuti e delle acque di processo. Perché i flussi di tali processi sono rilevanti ai fini del calcolo degli impatti della filiera del prodotto analizzato. Si tratta in particolare di:

⁷⁶ Maggiori informazioni su: <http://www.aliplastspa.com/>

Gestione degli scarti di produzione

Per scarti di produzione sono intesi sia i materiali estranei non oggetto di lavorazione, e separati nella prima fase di selezione manuale, sia i granuli estrusi “fuori specifica” e/o i “blocchetti” residuali di PE da pulitura e scarto dell’estrusore.

I materiali estranei sono avviati a riciclo, recupero energetico o smaltimento presso impianti terzi specializzati, a seconda della loro natura quindi della loro possibile destinazione. Escludendo i dati quantitativi che saranno oggetto di raccolta nella fase 2 di Inventario, purtroppo non è stato fornito, in questa prima fase del lavoro, il dettaglio di quali siano questi impianti e dove siano collocati geograficamente.

Gli scarti di produzione sensu stricto sono invece riutilizzati nel processo di rigenerazione, previo verifica qualitativa e nuova fusione, generando un flusso closed-loop interno.

Trattamento delle acque di lavaggio/processo

La ditta Aliplast possiede un impianto di depurazione chimico-fisica per il trattamento delle acque di processo. Il depuratore processa le acque di lavaggio a caldo del PET e le acque provenienti dal lavaggio di PE e PP, miscelate in maniera controllata. Una linea separata di trattamento è dedicata alle acque di risciacquo derivanti dalla produzione di PET. L’impianto lavora in autonomia, salvo la necessità di preparare e aggiungere additivi per la precipitazione dei sospesi, la flocculazione e il corretto funzionamento dello stesso (degradazione). Gli additivi in questione sono soda caustica, acqua ossigenata, solfato ferroso, ossigeno, azoto.

I reflui depurati in eccesso volumetrico sono poi scaricati in un canale superficiale, secondo le norme vigenti in materia di scarichi idrici industriali e con apposita autorizzazione.

Trattamento dei fanghi di depurazione

I fanghi in arrivo dalle diverse sezioni dell'impianto sono convogliati all'ispessitore fanghi, che ha la funzione di ispessire per gravità i fanghi estratti (che normalmente hanno un secco intorno all'1-2%) in modo da ottenere un secco del 4-5% prima del trasferimento alla vasca di stoccaggio.

Da questa vasca, che ha anche la funzione di omogeneizzazione, sono alimentati tramite pompe volumetriche due decanter centrifughi, i quali restituiranno l'acqua separata dalla fase solida alla vasca di omogeneizzazione della linea lavaggio, mentre i fanghi disidratati, tramite una coclea, saranno inviati al container di raccolta e infine smaltiti.

Acquisizione dei punti di raccolta e logistica

La rete logistica è in gran parte del riciclatore. Attualmente la raccolta avviene presso ditte private tramite oltre 650 presse verticali, 150 press container ed un centinaio di cassoni a cielo aperto, impiegando mezzi autorizzati. Operatori terzisti intervengono per conto del riciclatore dove per lui non è conveniente.

Tutti i trasporti sono effettuati con mezzi camion. Nel caso specifico della raccolta del trasporto dal riciclatore al produttore del sottomano finito, il mezzo più comunemente utilizzato è l'autoarticolato (bilico). Conoscere modalità e mezzi di trasporto è essenziale per la definizione dei flussi del sistema e per la caratterizzazione e quantificazione degli impatti.

Attualmente sono 9 i negozi IKEA italiani e 7 quelli francesi che conferiscono il film plastico PE ad Aliplast per la trasformazione in polimeri rigenerati.

Con riferimento al rifiuto raccolto presso gli IKEA Stores, e presso IKEA Distribution, il processo è il seguente:

- All'acquisizione di un nuovo punto di raccolta, viene effettuata una valutazione sulle esigenze logistiche del punto, sui quantitativi e sulla qualità del materiale - nel caso IKEA la situazione da un'unità all'altra è pressoché omogenea;
- Sulla base dell'analisi, viene posata alternativamente una pressa verticale o un press container;
- Se il materiale viene pressato in balle, il ritiro viene effettuato attraverso mezzi autorizzati, solitamente con ragno per caricare le balle, mentre i compattatori vengono sostituiti una volta pieni con attrezzature vuote (ai fini dell'analisi, questa seconda possibilità implica che il viaggio di andata sia scarico – con il compattatore vuoto). Per i punti dove per il riciclatore non è conveniente la raccolta diretta, al ritiro provvedono dei terzisti.

Osservazione 1: Materiali ausiliari nel processo, estrazione/produzione di risorse ed energia impiegate nella fase di riciclo, packaging, trasporti interni (all'impianto) ed esterni (tra impianto di riciclo e attori a monte o a valle della filiera) sono tutti elementi da inserire nel modello, e di cui tener conto nel bilancio di massa del sistema poiché la loro produzione/esistenza implica degli impatti.

Si deve distinguere allora tra processi di *foreground*⁷⁷ e processi di *background*⁷⁸ quando poi si parla di inclusioni/esclusioni in/dal sistema.

4.3.2.2 Produzione del sottomano SKRUTT

Il processo di produzione avviene presso uno degli impianti della ditta Fatra a.s., situato nel Sud-Est della Repubblica Ceca.

⁷⁷ Processi di primo piano, centrali nel ciclo di vita del prodotto, per i quali si ha accesso diretto alle informazioni. Definizione del termine nella Racc. 2013/179/UE (Commissione Europea, 2013).

⁷⁸ Processi di secondo piano nel ciclo di vita del prodotto, per i quali non si ha accesso diretto alle informazioni. Definizione del termine nella Racc. 2013/179/UE (Commissione Europea, 2013).

I materiali di input utili alla produzione sono:

- Materia prima seconda > polimeri LDPE rigenerati della fase precedente; provenienza Italia;
- Materia prima principale > polimeri EVA (Greenflex FC 45) da produzione primario (fonti fossili); provenienza Germania;
- Masters > Additivi quali pigmenti coloranti, plastificanti, lubrificanti ecc; provenienza Repubblica Ceca;
- Imballaggi primari, secondari e terziari, compresi etichette e nastri adesivi > per la conservazione e il trasporto dei vari materiali in ingresso e in uscita al macro-processo; provenienza Repubblica Ceca;
- Materiali ausiliari > attività lavaggio/manutenzione macchinari ecc.

Il diagramma in Figura 4.4 illustra le fasi del processo di produzione del sottomano da scrivania SKRUTT.

PRODUZIONE SKRUTT



Figura 4.4. Schema a blocchi del processo produttivo del sottomano SKRUTT. (Elaborazione personale. Fonte: dati primari dal produttore).

Processo produttivo

In ingresso alla linea di produzione le due tipologie di polimeri (LDPE e EVA) e i masters vengono miscelati nelle seguenti proporzioni percentuali in volume (% v/v): 48% circa granuli rigenerati + 48% granuli EVA + 1-4% masters. La miscela è dunque introdotta mediante sistema aspirante all'interno dell'estrusore che fonde le componenti a temperature di circa 180-200°C. Si ottiene un impasto plastico che viene introdotto mediante fessura in rulli meccanici strutturati in "ingranaggi" e collegati in serie per lo stampaggio dei fogli plastici che daranno vita al prodotto SKRUTT.

Lo stampaggio è un processo multi-step; infatti occorre una linea dedicata per il processo. Ad ogni passaggio (singolo cilindro o coppia) il materiale viene modellato (goffratura) e assottigliato (dimensionamento), e raffredda lentamente fino ad essere poi tagliato su misura in fogli plastici corrispondenti a 4 pezzi di prodotto finito.

Questi fogli sono pallettizzati e inviati alle fasi successive di taglio finale, confezionamento e stoccaggio.

Mescolamento ed estrusione avvengono nello stesso stabilimento, mentre taglio e confezionamento sono realizzati in un altro edificio adiacente al primo. Lo stoccaggio pure è fatto in edificio diverso dai precedenti.

In tutte le fasi della produzione vengono consumati, oltre ai materiali elencati all'inizio del paragrafo, energia elettrica, acqua, gas e carburante per i mezzi (eccetto quelli elettrici).

Logistica

In generale, stoccaggio in ingresso/uscita e produzione sono effettuati presso lo stesso impianto, caratterizzato da un complesso di edifici distanti tra loro non più di 150

metri. Le movimentazioni di materiali da uno stabilimento all'altro avvengono sia attraverso mezzi muletti (carrelli elevatori) che camion di piccole dimensioni.

La logistica in ingresso e in uscita è schematizzata in Figura 4.5.

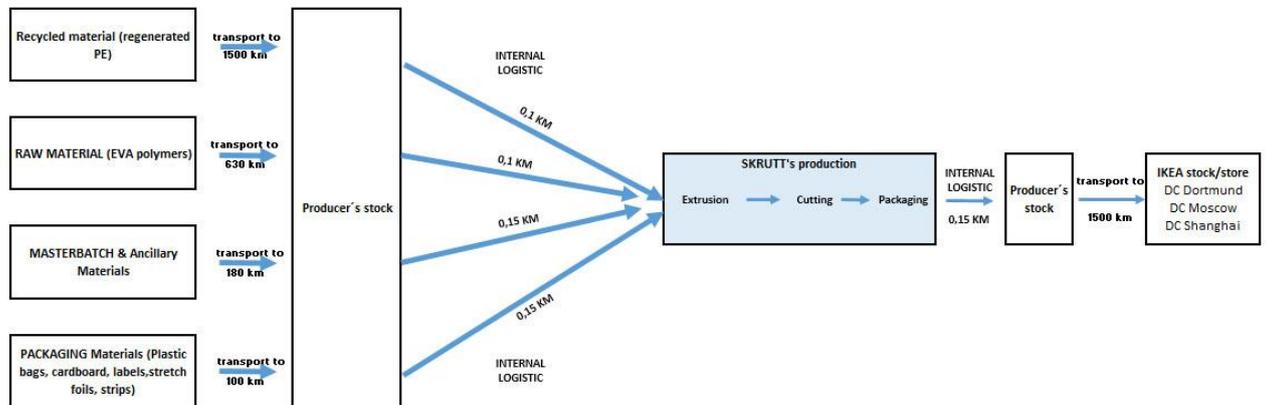


Figura 4.5. Logistica in ingresso e in uscita al processo di produzione del sottomano SKRUTT. (Elaborazione personale. Fonte: dati primari forniti dal produttore).

Osservazione 2: Anche per questa fase del ciclo di vita di SKRUTT vale quanto evidenziato nell'osservazione 1 nel sotto paragrafo 4.3.2.1. È tuttavia necessario comprendere come processo di *background* anche la produzione della materia prima (polimeri EVA), per la quale non è stato finora possibile l'accesso diretto alle informazioni.

4.3.2.3 Distribuzione (Retailing)

Al 31 dicembre 2015⁷⁹ il deskpad da scrivania SKRUTT viene distribuito in 28 paesi nel mondo (vedi Tabella 4.1). Non è infatti obbligatorio per tutte le unità nazionali IKEA averlo all'interno dell'assortimento di prodotti.

⁷⁹ Il dato attuale è rimasto praticamente uguale, salvo una distribuzione più capillare legata all'apertura di nuovi punti vendita IKEA nelle nazioni dove il prodotto è già parte dell'assortimento.

Dal produttore in Repubblica Ceca, il prodotto finito viene inviato nei Centri di Distribuzione IKEA (DC IKEA Centres) di Dortmund, Mosca e Shanghai, che riforniranno gli stores IKEA dei 28 paesi mappati in Figura 4.6.

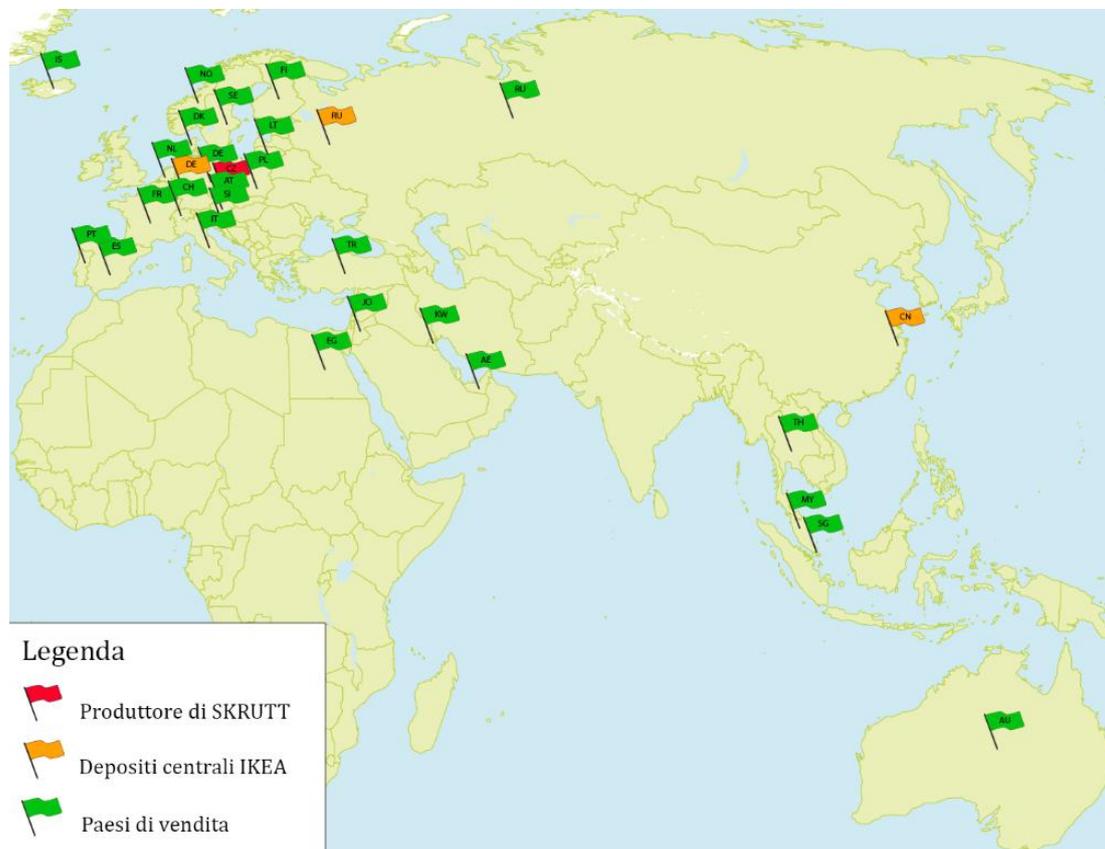


Figura 4.6. Distribuzione del sottomanico da scrivania SKRUTT (Elaborazione personale. Fonte dei dati: IKEA - 2016).

Conoscere la rete di distribuzione del sottomanico è essenziale perché i trasporti legati a questa fase sono un elemento di rilevanza da considerare nelle fasi successive per il calcolo degli impatti. Non sono ad oggi stati raccolti i dettagli sulle modalità (camion, treno, nave, intermodale, tipo di carburante) e i mezzi utilizzati per il trasporto da produttore ai suddetti Centri di distribuzione IKEA. È nota invece la distanza media tra il produttore e i depositi centrali IKEA che ricevono SKRUTT (1500 km).

4.3.2.4 Utilizzo e Fine Vita

La fase di utilizzo inizia nel momento in cui il deskpad SKRUTT è stata acquistata dal consumatore finale. In questa fase, se il prodotto viene usato secondo le condizioni indicate dal produttore, non vi sono particolari impatti da rilevare, se non il fattore “trasporti”. In questo caso, interessa capire dove il sottomanico viene utilizzato rispetto al punto di acquisto e le modalità con cui l’utente finale entra in possesso dello stesso. Ovvero: il cliente ha acquistato il deskpad in negozio? Come vi si è recato? Quanto dista lo store IKEA dal luogo di utilizzo del prodotto? L’acquisto è avvenuto tramite la vendita on-line? com’è stato consegnato il prodotto all’utente finale ecc.? Queste le domande da porsi. Nel caso specifico questi dati non sono facilmente ottenibili e può essere utile fare delle stime medie basate su indagini di mercato.

Con il fine vita si esaurisce la funzione svolta dal sistema-prodotto. Una volta usurato o non più desiderato, il sottomanico da scrivania SKRUTT può avere le seguenti destinazioni:

- Riciclo ad opera di impianti specializzati, previo raccolta differenziata del rifiuto e opportuna trasformazione. La composizione del prodotto – un mix quasi 50/50 di plastica polimerica EVA e PE, più 1-4% di masters - lo rende un difficile ma possibile candidato per essere nuovamente trasformato in MPS. Questo diventa possibile purché il sottomanico venga riciclato insieme ad altro materiale “puro” o con caratteristiche tali per cui il contenuto totale di plastica EVA (%p/p) risulti accettabile per garantire i requisiti di qualità della MPS ottenuta⁸⁰. Per i motivi appena detti, e per come è ad oggi organizzata la filiera del sottomanico, attualmente non è previsto e possibile re-introdurre lo SKRUTT giunto a fine vita nel suo stesso ciclo produttivo.

⁸⁰ Si tratta di ipotesi da verificare in sede di analisi quantitativa e testando plausibili scenari applicativi.

- Recupero energetico mediante incenerimento (o termovalorizzazione), nel rispetto delle norme vigenti.
- Smaltimento in discarica: opzione assolutamente da evitare se le precedenti sono applicabili.

In ogni caso, nell'analisi LCA andranno considerati i costi ambientali delle diverse opzioni e dei loro scenari applicativi.

La scelta della destinazione d'uso è dunque un aspetto da evidenziare, e dipende sia dall'educazione (sensibilità, informazione, accesso agli strumenti per...) dell'utente che dai sistemi territoriali di gestione dei rifiuti e dei prodotti usati, nei paesi in cui il sottomanico da scrivania SKRUTT viene venduta da IKEA.

4.3.3 *Confini del sistema*

Lo studio LCA del prodotto SKRUTT viene applicato secondo l'estensione *from cradle to gate*.

Per la definizione dei confini sono stati presi come riferimenti ufficiali:

- la Product Category Rule CPC 36 “Rubber and Plastics products” (The International EPD®System, 2009);
- il Documento Guida “General Programme Instructions For The International EPD® System” per la procedura di Dichiarazione Ambientale di Prodotto (The International EPD® System, 2015);
- la “Raccomandazione 2013/179/UE del 9 aprile 2013, relativa a relativa all'uso di metodologie comuni per misurare e comunicare le prestazioni ambientali nel corso del ciclo di vita dei prodotti e delle organizzazioni”. (Commissione Europea, 2013). L'Analisi dell'Impronta ambientale di Prodotto è spesso abbreviata PEF (dall'inglese: Product Environmental Footprint).

I documenti sopra elencati sono stati di utilità in assenza di una linea guida specifica per il prodotto analizzato. La lettura e consultazione di altri studi LCA su prodotti affini, o su processi analoghi⁸¹ a quelli inclusi nel sistema indagato hanno permesso di costruire un framework rappresentativo ed esauriente.

Sulla base della descrizione fornita nel precedente paragrafo, i flussi da considerare per la modellazione del sistema sono quelli riassunti in

1. FLUSSI DALL'AMBIENTE		
STEP CICLO DI VITA - MACROPROCESSO	INPUT DEL SISTEMA (RISORSE ED ENERGIA)	
PRODUZIONE MATERIE PRIME	petrolio, acqua, metano, minerali/metalli	
PRODUZIONE MATERIA PRIMA SECONDA	gas, petrolio, acqua, energia solare, calore terrestre (geoscambio)	
PRODUZIONE SOTTOMANO SKRUTT	gas, petrolio, acqua, energia	
TRASPORTI	petrolio, acqua, gas	
2. FLUSSI TECNOSFERA (INTERNI AL SISTEMA TECNOLOGICO STUDIATO)		
STEP CICLO DI VITA - MACROPROCESSO	INPUT	OUTPUT
PRODUZIONE MATERIE PRIME	etilen-vinil-acetato, additivi, en.elettrica	polimeri EVA
PRODUZIONE MPS	PE film, elettricità, gas, acqua, additivi e master, soda caustica, detergenti, agente flottante.	polimeri rigenerati LDPE, scarti riutilizzabili,
PRODUZIONE SOTTOMANO SKRUTT	polimeri rigenerati, polimeri EVA, master e additivi, materiali ausiliari	prodotto finito = sottomano SKRUTT, scarti riutilizzabili
TRASPORTI	carburante, elettricità, olii lubrificanti	
FINE VITA	sottomano SKRUTT usurato	prodotto usurato destinabile a recupero, riciclo, smaltimento
3. FLUSSI NELL'AMBIENTE		
STEP CICLO DI VITA - MACROPROCESSO	OUTPUT DEL SISTEMA (CARICHI AMBIENTALI)	
PRODUZIONE MATERIE PRIME	rifiuti solidi, acque reflue, emissioni (aria, acqua, suolo), rumore, calore ecc.	
PRODUZIONE MPS	rifiuti solidi, acque reflue, emissioni (aria, acqua, suolo), rumore, calore ecc.	
PRODUZIONE SOTTOMANO SKRUTT	rifiuti solidi, acque reflue, emissioni (aria, acqua, suolo), rumore, calore ecc.	
TRASPORTI	emissioni in atmosfera, rifiuti liquidi e solidi	
FINE VITA	sottomano SKRUTT usurato (rifiuto)	

NOTA: sono stati esplicitati solo i flussi dei macroprocessi principali (foreground). Dati dei processi secondari (background) incerti.

Tabella 4.5 Flussi del sistema-prodotto SKRUTT. (Elaborazione personale. Fonte: dati primari e secondari da filiera).

Sono esclusi dai confini del sistema i seguenti elementi:

- flussi di materiali con un peso minore all'1% sul totale del peso del prodotto, compreso l'imballaggio;
- fabbricazione di macchinari e attrezzature con una durata di vita superiore ai 3 anni;

⁸¹ Per esempio: "Analisi LCA dei possibili scenari di smaltimento delle materie plastiche" (Ferrari, 2005).

- edifici, impianti e infrastrutture, e altro capitale materiale;
- attività di manutenzione con frequenza superiore ai 3 anni;
- viaggi del personale dall'abitazione al luogo di lavoro;
- prove di laboratorio; le attività di ricerca e sviluppo;
- attività di marketing, pubblicità.

Allo stato di fatto del presente lavoro di tesi i criteri di esclusione/inclusione seguono le linee guida di PEF e PCR, e le conoscenze derivate da dati di letteratura.

Tuttavia è doveroso precisare che eventuali ulteriori cut off o inclusioni potranno essere effettuati solo a seguito dell'esecuzione delle fasi 2 e 3 (inventario e valutazione degli impatti) dell'LCA. In tali fasi sarà possibile e opportuno verificare le assunzioni fatte in questo stadio di modellazione del sistema.

Infine, la Figura 4.7 rappresenta il modello concettuale del sistema (o "Diagramma di flusso preliminare"), elaborato in conformità agli obiettivi del presente lavoro di tesi finalizzato alla costruzione del framework per l'analisi quantitativa della LCA sul prodotto SKRUTT.

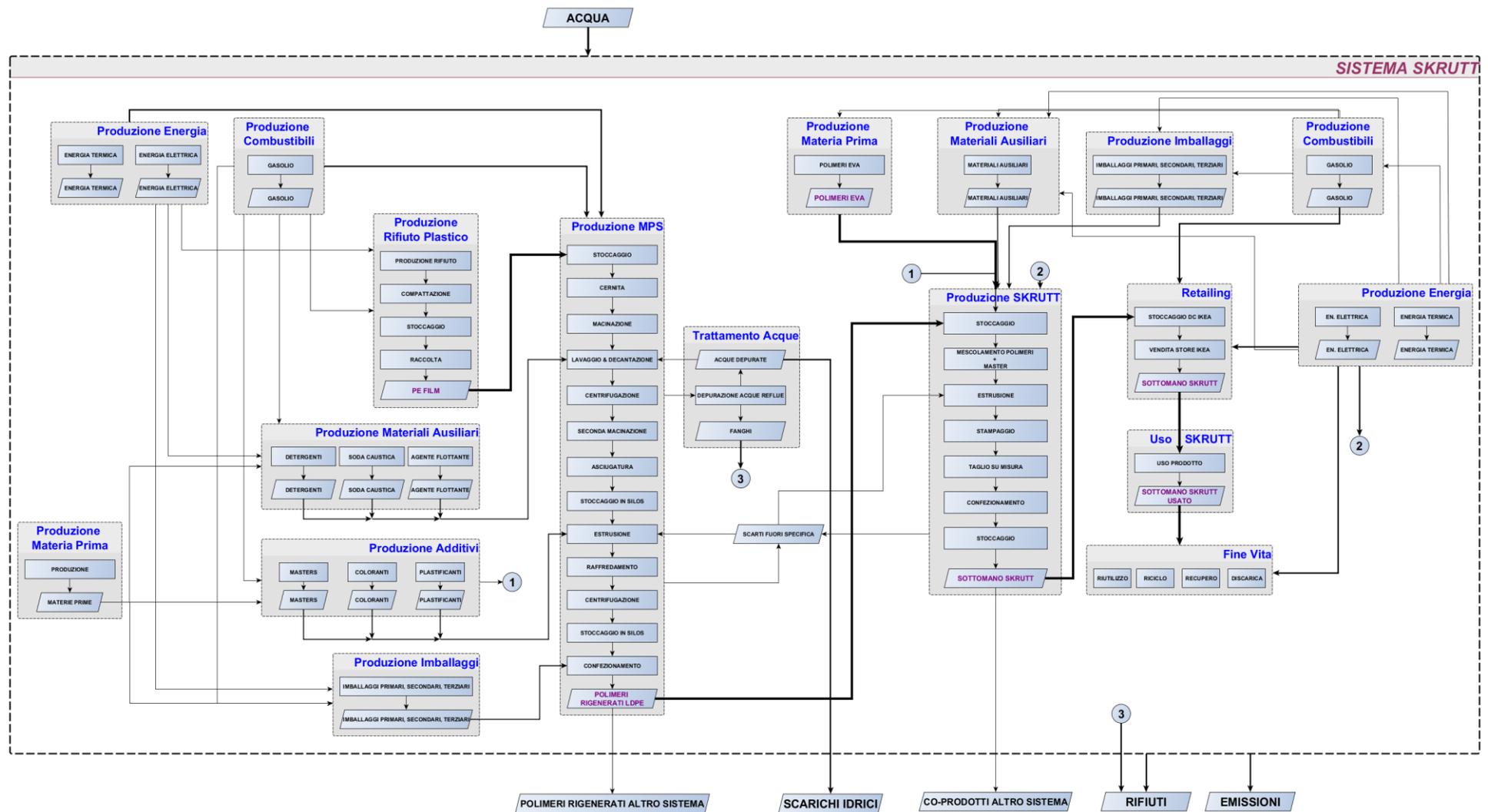


Figura 4.7 Modello concettuale del sistema-prodotto SKRUTT. (Elaborazione personale. Costruzione del framework per l'analisi).

4.3.4 Tipo e requisiti di qualità dei dati

Per il presente lavoro si tesi sulla parte di framework LCA, i dati raccolti sono stati di tipo primario l'analisi qualitativa dei processi di filiera (vedi paragrafo 4.1.2) e buona parte dei dati riferiti a IKEA dei capitoli 1 e 2, secondario per le parti concernenti l'Economia circolare in generale, la metodologia LCA e informazioni di sistema non reperibili presso i fornitori.

Nelle fasi successivi dello studio LCA sul prodotto SKRUTT saranno sempre prediletti i dati *site-specific* quando disponibili rispetto ai dati presi da letteratura o derivanti da statistiche, stime e database commerciali.

Copertura temporale: L'analisi si concentra sulla finestra temporale relativa all'anno solare di produzione 2015. Pertanto, il framework elaborato si basa sullo stato di fatto del periodo indicato – anche se sono stati e saranno richiesti ed esaminati anche dati correnti e di forecast. Per il bilancio degli input/output di sistema si terrà sempre conto dei dati riferiti all'anno 2015, a meno di non doversi riferire ad un arco temporale più ampio o minore per motivi quali la durata dei processi o la numerosità e rappresentatività dei records.

Copertura spaziale (geografica): gli input/output sono sempre riferiti alla collocazione spaziale del processo di riferimento. Pensando al fabbisogno energetico della fase di rigenerazione del PE (produzione MPS), per esempio, sarà necessario esaminare la/le fonte/i di approvvigionamento. Molto probabilmente il mix energetico europeo sarà la scelta risultante più affine da fare, considerando anche fattori quali la completezza e il continuo aggiornamento delle banche dati. Per la produzione si terrà conto del contesto della Repubblica Ceca.

Copertura tecnologica: Andranno censiti mezzi e tecnologie impiegati nei vari step del ciclo di vita, per capire quali performance attribuire al loro utilizzo nel processo. In assenza di dati diretti da parte dei fornitori di filiera, sarà utile riferirsi ai dati secondari sul livello tecnologico medio per settore tipico per luogo in cui avviene un determinato processo del ciclo di vita.

Andando avanti nello studio sarà possibile effettuare analisi di sensitività e incertezza sui dati per verificarne la consistenza. Criteri per la verifica della qualità dei dati si trovano nella Raccomandazione PEF (Commissione Europea, 2013).

4.3.5 Selezione delle categorie di impatto

In assenza di una PCR specifica che faccia riferimento alla categoria merceologica analizzata, per la definizione delle categorie, di nuovo, sono state utilizzate la PCR Basic della CPC (Category Product Code) 36: “Rubber and Plastics products” (The International EPD®System, 2009) e la Raccomandazione PEF (Commissione Europea, 2013). Vengono selezionate tutte le categorie raccomandate dalla PEF e riportate con i relativi modelli in Tabella 4.6. Le 14 categorie lavorano su midpoint target.

Tabella 2

categorie di impatto dell'impronta ambientale predefinite (con i rispettivi indicatori di categoria di impatto dell'impronta ambientale) e modelli di valutazione di impatto dell'impronta ambientale per gli studi sulla PEF

Categoria di impatto dell'impronta ambientale	Modello di valutazione di impatto dell'impronta ambientale	Indicatori di categoria di impatto dell'impronta ambientale	Fonte
Cambiamenti climatici	Modello di Berna - Potenziali di riscaldamento globale in un arco temporale di 100 anni.	kg CO ₂ equivalente	Gruppo intergovernativo sui cambiamenti climatici, 2007
Riduzione dello strato di ozono	Modello EDIP basato sui potenziali di riduzione dello strato di ozono dell'Organizzazione meteorologica mondiale (OMM) in un arco di tempo infinito.	kg di CFC-11 (*) equivalente	OMM, 1999
Ecosistività per ambiente acquatico di acqua dolce	Modello USEtox	CTUe (unità tossica comparativa per gli ecosistemi)	Rosenbaum et al., 2008
Tossicità per gli esseri umani - effetti cancerogeni	Modello USEtox	CTUh (unità tossica comparativa per gli esseri umani)	Rosenbaum et al., 2008
Tossicità per gli esseri umani - effetti non cancerogeni	Modello USEtox	CTUh (unità tossica comparativa per gli esseri umani)	Rosenbaum et al., 2008
Particolato/smog provocato dalle emissioni di sostanze inorganiche	Modello RiskPoll	kg di PM _{2,5} (**) equivalente	Humbert, 2009
Radiazione ionizzante - effetti sulla salute umana	Modello di effetti sulla salute umana	kg di U ²³⁵ equivalente (nell'aria)	Dreicer et al., 1995
Formazione di ozono fotochimico	Modello LOTOS-EUROS	kg di NMVOC (***) equivalente	Van Zelm et al., 2008 applicato in ReCiPe
Acidificazione	Modello di superamento accumulato	moli di H ⁺ equivalente	Seppälä et al., 2006; Posch et al., 2008
Eutrofizzazione - terrestre	Modello di superamento accumulato	moli di N equivalente	Seppälä et al., 2006; Posch et al., 2008
Eutrofizzazione - acquatica	Modello EUTREND	acqua dolce: kg di P equivalente acqua di mare: kg di N equivalente	Struijs et al., 2009 attuato in ReCiPe
Impoverimento delle risorse - acqua	Modello svizzero per la scarsità ecologica	uso di m ³ di acqua connesso alla scarsità locale di acqua	Frischknecht et al., 2008
Impoverimento delle risorse - minerali, fossili	Modello CML2002	kg di antimonio (Sb) equivalente	van Oers et al., 2002
Trasformazione del terreno	Modello della materia organica contenuta nel suolo	Kg (deficit)	Milà i Canals et al., 2007

(*) CFC-11 = triclorofluorometano, noto anche come freon-11 o R-11, è un clorofluorocarburo.
(**) PM_{2,5} = particolato con un diametro pari o inferiore a 2,5 µm.
(***) NMVOC = composti organici volatili non metanici

Tabella 4.6 Categorie di impatto tratte dalla Raccomandazione PEF (Commissione Europea, 2013) e selezionate per lo studio in via preliminare.

4.3.6 Assunzioni, limitazioni e ipotesi

- Si assume in questo stadio dell'LCA che le categorie di impatto selezionate siano tutte importanti; la loro effettiva rilevanza sarà verificata in seguito, post quantificazione degli input-output e valutazione degli impatti calcolati;
- Tuttavia attingendo a dati di letteratura si evince che i processi con maggior impatto ambientale sono connessi alle fasi di produzione delle materie prime e seconde, e di trasporto. Per il settore plastico questo equivale ad aree di impatto asservibili a un gruppo più limitato (rispetto alla Tabella 4.6) di categorie così come definito nella PCR CPC 36: *Riscaldamento Globale Potenziale* (GWP su 100 anni), *Riduzione dello strato di ozono* (ODP) espresso in kg di CFC-11 equivalente (su 20 anni), *Formazione di ozono fotochimico* in kg di C₂H₄ equivalente, *Acidificazione* in kg di SO₂⁻ equivalente, *Eutrofizzazione* acquatica in kg di PO₄⁻ equivalente e *Impoverimento delle risorse fossili* in kg di Antimonio equivalente. Questa ipotesi andrà anch'essa verificata.
- Per i trasporti, a questo stadio dell'analisi si ipotizza di inserire tutti i trasporti logistici (esclusi quelli del personale, tratta casa-lavoro) in ingresso e in uscita ad ogni singola unità di processo; quindi anche le movimentazioni interne ad uno stesso impianto, con la clausola di verificare a posteriori mediante analisi di sensibilità l'effettiva rilevanza o meno di alcuni trasporti;
- Sempre per i trasporti, si ipotizza di non poter utilizzare la capacità di carico massima del mezzo impiegato ma un indice pari all'80 % (dato medio convenzionale) della capacità totale del mezzo;
- Un limite associabile al modello elaborato è la limitata mole di dati raccolti durante il periodo febbraio-giugno 2016 definito per il progetto, la loro incompletezza (in certi casi) e la natura quasi esclusivamente qualitativa degli stessi.

- Per suddetto motivo, laddove possibile si è ovviato con la ricerca di dati di letteratura che fossero sufficientemente rispondenti alla realtà modellata.

4.4 Risultati: discussione del modello

Il modello concettuale elaborato (Figura 4.7- paragrafo 4.3.3) si riferisce all'anno solare 2015 ed è frutto di una analisi puntuale della filiera del sottomano da scrivania SKRUTT, commercializzato dalla multinazionale svedese IKEA.

La flowchart che ne deriva mostra la complessità del sistema indagato, sia in termini di estensione spaziale che di struttura articolata. Il rifiuto plastico (PE film da imballaggi) trasformato in nuova materia prima seconda per la produzione dell'oggetto SKRUTT è generato in Italia e altri 8 Stati europei, all'interno di diverse realtà aziendali tra cui alcuni dei negozi e depositi IKEA di Francia e Italia. Il PE film viene riciclato in polimeri rigenerati LDPE presso un unico impianto in Veneto, dunque i granuli siffatti inviati in Repubblica Ceca al fornitore di IKEA che produce il sottomano. La produzione avviene in un unico posto, ma le materie prime e ausiliarie di input provengono sia dal paese dove nasce SKRUTT sia da altre nazioni (per lo più europei). Il deskpad dal produttore giunge ai 3 depositi centrali IKEA di Dortmund (GE), Mosca (RU) e Shanghai (CN), pronti per essere distribuiti negli store IKEA di 28 paesi (Figura 4.6).

Nel modello sono state incluse di tutte le fasi del ciclo di vita del prodotto così come riportato Figura 4.1; questo dimostra la coerenza e la conformità del modello con gli obiettivi dello studio LCA. I confini del sistema sono stati definiti in maniera da includere tutti i processi e i flussi ritenuti rilevanti ai fini dell'analisi, secondo quanto

stabilito dalla PCR CPC 36⁸² e dalla Raccomandazione PEF⁸³. Si è scelto di comprendere nel sistema anche i processi di cui non si conoscono i dettagli in termini di singole unità di attività, al momento del presente lavoro di tesi. Questi sono: la produzione della materia prima principale (polimeri in plastica EVA), la produzione degli imballaggi ed etichette essenziali per il confezionamento e il trasporto dei prodotti intermedi o finiti, quella di additivi e materiali ausiliari. La scelta è motivata dal fatto che i dati potranno essere quasi certamente acquisiti nella fase successiva dello studio, siano essi direttamente accessibili all'esecutore dell'analisi o disponibili come dati secondari, tratti da letteratura e/o da database.

In effetti, in questa fase di costruzione del framework è risultato di particolare importanza inserire quanto maggior dettaglio possibile (purché consistente), nei limiti delle fonti, degli strumenti e del tempo a disposizione.

Inoltre, l'unità funzionale del sistema-prodotto è stata definita in modo che i risultati futuri dei due LCA eseguiti su SKRUTT (studio corrente) e sul suo "gemello" PROJS (produzione convenzionale) siano confrontabili. Non è infatti possibile comparare sistemi con funzioni e/o unità funzionali diverse.

Riguarda agli impatti, si è assunto di includere nella valutazione LCIA tutte e 14 le categorie raccomandate dalla PEF per la Dichiarazione Ambientale di Prodotto, ipotizzando tuttavia di poter ridurre il numero alle seguenti categorie principali: Riscaldamento Globale Potenziale, Riduzione dello strato di ozono, Formazione di ozono fotochimico, Acidificazione, Eutrofizzazione acquatica e Impoverimento delle risorse fossili.

⁸² "Rubber and Plastics products". <http://www.environdec.com/>.

⁸³ PEF: Product Environmental Footprint; Raccomandazione 2013/179/UE (<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX%3A32013H0179>).

Sono state fatte considerazioni preliminari sui cut-off, decidendo di escludere dall'analisi quantitativa tutti i flussi di materiali con un peso inferiore all'1% sul totale del peso del prodotto, compreso l'imballaggio. Sono però stati inclusi tutti i trasporti e le movimentazioni su piccola scala. Tra queste appare sin da subito interessante differenziare le modalità. Per esempio, una gestione del rifiuto plastico con press-container si diversifica da una gestione con pressa verticale per il solo fatto che nel secondo caso sono previste movimentazioni frequenti delle balle di materiale per il loro stoccaggio (giornaliere, 2-3 volte a settimana) in punto diverso dalla produzione, mentre con il compattatore scarrabile ciò non è richiesto. Di contro, il ritiro del press-container pieno implica un viaggio vuoto all'andata, mentre il ritiro del film plastico pressato in balle permette carichi ottimizzati.

Al di là dei limiti del modello, associabili allo stadio "precoce" dell'analisi e ad alcune necessarie semplificazioni, questa prima analisi qualitativa ha permesso di elaborare alcuni spunti di riflessione su:

- la gestione degli scarti di produzione e degli imballaggi nei due macroprocessi produttivi della filiera di SKRUTT, ovvero il riciclo e la produzione;
- l'ipotesi di accorpare suddetti macroprocessi in un unico impianto di produzione per ridurre ulteriormente gli impatti della logistica ramificata; ad oggi il produttore possiede già la capacità (know-how e tecnologie) di produrre i polimeri plastici usati nella produzione del sottomano, compresi granuli da rifiuto plastico;
- il fine vita del sottomano SKRUTT. Ad oggi questa scelta è in capo all'utente finale e agli attuatori (pubblici e privati) dei sistemi di gestione dei rifiuti sul territorio. Ma nell'ottica dell'up-grading verso un'economia ancora più circolare, potrebbe essere interessante valutare la riciclabilità del prodotto giunto a fine vita all'interno del sistema produttivo IKEA (perché no nella stessa filiera di

SKRUTT). SKRUTT è un buon candidato per il recupero energetico. Ma i mix di materiali non sono facilmente riciclabili e favoriscono processi di down-recycling, certamente preferibili allo smaltimento in discarica ma forse non adatti e convenienti a sistemi closed-loop che mirano alla massima efficienza.

In conclusione, il modello elaborato fornisce un quadro esauriente del sistema studiato e permetterà di impostare gli step analitici successivi dello studio LCA.

I prossimi passi da compiere oltre il presente lavoro di tesi riguardano il completamento delle fasi di analisi quantitativa (inventario e valutazione degli impatti) e l'interpretazione del ciclo di vita di SKRUTT.

5 CONCLUSIONI

IKEA si è posta come obiettivo la comparazione dei risultati che si otterranno dal Life Cycle Assessment applicato al deskpad SKRUTT (50% plastica riciclata LDPE, 50 % plastica EVA da materie vergini) con l'LCA del suo "gemello" funzionale PROJS, prodotto in maniera convenzionale (100% da materie prime vergini). Il fine è verificare la validità delle scelte di business attuate nell'ottica della sostenibilità ambientale. Nello specifico, lo studio LCA applicato al sottomano da scrivania SKRUTT mira in ad individuare punti di miglioramento all'interno della filiera, per quanto concerne l'efficienza energetica, l'efficienza nell'uso delle risorse e l'efficienza nella logistica della filiera. Lo scopo è elaborare eventuali proposte per rendere più efficiente la produzione in chiave "closing the loop" e valutare l'estendibilità dell'esperienza attuale ad altre categorie di rifiuto/prodotto, con particolare focus sulla frazione plastica.

Il presente lavoro di tesi ha avuto l'obiettivo di costruire il framework per l'analisi degli impatti ambientali del sistema-prodotto SKRUTT, attraverso l'applicazione della tecnica Life Cycle Assessment. L'LCA esamina l'intero ciclo di vita di SKRUTT in un'ottica "dalla culla alla tomba", ovvero dall'estrazione delle materie prime e seconde, alla produzione e la distribuzione, all'utilizzo fino al fine vita del prodotto (Figura 4.1). È stata condotta una attenta analisi della filiera del deskpad IKEA, ponendo particolare focus sul processo di produzione della materia prima seconda (MPS), ottenuta a partire dal rifiuto plastico (film in polietilene da imballaggi) generato nei negozi IKEA (e non solo), rivalorizzato e trasformato in nuova risorsa (polimeri rigenerati in LDPE) impiegata nella produzione del sottomano. Il ciclo produttivo presenta per questo motivo una struttura di tipo closed-loop.

Il lavoro di ricerca è stato svolto da febbraio a giugno 2016, nell'ambito di un tirocinio formativo condotto in IKEA Italia Retail S.r.l, con la collaborazione del Dipartimento di Economia dell'Università di Pisa e il supporto consultivo di un membro del LCA-Lab del Centro ENEA di Bologna.

Dopo una prima parte di approfondimento sullo sviluppo e sui modelli dell'Economia Circolare, seguita dalla uno studio intenso e dalla partecipazione ad un Corso Base per l'acquisizione della metodologia LCA, si è passati all'impostazione dell'analisi LCA vera e propria. La stesura dei questionari per la raccolta dati preliminare, e quella che verrà eseguita per le fasi di analisi quantitative successive, è stato uno step fondamentale del lavoro. I dati sono stati raccolti all'interno de team group IKEA che lavora sul progetto *Resource Chain*, ramo applicativo dell'economia circolare in IKEA, e presso i fornitori (riciclatore e produttore del sottomano). Dati e informazione sono stati organizzati e analizzati per delineare la struttura della filiera, includendo tutti

i processi di foreground e buona parte dei processi di background (processi secondari quali la produzione degli imballaggi) come richiedono le ISO 14040 e 14044.

Si è così ottenuto il *modello concettuale* (flow chart diagram - Figura 4.7) del sistema indagato, uno dei risultati attesi del presente lavoro. Il diagramma è costruito a partire dai dati riferiti all'anno di produzione 2015.

I confini del sistema sono stati definiti in maniera da includere tutti i processi e i flussi ritenuti rilevanti ai fini dell'analisi (Figura 4.1), secondo quanto stabilito dalla Product Category Rules CPC 36 ("Rubber and plastics products") e dalla Raccomandazione PEF presi come riferimenti. L'unità funzionale del sistema-prodotto è stata definita in modo che i risultati futuri dei due LCA eseguiti su SKRUTT (studio corrente) e sul suo "gemello" PROJS (produzione convenzionale) siano confrontabili.

Inoltre, sono state selezionate le categorie di impatto per la valutazione del ciclo di vita, includendo tutte e 14 quelle raccomandate dalla PEF per la Dichiarazione Ambientale di Prodotto, ipotizzando tuttavia di poter ridurre il numero alle seguenti categorie principali: Riscaldamento Globale Potenziale, Riduzione dello strato di ozono, Formazione di ozono fotochimico, Acidificazione, Eutrofizzazione acquatica e Impoverimento delle risorse fossili.

Alla luce dell'analisi qualitativa preliminare effettuata, l'articolazione della filiera-prodotto di SKRUTT appare in linea con i principi dell'economia circolare perseguiti da IKEA, rappresentando un ottimo esempio di attuazione della propria strategia di sostenibilità People and Planet Positive. Inoltre, il modello di business IKEA è coerente con il Piano d'Azione dell'Unione europea per l'economia circolare – COM (2015) CE 614 final del 2 dicembre 2015 – e con il VII Programma di Azione Ambientale europeo (European Commission, 2013) che mirano ad un uso più razionale ed eco-compatibile delle risorse secondo i principi dello sviluppo sostenibile.

Per quanto concerne il modello concettuale elaborato, questo rivela la complessità del ciclo di vita esaminato e la notevole estensione spaziale del sistema indagato. Seppure infatti il nucleo produttivo di SKRUTT si trova in Europa, il prodotto finito viene poi distribuito in 28 paesi, anche extraeuropei.

In generale, pur presentando il modello alcuni limiti, associabili sia allo stadio “precoce” dell’analisi che ad alcune necessarie semplificazioni, è possibile fare le seguenti osservazioni:

- L’attività ha presentato un certo livello di complessità in quanto gli stakeholder coinvolti sono dislocati in diversi Paesi europei e le informazioni necessarie per la ricerca erano disponibili in formato differenti e talvolta incompleti;
- Allo stato attuale dello studio non è possibile trarre conclusioni quantitative in merito agli impatti generati dalla filiera di SKRUTT, né impostare paragoni con l’altro sottomano PROJS prodotto in maniera convenzionale;
- Necessitano di ulteriori approfondimenti la gestione degli scarti di produzione e la gestione degli imballaggi lungo la filiera in quanto non è stato ottenuto il dettaglio richiesto per l’analisi; per esempio potrebbe essere interessante capire se questi vengano riutilizzati lungo la filiera o meno - come nel caso del riciclatore che ricicla entrambi nel proprio processo quando fattibile;
- Inoltre, si riportano alcune riflessioni critiche e considerazioni sulla filiera studiata:
 - ✓ Si evidenzia l’ipotesi di poter prevedere un accorpamento dei due macroprocessi di riciclo e produzione in un unico impianto per ridurre ulteriormente gli impatti della logistica ramificata; ad oggi il produttore possiede già la capacità di produrre i polimeri plastici usati nella produzione del sottomano, compresi granuli da rifiuto plastico;

- ✓ La gestione del fine vita del sottomano, oggi demandata totalmente a terzi (utente finale e sistemi di gestione dei rifiuti territoriali), potrebbe essere una fase del ciclo di vita su cui puntare per un up-grading verso una economia ancora più circolare. Potrebbe essere opportuno valutare la riciclabilità del prodotto usato all'interno dei cicli produttivi IKEA e la re-integrazione dei flussi all'interno della stessa filiera di SKRUTT;
- ✓ Infine, l'analisi sia di filiera che di letteratura mostrano la crescita di IKEA quanto a impegno nel settore della circular economy; ad oggi il 35% circa delle unità IKEA (store e depositi) in Europa compatta il PE film in balle di materiale mediante l'uso di presse verticali e lo conferisce a riciclatori specializzati. Italia e Francia sono le nazioni che partecipano direttamente fornendo il maggior contributo al progetto *Closing the loop-RC* per la produzione di SKRUTT. IKEA sta portando avanti l'up-scaling nell'applicazione della *circular economy* pianificato (Figura 2.3): è infatti previsto l'ingresso nel progetto SKRUTT (e non solo) di un numero sempre crescente di negozi e depositi IKEA. Pertanto, sarà man mano necessario revisionare il modello ad ogni modifica influente del sistema.

Concludendo, si può affermare che il modello concettuale elaborato risulta coerente con gli obiettivi dello studio e fornisce un quadro aggiornato della filiera-prodotto SKRUTT, attraverso cui è stato possibile “mappare” i punti critici dei potenziali impatti ambientali che saranno oggetto di valutazione nelle fasi successive dello studio.

RINGRAZIAMENTI

Un grazie sincero va al Dott. Bo Magnus Andersson per l'opportunità e la fiducia datemi. Vorrei ringraziare il Dott. Stefano Brown e la Prof.ssa Angela Tarabella per avermi indirizzata all'argomento e seguita con dedizione e professionalità durante l'attività di tirocinio e la stesura della tesi. Un grazie al Prof. Luzzati per la disponibilità e i preziosi consigli, e alla Dott.ssa Germana Olivieri dell'LCA-Lab di ENEA Bologna per il supporto fornito. Ringrazio inoltre il Gruppo di Lavoro del progetto Resource Chain di IKEA, la Dott.ssa Victoria Maria Miglietti e la Dott.ssa Marianna Fabiani di IKEA, e tutto il personale IKEA che mi ha supportato durante il progetto. Un grazie al Dott. Alessandro Stocco di Aliplast S.p.a. e alla Dott.ssa Lenka Hromádníková di Fatra a.s. per la disponibilità dimostrata durante l'analisi e la raccolta dati.

Un grazie di cuore va a tutte le persone che durante questo periodo mi hanno sostenuta, sopportata e incoraggiata. Grazie agli amici, vicini e lontani, vecchi e nuovi. A Maria Teresa e Maria che non smettono di inseguire i loro sogni con grande determinazione. Grazie a Stefano, la mia roccia, per il sostegno, l'affetto, la pazienza e la sua singolare capacità di arricchire ogni momento trascorso insieme. Grazie infine a tutta la mia famiglia per aver creduto in me in tutti questi anni: a Voi dedico questo lavoro!

ABBREVIAZIONI

3R principles: Reuse, Reduce, Recycle

CtL: Closing-the-Loop - Cicli chiusi di materiali (Flussi ed energia)

DC (IKEA): Distribution Centre – Centri di Distribuzione (diverso dai negozi IKEA)

EC: Economia Circolare

EPA: US Environmental Protection Agency

EPD: Environmental Product Declaration (The International EPD® System, 2015)

EVA: Etilen-vinil-acetato

GHGs: Green House Gases

HDPE (o PEHD): High Density Polyethylene – polietilene a elevata densità

IES-JRC: Institute for Environmental and Sustainability- Joint Research Center

ILCD Handbook: International Reference Life Cycle Data System Handbook
(EuropeanCommission-JRC-EIS, 2010)

IPCC: International Panel on Climate Change

ISO: International Organization for Standardization

LCA: Life Cycle Assessment – Valutazione del Ciclo di Vita (ISO, UNI EN ISO
14040:2006, 2006)

LCC: Life Cycle Costing

LCI: Life Cycle Inventory (ISO, UNI EN ISO 14040:2006, 2006)

LCIA: Life Cycle Impact Assessment (ISO, UNI EN ISO 14040:2006, 2006)

LCT: Life Cycle Thinking

LDPE (o PELD): Low Density Polyethylene – polietilene a bassa densità

MPS: Materia Prima Seconda

PCR: Product Category Rules (The International EPD® System, 2015)

PCS: Produzione e Consumo Sostenibile (Finzi, Luciani, & Masoni, 2012)

PEF: Product Environmental Footprint (Commissione Europea, 2013)

PPP: People and Planet Positive Strategy (IKEA Group, 2012)

RC-project: Resource Chain project (IKEA Group, 2015)

REPA (Indagini): Resource and Environmental Profile Analysis

SETAC: Society of Environmental Toxicology and Chemistry

UNEP: United Nations for Environmental Programme

UN-WCED: United Nation's World Commission on Environment and Development

RIFERIMENTI

- Aminoff, A., & Outi, K. (2016, Aprile). Sustainable Design and Manufacturing 2016. *Sustainable Supply Chain Management in a Circular Economy—Towards Supply Circles*, 52. Grecia: Springer. Tratto il giorno agosto 2016 da https://www.researchgate.net/publication/304569712_Sustainable_Supply_Chain_Management_in_a_Circular_Economy-Towards_Supply_Circles
- Baldo, G. L., & alii. (2005). *Analisi del ciclo di vita LCA. Materiali, prodotti, processi*. Milano: Edizioni Ambiente.
- Bouestead, I., & Hancock, G. (1979). *Handbook of industrial Energy Analysis*. Chichester, West Sussex, England: Hellis Horwood Limited.
- Cellura, M. (2016, Giugno 13-15). IV Corso Base LCA. *Life Cycle Inventory (LCI) : analisi dei metodi process-based e matriciali*. (R. I. LCA, A cura di) Bologna, Italia.
- Commissione Europea. (2013, Aprile 9). Raccomandazione 2013/179/UE. *GUIDA SULL'IMPRONTA AMBIENTALE DEI PRODOTTI (PEF)*, 210. Tratto da <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX%3A32013H0179>
- Consiglio nazionale della Green Economy. (2015). Stati Generali della Green Economy 2015. *Documento Programmatico. Gruppo di lavoro "Materiali, rifiuti ed economia circolare"*. Tratto da <http://www.statigenerali.org/documenti/>
- Cutaia, L., & Morabito, R. (2012, Giugno). Verso la green economy: strategie, approcci e opportunità tecnologiche. Ruolo della Simbiosi industriale. *Energia, Ambiente e Innovazione(I-2012)*, 44-49. Tratto il giorno ottobre 2016 da

<http://www.enea.it/it/pubblicazioni/EAI/anno-2012/verso-la-green-economy/ruolo-della-simbiosi-industriale-per-la-green-economy>

Ellen McArthur Foundation. (2012). Towards the Circular Economy. *Towards the Circular Economy: An economic and business rationale for an accelerated transition*, 1, 96. Tratto il giorno settembre 13, 2016 da <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>

Ellen McArthur Foundation. (2015). *CE100*. Tratto da Ellen McArthur Foundation: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/ce100>

Ellen McArthur Foundation. (2015). *Circular Economy*. Tratto da Ellen McArthur Foundation: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/interactive-diagram>

Ellen McArthur Foundation. (2015, Dicembre). *Towards a Circular Economy: Business Rationale for an Accelerated Transition*. Tratto da https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/TCE_Ellen-McArthur-Foundation-9-Dec-2015.pdf

Ellen McArthur Foundation. (2016). *The New Plastics Economy. Rethinking The Future of Plastics*. Tratto da <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/programmes/business/new-plastics-economy>

EPA. (2016, April). *EPA US Environmental Protection Agency*. Tratto il giorno Settembre 2016 da Climate Change Indicators: Atmospheric Concentrations of Greenhouse Gases: <https://www.epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-atmospheric-concentrations-greenhouse-gases>

- European Commission. (2013). *EU laws and publications*. Tratto da Eur-lex. Programma generale di azione dell'Unione in materia di ambiente fino al 2020 «Vivere bene entro i limiti del nostro pianeta»: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX%3A32013D1386>
- European Commission. (2014). *EU laws and publications*. Tratto da Eur-lex. Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe /* COM/2014/0398 final */: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52014DC0398>
- European Commission. (2016). *European Commission*. Tratto da Circular Economy Strategy: http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm
- EuropeanCommission-JRC-EIS. (2010, Marzo). ILCD Handbook (International Reference Life Cycle Data System). *General guide for Life Cycle Assessment- Deatiled guidance., Ed. 1*. Luxembourg. doi:10.2788/38479
- EuropeanCommission-JRC-IES. (2010). ILCD Handbook . *Framework and requirements for Life Cycle Impact Assessment nmodels and indicators., Ed.1*. Luxemburg. doi:10.2788/38719
- EuropeanCommission-JRC-IES. (s.d.). *European Platform on LCA*. Tratto da EU Commssion- Joint Reasearch Center: http://eplca.jrc.ec.europa.eu/?page_id=1159
- Ferrari, L. (2005). *Analisi LCA dei possibili scenari di smaltimento delle materie plastiche*. Università di Modena e Reggio Emilia, Facoltà di Ingegneria. Tratto da http://lcarifiuti.net/wiki/Il_trattamento_dei_rifiuti_di_plastica
- Finzi, F., Luciani, R., & Masoni, P. (2012, Giugno). Verso la Green Economy: Strategie, Approcci e Opportunità tecnologiche. Produzione e consumo

sostenibile. (R. Morabito, A cura di) *Energia, Ambiente e Innovazione*(I-2012), 37-43.

Ghisellini, P., & al. (2015, Febbraio). A review on circular economy: the expected transition to a balanced. *Journal of Cleaner Production*, 114, p. 11-32.
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>

Humpenödera, F., & alii. (2013). Effects of land-use change on the carbon balance of 1st generation biofuels: An analysis for the European Union combining spatial modeling and LCA. *Science Direct*, 56, 166-178.

IKEA Foundation. (s.d.). *IKEA Foundation*. Tratto da IKEA Foundation:
<https://www.ikeafoundation.org/>

IKEA Group. (2012). People & Planet Positive IKEA Group Sustainability Strategy for 2020. 21. © Inter IKEA Systems B.V. 2012. Tratto da
http://www.ikea.com/ms/it_IT/sala_stampa/report/index.html

IKEA Group. (2015). *IKEA Group Sustainability Report FY15*. ©Inter IKEA Systems B.V. 2015. Tratto da
http://www.ikea.com/ms/it_IT/sala_stampa/report/index.html

IKEA Group. (2015). *IKEA Group Yearly Summary FY15*. Tratto da
http://www.ikea.com/ms/it_IT/sala_stampa/report/index.html

IKEA Group. (2015). Resource Chain Department.

IKEA Italia. (2015). *Report Sostenibilità IKEA Italia 2015*. IKEA reports & papers.
Tratto da http://www.ikea.com/ms/it_IT/sala_stampa/report/index.html

IKEA, & WWF. (2012). *Close the Loops IKEA-WWF Brief project*. Edita Västra Aros.
Tratto da <http://www.wwf.se/ikea/>

Inter IKEA Systems B.V. (s.d.). *Circular economy at IKEA*.

Inter IKEA Systems B.V. 1999 - 2016. (2016). *A proposito del Gruppo IKEA*. Tratto il giorno Marzo 2016 da IKEA web - Questo è IKEA:
http://www.ikea.com/ms/it_IT/this-is-ikea/about-the-ikea-group/index.html

Inter IKEA Systems B.V. 1999 - 2016. (2016). *Design Democratico*. Tratto da IKEA web- Questa è IKEA.: http://www.ikea.com/ms/it_IT/this-is-ikea/democratic-design/index.html

Inter IKEA Systems B.V. 1999 - 2016. (2016). *Il concetto IKEA*. Tratto il giorno marzo 2016 da IKEA Web- Questa è IKEA: http://www.ikea.com/ms/it_IT/this-is-ikea/the-ikea-concept/index.html

Inter IKEA Systems B.V. 1999 - 2016. (2016). *La Sostenibilità in IKEA*. Tratto da IKEA Web- Questa è IKEA: http://www.ikea.com/ms/it_IT/this-is-ikea/people-and-planet/index.html

Inter IKEA Systems B.V. 1999 - 2016. (2016, ottobre 3). *Prodotti. Accessori da scrivania*. Tratto da IKEA :
<http://www.ikea.com/it/it/catalog/categories/departments/workspaces/10573/>

Inter IKEA Systems B.V. (1999-2016). *La storia di IKEA*. Tratto il giorno marzo 2016 da IKEA web:
http://www.ikea.com/ms/it_IT/about_ikea/the_ikea_way/history/

Inter IKEA Systems B.V. 2014. (2014). *IKEA Group position on climate and energy*. Tratto da IKEA : http://www.ikea.com/ms/it_IT/pdf/reports-downloads/IKEA_Group_position_on_climate_and_energy.pdf

Inter IKEA Systems B.V. (2014). Resource Chain. *SKRUTT creates value*.

- Inter IKEA Systems B.V. (2014). Resource Chain Project. *Resource Chain News*.
- Inter IKEA Systems B.V. (2015, Aprile). IKEA RC PE Film. *IKEA RC PE Film*.
- Inter IKEA Systems B.V. (2016, Giugno). Circular economy at IKEA. *Circular IKEA*.
- IPCC. (2007). *Climate Change 2007 - The Physical Science Basis.*, 996. (S. D. Solomon, Redatto da) Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.: Cambridge University press. Tratto il giorno Maggio 20, 2016 da https://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg1_report_the_physical_science_basis.htm
- ISO. (2002). UNI EN ISO 14048:2002. *Environmental management -- Life cycle assessment -- Data documentation format., 1*. Ginevra, Svizzera: International Organization for Standardization (ISO). Tratto da http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=29872
- ISO. (2006). UNI EN ISO 14040:2006. *Environmental management- Life Cycle Assessmente - Principles and framework, II*. Ginevra, Switzerland: International Organization for Standardization (ISO). Tratto da http://www.iso.org/iso/fr/catalogue_detail.htm?csnumber=37456
- ISO. (2006). UNI EN ISO 14044:2006. *Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines*. Ginevra, Switzerland: International Organization for Standardization. Tratto da http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=38498
- ISO. (2012). ISO/TR 14047:2012. *Environmental management - Life cycle assessment -Illustrative examples on how to apply ISO 14044 to impact assessment situations., 2*. Ginevra, Svizzera: International Organization for Standardization (ISO). Tratto da

http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?csnumber=57109

ISO. (2012). UNI EN ISO 14049:2012. *Environmental management -- Life cycle assessment -- Illustrative examples on how to apply ISO 14044 to goal and scope definition and inventory analysis.*, 2. Ginevra, Svizzera: International organization for Standardization (ISO). Tratto da http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?csnumber=57110

Kamprad, I. (1976). *The Testament of a Furniture-Dealer*. Inter IKEA Systems B.V. 1976 - 2007. Tratto da http://www.ikea.com/ms/it_CH/pdf/reports-downloads/the-testament-of-a-furniture-dealer.pdf

Klöpffer, W. (2006, January). The role of SETAC in the Development of LCA. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, XI, p. 116-122.

Longo, S. (2016, Giugno 13-15). IV Corso Base LCA. *LCA: L'analisi d'inventario. Esercitazione*. (R. I. LCA, A cura di) Bologna, Italia.

Masoni, P. (2016, Giugno 13-15). IV Corso Base LCA. *LCA: Fondamenti, principi e caratteristiche*. (R. I. LCA, A cura di) Bologna, Italia.

Notarnicola, B. (2016, Giugno 13-15). IV Corso Base LCA. *Life Cycle Impact Assessment (LCIA): indicatori e metodi*. (R. I. LCA, A cura di) Bologna, Italia.

OECD. (2008). *OECD Environmental Outlook to 2030*. Tratto da <http://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/40200582.pdf>

PlasticsEurope. (2015). *Plastics-The Facts 2015. An analysis of European plastics production, demand and waste data*. PlasticsEurope; epro. © 2015

- PlasticsEurope. All rights reserved. Tratto il giorno maggio 2016 da <http://www.plasticseurope.org/information-centre/publications.aspx>
- PRé. (2013, Novembre). SimaPro 8. *Introduction to LCA with SimaPro, 5.1*, 80.
- Raggi, A. (2016, Giugno 13-15). IV Corso Base LCA. *La gestione e la qualità dei dati nell'LCA*. (R. I. LCA, A cura di) Bologna, Italia.
- Scalbi, S. (2016, Giugno 13-15). IV Corso Base LCA. *LCA: Standardizzazione e armonizzazione; Obiettivo e Campo di applicazione*. (R. I. LCA, A cura di) Bologna, Italia.
- Scipioni, A., & Mazzi, A. (2016, Giugno 13-15). IV Corso Base LCA. *LCA: Interpretazione dei risultati, comunicazione, riesame critico*. (R. i. LCA, A cura di) Bologna, Italia.
- SETAC. (1993). *A Conceptual Framework for Life Cycle Assessment.*, 188. Sandestin, Florida.
- Stahel, W. (2014, Settembre 10). *REUSE IS THE KEY TO THE CIRCULAR ECONOMY*. Tratto da https://ec.europa.eu/environment/ecoap/about-eco-innovation/experts-interviews/reuse-is-the-key-to-the-circular-economy_en
- Sustainable Development Commission. (2009). *Prosperity without Growth? The transition to a sustainable economy*. SDC Reports & Papers. Tratto da <http://www.sd-commission.org.uk/publications.php?id=914>
- The International EPD® System. (2015). *General Programme Instructions For The International EPD® System, 2.5*, 80. © 2015 THE INTERNATIONAL EPD® SYSTEM. Tratto da <http://www.environdec.com/en/The-International-EPD-System/General-Programme-Instructions/>

- The International EPD®System. (2009, Agosto). PCR Basic Module. *CPC Division 36: Rubber and Plastics Products, 0.5*. Tratto da <http://www.environdec.com/>
- UNEP. (1996). *Life Cycle Assessment: What it is and how to do it*. State of art review on LCA application.
- WBCSD, & WRI. (2004, Marzo). *Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard., Revised*, 116. USA: Earthprint Limited. Tratto da <http://www.ghgprotocol.org/standards/corporate-standard>
- WCED, U. N. (1987). *Our Common Future*. Tratto da <https://sustainabledevelopment.un.org/milestones/wced>
- WWF. (2014). *Living Planet Report 2014*. Tratto da http://awsassets.panda.org/downloads/lpr_living_planet_report_2014.pdf