

SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA
CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA GESTIONALE

TESI DI LAUREA MAGISTRALE
In Sistemi di Produzione Avanzati M

Valutazione degli impatti ambientali mediante *Life Cycle Assessment* e *Sustainable Value Stream Mapping* in un centro distributivo: il caso Arcese S.p.a.

CANDIDATO

Gregori Andrea

RELATORE

Prof.ssa Cristina Mora

CORRELATORE

Claudia Cavicchi
Sofia Venturioli
Alfonso Fabbri
Prof. Emilio Ferrari

Anno Accademico [2018/2019]
Sessione III

“Credo che avere la terra e non rovinarla sia la più bella forma d’arte che si possa desiderare.”

(Andy Warhol)

Sommario

INDICE DELLE FIGURE	6
INDICE DELLE TABELLE	8
INTRODUZIONE	1
CAPITOLO I: ARCESE TRASPORTI S.P.A.	4
1.1 DESCRIZIONE DELLA SOCIETÀ	4
CAPITOLO II: SVILUPPI DELLA SUSTAINABLE VALUE STREAM MAPPING	7
2.1 VALUE STREAM MAPPING	10
2.1.1 <i>Icone della Value Stream Mapping</i>	14
2.2 SUSTAINABLE VALUE STREAM MAPPING	15
2.2.1 <i>Environmental Metrics</i>	18
2.2.2 <i>Societal Metrics</i>	19
2.3 STUDI POST SUS – VSM	22
CAPITOLO III: LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA)	23
3.1 SVILUPPI STORICI DELLA METODOLOGIA LCA	25
3.2 FASI DI UNO STUDIO LCA (LIFE CYCLE ASSESSMENT)	28
3.2.1 <i>Obiettivo e campo di applicazione (Goal and Scope)</i>	28
3.2.2 <i>Funzioni del Sistema Prodotto</i>	29
3.2.3 <i>Unità Funzionale</i>	29
3.2.4 <i>Confini iniziali del sistema prodotto</i>	30
3.2.5 <i>Requisiti di qualità dei dati</i>	31
3.3 ANALISI D'INVENTARIO (LIFE CYCLE INVENTORY – LCI)	32
3.4 VALUTAZIONE DELL'IMPATTO SUL CICLO DI VITA	33
(LIFE CYCLE IMPACT ASSESSMENT – LCIA)	33
3.5 INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI (LIFE CYCLE INTERPRETATION)	38
3.6 LIMITI DELLA METODOLOGIA LCA	38
CAPITOLO IV: CASO STUDIO ARCESE S.P.A.	39
4.1 OBIETTIVO DELLO STUDIO	39
4.2 DESCRIZIONE DEI SERVIZI OGGETTO DELL'ANALISI	40
4.3 STRUMENTO APPLICATIVO PER LA VALUTAZIONE LCA:	40
SIMAPRO 7.3.3	40
4.4 CAMPO DI APPLICAZIONE	40
4.4.1 <i>Unità funzionale</i>	41
4.4.2 <i>Confini del sistema</i>	41
4.4.3 <i>Allocazione</i>	41
4.4.4 <i>Criteri di cut-off ed esclusioni</i>	42
4.4.5 <i>Selezione della metodologia di valutazione dell'impatto</i>	42
4.4.6 <i>Qualità dei dati</i>	43
4.4.7 <i>Assunzioni e limitazioni</i>	44
4.5 ANALISI DI INVENTARIO DEL CICLO DI VITA	45
4.5.1 <i>Procedura di raccolta dati</i>	45
4.5.2 <i>Dati e struttura del modello</i>	46
4.5.3 <i>Dati secondari Simapro</i>	49
4.5.4 <i>Quantificazione delle emissioni</i>	50
4.6 VALUTAZIONE DELL'IMPATTO ED INTERPRETAZIONE	54
4.6.1 <i>Risultati dell'analisi</i>	54

4.6.2 Identificazione aspetti significativi.....	67
4.6.3 Definizione qualità dei dati.....	68
TABELLE E SCENARI.....	69
FORMULE.....	73
ALLEGATI.....	79
CAPITOLO V: CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI.....	82
5.1 CONCLUSIONI.....	82
ACRONIMI.....	84
BIBLIOGRAFIA.....	85
SITOGRAFIA.....	87

Indice delle figure

Figura 1 - Supermarket Pull System.....	8
Figura 2 - FIFO Lane.....	9
Figura 3 - Load Levelling Box	9
Figura 4 - Esempio grafico di Value Stream Mapping.....	10
Figura 5 – Principali icone della Value Stream Mapping	11
Figura 6 - Sustainable Manufacturing Process Clusters and Metrics [Lu et al., 2011].	14
Figura 7 - Simbologia per la quantificazione della materia prima [Faulkner, Badurdeen, 2014].	15
Figura 8 - Simbologia del consumo di acqua processo per processo [Faulkner, Badurdeen, 2014].	16
Figura 9 - Simbologia per la quantificazione del consumo di energia [Faulkner, Badurdeen, 2014] ...	16
Figura 10 – Esempio di scheda da compilare per il calcolo del PLI [Hollman et al.1999].....	17
Figura 11 - Simbolo Work Environment Metric	18
Figura 12 - Fasi del ciclo di vita di un prodotto	20
Figura 13 - Istogramma del numero di articoli all'interno dei quali viene citata la metodologia LCA	24
Figura 14 - Fasi della valutazione del ciclo di vita.....	25
Figura 15 - Esempio di funzioni del sistema prodotto	26
Figura 16 - Fasi dell'analisi di inventario.....	30
Figura 17 - Midpoint e EndPoint.....	32
Figura 18 - Struttura del modello	44
Figura 19 - Struttura del modello: INBOUND.....	45
Figura 20 – Struttura del modello: STOCK	46
Figura 21 – Struttura del modello: OUTBOUND	47
Figura 22 - Risultati Inbound. Valutazione impatto.....	48
Figura 23 - Risultati Stock. Valutazione impatto	49
Figura 24 - Risultati Outbound. Valutazione impatto	50
Figura 25 - Risultati totali 2019. Valutazione impatto	51
Figura 26 - Risultati Inbound caratterizzazione	52
Figura 27 - Risultati Inbound inventario (climate change).....	53
Figura 28 - Risultati Inbound contributo processo (climate change)	53
Figura 29 - Risultati Inbound inventario (Ozone depletion)	54
Figura 30 - Risultati Inbound contributo processo (Ozone depletion)	54
Figura 31 - Risultati stock caratterizzazione	55
Figura 32 - Risultati stock inventario (climate change)	55
Figura 33 - Risultati stock contributo processo (climate change)	56
Figura 34 - Risultati stock inventario (Ozone depletion)	57

Figura 35 - Risultati stock contributo processo (Ozone depletion)	57
Figura 36 - Risultati Outbound caratterizzazione.....	58
Figura 37 - Risultati Outbound contributo processo (climate change).....	58
Figura 38 - Risultati Outbound inventario (climate change).....	59
Figura 39 - Risultati Outbound contributo processo (Ozone depletion)	59
Figura 40 - Risultati Flusso totale Ozone depletion	60
Figura 41 - Risultati Flusso totale Climate Change.....	60
Figura 42 - Risultati Flusso totale contributo processo (Climate Change).....	61
Figura 43 - Risultati Flusso totale contributo processo (Ozone depletion)	61
Figura 44 - Risultati Flusso totale (tipologia 1) Valutazione impatto	62
Figura 45 - Risultati Flusso totale contributo processo	63
Figura 46 - Risultati Flusso totale (tipologia 2) Valutazione impatto	64

Indice delle tabelle

Tabella 1 - Parametri possibili da considerare nella SMM [Paju et al, 2010].	16
Tabella 2 - Categorie di impatto	34
Tabella 3 - Unità di misura aree di protezione	36
Tabella 4 - Indicatori e relativi Fattori di Caratterizzazione	37
Tabella 5 - Natura dei dati.....	44
Tabella 6 - Risultati valutazione impatto: Inbound.....	50
Tabella 7 - Risultati valutazione impatto: Stock.....	51
Tabella 8 - Risultati valutazione impatto: Outbound	52
Tabella 9 - Risultati valutazione impatto: totale 2019	53
Tabella 10 - Risultati valutazione impatto	64
Tabella 11 - Risultati contributo processo.....	65
Tabella 12 – Risultati valutazione impatto Flusso Totale (tipologia 2)	65
Tabella 13 - Risultati dei vari scenari proposti	67

Introduzione

Negli ultimi anni si è sviluppata sempre più la consapevolezza che un utilizzo delle risorse naturali spropositato, rispetto al tempo di rigenerazione delle stesse, porti ad uno scenario non sostenibile per l'umanità. A tal proposito va considerato l'**Earth Overshoot Day (EOD)**, l'indice che illustra il giorno nel quale l'umanità consuma interamente le risorse prodotte dal pianeta nell'intero anno.

Nel 2019, l'EOD è caduto il 29 luglio, consumando risorse pari a 1,72 volte la capacità rigenerativa annuale del pianeta Terra. Da quando questo indice viene calcolato (inizio anni '70) non si è mai raggiunto un risultato così negativo, passando dal 21 dicembre del 1970 al 1° agosto del 2018 e infine al 29 luglio del 2019. Se si va ad analizzare questo indice nel corso degli anni, si nota come l'EOD cade in giorni sempre più vicini all'inizio dell'anno, arrivando così a stimare che nel 2050 si consumerà il doppio delle risorse che la Terra è in grado di generare in quell'anno.

Questo scenario ha fatto sì che un maggior numero di persone siano sensibilizzate a questo tema, facendo diventare la parola *sostenibilità* di uso quotidiano.

I governi di tutto il mondo hanno iniziato ad affrontare il problema su scala mondiale, ripercorrendo studi tecnici che iniziarono già nel 1824 con Joseph Fourier, quando il matematico francese coniò per la prima volta il termine "effetto serra". Nel 1979 si è svolta la prima conferenza mondiale sul clima, organizzata dal *World Meteorological Organization – WMO*, dal *Programma delle Nazioni Unite per l'ambiente (UNEP)*, dall'*Organizzazione per le Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura (FAO)*, dall'*UNESCO* e dall'*Organizzazione mondiale della Sanità (WHO)*. Nel 1988, le Nazioni Unite costituiscono una Commissione Intergovernativa sul Cambiamento Climatico (IPCC) allo scopo di analizzare le variazioni del clima, offrendo un ponte fra la comunità scientifica e i decisori politici. Secondo questa commissione, l'impennata maggiore dell'aumento della temperatura nel globo è da attribuire alle attività terrestri e umane degli ultimi due decenni.

Le conseguenze di queste analisi sono già visibili ai nostri occhi, visto il continuo innalzamento delle temperature e quindi il conseguente scioglimento dei ghiacciai in Antartide, l'innalzamento dei livelli del mare, l'acidificazione degli oceani (che ha

portato alla morte della barriera corallina australiana), la desertificazione e alla conseguente perdita della biodiversità terrestre.

Per cercare di arginare questo problema, vengono costituite delle conferenze a cui partecipano i maggiori stati industrializzati al fine di prendere decisioni comuni in merito a questo problema. La prima conferenza è datata 1992, anno della prima **COP** (*Conference Of the Parties*), dove si vide già una prima divisione fra gli stati su tale tema.

Nel 1997, in occasione della COP 3, viene adottato il Protocollo di Kyoto in cui si impone una riduzione delle emissioni di anidride carbonica in atmosfera (5% in meno entro il 2008/2012, rispetto ai livelli degli anni Novanta), ma la vera adozione di tale protocollo avviene solo nel 2005, quando entra a far parte di tale convenzione la Russia. Nel 2015, a Parigi, 196 paesi si impegnarono a mantenere l'aumento della temperatura globale al di sotto dei 2 gradi Celsius, impegno rinnovato nella COP 25 di Madrid del 2019.

“Il tempo da qui alla Cop 26 è cruciale. Non appena usciremo dalla crisi della Covid-19, dovremo continuare a sfruttare la collaborazione e l'adesione alla scienza che abbiamo sperimentato nella pandemia per combattere il cambiamento climatico. Per il bene delle persone, delle future generazioni e del pianeta”. Sono queste le parole del presidente britannico della COP 26 di Glasgow, Alok Sharma, il quale rimarca la necessità di un'azione rapida e mirata, senza la quale si potrebbe arrivare ad un “punto di non ritorno”.

Vista la situazione attuale su tale tema e le conseguenti articolazioni normative, questa tesi si pone l'obiettivo di quantificare le emissioni derivanti da un servizio di logistica, andando ad analizzare i materiali e l'energia utilizzata da un'azienda per lo stoccaggio e per la preparazione, volta alla spedizione, di merce destinata ai propri clienti.

A tal scopo si è utilizzato lo strumento della *Sustainable Value Stream Mapping*, che fornisce una prima struttura grafica della situazione ambientale di tale servizio offerto, successivamente analizzato attraverso la compilazione di una LCA (Life Cycle Assessment), utilizzando il software Simapro 7.3.3.

Si è cercato di trovare quale fra i materiali utilizzati abbia un peso maggiore su alcune categorie di impatto ambientale (come ad esempio il Climate Change, che quantifica i

Kilogrammi di anidride carbonica equivalente) nonché il peso che l'utilizzo di energia, dovuto dall'utilizzo di macchinari e mezzi di Handling System, ha rispetto alle stesse categorie precedentemente citate.

La struttura di tale studio è la seguente: nel primo capitolo viene fatta una breve descrizione dell'azienda in cui è stato effettuato lo studio, nel secondo capitolo viene presentato un rapido excursus sui principi, studi e strumenti che hanno portato allo sviluppo della Sustainable Value Stream Mapping, cercando di mettere in evidenza la sua praticità e le sue possibili varianti rispetto al sistema produttivo che si sta analizzando. Nel terzo capitolo, analogamente al primo, viene proposta la struttura e l'evoluzione normativa del Life Cycle Assessment (LCA), spiegando quali siano i passaggi chiave per la stesura e la compilazione di tale strumento, seguendo principalmente le norme ISO che la regolano. Nel quarto ed ultimo capitolo viene presentato lo studio effettuato all'interno del centro distributivo di Arcese Trasporti S.p.a, situato a Castel San Pietro Terme, in cui l'azienda offre il servizio di esternalizzazione della logistica per conto di Ford, il quale gestisce la distribuzione dei pezzi di ricambio delle auto in Italia proprio attraverso la società Arcese Traposti S.p.a.

Il risultato ottenuto è stato la quantificazione delle emissioni del servizio, la consapevolezza di quali siano i punti focali e di maggior impatto rispetto a tali emissioni, nonché un tool in grado di analizzare tali dati in ottica ambientale al fine di diminuire l'impatto che tale servizio ha all'interno del gruppo.

CAPITOLO I: ARCESE TRASPORTI S.P.A

1.1 Descrizione della Società

La società Arcese nasce nel 1966 a Riva del Garda quando, Il Commendator Legrenzi, proprietario delle Arti Grafiche e delle Cartiere del Garda, propone a Eleuterio Arcese una collaborazione: compra due camion che si farà pagare in conto lavoro e gli garantisce la continuità lavorativa. Arcese fonda così una ditta individuale di autotrasporti per conto terzi.

Nel 1981 viene introdotto nell'azienda il traposto intermodale, garantendo servizi di qualità e trasporti sempre più eco-compatibili, iniziando così un percorso verso un business orientato alla sostenibilità aziendale.

Nel 1990 acquisisce *Ventana Cargo*, società specializzata nel trasporto mare e aereo. Si consolida così il network e la posizione internazionale del Gruppo che non conosce più confini territoriali né limiti nella flessibilità delle soluzioni di trasporto.

Nel 2000 nasce *Arcese Logistics International*, portando la strategia di crescita a offrire una gamma di servizi completa, inclusiva di servizi di logistica industriale e gestione della supply chain, così da rendere l'azienda un partner affidabile e completo in grado di assistere il cliente a 360°.

Tra il 2002 e il 2005 l'azienda sviluppa l'espansione in Europa e del proprio network con l'apertura di filiali in Belgio, Spagna e Regno Unito. La crescita proseguirà negli anni grazie ad accordi commerciali e nuove filiali in Turchia, Francia e Svezia per una crescita inarrestabile che coinvolge l'intero continente. Dopo questo triennio, dalla fusione di *Ventana Cargo* e *Serra Shipping*, società leader nel settore delle spedizioni marittime, nasce *Ventana Serra S.p.A.* Un nuovo nome per la società del Gruppo Arcese specializzata in spedizioni via mare e aereo che presto sarà annoverata tra gli spedizionieri aerei top 10 IATA.

A completamento dei servizi offerti, Arcese entra nel mondo del groupage: collegamenti giornalieri garantiscono un servizio flessibile in Italia e in Europa, così da poter offrire un servizio ai propri clienti adatto a ogni particolare esigenza.

Nel 2008, con l'apertura di nuove filiali in Turchia, Cina e Messico si completa la filiera logistica del Gruppo dall'Asia fino al Sud America. Arcese conferma così la sua presenza internazionale, non solo nell'ambito dei trasporti, ma anche della logistica integrata.

I settori di espansione del gruppo non finiscono qui, infatti nel 2009 nasce SEL – Sport & Events Logistics – la società dedicata alla logistica di eventi sportivi e non solo, includendo anche le attività logistiche riguardanti la gestione di grandi eventi promozionali, meeting e molto altro. Qualche anno più tardi, si specializza nella gestione e archiviazione documentale e nella fornitura di servizi di logistica e-commerce.

Nel 2012 entra a fare parte di TAPA (Transported Asset Protection Association), l'associazione per la protezione delle merci destinate al trasporto. Arcese ottiene inoltre lo status di Operatore Economico Autorizzato – Completo (AEO-F).

Negli anni successivi il gruppo si concentra molto sulle riduzioni di emissioni, attraverso il suo codice etico e alle certificazioni raggiunte in materia. Nel 2017 inoltre, l'impegno di Arcese nella salvaguardia dell'ambiente e nella riduzione delle emissioni ha un'ulteriore conferma con l'introduzione del primo mezzo totalmente elettrico per la consegna dell'ultimo miglio nel centro di Milano.

All'inizio del 2019 Arcese amplia la flotta con i nuovi IVECO Stralis NP a gas naturale in versione ribassata, progettati per determinare una significativa riduzione sia dei consumi sia dell'azione inquinante. Nello stesso anno Ventana Serra Brasile, società del Gruppo, riceve da Fiat Chrysler Automobiles (FCA) il premio "Supplier of the Year 2019" come migliore fornitore nella sezione Supply Chain.

Ad oggi l'azienda è strutturata in 3 macro-divisioni di business:

- 1- Road Freight: per spedizioni su strada e soluzioni intermodali;
- 2- Air and Sea Freight: per spedizioni via mare e via aerea;
- 3- Contract Logistics: per servizi di esternalizzazione logistica.

Nel 2003 ARCESE S.p.a. ha ottenuto il "Certificato di Eccellenza" per i risultati conseguiti in termini di qualità delle prestazioni, salvaguardia dell'ambiente e sicurezza sul lavoro. Ad oggi possiede i seguenti certificati:

- ISO 9001 standards dal 1994
- ISO 14001 standard procedures dal 2003
- OHSAS 18001 dal 2003
- Certificate of Excellence dal 2003
- Q1Certificate Ford dal 2003
- SQAS Attestation.

CAPITOLO II:

Sviluppi della Sustainable Value Stream Mapping

INTRODUZIONE

La Sustainable – Value Stream Mapping è, ad oggi, lo strumento che meglio rappresenta l'integrazione fra due concetti produttivi sviluppati negli ultimi anni: la *Lean Manufacturing* e la *Green Manufacturing*.

Il continuo aumento di una competitività fra le varie aziende, non solo in termini produttivi ma anche ambientali (energia, utilizzo di acqua e utilizzo di materie prime), ha contribuito in modo sostanzioso allo sviluppo di questo strumento che si è basato sulle teorie e applicazioni della Value Stream Mapping.

Nel 900's la casa automobilistica Americana Ford trainava la produzione di massa di veicoli, producendo un numero di prodotti di gran lunga superiore a quelli prodotti dalla casa automobilistica Toyota. Fu così che ci si pose la domanda: "è possibile che per fare il lavoro di un americano servissero nove giapponesi? (Taiichi Ohno, 1987).

Cercando di rispondere a questa domanda, l'ingegnere Taiichi Ohno sviluppò una nuova filosofia produttiva basata su concetti diversi di creazione del valore: il *Toyota Production System (TPS)*.

Questo modello risulta oggi ancora più innovativo, grazie ad una crescente richiesta da parte del mercato di prodotti sempre più differenziati che hanno portato le aziende ad organizzarsi secondo un assetto strutturale "snello", in modo tale da avere capacità di mutamento nei confronti delle fluttuazioni di domanda degli attuali mercati.

Partendo dal concetto di Ohno, i due autori Jones e Womack cercarono di indentificare i principi, i metodi e le tecniche che un'azienda deve adottare affinché possa essere considerata in linea con la logica "Lean" ("Lean thinking", Daniel T. Jones e James P. Womack). Tra queste vi sono:

- 1) *Identify the value*: identificare le attività e le operazioni che aggiungono valore al cliente, tutto il resto delle attività viene inteso come spreco o meglio come “Muda”;
- 2) *Map the Value Stream*: si deve mappare il flusso delle attività prese in considerazione, con l’obiettivo di riconoscere e saper catalogare le attività in 3 categorie:
 - a) *Attività che creano valore*: attività che possono trasferire il proprio costo direttamente al cliente;
 - b) *Attività che non creano valore ma necessarie*: sono le attività che non possono trasferire il proprio costo direttamente al cliente, ma sono necessarie allo sviluppo delle attività di creazione di valore;
 - c) *Attività che non creano valore che non sono necessarie*: sono tutte le attività che con una riprogettazione del sistema possono essere eliminate;
- 3) *Create the flow*: svolte le due precedenti fasi, si va mappare il flusso avendo eliminato le attività non necessarie e avendo conoscenza di quali portino effettivamente valore e quali invece fungono solo da sostegno a quest’ultime. Si cerca di portare il sistema produttivo in ottica di *flusso continuo*;
- 4) *Establish pull*: una volta eliminate le attività non necessarie, riconosciute le attività a valore e creato un flusso continuo, si cerca di far “tirare” il flusso al cliente, cioè devono acquisire la capacità di programmare e realizzare solo quello che il cliente richiede nel momento in cui esso lo richiede;
- 5) *Seek Perfection*: una volta che le precedenti 4 fasi siano state sviluppate nel modo corretto, l’azienda deve puntare ad un miglioramento continuo (*Kaizen*).

In poche parole questo modello si pone l’obiettivo di creare un sistema produttivo con sprechi nulli, scorte minimizzate e reattività di risposta al mercato in tempi ridotti. Per far ciò si sono sviluppati strumenti gestionali in grado di soddisfare tali obiettivi, come:

- *Just in time*: modello gestionale pensato per produrre solo nel momento esatto in cui il mercato ne fa richiesta e nelle quantità esatte di cui si ha bisogno. Questo modello richiede una forte interazione fra i vari attori aziendali e coinvolge tutta la Supply Chain;
- *Poka Yoke*: termine giapponese che si traduce letteralmente in “a prova di scimmia”. Consiste nell’individuare una procedura o uno strumento a “prova

di errore”, consentendo una minimizzazione degli errori e degli scarti durante le lavorazioni anche al personale che viene considerato non esperto.

- **Kanban:** è un sistema di cartellini che permette di condividere e visualizzare il livello di scorte o di semilavorati presenti in azienda così da evadere ordini di produzione/materie prime solo nel momento in cui esso è veramente necessario;
- **5 Why?:** è una tecnica che cerca di trovare le relazioni di causa - effetto che si nascondono dietro ad un problema, ripetendo il quesito “perché?” iterativamente.
- **Heijunka:** termine giapponese che indica il livellamento della produzione, cercando di avere lo stesso ritmo di produzione sia a monte che a valle, così da evitare il *bullwhip effect* [Hau Lee, 1992].
- **Takt Time:** permette di calcolare il ritmo di produzione in modo tale da sincronizzare le stazioni produttive. Per calcolarlo occorre definire l’orizzonte temporale nel quale lo si vuole calcolare;
- **Kaizen:** strumento per indicare l’inseguimento di un miglioramento continuo;
- **Riduzione dei lotti:** l’obiettivo Lean è quello di avere una produzione basata su lotti di 1 pezzo (*One piece flow*);
- **SMED:** sono procedure standardizzate che permettono un riattrezzaggio delle macchine rapido ed evita problemi dovuti al reperimento degli strumenti che servono all’operazione.

Tutti questi strumenti sono molto utili in ottica Lean Production, ma in questo elaborato ci si vuole soffermare sulla Value Stream Mapping (VSM) e soprattutto sui suoi sviluppi (Sus-VSM). La VSM è uno strumento grafico di gran lunga utilizzato dalle aziende che inseguono l’ottica di produzione snella e consiste nel mappare il flusso, dalle materie prime alla consegna del prodotto al cliente, rendendolo “tirato” dalle azioni che avvengono a valle.

2.1 Value Stream Mapping

L'articolazione di tale strumento avviene attraverso diverse fasi:

- 1) *Selecting Product*: vengono scelti i prodotti o le famiglie di prodotto che si vuole mappare e di cui si vuole conoscere il Value Stream. Per non incorrere in VSM troppo complicate, si scelgono solo i prodotti su cui c'è un margine notevole o solo su quelli considerati fondamentali dall'azienda. In caso di complessità organizzativa, per questa scelta, si può ricorrere alla matrice prodotto-macchina;
- 2) *The Value Stream Manager*: in questa fase si sceglie a chi affidare il compito della mappatura;
- 3) *Drawing the current state map*: si mappa il flusso attuale dei prodotti presi in considerazione elaborando il flusso su un foglio di carta, in cui si mette il cliente in alto a destra, mentre in alto a sinistra vengono messi i fornitori. In tal modo il flusso produttivo scorre da sinistra verso destra e il flusso informativo compie il percorso nel verso contrario. Ogni attività avrà un suo "data box" in cui vengono specificati determinati parametri e informazioni, mentre fra i vari data box, saranno rappresentate le scorte di accumulo del sistema. La totalità dei data box e dei tempi di consegna permette la creazione di una *Time Line* in cui vengono specificati due tipi di valori del tempo:
 - a) Total Lead Time = tempo di attraversamento, dalla materia prima alla consegna,
 - b) Value Added Time = indica il tempo di processamento considerato ad aggiunta di valore.
- 4) *Drawing the future state*: una volta visualizzata la situazione attuale, si cerca di proporre delle soluzioni migliorative e di ricreare il flusso in questa nuova ottica in modo tale da avere nuovi indici di performance e valutare le soluzioni proposte.

La definizione del *Drawing the future state* è articolata attraverso due fasi, in cui si va a studiare le probabili cause di inefficienza per applicare successivamente delle tecniche migliorative, come ad esempio:

- *Calcolo del Takt Time (TT)*: rapporto tra il tempo disponibile in un turno/giorno per la produzione del pezzo preso in considerazione e il numero di pezzi da produrre nel medesimo periodo;
- *Inserimento di più fasi di lavoro all'interno di un flusso continuo*, andando a minimizzare i tempi di set-up e a massimizzare la disponibilità della risorsa presa in esame, nel rispetto del TT precedentemente calcolato. Le possibili azioni vengono ricondotte al bilanciamento dei tempi relativi alle attività assegnate all'operatore o, in alternativa, assegnare la fase a più operatori disposti in parallelo per ogni linea;
- *Inserimento di strumenti Pull System*, quando le fasi non possono essere inserite in flusso continuo. Tra questi vi sono:
 - 1) *Supermarket*: è un magazzino inter-operazionale che funge da punto di disaccoppiamento tra i processi a valle e i processi a monte. Con questo strumento si permette ai due processi di lavorare con tempistiche diverse, grazie anche all'utilizzo dei sistemi Kanban;

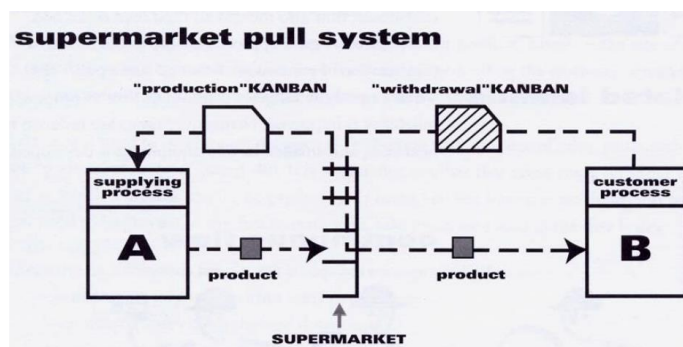


Figura 1 - Supermarket Pull System

- 2) *FIFO lane*: consiste in una corsia a capacità limitata ed entra in gioco quando i materiali hanno un costo elevato (evitando la produzione per lotti), quando il livello di obsolescenza del prodotto/servizio è elevato o quando alcune lavorazioni sono svolte in subfornitura. In pratica, il flusso a monte produce solo quando è presente il kanban e quando la FIFO lane non ha raggiunto la sua saturazione.

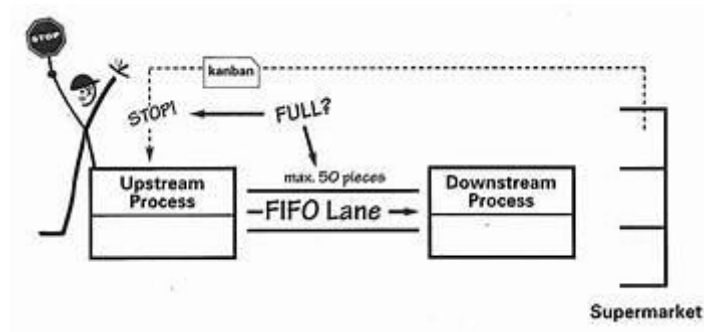


Figura 2 - FIFO Lane

- *Pacemaker process*: consiste nell'individuazione del processo da schedulare, il quale imposta la velocità di produzione che devono avere gli altri processi a monte. È un'attività "fisicamente" (all'interno del flusso grafico) vicina al cliente;
- *Livellamento del mix-produttivo*: inseguimento del One Piece Flow, ripetendo n volte la sequenza di lavorazione presa come riferimento (es: 1A-1C-1B per n volte/gg);
- *Livellamento del volume produttivo*: attraverso il Load Levelling Box (bacheca che permette di alternare il mix produttivo in base al Pitch) si cerca di livellare il volume produttivo. Questo strumento presenta in ascissa il tempo, mentre in ordinata presenta i contenitori di lavorazione. Il primo passo da compiere in questa fase è il calcolo del parametro di Pitch definito come:

$$Pitch = TT * CAPACITA'CONTENITORE [sec/cont] = [sec/pz] * [pz/cont];$$

Si ottiene quindi il valore del tempo necessario a produrre un contenitore e va posizionato di fianco al pacemaker (livellando gli ordini del cliente) e al supermarket (livellando i prelievi);

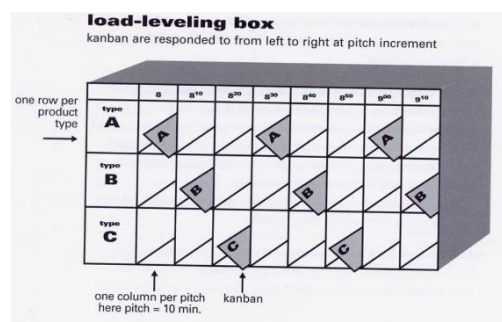


Figura 3 - Load Levelling Box

- *Produrre le parti in EPD (Every Part Every Day);*

Dopo aver rappresentato il Future State, si procede ad un confronto con il Current State sulla base di diversi parametri, quali:

- a) Il tempo di esecuzione delle fasi;
- b) Il lead time complessivo (LT);
- c) Indice di rotazione $I_r = GG \text{ lavorativi/anno} * LT \text{ (gg)}$.

In linea generale, un future state è considerato migliorativo nel caso in cui l'indice I_r aumenti e gli altri valori diminuiscano.

Se il future state è considerato ottimale, si passa al piano operativo delle azioni da mettere in atto al fine di ottenere i cambiamenti considerati.

Si riporta di seguito un esempio di grafico basilare di una Value Stream Mapping.

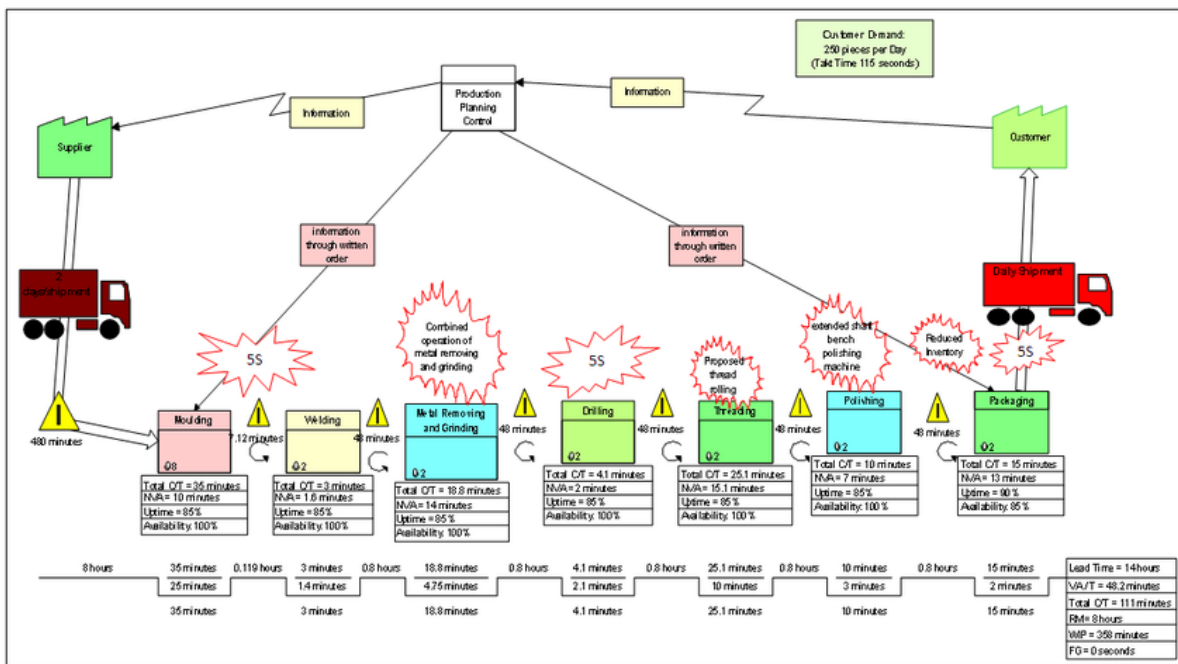


Figura 4 - Esempio grafico di Value Stream Mapping

2.1.1 Icone della Value Stream Mapping

Essendo uno strumento grafico, questa metodologia si avvale di disegni che simboleggiano una determinata attività o parte del processo, nonché un'informazione o azione del processo produttivo. Di seguito viene proposto un elenco (non completo) delle icone della VSM. Si specifica che in presenza di una attività non direttamente collegabile ad icone già presenti, si può ricorrere alla creazione di essa specificandone il significato.

























SIMBOLI RELATIVI AL FLUSSO (FISICO, INFORMATIVO, TEMPORALE):	SIMBOLI RELATIVI AL MIGLIORAMENTO DEI PROCESSI:
 Flusso fisico	 Obiettivo <i>kaizen</i>
 Informazione elettronica	 "Supermarket"
 Informazione manuale	 Postazione <i>kanban</i>
 Flusso fisico in ingresso/uscita dall'azienda	 Flusso <i>kanban</i>
 <i>Time Line</i>	 <i>Kanban</i> "ordine di produzione" (<i>Production</i>)
SIMBOLI RELATIVI AI PROCESSI INTERNI ED ESTERNI:	 <i>Kanban</i> "prelievo" (<i>Withdrawal</i>)
 <i>Process Box</i>	 <i>Kanban</i> "segnale" (<i>Signal</i>)
 <i>Process Box</i> (processi multipli)	 "corsia FIFO"
 <i>Process Box</i> (generico)	 Cella produttiva a forma di "U"
 Fornitore esterno, cliente esterno	 Magazzino "buffer"
 Informazioni relative al <i>Process Box</i>	 Scorte di sicurezza
 Magazzino	
 Operatore	
 Processo assistito da computer (MRP)	

Figura 5 – Principali icone della Value Stream Mapping [Da: www.leanmanufacturing.it/strumenti/valuestreammapping.html]

2.2 Sustainable Value Stream Mapping

Questo strumento è considerato un'estensione della VSM ma non è da intendersi come un'aggiunta di parametri ambientali, bensì come una rimodulazione in base ad aspetti che includessero i lavoratori e la società più in generale.

Uno dei primi studi sull'argomento fu quello di Robert Mason e David Simon [2002], i quali si posero l'obiettivo di quantificare le emissioni di anidride carbonica e di GHG (GreenHouse Gas) di un sistema produttivo al fine di migliorarne la sostenibilità dello stesso. Svilupparono quindi due indicatori:

- 1- Maximize Value Add%= (Supply Chain Value Adding Time x 100) / Total Supply Chain Time;
- 2- Minimize CO2%= (Supply Chain CO2 x100) / Market Weight of Product

[Simons and Mason, 2002]

Nel 2009 due studiosi, Alvaire Silveira Torres e Ana Maria Gati svilupparono, sulla base di uno studio dell'EPA, l'*Environmental Value Stream Mapping* (EVSM) che aveva l'obiettivo di analizzare il consumo di acqua all'interno di una fabbrica produttrice di zucchero e alcool. L'approccio utilizzato da tali studiosi era fondato sul Research Design [Lindgren, R. et al, 2004], metodo che si sviluppa in 4 fasi:

- a) Exploratory Phase: si analizza il processo produttivo sulla base dei prodotti principali e dell'utilizzo di acqua;
- b) Main Stage – Planning Phase: costruire la VSM considerando il bilanciamento di materiali ed acqua;
- c) Stage of Action: individuazione di parametri con margine di miglioramento all'interno del processo produttivo;
- d) Stage of Evaluation: verificare i risultati e preparare i KPI ambientali su materiali e acqua;

Nello stesso anno, Norton e Fearne svilupparono uno studio che non si basava su quanto pubblicato dall'EPA, ma riprendeva quanto pubblicato da Robert Mason e David Simon. Applicarono la SVSM al processo produttivo di una fabbrica di cibo surgelato, con l'obiettivo di minimizzare gli scarti di cibo:

- Minimize Food Waste%= (Supply Chain Food Waste x100) / Unit Weight of Product

Lo strumento permetteva un differente approccio in base al tipo di processo produttivo che si andava a studiare, andando a valutare parametri differenti considerati significativi per quel caso. Nel 2010 [Paju et al, 2010] stipulò un elenco di possibili parametri da poter considerare.

Viene riportata una tabella con l'elenco di tali parametri:

Category name	Sub-categories	Metrics, examples	Units
Energy	Energy type	Electricity, heat, cooling	kWh, MJ
Materials	Raw materials	Steel bars, packaging materials	kg
	Auxiliary materials	Lubrication oil, compressed air, process water	m ³ , kg
	Waste materials	Steel and plastic to recycle, waste oil	kg
Emissions	Air emission	Nitrogen oxides, heavy metals	kg
	Water emissions	Chemical oxygen demand	kg
Production	Time	Throughput time, cycle time	d, h, s
	Production quantity	Piece	pc
Logistics	Mode of conveyance	Vehicle type, load rate, capacity	Several
Costs	Unit cost	Raw material, energy costs	€, \$
	Investment cost	Machine, robot, facility	€, \$
Social	Staff	Number of man-hours of work, work absence days	d/a
	Customers	Number of reclamations	pc/a

Tabella 1 - Parametri possibili da considerare nella SMM [Paju et al, 2010].

Questo metodo è considerato uno dei più innovativi, essendo il primo che ha considerato un legame fra la VSM e LCA, cioè considerando parametri con unità di misura confrontabili al fine di proporre risultati in grado di considerare il ciclo di vita delle risorse utilizzate e quindi una confrontabilità con altri tipi di sistemi produttivi. Anche in questo modello però non sono considerati aspetti economici e sociali ma solo quelli ambientali.

Uno degli studi cardine di questo metodo, che incluse aspetti di tipo sociale, è il lavoro compiuto da William Faulkner e Fazleena Badurdeen (2014), i quali introdussero metriche di valutazione per aspetti sociali e ambientali. La scelta di queste metriche fu basata su studi già precedentemente condotti da *National Institute of Standards and Technology* (NIST) e successivamente ripresi da [Lu et al. (2011)], il quale si basava su strutture di valutazione dal punto di vista sociale, economico e ambientale.

Riferendoci al lavoro svolto da [Lu et al. (2011)], viene proposta una tabella che riassume le 6 macro-metriche approcciate dallo studioso.

Environmental impact	Energy consumption	Cost
GHG emission from energy consumption of the line (ton CO ₂ eq./unit)	In-line energy consumption (kWh/unit)	Labor cost (\$/unit)
Ratio of renewable energy used (%)	Energy consumption on maintaining facility environment (kWh/unit)	Cost for use of energy (\$/unit)
Total water consumption (ton/unit)	Energy consumption for transportation into/out of the line (kWh/unit)	Cost of consumables (\$/unit)
Mass of restricted disposals (kg/unit)	Ratio of use of renewable energy (%)	Maintenance cost (\$/unit)
Noise level outside the factory (dB)		Cost of by-product treatment (\$/unit)
		Indirect labor cost (\$/unit)
Operator Safety	Personal Health	Waste Management
Exposure to Corrosive/toxic chemicals (incidents/person)	Chemical contamination of working environment (mg/m ³)	Mass of disposed consumables (kg/unit)
Exposure to high energy components (incidents/person)	Mist/dust level (mg/m ³)	Consumables reuse ratio (%)
Injury rate (injuries/unit)	Noise level inside factory (dB)	Mass of mist generation (kg/unit)
	Physical load index (dimensionless)	Mass of disposed chips and scraps (kg/unit)
	Health-related absenteeism rate (%)	Ratio of recycled chips and scraps (%)

Figura 6 - Sustainable Manufacturing Process Clusters and Metrics [Lu et al., 2011].

Ai fini di una semplificazione idonea al caso in cui si applica lo strumento, vanno considerate solo le metriche che realmente interessano il processo produttivo che si sta esaminando. Essendo uno strumento grafico si rischierebbe di fornire informazioni inutili, togliendo il focus su quelle che invece interessano maggiormente il caso in esame [Faulkner, Badurdeen, 2014].

Quindi i due campi di indagine principali della SVSM sono ricondotti ad aspetti ambientali (*Environmental Metrics*) e ad aspetti sociali come la sicurezza dei lavoratori (*Societal Metrics*).

2.2.1 Environmental Metrics

La scelta dei parametri con cui definire la valutazione dell'impatto ambientale di un sistema produttivo è ampia, data dalla presenza di un gran numero di differenti tipologie. Molti studiosi considerano un processo produttivo sostenibile quando esso pone particolare attenzione e rilevanza alle risorse non rinnovabili e alle risorse naturali, nonché all'utilizzo di metalli, energia e acqua. Generalizzando il tipo di processo produttivo in esame si può dire che le metriche più significative sono riconducibili a tre categorie:

- 1) Uso delle materie prime (*Raw material usage*);
- 2) Utilizzo e consumo di acqua (*Water Consumption*);
- 3) Consumo di energia (*Energy Consumption*).

Per quanto riguarda l'uso delle materie prime, si considerano le quantità di materiale sottratto o aggiunto al prodotto. Per questa metrica si utilizza una rappresentazione grafica, costituita da una linea tratteggiata in cui si va a specificare la quantità di materiale sottratto (al di sotto della linea) e la quantità di materiale aggiunto (al di sopra della linea) per ogni processo analizzato.

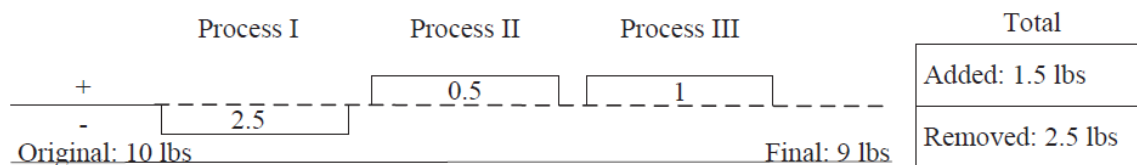


Figura 7 - Simbologia per la quantificazione della materia prima [Faulkner, Badurdeen, 2014].

Per il consumo di acqua vengono osservati tre tipi di fattori: *acqua richiesta*, *acqua utilizzata* e *acqua dispersa*. La simbologia di questa metrica è costituita da tre riquadri riportanti i tre fattori precedentemente esposti, posizionati sotto ogni processo del sistema produttivo analizzato.

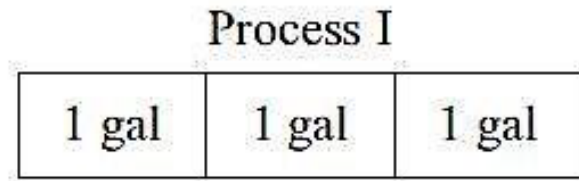


Figura 8 - Simbologia del consumo di acqua processo per processo [Faulkner, Badurdeen, 2014].

L'ultima metrica è relativa all'utilizzo di energia ed assume rilevante importanza in termini di emissioni di anidride carbonica e di GHG. Un aspetto fondamentale è quello di unificare le unità di misura delle varie voci energetiche così da facilitare un confronto e avere la possibilità di poter sommare le varie voci all'interno del processo [Paju et al (2010)]. La simbologia di tale metrica presenta una figura ovale in cui viene rappresentata l'energia utilizzata dal processo, mentre fra le figure si può rappresentare l'energia utilizzata per un eventuale trasporto.

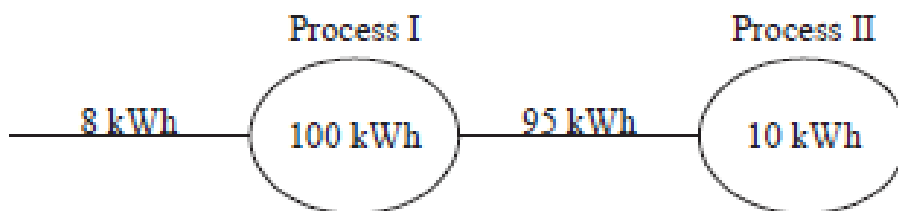


Figura 9 - Simbologia per la quantificazione del consumo di energia [Faulkner, Badurdeen, 2014]

2.2.2 Societal Metrics

Le principali metriche di questa categoria sono riconducibili a due tipi di categorie:

- a) La metrica del lavoro fisico (*Physical work*);
- b) La metrica dell'ambiente di lavoro (*Work Environment*).

La prima metrica, che cerca di individuare potenziali operazioni svolte in condizioni di rischio, si basa sul *Physical Load Index* (PLI), introdotto da [Hollman et al.1999] , che rappresenta una misura (non completa) dell'ergonomia dell'operazione. Questo indice viene calcolato attraverso la somministrazione di un questionario in cui l'operatore

indica la frequenza con cui mantiene determinate posizioni del tronco del corpo, delle braccia e delle gambe in presenza di un carico da sollevare.

Una volta che il questionario viene compilato, si crea un punteggio delle varie risposte che va da 0 a 56, riportando tali numeri nella SVSM e ponendo poi attenzione ai valori più alti ponendoli sotto esame di riprogettazione.

Di seguito viene riportato un esempio di questionario per il calcolo del PLI.

Appendix I

Musculoskeletal load due to body posture and strenuous effort during work

Please estimate, how often you have to work with the body postures displayed below, and how often you have to lift or to carry the weights mentioned below. Please fill up **all** lines!




















Trunk		never	seldom	sometimes	often	very often
	straight, upright	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	slightly inclined	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	strongly inclined	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	twisted	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	laterally bent	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Arms		never	seldom	sometimes	often	very often
	both arms below shoulder height	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	one arm above shoulder height	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	both arms above shoulder height	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Legs		never	seldom	sometimes	often	very often
	sitting	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	standing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	squatting	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	kneeling with one knee or with both	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	walking, moving	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Weight, lifted / carried with upright trunk		never	seldom	sometimes	often	very often
	light (up to 10 kg)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	medium (10 - 20 kg)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	heavy (more than 20 kg)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Weight, lifted / carried with inclined trunk		never	seldom	sometimes	often	very often
	light (up to 10 kg)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	medium (10 - 20 kg)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	heavy (more than 20 kg)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 10 – Esempio di scheda da compilare per il calcolo del PLI [Hollman et al.1999]

La seconda metrica si basa sulla sicurezza dell'ambiente in cui gli operatori operano, considerando 4 tipologie di rischio: *Electrical Systems* (E), *Hazardous Chemicals/Materials Used* (H), *Pressurized Systems* (P), e *High-Speed Components* (S). Viene inoltre calcolato e valutato il rischio legato al rumore a cui l'operatore è soggetto durante lo svolgimento del lavoro.

Per le 4 voci sopra citate, si assumono valori che vanno da 1 a 5 rappresentando il rischio e la probabilità di accadimento dello stesso. La simbologia grafica è un cerchio riportante 4 quadranti relativi alle 4 voci di rischio, con la relativa lettera di riferimento e il valore calcolato.

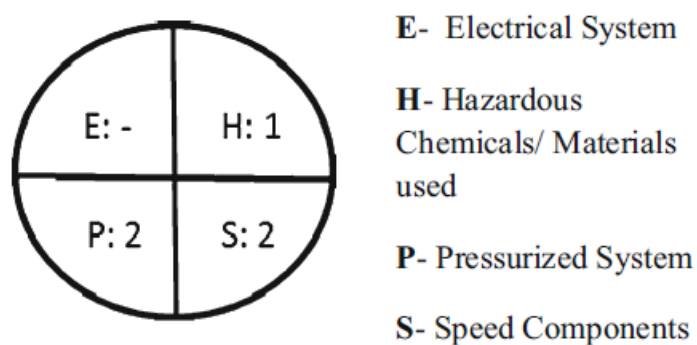


Figura 11 - Simbolo Work Environment Metric

Per quanto riguarda il calcolo dell'esposizione al rumore, ci si riferisce principalmente a due tipi di formule:

a) Quantità di rumore giornaliera che un operatore può assorbire (D):

$$D = (\text{Tempo di esposizione ad un certo livello di suono} / \text{Massimo livello di suono}) \times 100\%$$

b) Tempo massimo per il quale l'operatore può essere esposto a quella determinata quantità di rumore D (TWA):

$$TWA = 16.61 \log(D/100) + 90.$$

Questi valori possono essere inseriti nella SVSM in corrispondenza del processo in cui tale esposizione al rumore avviene nei confronti dell'operatore che svolge l'attività presa in esame.

2.3 Studi post Sus – VSM

Uno dei primi studi proposti fu quello presentato da Vinodh, Ben Ruben e Asokan, che crearono un modello integrativo ed estensivo della Sus-VSM [2015].

Le novità introdotte da questo studio furono l'introduzione di parametri economici e l'integrazione fra SVSM e l'LCIA (*Life Cycle Impact Assessment*), riprendendo il tentativo di questa interazione formulato da [Paju et al, 2010]. In questo studio fu usato per la prima volta un software in grado di elaborare gli impatti ambientali derivanti dal ciclo di vita delle risorse utilizzate. Più precisamente, fu utilizzato Simapro, un software dedicato all'elaborazione del Life Cycle Assessment (strumento che verrà spiegato più dettagliatamente nel capitolo seguente).

Un ulteriore studio, considerato un'estensione del precedente, è quello dei 3 autori Thomas Edtmayr, Alexander Sunk e Wilfried Sihn, i quali si concentrarono sull'ottimizzazione dei materiali da rifiuto incentivando il riuso. In questo studio si considerano gli scarti e i rifiuti prodotti non più come materiale di scarto ma come materiale da riutilizzare, essendo questa pratica un modo di minimizzazione degli impatti derivanti da scarto di materia. L' approccio utilizzato, che prende il nome di *ideal-typical re-utilization cycle*, nasce direttamente dai principi della innovativa *circular economy*, definendo così la "materia prima seconda" come la risorsa che viene utilizzata per la creazione di un nuovo prodotto derivante dal riciclo o dal riutilizzo della stessa.

CAPITOLO III:

Life Cycle Assessment (LCA)

Introduzione

A partire dagli anni Novanta è stato sviluppato il processo dell'”analisi del ciclo di vita” volto al conseguimento di una valutazione degli impatti energetici e ambientali di un prodotto durante tutta la sua vita.

È bene precisare che nell'Analisi del Ciclo di Vita sono incluse tutte le entità/attività che il prodotto compie dal momento della sua nascita al momento della sua morte (*“dalla culla alla tomba”*). Per cui sono considerate tutte le attività di estrazione delle materie prime, di produzione, di utilizzo, di trasporto, di distribuzione, di riuso, di riciclo e di smaltimento che il prodotto compie durante la sua vita.

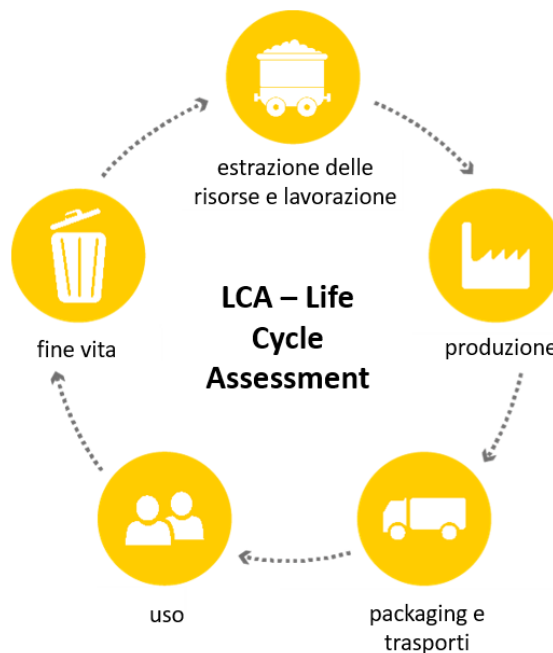


Figura 12 - Fasi del ciclo di vita di un prodotto

La definizione della metodologia LCA, formalizzata nella ISO 14040 (UNI EN ISO 14040, 1998) e proposta dalla SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) è la seguente:

“è un procedimento oggettivo di valutazione di carichi energetici e ambientali relativi a un processo o un’attività, effettuato attraverso l’identificazione dell’energia e dei materiali usati e dei rifiuti rilasciati nell’ambiente.

La valutazione include l’intero ciclo di vita del processo o attività, comprendendo l’estrazione e il trattamento delle materie prime, la fabbricazione, il trasporto, la distribuzione, l’uso, il riuso, il riciclo e lo smaltimento finale.”

In questa definizione sono contenuti alcuni aspetti fondamentali come (Vollaro 2004):

- *ciclo di vita*: deve essere preso in considerazione l’intero ciclo di vita del processo o attività, ovvero gli stadi consecutivi e collegati del sistema produttivo, dall’acquisizione della materia prima, al ciclo produttivo, all’uso, al riuso e allo smaltimento finale.
- *carichi energetici e ambientali*: l’oggetto della valutazione sono i carichi energetici ed ambientali imputabili ai processi o attività che portano alla produzione di un prodotto o di un servizio;
- *l’oggettività*: LCA è una metodologia che si basa su diversi step ed è assolutamente volontaria. È importante che siano seguiti accuratamente tutti le singole fasi del ciclo di vita e che la valutazione derivi dall’analisi di dati scientificamente verificabili e confrontabili;

Quindi la vita del prodotto è intesa come un insieme di attività e di processi che assorbono una certa quantità di materia ed energia, operano una serie di trasformazioni e rilasciano emissioni di varia tipologia.

Tale metodologia si presenta come uno strumento di supporto per:

- quantificare, interpretare e valutare gli impatti ambientali di un prodotto o un servizio;
- identificare le fasi del ciclo di vita del prodotto che hanno maggiori impatti energetici e ambientali;
- assistere il processo decisionale (pianificazione strategica);
- comunicare dati e informazioni ambientali (esempio: dichiarazione ambientale);
- identificare quali aspetti del prodotto sono migliorabili in termini di efficienza ambientale.

Attualmente la metodologia LCA è usata in vari ambiti come la progettazione ecosostenibile, l'etichettatura ecologia (eco-label) e la scelta del flusso dei rifiuti, consentendo alle aziende che la utilizzano di raggiungere un vantaggio competitivo derivante da un mercato sempre crescente di consumatori attenti e sensibili ad aspetti di ecosostenibilità.

3.1 Sviluppi storici della metodologia LCA

I primi passi della metodologia sono stati compiuti all'inizio dell'anni sessanta, quando si iniziarono a delineare pareri e tecniche di valutazione degli impatti ambientali derivanti da attività umane. A tal proposito, con la nascita dell'LCT (Life Cycle Thinking) si iniziarono a contrapporre quelle che sono le metodologie volte all'individuazione delle emissioni durante l'intero ciclo di vita della risorsa e quelle volte al singolo processo/attività che viene svolto da un soggetto.

Una svolta in tal senso arrivò all'inizio degli anni Settanta, quando per conto dell'EPA (Environmental Protection Agency) si condusse uno studio sul packaging per bevande dell'azienda Coca-Cola.

L'obiettivo dello studio era quello di stabilire quale contenitore per bevande richiedesse un minor quantitativo di materie prime ed energia, comportando così un minor impatto ambientale.

L'analisi quantificava quindi l'uso di risorse e il rilascio di sostanze inquinanti lungo l'intero ciclo di vita del prodotto, andando a quantificare anche gli aspetti derivanti dall'estrazione della materia prima fino al suo smaltimento, seguendo la logica che fu poi ribattezzata appunto "dalla culla alla tomba".

Successivamente, durante questo decennio, la metodologia fu perfezionata grazie all'interesse sempre maggiore derivante dalla crisi petrolifera di quel tempo, dove si conobbe la necessità di quantificare l'impatto ambientale derivante da combustibili fossili e dal suo utilizzo, vista anche la crescente diminuzione della risorsa sulla terra.

Nel decennio successivo, si svilupparono ulteriormente dei concetti legati alla sostenibilità come ad esempio accadde nel rapporto Bruntland (1987), dove si definì il

concetto di sviluppo sostenibile non solo in termini di ambiente ma anche di benessere della vita umana correlata alla qualità ambientale.

La definizione fu la seguente:

«lo sviluppo sostenibile è uno sviluppo che soddisfi i bisogni del presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri»

(WCED, 1987)

Grazie a questo interesse sempre maggiore della società verso tale ambito e alla definizione di concetti sempre più dettagliati e precisi, l'LCA trova uno spazio di applicazione sempre maggiore arrivando così ad avere una discreta diffusione, trovando però delle prime difficoltà dovute all'incompatibilità fra i vari studi condotti, causate da differenze procedurali attuate. Tutto ciò portò la comunità scientifica ad avere il bisogno di standardizzare tali procedure, così da consentire un'omogeneità di tali studi e di fornire la possibilità di attuare confronti fra vari prodotti, arrivando ad istituire norme tecniche.

Nel 1993 l'ISO (Organizzazione Internazionale per la Standardizzazione) istituì un Comitato Scientifico che aveva il compito di standardizzare le procedure dell'LCA a livello internazionale. I primi documenti pubblicati da tale Comitato furono le norme ISO 14040, 14041, 14042, 14043 sulle linee guida proposte da SETAC e poi accorpate successivamente, nel 2006, in due norme:

- 1- UNI EN ISO 14040–“Environmental management –Life cycle assessment – Principles and framework”;
- 2- UNI EN ISO 14044–“Environmental management –Life cycle assessment – Requirements and guidelines”.

Dal 2000 in poi si è assistito ad un crescente numero di iniziative basate sull'LCA che hanno contribuito a creare banche dati sempre più complete e numerose a cui attingere durante i vari studi, sia su scala nazionale che internazionale.

A titolo di esempio, si fa notare come in Italia sia presente una “Rete Italiana LCA” che funge da network fra le aziende e i soggetti che utilizzano l’LCA al fine di migliorare la comunicazione su tale tema, condividere dati e progetti.

All’interno di questa rete sono presenti in maggioranza significativa le Università (52% circa), seguite da società di consulenza (30% circa) e da singoli privati.

Questa rete ha avuto negli ultimi anni un considerevole sviluppo in termini di iscritti, portando molte realtà territoriali del Paese ad interessarsi a tale tema.

Per comprendere meglio lo sviluppo che tale metodologia ha avuto negli ultimi due decenni, si propone di seguito un **grafico** che mostra il numero di articoli che menzionano l’LCA nel giornale *Environmental Science & Technology* dal 1967 al 2011.

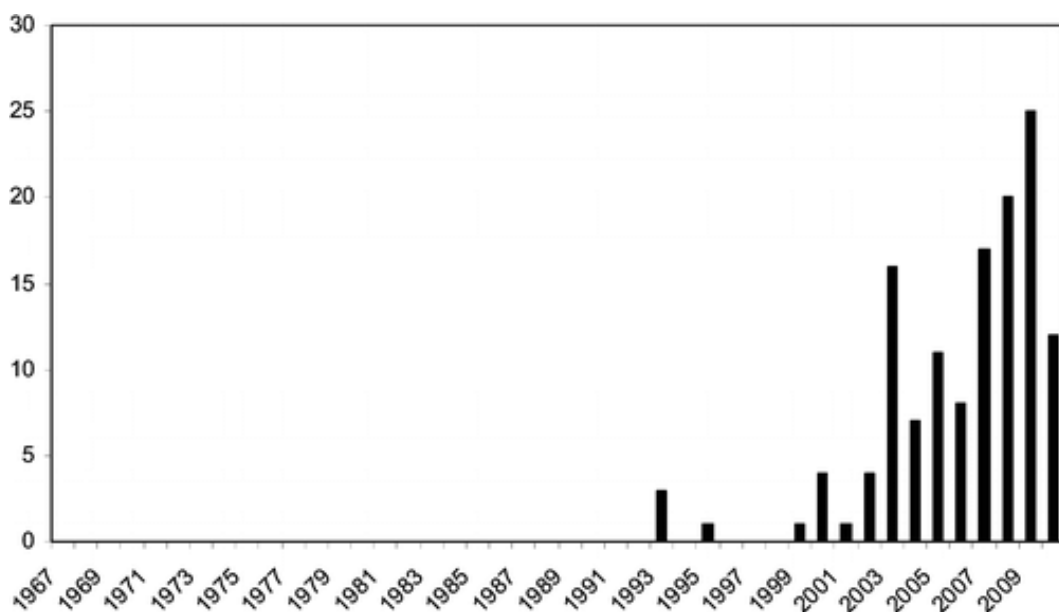


Figura 13 - Istogramma del numero di articoli all’interno dei quali viene citata la metodologia LCA. Fonte: *Life Cycle Assessment: Past, Present and Future*, J. B. Guinée, 2011].

3.2 Fasi di uno studio LCA (*Life Cycle Assessment*)

Seguendo le norme ISO 14040 e 14044, un'analisi LCA si svolge attraverso 4 macro-fasi distinte:

- 1- Obiettivo e campo di applicazione (*Goal and Scope*);
- 2- Analisi d'Inventario (*Life Cycle Inventory – LCI*);
- 3- Valutazione dell'impatto sul ciclo di vita (*Life Cycle Impact Assessment – LCIA*);
- 4- Interpretazione dei risultati (*Life Cycle Interpretation*).

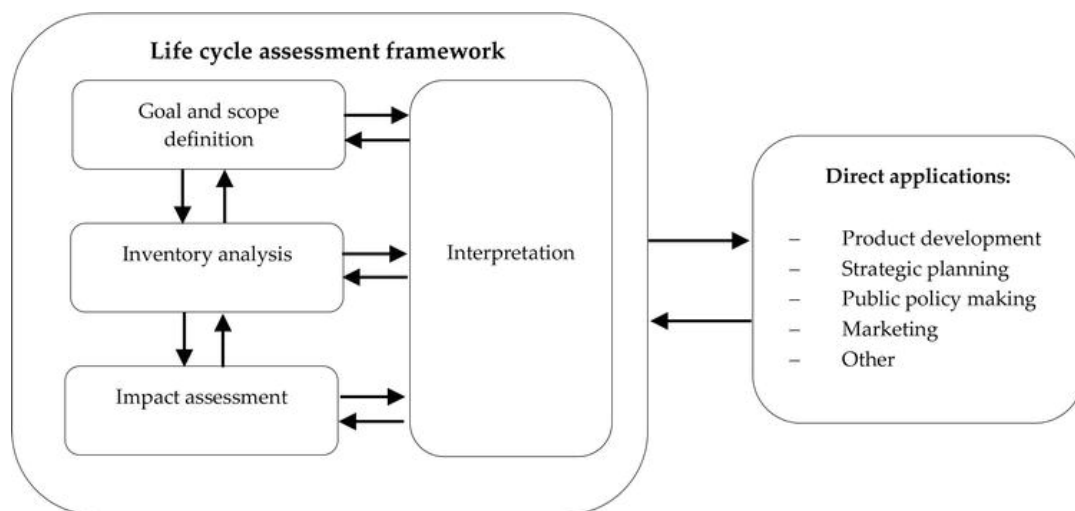


Figura 14 - Fasi della valutazione del ciclo di vita. [Fonte: ISO 14040:2006(E) Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework]

3.2.1 Obiettivo e campo di applicazione (*Goal and Scope*)

In questa fase, definita dalla norma UNI EN ISO 14040, si comunica il motivo per il quale si svolge uno studio LCA, si descrive il sistema oggetto preso come riferimento e si elencano le categorie di dati da utilizzare.

La definizione del *Goal and Scope* si articola a sua volta in quattro sotto-tematiche:

- Funzioni del Sistema Prodotto;
- Unità Funzionale;
- Confini iniziali del sistema prodotto;
- Requisiti di qualità dei dati;

Le seguenti sotto-tematiche verranno descritte dettagliatamente nei paragrafi seguenti.

3.2.2 Funzioni del Sistema Prodotto

Il sistema prodotto è definito come:

“Insieme elementare di unità di processo, connesse tra loro per quanto riguarda materia ed energia, che perseguono una o più funzioni definite”

Il Sistema Prodotto è quindi scomponibile in unità di processo, ciascuna delle quali include tutte le attività e le operazioni attribuibili ad essa stessa.

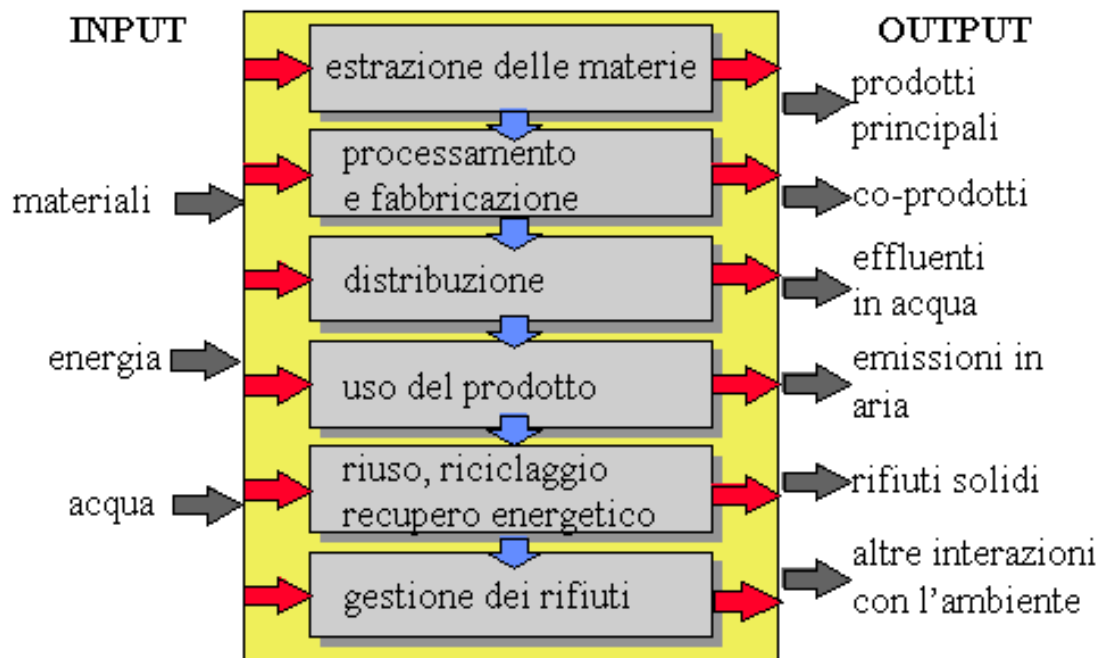


Figura 15 - Esempio di funzioni del sistema prodotto

3.2.3 Unità Funzionale

Viene così definita dalla ISO 14040:

“Misura della prestazione del flusso in uscita funzionale del sistema prodotto. Lo scopo principale dell'unità funzionale è di fornire un riferimento a cui legare i flussi in uscita ed in entrata. Questo riferimento è necessario per consentire la comparabilità

dei risultati della LCA, che risulta essere critica quando si valutano sistemi differenti, perché ci si deve assicurare che il confronto venga fatto su base comune.”

Si tratta della quantità di prodotto in funzione della quale impostare l'analisi/studio, rappresentando l'unità di misura di riferimento a cui andranno normalizzati tutti i dati di Input e Output.

La scelta di tale Unità Funzionale è totalmente arbitraria e verrà decisa in funzione dello scopo dello studio, del tipo di analisi che si vuole fare e dal tipo di confronto che si vuole rendere disponibile.

3.2.4 Confini iniziali del sistema prodotto

I confini iniziali del sistema prodotto rappresentano le unità di processo che devono essere incluse nella LCA. Per stabilire i confini del sistema, normalmente si prendono in considerazione le seguenti fasi:

- Acquisizione materie prime;
- Flussi in ingresso ed in uscita;
- Processo di fabbricazione;
- Produzione ed utilizzazione di combustibili, elettricità, e di calore;
- Uso e manutenzione del prodotto;
- Riciclo / Gestione dei rifiuti.

A titolo di esempio, una prima limitazione dei confini del sistema potrebbe essere quella geografica o tecnologica, escludendo le componenti che non soddisfano tale parametro di confine.

A volte, quando si conduce una LCA interna, si preferisce semplificare tale confine per avere una semplicità di analisi adatta all'esigenza che ha portato allo studio, formulando così una variante del Life Cycle Assessment classico (*“dalla culla alla tomba”*) che consiste nell'esclusione di alcune fasi di vita del prodotto.

In questa fase vengono definiti i criteri di **Cut-off**, cioè le assunzioni e le inclusioni che vengono eseguite sui dati di Input e Output descrivendo il loro impatto sul risultato finale. I criteri di Cut-off ammissibili dalla norma si basano su:

- a) **Massa**: si sceglie un valore di taglio da applicare alla massa totale dell'Input del prodotto che entra nel sistema;
- b) **Energia**: si sceglie un valore di taglio da applicare all'energia totale utilizzata dal sistema;
- c) **Significatività**: scegliere un valore di taglio tale per cui la significatività del risultato rimanga invariata.

3.2.5 Requisiti di qualità dei dati

La descrizione della qualità dei dati viene svolta al fine di valutare i dati effettivamente raccolti, in modo tale da avere uno strumento aggiuntivo in fase di interpretazione dei risultati.

Secondo la norma ISO i requisiti che i dati devono soddisfare sono:

- a) *Copertura temporale*: età dei dati e periodo minimo di tempo durante il quale devono essere raccolti i dati;
- b) *Copertura geografica*: area geografica da cui raccogliere i dati per i processi unitari al fine di soddisfare l'obiettivo dello studio;
- c) *Copertura tecnologica*: tecnologia specifica o mix tecnologico coerente con lo studio;
- d) *Precisione*: misura della variabilità dei valori dei dati per ogni dato espresso (ad es. varianza);
- e) *Completezza*: percentuale di flusso misurata o stimata;
- f) *Rappresentatività*: la valutazione qualitativa del grado in cui il set di dati riflette la vera popolazione di interesse (compresa la copertura geografica, il periodo di tempo e la copertura tecnologica);

- g) *Coerenza*: valutazione qualitativa dell'applicazione della metodologia di studio ai vari componenti dell'analisi;
- h) *Riproducibilità*: valutazione qualitativa della misura in cui le informazioni sulla metodologia e sui dati raccolti consentirebbero a un professionista indipendente di riprodurre i risultati riportati nello studio;
- i) *fonti dei dati*;
- j) *incertezza delle informazioni* (ad es. dati, modelli e presupposti).

3.3 Analisi d'Inventario (Life Cycle Inventory – LCI)

L'Analisi d'Inventario è la fase in cui avviene la raccolta dati e si scelgono i procedimenti di calcolo, che a loro volta consentono di quantificare i flussi di Input e Output del sistema prodotto.

Prima di fare ciò bisogna aver compreso l'effettivo flusso che il prodotto/servizio compie attraverso le unità di processo, ricorrendo anche a rappresentazioni grafiche (*process flowchart*) e strumenti come la *Sus-Value Stream Mapping* trattata in precedenza.

Questa fase è divisa in quattro moduli:

- 1- *Procedimento per la raccolta dati*: va specificato in che modo vengono raccolti i dati;
- 2- *Raccolta dati*: essa avviene per quantificare i flussi dei materiali e dell'energia. Se possibile, i dati devono essere raccolti direttamente sul "campo" o nell'azienda che ha commissionato il lavoro. Se ciò non è possibile si può far riferimento a database già presenti in varie piattaforme o attraverso indici in letteratura.
Va specificata ogni natura del dato così da non creare incomprensioni fra i vari lettori dello studio.
- 3- *Calcolo dei dati*: si indicano le procedure di calcolo attuate nello studio e tali devono rimanere per tutta la sua durata. Per fare ciò si deve: controllare la validità dei dati per confermare e provare che i requisiti di qualità dei dati per la domanda prevista sono stati soddisfatti, per ogni processo unitario deve essere

determinato un flusso appropriato all'unità funzionale e un'analisi di sensibilità dei dati.

4- *Allocazione*: si sceglie e si specifica i criteri di allocazione di alcuni materiali/energia che vengono condivisi fra più unità di processo. Quando possibile si consiglia di evitare l'allocazione, ma se ciò non fosse si dovrebbe seguire l'ordine:

- a) proprietà fisiche (es. massa);
- b) Valore economico (attribuzione in relazione al peso economico che l'oggetto di analisi ha nei confronti di un parametro preso come riferimento);
- c) numero di utilizzi successivi (attribuzione in relazione al numero di volte in cui l'oggetto di analisi usufruisce del materiale/energia in esame).

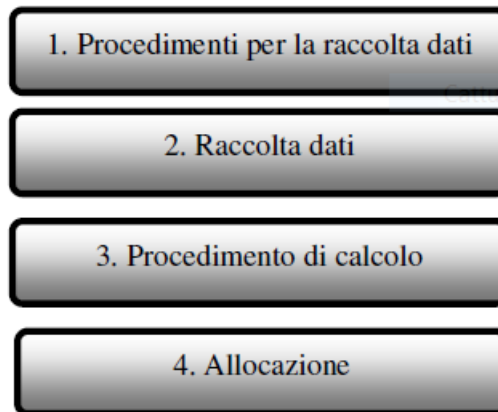


Figura 16 - Fasi dell'analisi di inventario

3.4 Valutazione dell'impatto sul ciclo di vita (Life Cycle Impact Assessment – LCIA)

Lo scopo di tale fase è quello di identificare e quantificare i temi ambientali (impatti globali, impatti regionali e locali) considerati rilevanti per lo studio per poi trasformare ciascun flusso di sostanze creato, nella fase di inventario, in un contributo ai temi ambientali precedentemente scelti.

La procedura della Valutazione di impatto fa riferimento alla UNI EN ISO 14044 che la suddivide nelle seguenti fasi:

- a) *Scelta e definizione delle categorie di impatto*: vengono scelte tenendo conto del criterio di completezza (considerare tutte le categorie a breve e a lungo termine su cui il sistema potrebbe agire), indipendenza (evitare conteggi multipli), praticità (non deve contenere un numero eccessivo di categorie);

Per la scelta delle categorie di impatto di fa riferimento all'elenco proposto da Working Group of LCIA della SETAC:

CATEGORIA DI IMPATTO	
Consumo di risorse	Consumo di risorse naturali, Consumo di energia primaria
Potenziali impatti ambientali	Cambiamenti climatici, Assottigliamento della fascia d'ozono, Acidificazione, Eutrofizzazione, Smog fotochimico, Tossicità (aria, acqua, suolo), Ecotossicità, Degrado del territorio ed altri tipi di effetti, Effetto serra
Rifiuti prodotti	Produzione di rifiuti pericolosi

Tabella 2 - Categorie di impatto

La selezione delle categorie di impatto deve avvenire in base a scopo e confini dell'analisi LCA e problematiche ambientali connesse al prodotto studiato.

Una volta selezionate si passa alla scelta dei KPI di interesse (midpoint e endpoint).

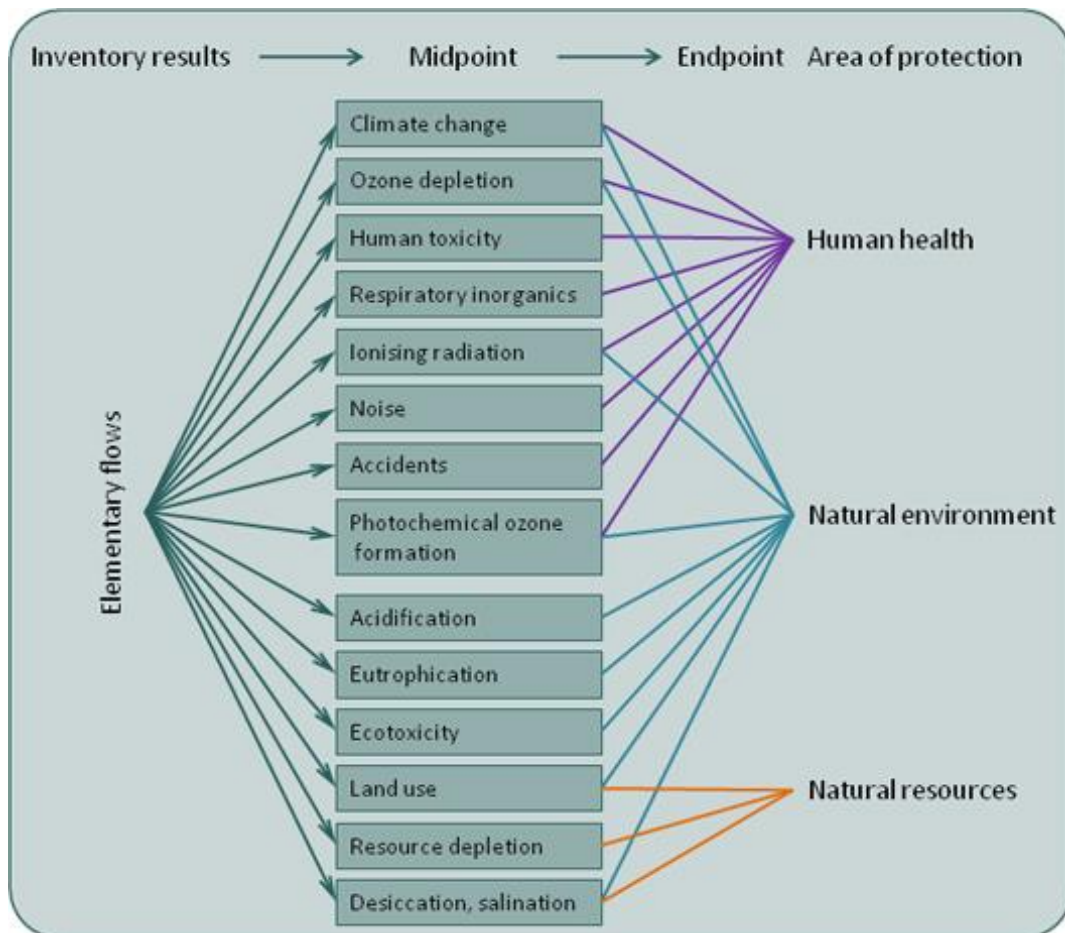


Figura 17 - Midpoint e EndPoint

b) *Classificazione*: fase di assegnazione delle categorie ai dati raccolti in fase di inventario.

Le categorie di impatto possono essere ricondotte a tre aree di protezione ambientale: Esaurimento delle risorse (Resources,R), Salute Umana (Human Health, HH) e Conservazione dell'ambiente (Ecosystem Quality, EQ).

In queste aree si identificano vari temi ambientali come:

- 1- Potenziale impoverimento delle materie prime;
- 2- Potenziale impoverimento delle fonti energetiche;
- 3- Potenziale riscaldamento globale (effetto serra);
- 4- Ecotossicità delle acque e del suolo;
- 5- Eutrofizzazione;
- 6- Tossicità per l'uomo;
- 7- Potenziale impoverimento dello strato d'ozono;
- 8- Potenziale acidificazione.

Categoria di impatto	Unità di misura per l'indicatore di categoria
Esaurimento delle risorse (Resources)	MJ
Salute Umana (Human Health)	DALY years (Disability Adjusted Life Years – anni di danno alla vita umana)
Conservazione dell'ambiente (EQ)	PDF (Potentially Disappeared Fraction species) m ² anno

Tabella 3 - Unità di misura aree di protezione

c) *Caratterizzazione*: si quantifica l'impatto attraverso dei fattori di caratterizzazione (EF) e si aggregano gli effetti ambientali all'interno delle categorie prescelte. La fase finale della caratterizzazione è il "Profilo Ambientale" che è costituita dalla creazione di una serie di punteggi d'impatto per ogni categoria.

Due sostanze diverse hanno diversi impatti se paragonati allo stesso tema ambientale e per questo motivo bisogna moltiplicare la quantità delle sostanze per il loro fattore di peso (FP) di quel tema ambientale.

Un esempio pratico potrebbe essere quello dell'indicatore *effetto serra*, calcolato considerando le emissioni rilasciate in aria che contribuiscono al riscaldamento globale (anidride carbonica, metano, protossido di azoto etc..). Alla quantità in massa di tali sostanze va moltiplicato un fattore di peso (in questo il *Global Warming Potential*) per poterle adattare a quella categoria. L'anidride carbonica è considerata la sostanza di riferimento di questo fattore di peso per cui è uguale a, mentre il metano ha un fattore peso pari a 21. In sostanza l'emissione di 1 kg di metano equivale all'emissione di 21 kg di anidride carbonica.

A questo punto si può esprimere l'indicatore ambientale della i-esima categoria come:

$$I_i = \sum_j (CF_{ij} * Q_j)$$

Essendo:

CF_{ij} = fattore di peso della sostanza j-esima della categoria di impatto i-esima;

Q_j = quantità in massa della sostanza j-esima.

Si riporta di seguito una tabella che mostra altri indicatori in relazione al fattore di peso relativo.

INDICATORE	FATTORE DI PESO
Acidificazione	Acidification Potential (AP), sostanza di riferimento: anidride solforosa
Eutrofizzazione	Nutrication Potential (NP), sostanza di riferimento: composti a base di fosforo e azoto
Energia Primaria	Potere Calorifero del materiale
Assottigliamento della fascia di ozono stratosferico	Ozone Depletion Potential (ODP), sostanza di riferimento: HCFH, CFC
Formazione di smog fotochimico	Photochemical Ozone Creation Potential (POCP), sostanza riferimento: etilene

Tabella 4 - Indicatori e relativi Fattori di Caratterizzazione

- d) *Normalizzazione*: si elaborano i dati ottenuti in fase di caratterizzazione in modo tale da ottenere degli indici omogenei con cui valutare il sistema;
- e) *Valutazione*: assegnazione di un peso relativo alle varie categorie d'impatto e alla stima finale dei risultati. Questi fattori di peso infine vanno moltiplicati per i punteggi ottenuti e vengono poi sommati per avere un indice ambientale finale.

Queste ultime due fasi, secondo la norma ISO non sono obbligatorie per la stesura di una LCA.

3.5 Interpretazione dei risultati (*Life Cycle Interpretation*)

L'ultimo passo ha l'obiettivo di interpretare i risultati che provengono dalle precedenti fasi, verificare l'ottenimento degli obiettivi e la qualità dei dati nonché i limiti del sistema, formulando possibili opzioni future di miglioramento e riprogettazione. Uno studio LCA non produce obbligatoriamente, con certezza, un dato che può essere considerato oggettivo in quanto esso risente del metodo con cui si è condotto lo studio. Perciò questa fase è di vitale importanza al fine di trarre considerazioni il più vicino possibile alla realtà, così da riuscire a prendere decisioni in merito che siano considerate valide e affidabili.

3.6 Limiti della metodologia LCA

Attualmente la metodologia presenta alcuni limiti come la mancanza di competenze all'interno delle aziende.

Altri limiti riscontrabili da esperienze di lavoro sono la difficoltà di utilizzo da parte di attori non specializzati e l'eccessivo approccio scientifico che la procedura richiede. In realtà, per molti esperti, il vero limite alla diffusione di tale strumento risiede nel difficile reperimento di dati considerabili come affidabili e certi. Molto spesso non si riesce a reperire la totalità dei dati che interessano il sistema di prodotto, portando così lo studio a non soddisfare i requisiti di completezza.

Un altro paradosso è quello per cui si considera uno studio di LCA buono se esso riesce a rispondere in tempi brevi alle richieste, così da seguire quelle che sono le necessità decisionali per cui si svolge l'LCA. Ma uno studio di LCA ben fatto comporta una mole di lavoro che non può essere eseguita in breve tempo per cui viene considerato come uno strumento non efficace data la sua laboriosità di esecuzione.

CAPITOLO IV:

Caso Studio Arcese S.p.a

INTRODUZIONE

Questo studio è stato realizzato grazie alla collaborazione tra l'Università di Bologna e la società Arcese S.p.a., ponendosi come obiettivo la valutazione da un punto di vista ambientale dei servizi offerti dall'azienda nel settore della logistica.

Per fare ciò si sono utilizzati alcuni strumenti, come il Life Cycle Assessment (LCA) e la Sustainable - Value Stream Mapping (SVSM) che permettono una valutazione completa del servizio ("dalla culla alla tomba") e una visione grafica delle criticità ad esso connesse, in modo tale da poter sviluppare un future state in ottica migliorativa. Nello specifico, viene proposta la SVSM del servizio preso in considerazione consultabile nella sezione allegati di questo elaborato.

4.1 Obiettivo dello studio

Lo scopo principale di questa analisi è quella di fornire all'azienda uno strumento in grado di quantificare le emissioni che derivano dai servizi logistici e di poterlo adattare a più tipologie di cliente. Nel dettaglio, si è voluto valutare l'impatto ambientale principalmente in termini di *Climate Change* (Kg CO2 equivalente), così da poter avere una valutazione completa per tutti i servizi che l'azienda offre (logistica e trasporto) e di poter comunicare tali studi in modo più completo ai clienti che usufruiscono di entrambi i servizi.

L'azienda ha già sviluppato un tool in grado di valutare la Carbon Foot Print (CFP) per i servizi di trasporto, sia per conto terzi che con mezzi propri, perciò si è voluto espandere lo studio anche ai servizi di logistica, continuando a migliorare l'efficienza ambientale di tutto il gruppo.

4.2 Descrizione dei servizi oggetto dell'analisi

Il servizio preso come oggetto di analisi riguarda le attività di Inbound (accettazione mezzi/DDT e scarico merce), di Stock (incasellamento merce a magazzino e attività di abbassamento merce a livello di picking) e Outbound (prelievo, smistamento, imballaggio, pallettizzazione e carico merce) che l'azienda offre.

4.3 Strumento applicativo per la valutazione LCA: Simapro 7.3.3

Per lo studio oggetto di questa tesi, si è adoperato il software SimaPro 7.3.3, uno dei software più utilizzati a livello internazionale e sviluppato dalla PRè (Product Ecology Consultants - NL) per conto del ministero dell'ambiente olandese.

L'obiettivo principale di questo software è quello di approfondire materiali e processi che individuano elementi di maggior impatto ambientale, andando a lavorare sull'ottimizzazione dei processi più critici al fine di migliorarne le prestazioni ambientali. Durante uno studio di LCA sussiste la necessità di lavorare con un set di dati consistente e documentato. I dati per uno studio di LCA dovrebbero essere raccolti, presso il committente.

Nel caso in cui i dati raccolti non siano sufficienti, ci si può riferire a specifici database per LCA: le Banche dati.

Il metodo utilizzato in tale studio è stato ReCiPè midpoint (H), uno dei più completi e più utilizzati, soprattutto per valutazioni LCA che interessano la regione europea.

4.4 Campo di applicazione

La seguente sezione delinea i campi di applicazione del progetto, attuati al fine di raggiungere gli obiettivi prefissati.

4.4.1 Unità funzionale

Lo strumento creato permette di valutare una unità funzionale (1 parte) che esegue tutte le fasi del servizio offerto (Inbound, Stock, Outbound) e viene perciò inteso come una unità di spedizione, che chiameremo “collo”.

4.4.2 Confini del sistema

L'analisi include le emissioni relative all'utilizzo di:

- Servizi di Inbound (materiali utilizzati e produzione di energia elettrica necessaria allo svolgimento di tali operazioni).
- Servizi di Stock (materiali ed energia).
- Servizi Outbound (materiali ed energia).

Il confine geografico di tale studio è da ricondursi a movimenti e procedure che la merce, che andrà a formare un collo, attua da quando supera il controllo del mezzo in accettazione (dalla entrata in azienda) a quando esso viene richiesto dal cliente e quindi preparata in baia di spedizione per essere spedita al cliente finale.

Le attività relative alla manutenzione dei mezzi di movimentazione sono state escluse dal momento che è una fase che ha un peso inferiore ad 1%.

È stato inoltre escluso l'impatto generato dalla produzione e dallo smaltimento di mezzi di Handling, la produzione del magazzino e relativa dismissione, e infine l'utilizzo del PC per le aree ufficio.

4.4.3 Allocazione

Le regole di allocazione utilizzate sono state le seguenti:

- Energia: allocata inizialmente sulla base della superficie occupata dai servizi presi in analisi e poi ri-allocata ai sotto-assemblaggi creati secondo un rapporto di linearità imposto. In questo caso si è scelto di attribuire un consumo maggiore

di energia al sotto-assemblaggio Outbound (40%) rispetto a Stock e Inbound (30%).

- Utilizzo PC, Utilizzo carta stampante, Utilizzo bocca di lupo e fogli di cartone, utilizzo bacini per stock merce pericolosa: è stata fatta la somma totale nell'anno preso in considerazione (secondo l'unità di misura specifica per ogni voce), ed è stato attribuito ad ogni singolo collo la frazione di quella somma divisa per il numero totale di colli spediti nel periodo di riferimento.

4.4.4 Criteri di cut-off ed esclusioni

Per ottimizzare le risorse necessarie alla modellizzazione dei vari aspetti del ciclo di vita si applica la regola del cut-off che permette l'esclusione degli aspetti poco significativi sulla base delle caratteristiche fisiche (ad es. sulla base della massa dei materiali).

Nel presente studio sono state escluse le seguenti fasi:

- a) Produzione mezzi handling (in quanto da precedenti studi è emerso che l'impatto relativo totale della produzione degli stessi è sempre $< 2\%$);
- b) Manutenzione mezzi handling (in quanto da precedenti studi è emerso che l'impatto relativo sul totale della manutenzione degli stessi è sempre $< 0,2\%$);
- c) Smantellamento mezzi;
- d) Attività di trasporto merce al di fuori dello stabilimento.
- e) Attività di ufficio.

4.4.5 Selezione della metodologia di valutazione dell'impatto

La metodologia utilizzata per la valutazione dello studio è ReciPè midpoint (H). È importante sottolineare che il sistema analizzato non include importanti aspetti che possono comportare lo stoccaggio di CO₂ a lungo termine.

4.4.6 Qualità dei dati

I dati nel modello sono il più possibile precisi, completi, consistenti e rappresentativi in relazione al campo di applicazione ed allo scopo del modello:

- I dati primari sono in parte misurati ed in parte estrapolati dal gestionale aziendale.
- I dati secondari (intesi come dataset selezionati da banche dati) sono stati scelti sulla base di un attento confronto con quanto disponibile nei database a disposizione e con quanto ritenuto rappresentativo per il processo effettivamente utilizzato da Arcese.
- La consistenza si riferisce alle scelte di modellizzazione ed alle fonti di dati. L'obiettivo è quello di assicurare che differenze nei risultati derivino da differenze effettivamente presenti tra sistemi di prodotto e non da inconsistenze nelle scelte del modello, fonti di dati, fattori di emissione od altro.
- La rappresentatività esprime il grado con il quale i dati si sposano con le condizioni geografiche, temporali e tecnologiche definite nello scopo ed obiettivo dello studio.

Fase	Inbound	Stock	Outbound
Utilizzo PC	<i>stimato</i>	—	<i>stimato</i>
Energia	<i>Estrapolato da gestionale</i>	<i>Estrapolato da gestionale</i>	<i>Estrapolato da gestionale</i>
# contenitori	<i>Estrapolato da gestionale</i>	—	—
Peso foglio stampante	<i>misurato</i>	—	—
# truck in accettazione/gg	<i>stimato</i>	—	—
# colli di spedizione	<i>Estrapolato da gestionale</i>	<i>Estrapolato da gestionale</i>	<i>Estrapolato da gestionale</i>

Peso bocche di lupo	—	<i>Estrapolato da gestionale</i>	—
Fattore utilizzo bocche di lupo	—	<i>stimato</i>	—
Fattore utilizzo contenitori	—	<i>stimato</i>	—
peso fogli cartone ondulato	—	<i>stimato</i>	<i>stimato</i>
Peso contenitore polipropilene	—	<i>misurato</i>	<i>misurato</i>
Peso busta adesiva polipropilene	—	—	<i>misurato</i>
Peso specifico regia	—	—	<i>misurato</i>
Peso busta polietilene	—	—	<i>misurato</i>
Peso film polietilene	—	—	<i>stimato</i>
Peso contenitore cartone ondulato	—	—	<i>misurato</i>
Lunghezza rulliera/fattore utilizzo	—	—	<i>Misurato/stimato</i>
Fattore utilizzo fogli cartone	—	<i>stimato</i>	<i>stimato</i>

Tabella 5 - Natura dei dati

Tutti i dati di estrazione delle materie prime, di produzione e trasporto dei materiali provengono dal database fornito dal software.

4.4.7 Assunzioni e limitazioni

Le assunzioni e limitazioni principali dello studio sono le seguenti:

- il fattore di utilizzo delle “bocche di lupo” (contenitori per lo stoccaggio) è pari a 0,5 (2 anni di utilizzo), assunto come valore medio basato sul ricambio di tali oggetti negli ultimi anni.

- Non sono state considerate le scaffalature in quanto, nel caso di questo studio, erano in funzione per più di 25 anni.
- Il fattore di riuso dei contenitori per spedizione in polipropilene è stato assunto pari a 16, secondo una estrapolazione dal gestionale aziendale e successiva mediazione fra le varie grandezze di contenitori utilizzati.
- Il nastro trasportatore utilizzato in area smistamento ha un utilizzo pari a 25 anni.
- L'energia elettrica consumata è relativa al mix energetico fornito dall'Italia e quindi dipendente da strategie di produzione di energia elettrica del Paese in cui si svolgono le attività.

4.5 Analisi di inventario del ciclo di vita

4.5.1 Procedura di raccolta dati

La gestione della raccolta dei dati è stata fatta coinvolgendo tutti i soggetti dei vari reparti in relazione a consumi energetici, procedure e imballi utilizzati per le seguenti aree:

- Inbound
- Stock
- Outbound

La maggior parte dei dati sono stati estrapolati dal software gestionale che l'azienda utilizza, mentre per i restanti sono state effettuate delle misurazioni.

I dati e le informazioni raccolte sono poi stati sottoposti ad una successiva fase di revisione critica da parte di Arcese per un controllo puntuale dal punto di vista di completezza, consistenza e rappresentatività. Il periodo di riferimento per la raccolta

dati è l'anno 2019; i dati raccolti vengono descritti dettagliatamente nel capitolo finale per i vari scenari proposti.

4.5.2 Dati e struttura del modello

In questo paragrafo si descrive nel dettaglio il modello realizzato con lo strumento Simapro 7.3.3, in modo da fornire una panoramica delle unità di processo considerate all'interno dei confini del sistema.

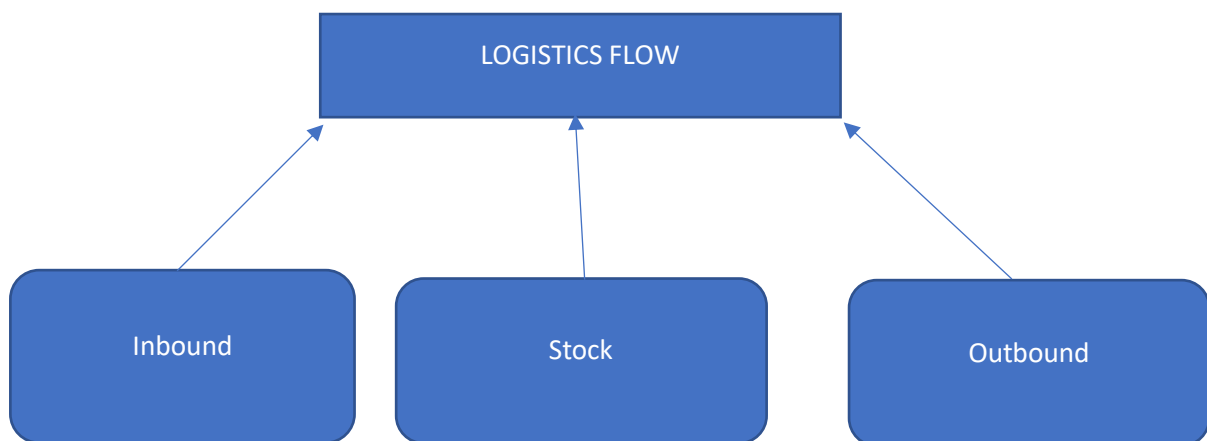


Figura 18 - Struttura del modello

Logistics_Inbound

I seguenti dati primari vengono richiesti dallo strumento per le attività svolte in area Inbound, relativi alla spedizione di una unità di collo. Nello specifico le operazioni sono: accettazione dei mezzi in guardiola, accettazione merce a sistema, scarico merce e applicazione bar code ai contenitori scaricati nell'eventualità che non siano già presenti.

1- Utilizzo del PC in accettazione e in area di scarico per approvazione dei documenti di trasporto (DDT); [ore]

2- Peso della carta stampante utilizzata per l'applicazione del bar-code ai contenitori scaricati; [Kg/foglio]

3- Energia consumata. [KWh]

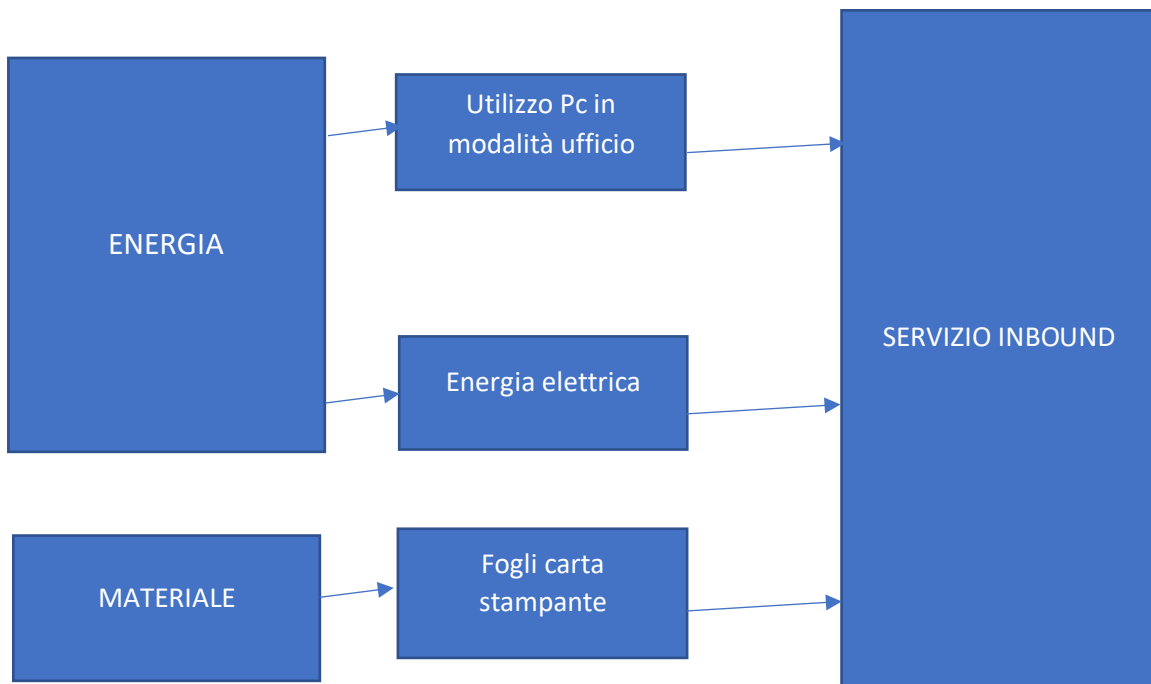


Figura 19 - Struttura del modello: INBOUND

Logistics_Stock

I dati primari qui richiesti sono da attribuire a tutte le operazioni che si svolgono per l'incasellamento e la messa a stock della merce:

4- Peso delle bocche di lupo presenti nelle scaffalature; [Kg]

5- Energia consumata; [KWh]

6- Peso dei contenitori di polipropilene utilizzati per lo stock di materiale considerato "Hazardous". [Kg]

7- Peso dei fogli di cartone ondulato presenti nelle scaffalature; [Kg]

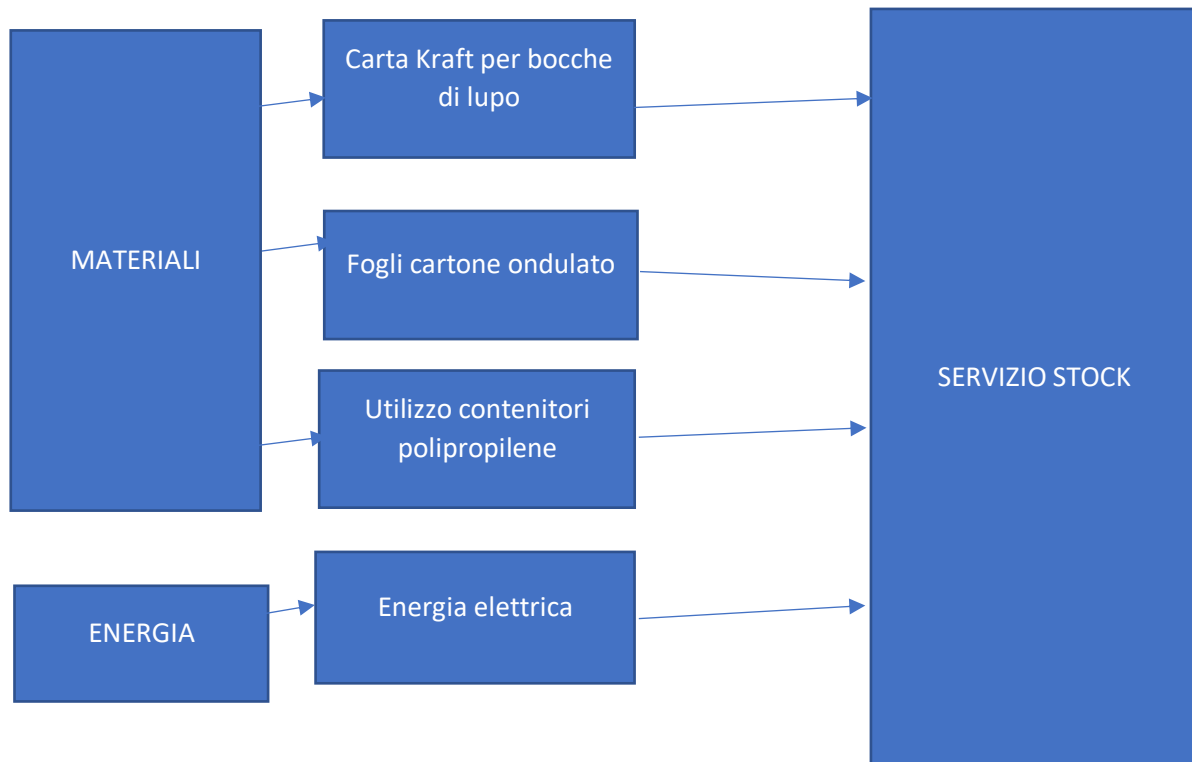


Figura 20 – Struttura del modello: STOCK

Logistics_Outbound

In questo processo si prendono in considerazione tutte le attività di prelievo, smistamento merce, imballo, pallettizzazione e carico merce per la spedizione di una unità di “collo”:

8 - polietilene utilizzato per reggiatrice, imballo terziario (film) e busta LPDE; [Kg]

9 - polipropilene utilizzato per contenitori di spedizione e buste adesive; [Kg]

10- utilizzo del pc per prelievo e smistamento; [ore]

11- utilizzo di cartone ondulato per contenitori di spedizione; [Kg]

12- energia elettrica; [KWh]

13- legno per utilizzo pallet personalizzati; [Kg]

14- utilizzo, produzione e smaltimento di una rulliera utilizzata per lo smistamento; [m]

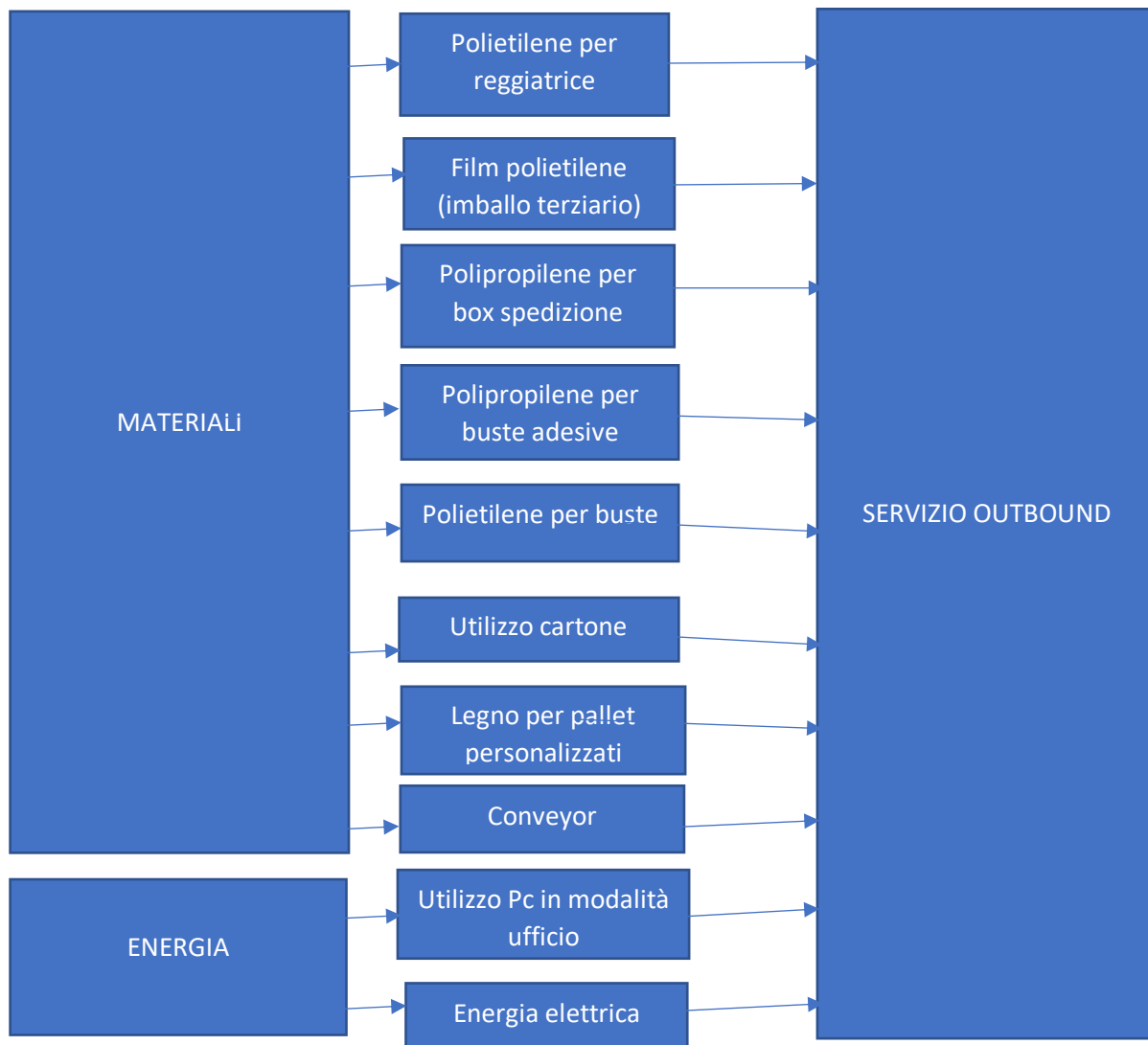


Figura 21 – Struttura del modello: OUTBOUND

4.5.3 Dati secondari Simapro

Per quanto riguarda i processi a monte e a valle, la banca dati ed il database (contenente tutti i processi industriali) hanno fornito i dati di inventario relativi a tutti i processi coinvolti, in relazione sia alla produzione delle varie fonti energetiche e dei materiali, sia ai trasporti stessi.

4.5.4 Quantificazione delle emissioni

I dati sono riferiti ad una unità di collo spedita nell'anno 2019. I valori dei dati di input e lo scenario utilizzato per tale valutazione sono riportati nella sezione "Tabelle e scenari" (Scenario 1.1)

Inbound:

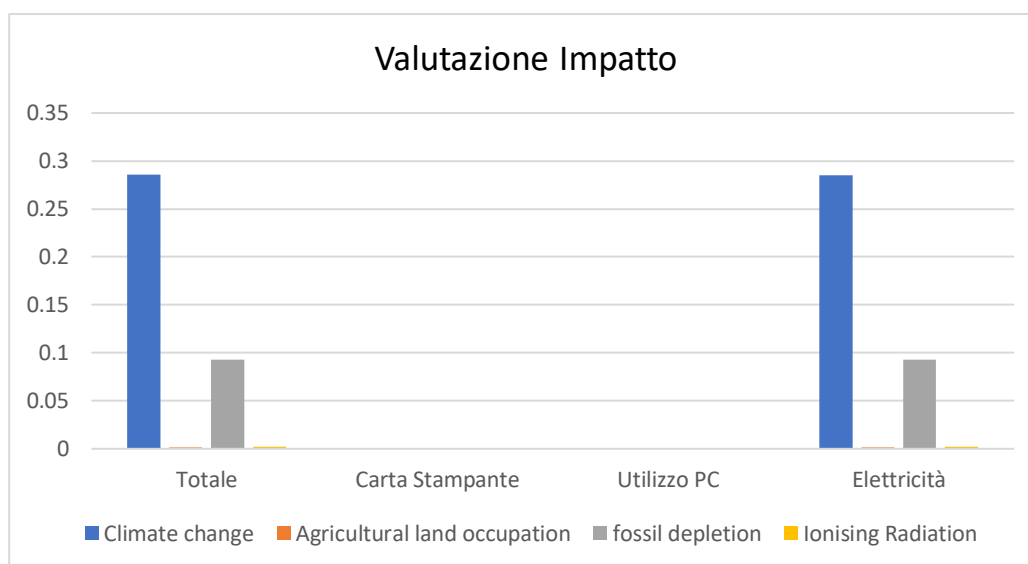


Figura 22 - Risultati Inbound. Valutazione impatto

Sele	Categoria d'impatto	Unità	Totale	lgstc_inbound_ar /	Paper, newsprint, at plant/CH U	Use, computer, desktop, mix,	Electricity, medium voltage, production
<input checked="" type="checkbox"/>	Climate change	kg CO2 eq	0,286	0	0,000512	9,09E-6	0,286
<input checked="" type="checkbox"/>	Ozone depletion	kg CFC-11 eq	2,53E-8	0	6,01E-11	9,38E-13	2,53E-8
<input checked="" type="checkbox"/>	Human toxicity	kg 1,4-DB eq	0,0072	0	6,64E-5	2E-6	0,00714
<input checked="" type="checkbox"/>	Photochemical oxidant formation	kg NMVOC	0,000743	0	1,56E-6	3,22E-8	0,000741
<input checked="" type="checkbox"/>	Particulate matter formation	kg PM10 eq	0,000344	0	7,89E-7	1,81E-8	0,000343
<input checked="" type="checkbox"/>	Ionising radiation	kg U235 eq	0,00212	0	0,000213	4,99E-6	0,0019
<input checked="" type="checkbox"/>	Terrestrial acidification	kg SO2 eq	0,00119	0	2,04E-6	5,25E-8	0,00119
<input checked="" type="checkbox"/>	Freshwater eutrophication	kg P eq	7,36E-6	0	2,27E-8	5,63E-9	7,33E-6
<input checked="" type="checkbox"/>	Marine eutrophication	kg N eq	2,94E-5	0	1,32E-7	8,69E-9	2,93E-5
<input checked="" type="checkbox"/>	Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	1,79E-5	0	1,52E-7	2,13E-9	1,77E-5
<input checked="" type="checkbox"/>	Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	4,23E-5	0	5,6E-7	2,21E-8	4,17E-5
<input checked="" type="checkbox"/>	Marine ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	0,000152	0	8,55E-7	3,61E-8	0,000151
<input checked="" type="checkbox"/>	Agricultural land occupation	m2a	0,00145	0	7,82E-5	3,45E-7	0,00137
<input checked="" type="checkbox"/>	Urban land occupation	m2a	0,000703	0	2,99E-6	1,68E-7	0,0007
<input checked="" type="checkbox"/>	Natural land transformation	m2	5,53E-5	0	1,66E-7	1,63E-9	5,51E-5
<input checked="" type="checkbox"/>	Water depletion	m3	0,000763	0	1,79E-5	2E-7	0,000745
<input checked="" type="checkbox"/>	Metal depletion	kg Fe eq	0,00237	0	2E-5	6,66E-6	0,00234
<input checked="" type="checkbox"/>	Fossil depletion	kg oil eq	0,093	0	0,000164	2,56E-6	0,0929

Tabella 6 - Risultati valutazione impatto: Inbound

Stock:

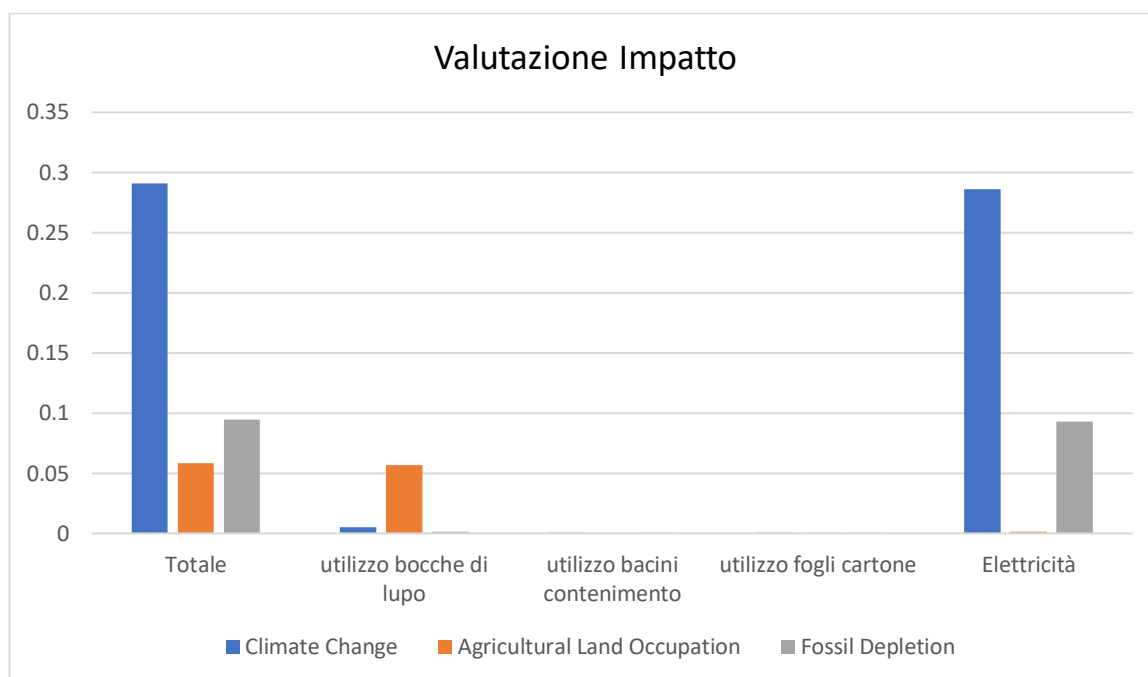


Figura 23 - Risultati Stock. Valutazione impatto

Sele	Categoria d'impatto /	Unità	Totale	lgstc_stock_arcese	Kraft paper, unbleached, at	Polypropylene, granulate, at	Corrugated board base paper,	Electricity, medium voltage, production
<input checked="" type="checkbox"/>	Climate change	kg CO2 eq	0,291	0	0,00523	3,74E-5	1,25E-5	0,286
<input checked="" type="checkbox"/>	Ozone depletion	kg CFC-11 eq	2,57E-8	0	4,9E-10	1,02E-14	1,24E-12	2,53E-8
<input checked="" type="checkbox"/>	Human toxicity	kg 1,4-DB eq	0,0086	0	0,00146	1,45E-7	1,33E-6	0,00714
<input checked="" type="checkbox"/>	Photochemical oxidant formation	kg NMVOC	0,000773	0	3,14E-5	1,45E-7	6,76E-8	0,000741
<input checked="" type="checkbox"/>	Particulate matter formation	kg PM10 eq	0,000358	0	1,43E-5	3,58E-8	3,3E-8	0,000343
<input checked="" type="checkbox"/>	Ionising radiation	kg U235 eq	0,00277	0	0,000865	6,71E-9	1,87E-6	0,0019
<input checked="" type="checkbox"/>	Terrestrial acidification	kg SO2 eq	0,00122	0	3,44E-5	1,07E-7	6,72E-8	0,00119
<input checked="" type="checkbox"/>	Freshwater eutrophication	kg P eq	7,77E-6	0	4,37E-7	8,19E-10	1,31E-9	7,33E-6
<input checked="" type="checkbox"/>	Marine eutrophication	kg N eq	3,38E-5	0	4,52E-6	3,03E-9	1,13E-8	2,93E-5
<input checked="" type="checkbox"/>	Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	2,07E-5	0	2,96E-6	1,54E-9	6,52E-9	1,77E-5
<input checked="" type="checkbox"/>	Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	5,82E-5	0	1,63E-5	9,39E-8	8,61E-8	4,17E-5
<input checked="" type="checkbox"/>	Marine ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	0,000162	0	1,07E-5	7,44E-9	2,22E-8	0,000151
<input checked="" type="checkbox"/>	Agricultural land occupation	m2a	0,0582	0	0,0567	1,01E-9	0,000129	0,00137
<input checked="" type="checkbox"/>	Urban land occupation	m2a	0,00163	0	0,00093	2,12E-9	2,15E-6	0,0007
<input checked="" type="checkbox"/>	Natural land transformation	m2	6,29E-5	0	7,74E-6	-3,21E-13	1,81E-8	5,51E-5
<input checked="" type="checkbox"/>	Water depletion	m3	0,000938	0	0,000193	8,93E-8	8,44E-7	0,000745
<input checked="" type="checkbox"/>	Metal depletion	kg Fe eq	0,00259	0	0,000247	2,64E-8	5,89E-7	0,00234
<input checked="" type="checkbox"/>	Fossil depletion	kg oil eq	0,0945	0	0,00163	3,18E-5	3,95E-6	0,0929

Tabella 7 - Risultati valutazione impatto: Stock

Outbound:

Per questa fase si riportano i dati relativi alle spedizioni effettuate su tutto l'arco temporale preso come riferimento di studio (2019). La trattazione dei risultati relativi ad una unità di collo verrà eseguita successivamente, essendo questa fase altamente

dipendente dalla tipologia di prelievo e di spedizione che si effettua nell'area Outbound.

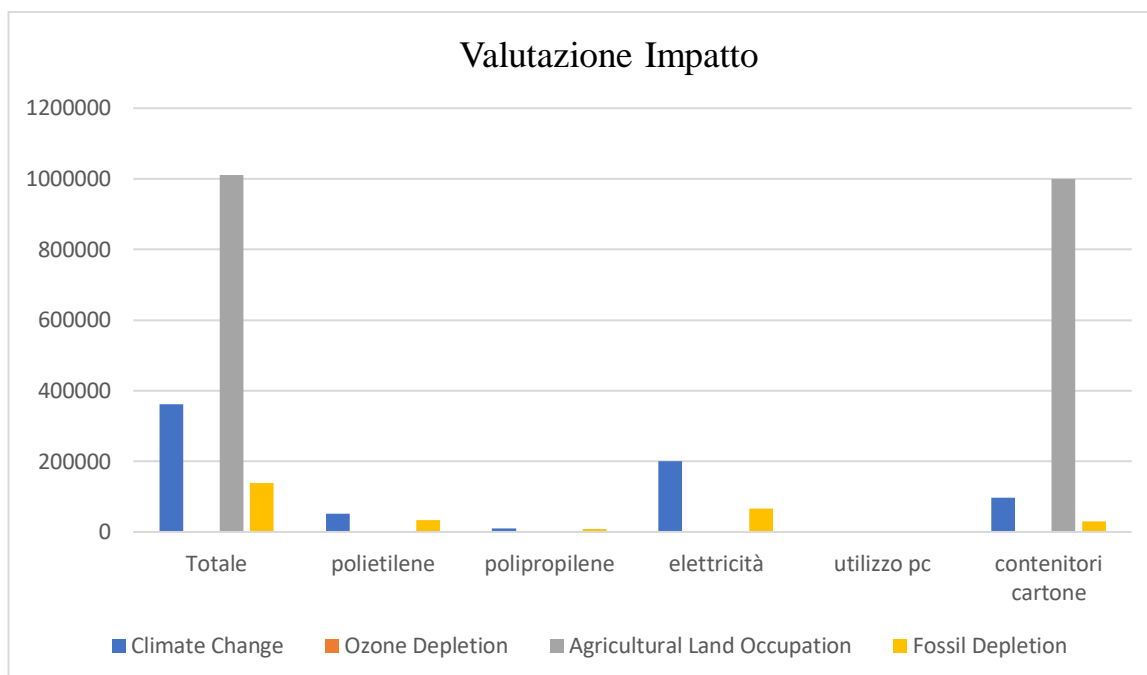


Figura 24 - Risultati Outbound. Valutazione impatto

Sele	Categoria d'impatto	Unità	Totale	lgstc_outbound_arc	LDPE ETH S	Polypropylene, granulate, at	EUR-flat pallet/RER S	Corrugated board base paper,	Conveyor belt, at plant/RER/I U	Electricity, medium voltage, production	Use, computer, desktop, mix,
<input checked="" type="checkbox"/>	Climate change	kg CO2 eq	3,62E5	0	5,25E4	9,41E3	429	9,66E4	666	2,01E5	1,43E3
<input checked="" type="checkbox"/>	Ozone depletion	kg CFC-11 eq	0,169	0	0,142	2,57E-6	3,01E-5	0,00959	3,5E-5	0,0178	9,81E-5
<input checked="" type="checkbox"/>	Human toxicity	kg 1,4-DB eq	2,37E4	0	7,9E3	36,5	51,2	1,03E4	223	5,02E3	205
<input checked="" type="checkbox"/>	Photochemical oxidant formation	kg NMVOC	1,54E3	0	454	36,4	3,32	523	2,14	521	4,15
<input checked="" type="checkbox"/>	Particulate matter formation	kg PM10 eq	627	0	116	9,02	0,856	255	2,1	241	2,41
<input checked="" type="checkbox"/>	Ionising radiation	kg U235 eq	1,89E4	0	2,76E3	1,69	41,7	1,45E4	38,4	1,34E3	294
<input checked="" type="checkbox"/>	Terrestrial acidification	kg SO2 eq	1,8E3	0	405	26,9	1,86	520	2,25	836	7,28
<input checked="" type="checkbox"/>	Freshwater eutrophication	kg P eq	16,3	0	0,179	0,206	0,0227	10,2	0,0489	5,16	0,579
<input checked="" type="checkbox"/>	Marine eutrophication	kg N eq	120	0	10,6	0,763	0,0888	87,4	0,0645	20,6	0,837
<input checked="" type="checkbox"/>	Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	83,3	0	19,4	0,387	0,195	50,5	0,113	12,5	0,228
<input checked="" type="checkbox"/>	Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	768	0	46,2	23,6	0,264	666	0,264	29,3	2,1
<input checked="" type="checkbox"/>	Marine ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	394	0	109	1,87	0,375	172	1,23	106	3,51
<input checked="" type="checkbox"/>	Agricultural land occupation	m2a	1,01E6	0	0	0,254	5,72E3	1E6	16,5	966	38,4
<input checked="" type="checkbox"/>	Urban land occupation	m2a	1,72E4	0	0	0,532	65,3	1,66E4	6,07	492	17,1
<input checked="" type="checkbox"/>	Natural land transformation	m2	179	0	0	-8,06E-5	0,604	140	0,0914	38,8	0,206
<input checked="" type="checkbox"/>	Water depletion	m3	7,71E3	0	603	22,5	4,1	6,53E3	6,59	523	17,6
<input checked="" type="checkbox"/>	Metal depletion	kg Fe eq	8,32E3	0	446	6,64	67,2	4,56E3	990	1,65E3	607
<input checked="" type="checkbox"/>	Fossil depletion	kg oil eq	1,39E5	0	3,42E4	8E3	208	3,06E4	208	6,53E4	405

Tabella 8 - Risultati valutazione impatto: Outbound

Totale anno 2019 (valori input tabella scenario):

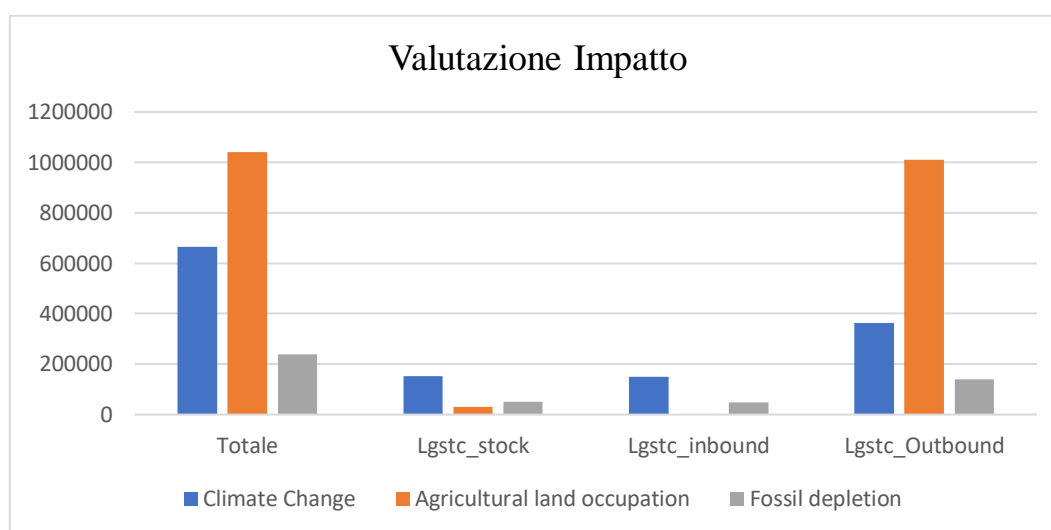


Figura 25 - Risultati totali 2019. Valutazione impatto

Categoria d'impatto	Unità	Totale	lgstc_stock	lgstc_inbound	lgstc_outbound
Climate change	kg CO2 eq	654275,1	153318,376	150809,8526	350146,9106
Ozone depletion	kg CFC-11 eq	0,164883	0,013575624	0,013348607	0,137959075
Human toxicity	kg 1,4-DB eq	30339,48	4533,929805	3798,756094	22006,79327
Photochemical oxidant formation	kg NMVOC	2243,85	407,6106195	391,7947017	1444,444396
Particulate matter formation	kg PM10 eq	970,9872	188,4997349	181,3510619	601,1364028
Ionising radiation	kg U235 eq	20918,38	1459,867029	1117,878538	18340,63481
Terrestrial acidification	kg SO2 eq	2982,823	645,0422074	627,9064872	1709,874397
Freshwater eutrophication	kg P eq	24,28476	4,097701029	3,881331142	16,30572859
Marine eutrophication	kg N eq	151,3413	17,83697619	15,51785287	117,9864503
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	99,35267	10,91372559	9,42961962	79,00932953
Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	811,0831	30,70382775	22,31290075	758,0664114
Marine ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	535,4396	85,35590778	80,19181966	369,8918263
Agricultural land occupation	m2a	1040498	30664,90778	765,5890583	1009067,678
Urban land occupation	m2a	18428,98	860,2078944	370,584075	17198,18361
Natural land transformation	m2	241,7746	33,15566759	29,15226259	179,4666497
Water depletion	m3	8475,424	494,6202713	402,0912984	7578,71243
Metal depletion	kg Fe eq	10835,54	1364,788734	1248,09279	8222,653528
Fossil depletion	kg oil eq	230296,8	49851,30436	49058,76193	131386,7102

Tabella 9 - Risultati valutazione impatto: totale 2019

La caratteristica che accumuna tutti i risultati è che il maggior impatto ambientale si riconduce alla categoria *Climate Change*, dove la voce Electricity risulta la più rilevante ed è subito seguita dai materiali che evitano lo stoccaggio di anidride carbonica nelle materie prime utilizzate in tali processi (utilizzo di cartone ondulato, utilizzo di carta kraft e di carta stampante).

Per quanto riguarda la categoria *Ozone Depletion* si può notare come l'utilizzo di polietilene (LPDE ETH S) ricopre quasi la totalità del contributo fornito dai vari processi del servizio offerto dall'azienda.

4.6 Valutazione dell'impatto ed interpretazione

4.6.1 Risultati dell'analisi

Vengono di seguito riportati i risultati relativi alla simulazione effettuata sul software, per ogni scenario proposto.

Inbound:

Il processo Inbound risente fortemente dell'attribuzione di energia elettrica che viene allocata a tale fase. Come si può notare dal grafico, la voce Energia Elettrica occupa quasi la totalità (in percentuale) delle emissioni provenienti da tali operazioni.

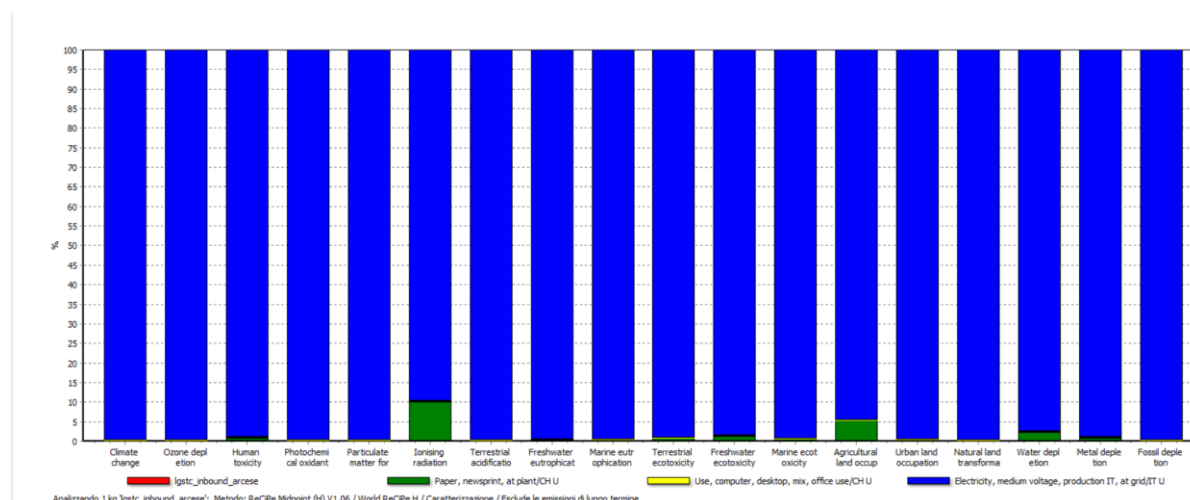


Figura 26 - Risultati Inbound caratterizzazione

Per un ulteriore approfondimento viene mostrato un grafico a torta riportante l'incidenza delle sostanze in relazione alle emissioni, per le categorie di *Climate Change ed Ozone depletion*:

- *Climate change (inventario):*

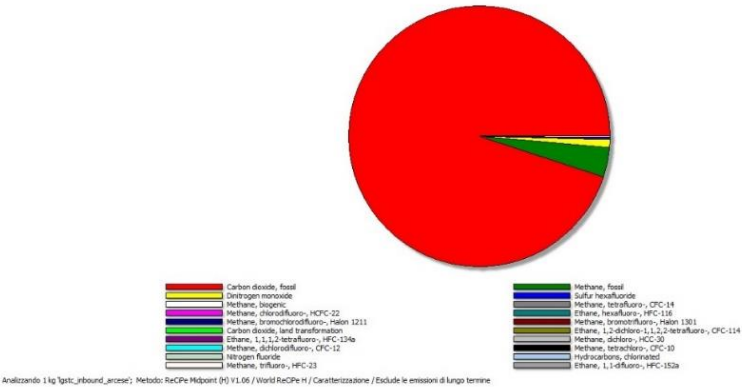


Figura 27 - Risultati Inbound inventario (climate change)

Le sostanze che incidono prevalentemente sono: il diossido di carbonio proveniente da materia fossile e il Metano proveniente da materia fossile. Queste sostanze sono da ricondursi principalmente alla produzione di energia elettrica per via fossile.

L'utilizzo di carta per stampanti assume rilevanza nel caso in cui si vada a valutare le categorie *Agricultural land occupation e Ionising Radiation*.

- *Climate Change (contributo processo):*

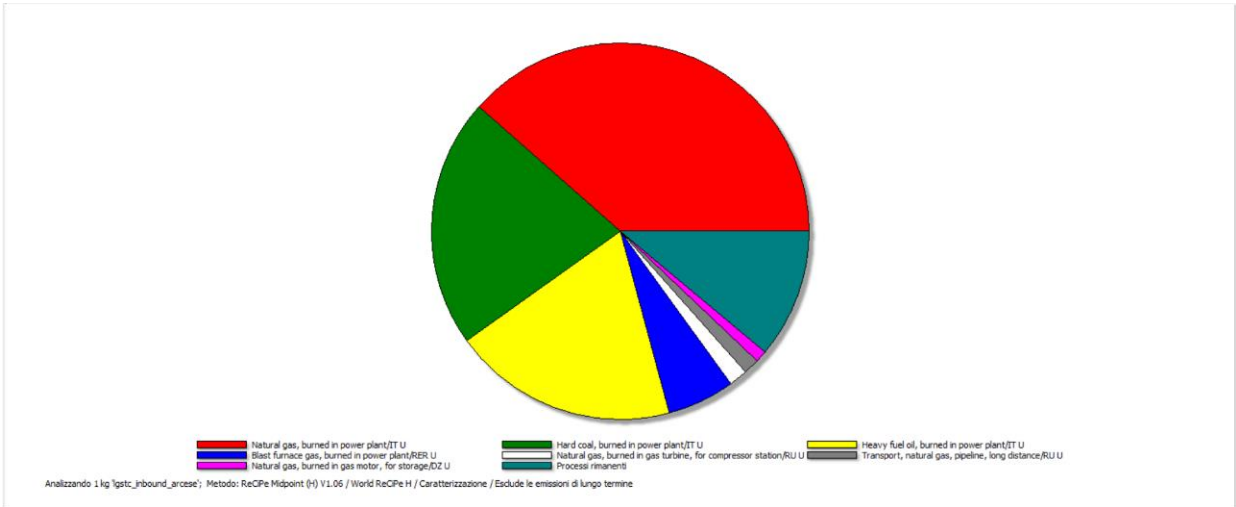


Figura 28 - Risultati Inbound contributo processo (climate change)

- *Ozone Depletion (inventario):*

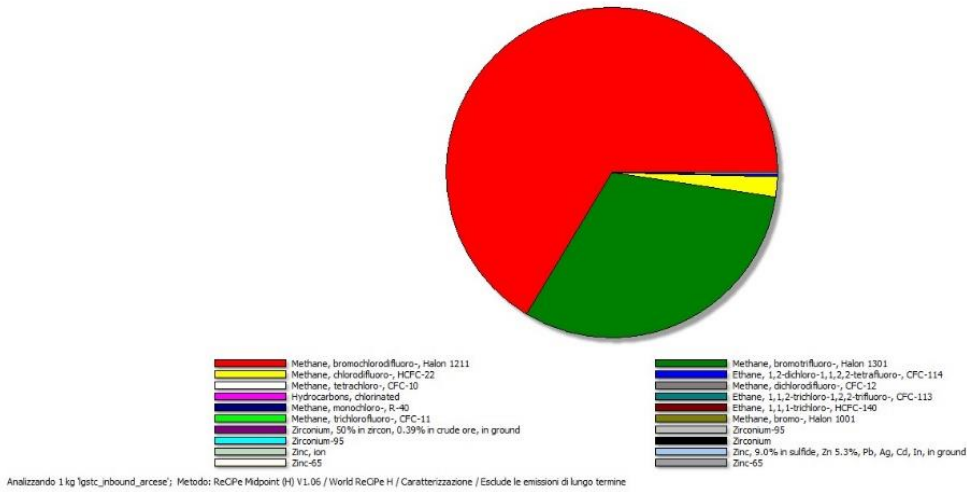


Figura 29 - Risultati Inbound inventario (Ozone depletion)

Per la categoria *Ozone depletion* le sostanze prevalenti sono Halon 1211, Halon 1302 e HCFC-22.

- *Ozone Depletion (contributo processo):*

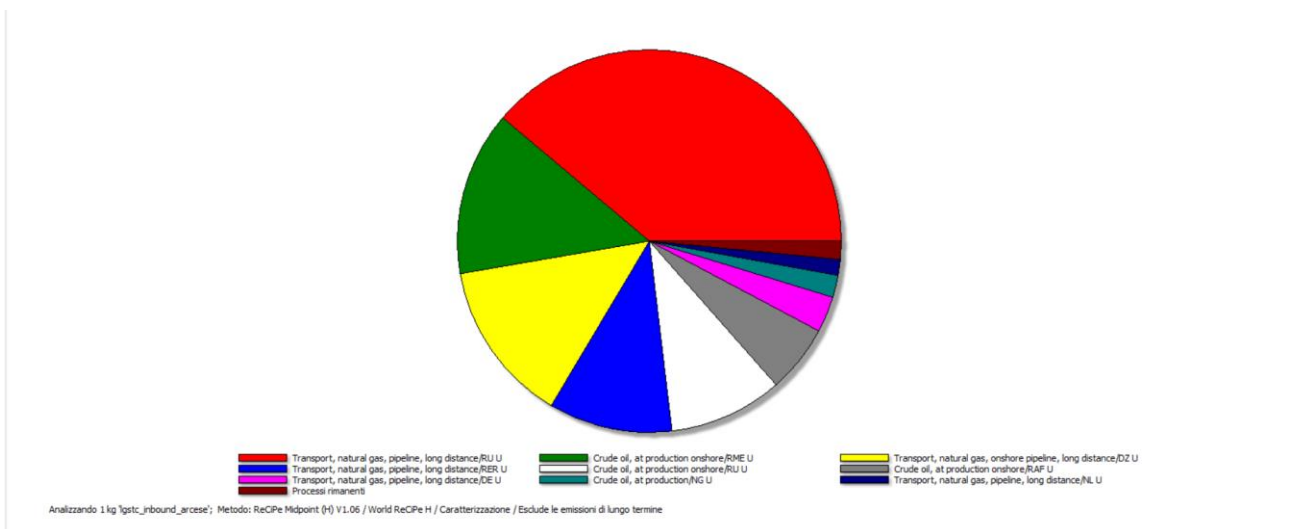


Figura 30 - Risultati Inbound contributo processo (Ozone depletion)

Il contributo maggiore è dato da processi di trasporto provenienti dalle banche dati trovate in Simapro.

Stock:

Anche in questa fase l'utilizzo di energia elettrica assorbe la maggior parte del peso delle emissioni, con la differenza che l'utilizzo di carta kraft ha un'incidenza notevole in molte categorie di impatto.

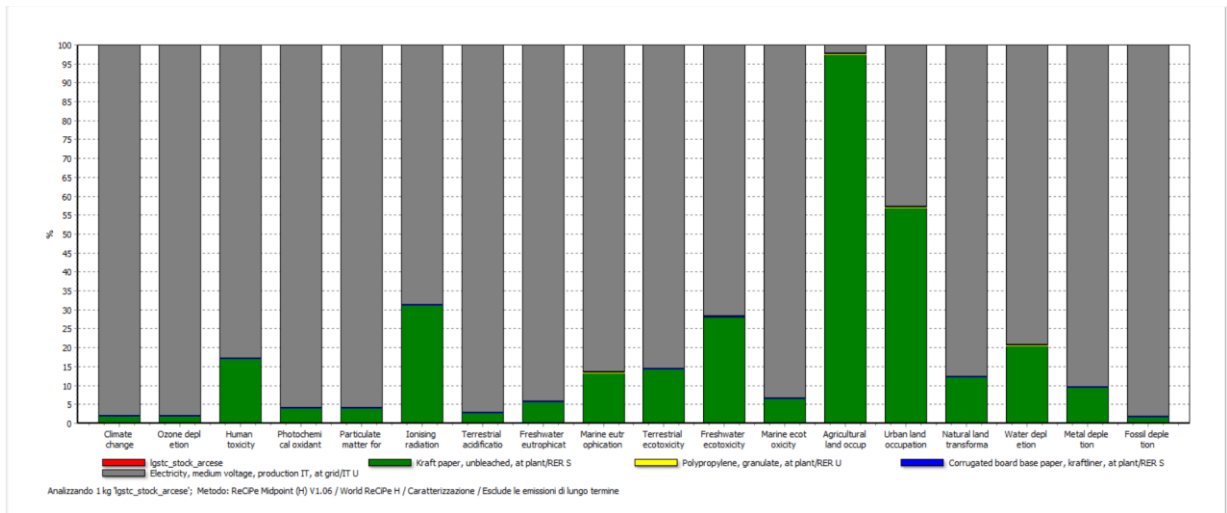


Figura 31 - Risultati stock caratterizzazione

- *Climate Change (inventario):*

La sostanza che incide maggiormente è il diossido di carbonio, seguito dal metano ma con un impatto di gran lunga più piccolo rispetto alla sostanza precedente.

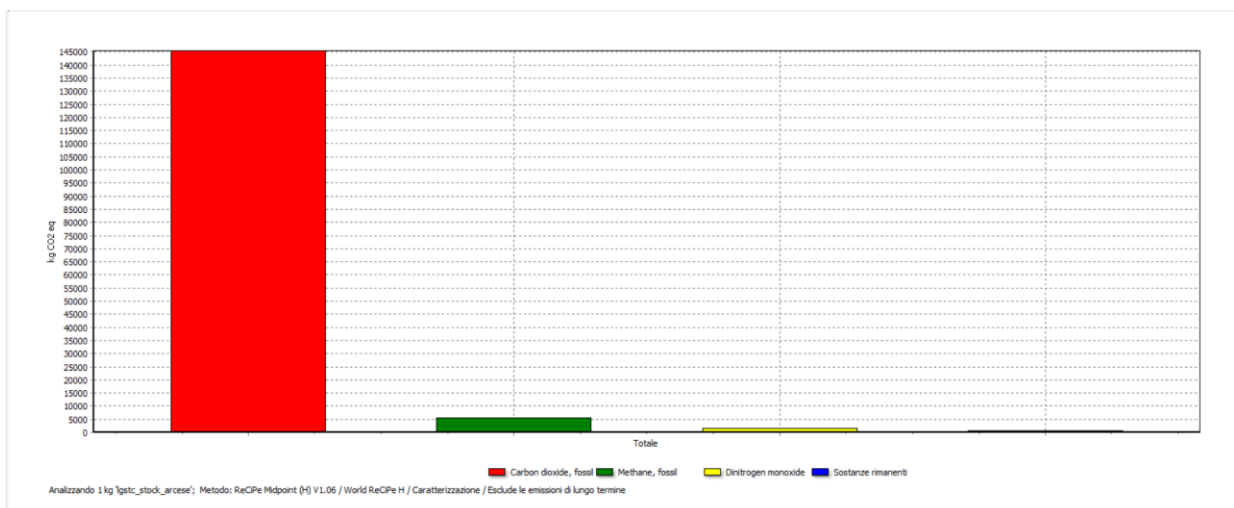


Figura 32 - Risultati stock inventario (climate change)

Per quanto riguarda i processi, la combustione di gas naturale è il principale protagonista di questa categoria di impatto. Le prime 3 voci sono processi che includono combustione perciò, essendo l'anidride carbonica un prodotto di scarto di tale reazione, hanno un impatto notevole rispetto alle altre voci di emissione.

- *Climate Change (contributo processo):*

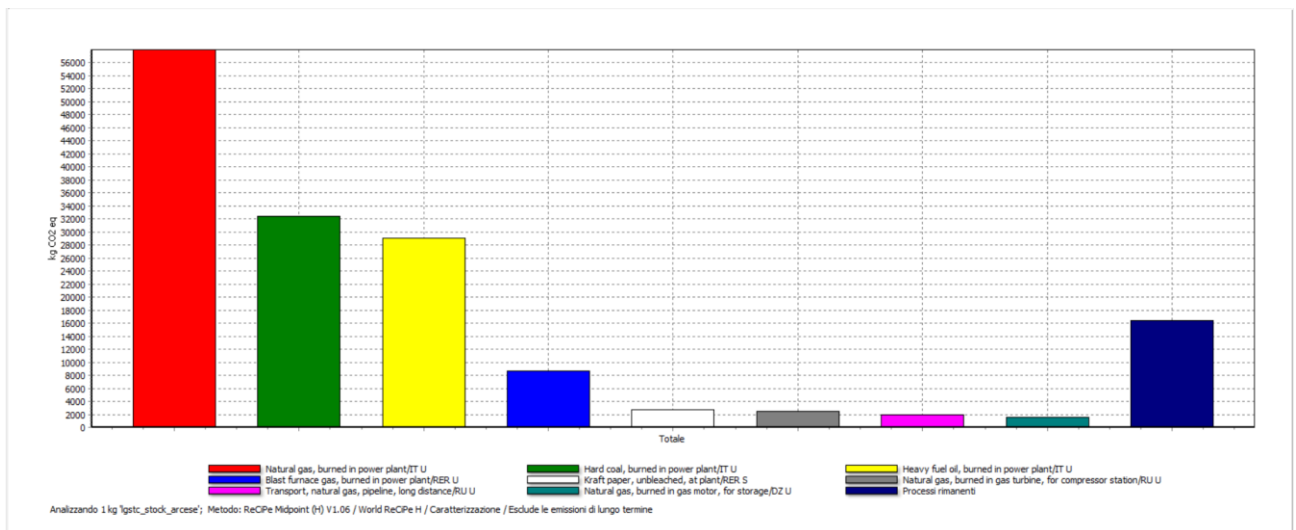


Figura 33 - Risultati stock contributo processo (climate change)

- *Ozone depletion (inventario):*

I risultati della valutazione della categoria *Ozone depletion* sono in linea con quanto già visto nel processo di Inbound. Come si può vedere nei grafici riportati di seguito, le principali voci di emissione sono le stesse identiche voci trovate nelle analisi del processo precedente. Tale valutazione infatti risente di molte voci di emissione che sono state attribuite a tali processi tramite allocazione. Perciò cambiando metodologia potremmo avere risultati altamente diversi in valore, ma troveremmo le stesse sostanze di questa analisi.

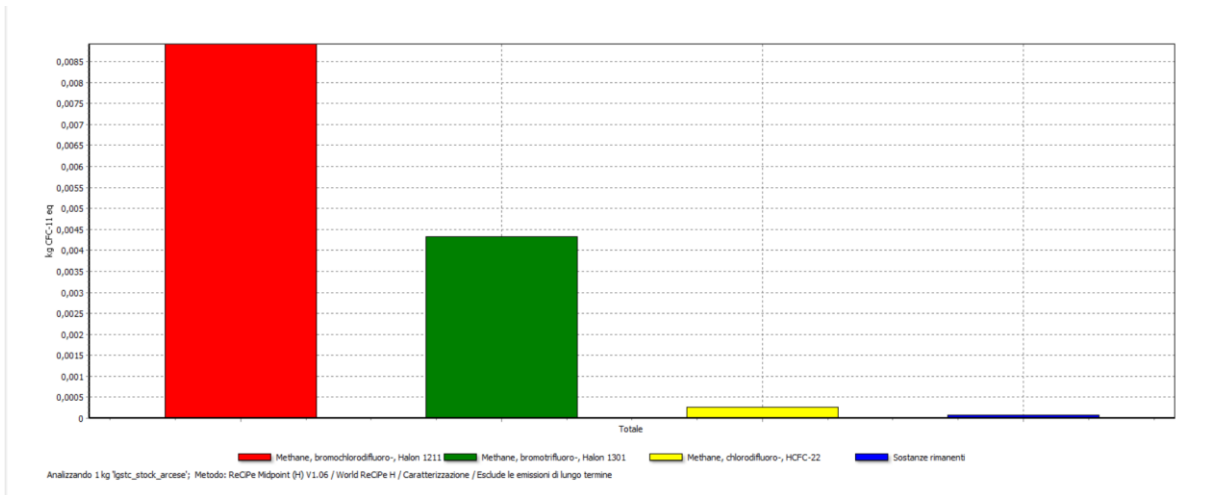


Figura 34 - Risultati stock inventario (Ozone depletion)

- Ozone Depletion (contributo processo):

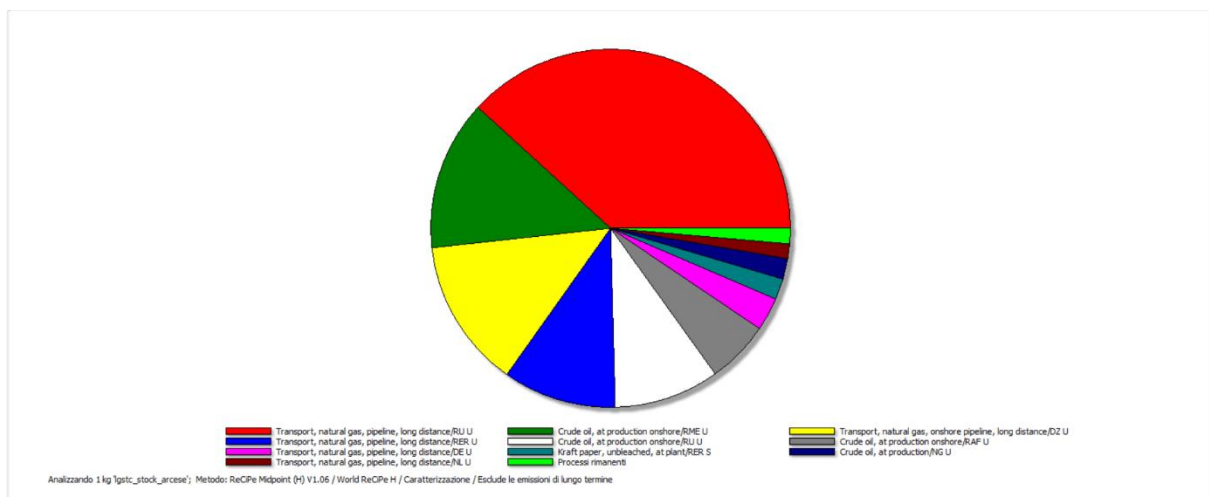


Figura 35 - Risultati stock contributo processo (Ozone depletion)

Come nel processo Inbound, il contributo maggiore nella categoria Ozone Depletion è fornito da processi di trasporto.

Outbound:

Anche nel processo Outbound, l'energia elettrica gioca un ruolo fondamentale per quasi tutte le categorie di impatto. In questo caso però, tramite l'utilizzo di materiale in cartone, il processo evita lo stoccaggio di anidride carbonica nelle materie prime con

cui il cartone viene prodotto e quindi tale materiale è il principale attore delle emissioni per le categorie di *Land Occupation, Agricultural Land Occupation e Climate Change*.

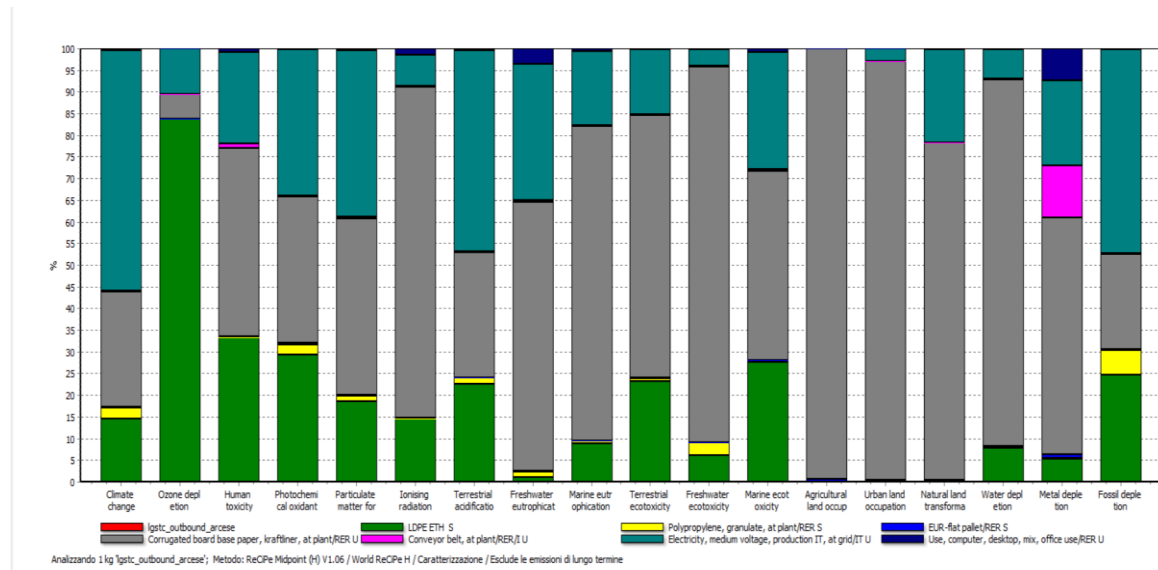


Figura 36 - Risultati Outbound caratterizzazione

- *Climate Change (contributo processo):*

Il contributo dei vari processi rimane simile a quello valutato per i precedenti casi, con la differenza che l'utilizzo rilevante di polietilene fa sì che la seconda voce di impatto sia attribuita a LPDE ETH S e non ad un processo contenente combustione. L'utilizzo di cartone ondulato infine occupa la quinta posizione.

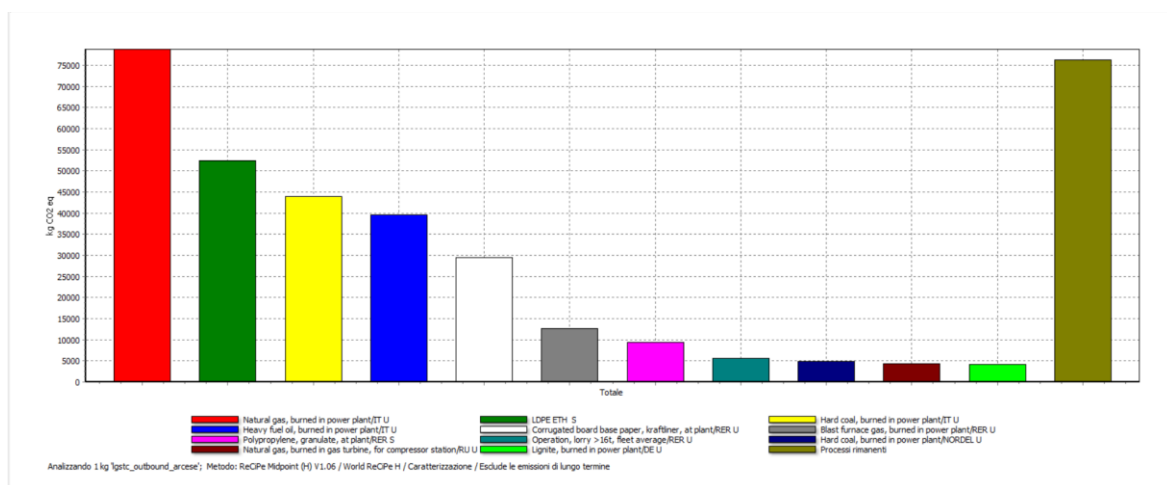


Figura 37 - Risultati Outbound contributo processo (climate change)

Un'ulteriore considerazione viene fatta a proposito del polipropilene. Come si vede dal grafico, la voce relativa a tale materiale non risulta altamente rilevante e tale valutazione potrebbe derivare dall'utilizzo di una politica di riuso che l'azienda attua nei confronti dei polionda per spedizioni.

- *Climate Change (Inventario):*

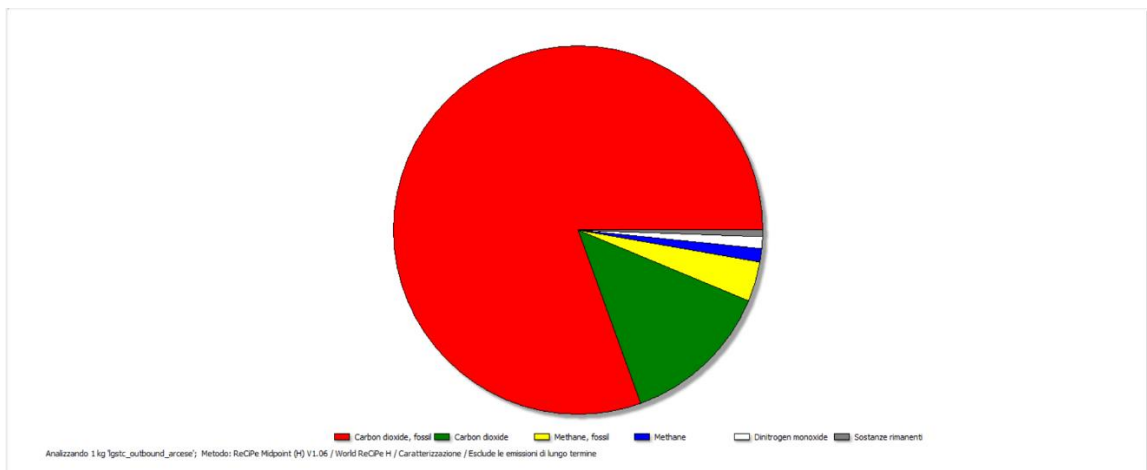


Figura 38 - Risultati Outbound inventario (climate change)

- *Ozone depletion (contributo processo):*

Qui il processo LDPE ETH S predomina, occupando la quasi totalità del contributo al processo Outbound, mentre per l'inventario si presentano risultati in linea con la fase Inbound.

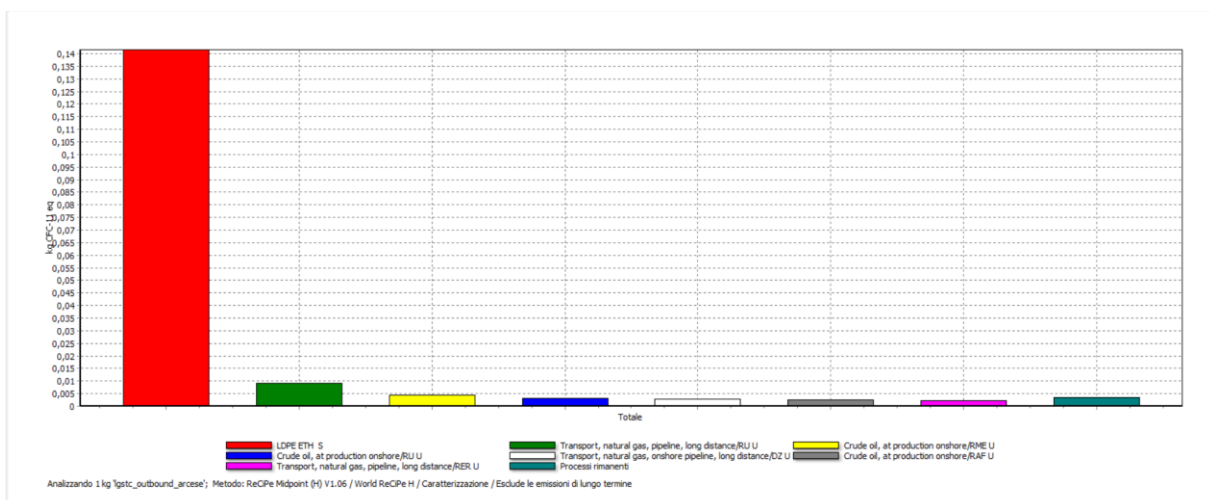


Figura 39 - Risultati Outbound contributo processo (Ozone depletion)

Flusso Totale:

I risultati e i grafici qui proposti si riferiscono all'intero ciclo di vita del servizio offerto e quindi include tutte le 3 macro fasi (Inbound, Stock, Outbound), prendendo in analisi i dati del periodo annuale 2019.

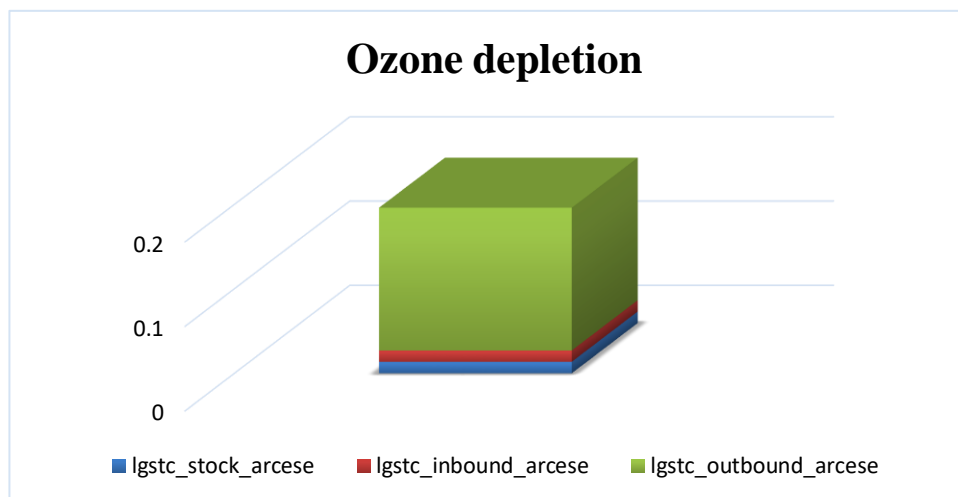


Figura 40 - Risultati Flusso totale Ozone depletion

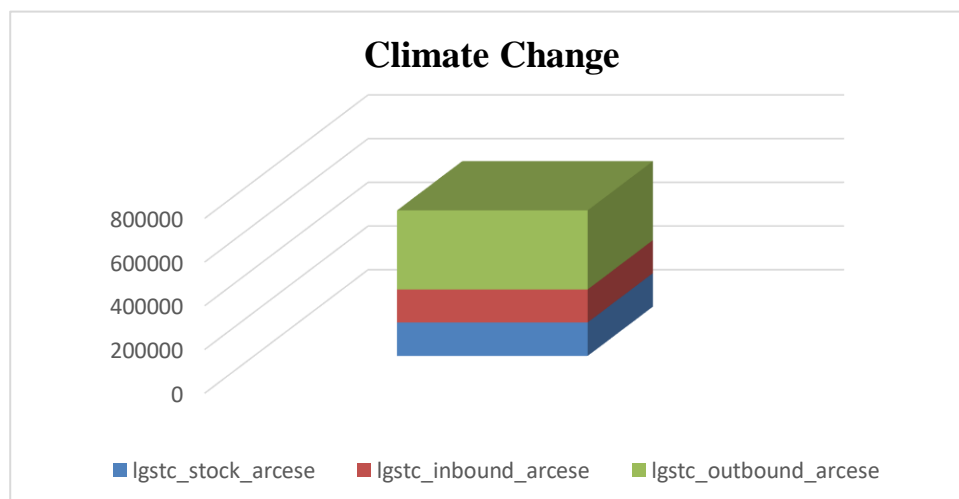


Figura 41 - Risultati Flusso totale Climate Change

Come mostrato dal grafico, la fase Outbound incide maggiormente rispetto alle altre due fasi. Il totale di tCO2 equivalente è pari a 666.

Anche per la categoria Ozone Depletion, la fase Outbound ha un peso maggiore. Il totale di Kg di CFC-11 equivalente è pari a 0,198.

- *Climate Change (contributo processo):*

Processo	Totale	lgstc_stock	lgstc_inbound	lgstc_outbound
Il totale di tutti i processi	654275,1392	153318,376	150809,8526	350146,9106
Processi rimanenti	126479,682	20767,78003	18242,22142	87469,68055
Transport, natural gas, pipeline, long distance/RU U	7407,895768	1969,784973	1972,591788	3465,519006
Natural gas, burned in gas turbine, for compressor station/RU U	9273,228159	2465,783274	2469,296855	4338,148031
Polypropylene, granulate, at plant/RER S	9412,843843	x	x	9412,843843
Corrugated board base paper, kraftliner, at plant/RER U	29479,64064	0,005157619	0,005735538	29479,62974
Blast furnace gas, burned in power plant/RER U	29998,65014	8663,583468	8665,631165	12669,43551
LDPE ETH S	40926,80659	x	x	40926,80659
Heavy fuel oil, burned in power plant/IT U	97818,16329	29111,01444	29114,00484	39593,14401
Hard coal, burned in power plant/IT U	108726,287	32362,91675	32364,96766	43998,40264
Natural gas, burned in power plant/IT U	194751,9417	57977,50787	57981,13317	78793,30068

Figura 42 - Risultati Flusso totale contributo processo (Climate Change)

Questo tipo di valutazione permette di confrontare i risultati avuti applicando il metodo alla fase Outbound e al flusso logistico intero. Qui infatti la voce LDPE ETH S occupa un contributo minore rispetto a quello che aveva nella valutazione fatta alla sola fase Inbound.

- *Ozone Depletion (contributo processo):*

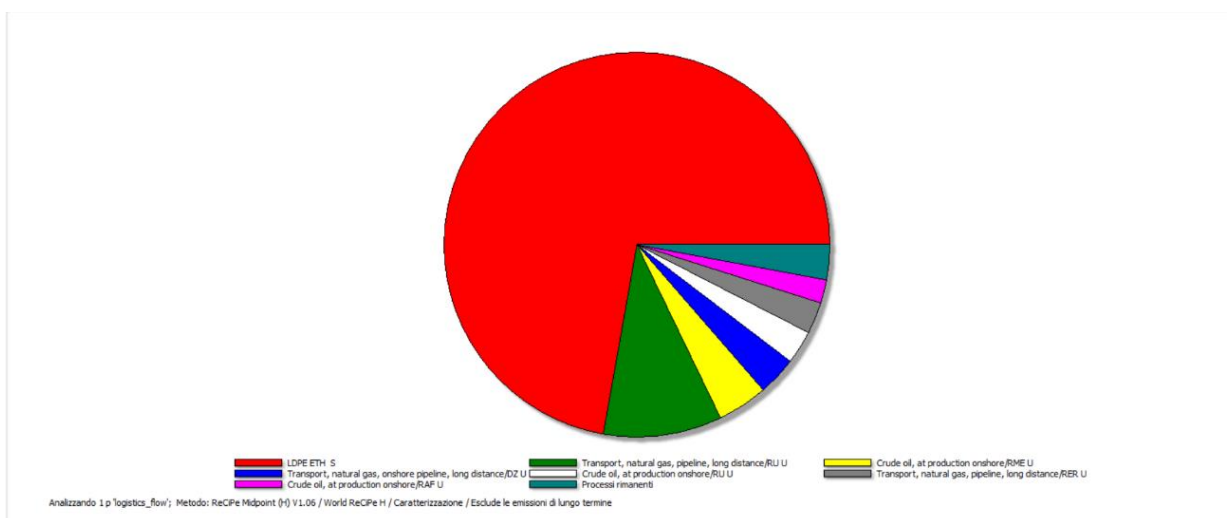


Figura 43 - Risultati Flusso totale contributo processo (Ozone depletion)

Flusso totale (tipologia 1):

Spedizione del collo singolo tramite polionda MP11(polipropilene), non contenente busta polietilene bianca Ford.

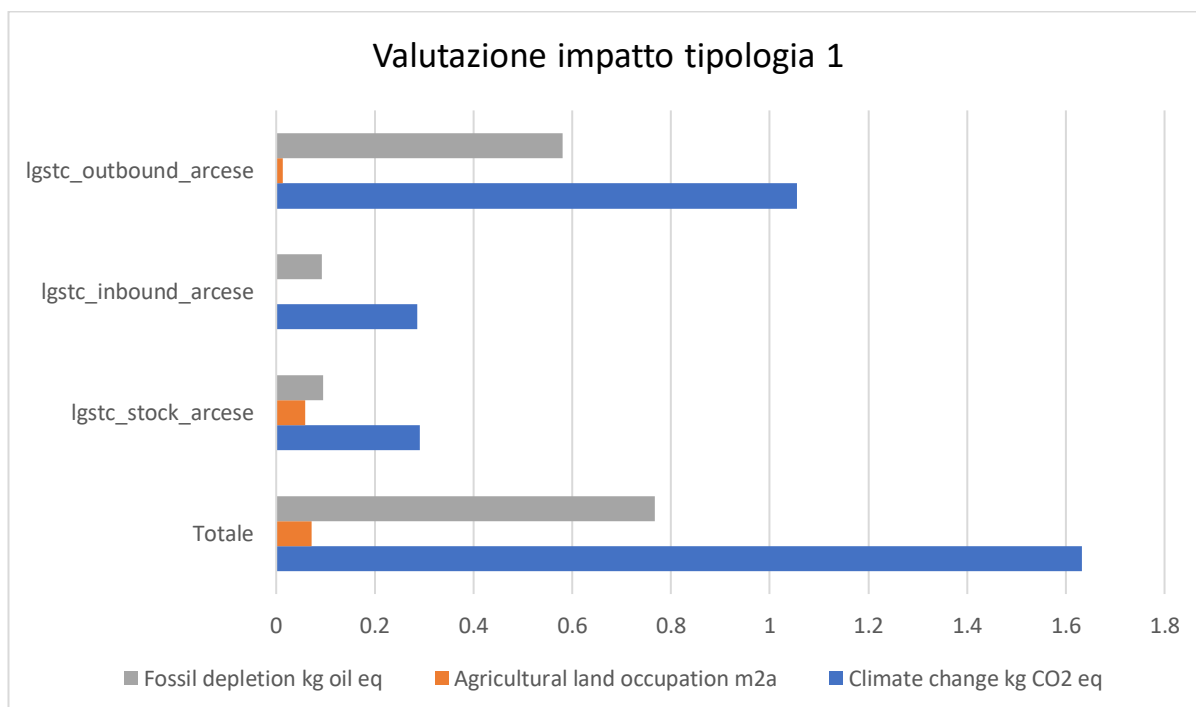


Figura 44 - Risultati Flusso totale (tipologia 1) Valutazione impatto

Categoria d'impatto	Unità	Totale	lgstc_stock	lgstc_inbound	lgstc_outbound
Climate change	kg CO2 eq	1,632542	0,29078435	0,286026675	1,05573119
Agricultural land occupation	m2a	0,072359	0,05815921	0,00145202	0,012747448
Fossil depletion	kg oil eq	0,767488	0,09454821	0,093045078	0,579894794

Tabella 10 - Risultati valutazione impatto

Processo	Unità	Totale	lgstc_stock	lgstc_inbound	lgstc_outbound
Il totale di tutti i processi	kg				
	CO2				
	eq	1,632542	0,290784352	0,286026675	1,05573119
polipropilene	kg				
	CO2				
	eq	0,083844	x	x	0,083844119
LDPE ETH S	kg				
	CO2				
	eq	0,587696	x	x	0,587695546

Tabella 11 - Risultati contributo processo

Per quanto riguarda il contributo dei vari processi, viene riportata una tabella con i valori di Kg di CO2 equivalente.

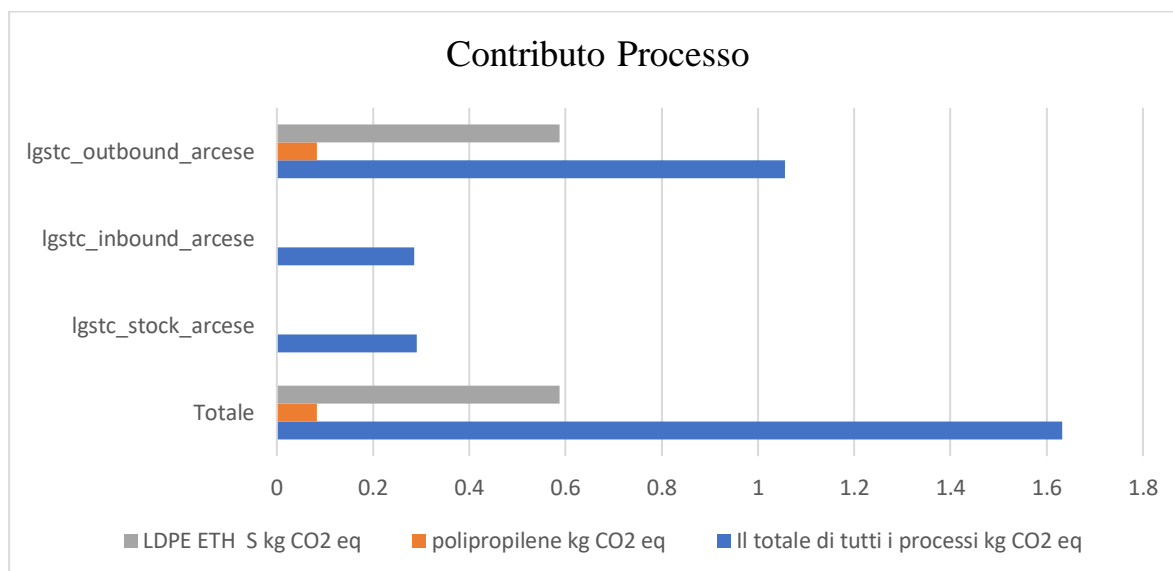


Figura 45 - Risultati Flusso totale contributo processo

Flusso totale (tipologia 2):

Spedizione del collo singolo tramite box in cartone PLT.

Categoria d'impatto	Unità	Totale	lgstc_stock	lgstc_inbound	lgstc_outbound
Climate change	kg CO2 eq	4,38956389	0,290784433	0,286026675	3,812752782
Agricultural occupation	land m2a	28,29110864	0,058159419	0,00145202	28,2314972
Fossil depletion	kg oil eq	1,636198208	0,094548276	0,093045078	1,448604854

Tabella 12 – Risultati valutazione impatto Flusso Totale (tipologia 2)

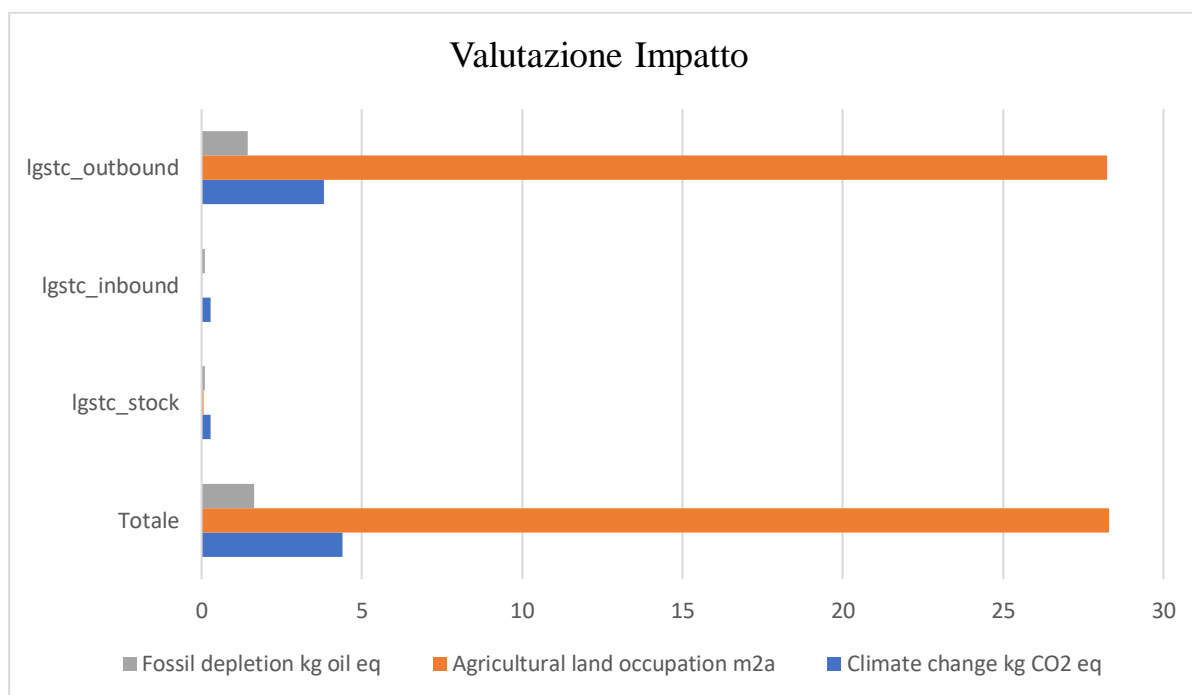


Figura 46 - Risultati Flusso totale (tipologia 2) Valutazione impatto

Il confronto fra i due tipi di collo permette di identificare il vero contributo che determinate voci di emissione hanno rispetto ad altre. Come si è potuto notare, nella tipologia 1, i processi Logistics_Inbound e Logistics_Stock hanno valori significativi in quasi tutte le categorie di impatto mentre nella tipologia 2 ciò non accade.

L'utilizzo di un contenitore di spedizione in polietilene riduce di molto l'apporto che il processo ha sulle categorie *Climate Change*, *Agricultural Land Occupation* e *Land Occupation*. Infatti, come detto in precedenza, l'utilizzo di cartone viene associato all'utilizzo di materia prima come gli alberi e ciò porta ad una diminuzione della capacità di stoccaggio dell'anidride carbonica e una diminuzione di terre coltivate o un aumento dell'occupazione del suolo.

Viene proposta di seguito una tabella riportante i dati riassuntivi dei vari scenari posti sotto valutazione.

Tabella riepilogativa:

SCENARIO	Climate Change (Kg CO2 eq)	Ozone Depletion (Kg CFC-11 eq)
Inbound (UdC)	0.286	2.53E-8
Stock (UdC)	0.291	2.57E-8
Outbound'19	362500	0.169
Flow_MP11 (UdC)	1.63	2.17E-6
Flow_PLT (UdC)	4.39	2.27E-6
Flow_PLT'19	131000	0.0126
Flow_polionda'19	523129	0.06199
Totale'19	666000	0.196

Tabella 13 - Risultati dei vari scenari proposti

* UdC = unità di collo

4.6.2 Identificazione aspetti significativi

L'utilizzo di Energia Elettrica gioca un ruolo fondamentale in questa valutazione, perciò ridurla al minimo consentirebbe un minor impatto ambientale del servizio. Nonostante ciò, la ragione per cui questa voce è così rilevante, è da ricondurre al mix energetico nazionale della zona geografica in cui si opera. Pertanto, azioni dirette da parte di Arcese potrebbero portare a risultati minimi rispetto all'azione che lo Stato può attuare nella modernizzazione delle fonti energetiche.

L'utilizzo di materiali da imballo e di materiali per lo stock contenenti carta impatta notevolmente su categorie che sono legate all'utilizzo del suolo e allo stoccaggio di anidride carbonica. Perciò il riuso di tali oggetti consentirebbe una migliore allocazione degli impatti derivanti da processi di estrazione e smaltimento ed a un minor uso delle materie prime.

Il polietilene è il materiale che contribuisce alla quasi totalità della voce *Ozone Depletion*, perciò si consiglia il minor utilizzo possibile.

Si consiglia inoltre di incentivare ulteriormente il riuso dei contenitori per spedizioni, essendo una pratica che risulta altamente migliorativa nel caso dei polionda in polipropilene.

4.6.3 Definizione qualità dei dati.

Consistenza

- Per assicurare consistenza, tutti i dati primari sono misurati in continuo e tutti i dati secondari provengono dalle banche dati Simapro.
- Tutte le assunzioni, allocazioni, metodi e dati sono considerati consistenti in relazione all'obiettivo e campo di applicazione dello studio. Differenze nella qualità dei dati secondari sono state minimizzate usando dati LCI provenienti dalle banche dati Simapro 7.3.3.

Rappresentatività

- Temporale: Tutti i dati primari sono raccolti per l'anno intero 2019. Dati secondari provengono dalle banche dati. La rappresentatività temporale è considerata alta.
- Geografica: Tutti i dati primari sono raccolti in relazione allo specifico paese a cui ci si riferisce. Nella selezione dei dataset Simapro si è dato priorità ai dati specifici per la nazione coinvolta ed ai dati medi Europei e/o globali. La rappresentatività geografica è pertanto considerata alta.
- Tecnologica: Tutti i dati primari e secondari sono stati modellizzati in modo tale da rispettare nella maniera più fedele possibile le tecnologie utilizzate nei processi produttivi considerati. Dove non disponibili dati secondari completamente rappresentativi sulle tecnologie in oggetto, sono stati usati dati approssimativi. La rappresentatività tecnologica è pertanto considerata piuttosto alta.

TABELLE E SCENARI

Scenario 1.1

Inbound:

Parametro	Valore (UDM)	Banche dati
Utilizzo PC	7,5 (min/truck)	Use, computer, desktop, mix, office use/CH U
Giorni lavorativi	253 (gg)	Use, computer, desktop, mix, office use/CH U
# truck in arrivo	8 (truck/gg)	Use, computer, desktop, mix, office use/CH U
# colli spediti	527.258 (colli/anno)	Use, computer, desktop, mix, office use/CH U, paper,newsprint, at plant/CH U, electricity,medium voltage, production IT, at grid/IT U
Energia Elettrica	771483,636 (KWh/anno) – 0,3 (fattore adimensionale)	electricity,medium voltage, production IT, at grid/IT U
# contenitori scaricati	4251 (contenitori/anno)	paper,newsprint, at plant/CH U,
Carta stampante	0,075 (Kg/foglio) – 1 (foglio/cartone)	paper,newsprint, at plant/CH U,

Stock:

Parametro	Valore (UDM)	Banche dati
Carta Kraft (bocche di lupo)	6526,355 (Kg/anno)	Kraft paper, unbleached, at plant/RER S
Fattore utilizzo Carta Kraft	0,5 (1/anni)	Kraft paper, unbleached, at plant/RER S
Contenitore Batterie	10 (kg/contenitore)	Polypropylene, granulate, at plant/RER U
Fattore utilizzo contenitore batterie	0,5 (1/anni)	Polypropylene, granulate, at plant/RER U
# contenitori batterie	2 (contenitori/anno)	Polypropylene, granulate, at plant/RER U
Fogli cartone ondulato	20 (Kg/foglio*anno)	Corrugated board base paper, kraftliner, at plant/RER S
Fattore utilizzo fogli cartone ondulato	0,5 (1/anni)	Corrugated board base paper, kraftliner, at plant/RER S
Energia Elettrica	771483,636 (KWh/anno) – 0,3 (fattore adimensionale)	electricity,medium voltage, production IT, at grid/IT U
# colli spediti	527.258 (colli/anno)	electricity,medium voltage, production IT, at grid/IT U; Corrugated board base paper, kraftliner, at plant/RER S; Polypropylene, granulate, at plant/RER U; Kraft paper, unbleached, at plant/RER S

Outbound:

Parametro	Valore (UDM)	Banche dati
Polionda box spedizione MP11	0.6 (Kg/box) - 41.525 (#/anno)	Polypropylene, granulate, at plant/RER S
Polionda box spedizione MP12	1.2 (Kg/box) - 13.379 (#/anno)	Polypropylene, granulate, at plant/RER S
Polionda box spedizione MP15	1.4 (Kg/box) - 7.721(#/anno)	Polypropylene, granulate, at plant/RER S
Polionda box spedizione MP16	1.8 (Kg/box) - 9.730 (#/anno)	Polypropylene, granulate, at plant/RER S
Polionda box spedizione MP17	2.8 (Kg/box) - 2.517 (#/anno)	Polypropylene, granulate, at plant/RER S
Fattore riutilizzo polionda	0.0625 (1/anni)	Polypropylene, granulate, at plant/RER S
Variabile binaria polionda	1 se viene utilizzato, 0 altrimenti	Polypropylene, granulate, at plant/RER S
Utilizzo PC	0.083 (ore)	Use, computer, desktop, mix, office use/RER U
Peso regia	8,2474E-06 (Kg/mm)	LDPE ETH S
Variabile binaria regia	1 se viene applicata, 0 altrimenti.	LDPE ETH S
Busta spedizione (1-2-3)	0,06 - 0.12 - 0.12 (Kg/busta)	LDPE ETH S
# buste (1-2-3)	4.679 - 4.690 - 5.247	LDPE ETH S
Film imballo terziario	0.17 (Kg/collo)	LDPE ETH S
Variabile binaria film	1 se viene applicata, 0 altrimenti.	LDPE ETH S

Box spedizione in cartone (PLT)	4 (Kg/box) – 35.520 (#/anno)	Corrugated board base paper, kraftliner, at plant/RER U
Fogli cartone ondulato	0,4 (Kg/foglio) – 9.894 (#/anno)	Corrugated board base paper, kraftliner, at plant/RER U
Lunghezza Conveyor	15 (metri)	Conveyor belt, at plant/RER/I U
Fattore utilizzo conveyor	0.04 (1/anni)	Conveyor belt, at plant/RER/I U
Etichetta collo	0,0005 (Kg/etichetta)	
Energia Elettrica	771483,636 (KWh/anno) – 0,4 (fattore adimensionale)	electricity, medium voltage, production IT, at grid/IT U

FORMULE

INBOUND

1- UTILIZZO PC (in ore):

- PC = tempo di utilizzo medio del pc in guardiola e in ufficio Inbound, riferito all'arrivo e allo scarico di 1 truck (min/truck).
- GG_i = giorni lavorativi dell'anno i -esimo preso in considerazione. (gg/anno)
- N_0 = numero medio di truck in arrivo, con tempo di riferimento di 1 giorno, nell'anno i -esimo considerato (truck/gg).
- $NCOLLi$ = numero di colli spediti nell'anno i -esimo considerato (colli/anno).

60 min/h → per conversione unità di misura da minuti a ore.

$$\frac{PC \cdot GG_i \cdot N_0}{60 * NCOLLi}$$

2- CARTA STAMPANTE (in Kg)

- $N^\circ cont$ = numero di contenitori scaricati nell'anno preso come riferimento (contenitori/anno).
- Pf = peso di un foglio per stampante A4, utilizzato per eventuale applicazione del bar code sul contenitore (Kg/foglio).
- $NCOLLi$ = numero di colli spediti nell'anno i -esimo considerato (colli/anno).

$$\frac{N^\circ cont \cdot Pf}{NCOLLi}$$

3- ENERGIA ELETTRICA (in KWh):

- kW_i = KWh consumati nell'anno i -esimo considerato, allocato inizialmente sull'area occupata dalle attività prese in considerazione e successivamente

secondo un peso adimensionale (0,3) fra i 3 assemblaggi creati in Simapro 7.3.3.

- $NCOLLi$ = numero di colli spediti nell'anno i -esimo considerato (colli/anno).

$$\frac{k_{w_i} \cdot 0.3}{NCOLLi}$$

STOCK

4- CARTA KRAFT (in Kg)

- $Pkraft$ = peso della carta kraft utilizzata nell'anno preso in considerazione (Kg/anno).
- $Fkraft$ = rapporto fra il tempo preso in considerazione dallo studio (1 anno) e il tempo di utilizzo totale della carta kraft presa in considerazione (2 anni).
- $NCOLLi$ = numero di colli spediti nell'anno i -esimo considerato (colli/anno).

$$\frac{Pkraft \cdot Fkraft}{NCOLLi}$$

5- ENERGIA ELETTRICA (in KWh):

- k_{w_i} = KWh consumati nell'anno i -esimo considerato, allocato inizialmente sull'area occupata dalle attività prese in considerazione e successivamente secondo un peso adimensionale (0,3) fra i 3 assemblaggi creati in Simapro 7.3.3.
- $NCOLLi$ = numero di colli spediti nell'anno i -esimo considerato (colli/anno).

$$\frac{k_{w_i} \cdot 0.3}{NCOLLi}$$

6- POLIPROPILENE (in Kg):

- $Pcont_batt$ = peso di 1 contenitore per batterie esauste (Kg/cont).
- $N^{\circ}cont_batt$ = numero di contenitori per batterie esauste utilizzati nell'anno preso in considerazione (cont/anno).

- Fcont_batt= rapporto fra il tempo preso in considerazione dallo studio (1 anno) e il tempo di utilizzo totale dei contenitori presi in considerazione (2 anni).
- *NCOLLi*= numero di colli spediti nell'anno *i*-esimo considerato (colli/anno).

$$\frac{P_{\text{cont_batt}} \cdot N^{\circ}\text{cont_batt} * F_{\text{cont_batt}}}{NCOLLi}$$

7- CARTONE ONDULATO (in Kg):

- Pfogl_stock = peso cartone ondulato utilizzato come imballo per la merce a stock, nell'anno preso in considerazione (Kg/anno).
- Ffogl_stock = rapporto fra il tempo preso in considerazione dallo studio (1 anno) e il tempo di utilizzo totale dei fogli presi in considerazione (2 anni).
- *NCOLLi*= numero di colli spediti nell'anno *i*-esimo considerato (colli/anno).

$$\frac{P_{\text{fogl_stock}} \cdot F_{\text{fogl_stock}}}{NCOLLi}$$

OUTBOUND

8- POLIETILENE (in Kg):

- Pregia = peso della reggetta applicata al box di spedizione (Kg/collo).

$P_{\text{regia}} = (4C+4B+20) * P_{\text{s_regia}}$, con C= lunghezza lato lungo box di spedizione.

B= lunghezza lato corto box di spedizione.

$P_{\text{s_regia}}$ = peso specifico di 1 mm di reggetta (Kg/mm).

- Var.bin = variabile binaria; 1 se la regia viene applicata, 0 altrimenti.
- Pbusta_lpde= peso della busta il LPDE utilizzata come imballo primario (in Kg/busta).
- N°busta_lpde = numero di buste utilizzate per un collo (buste/collo).
- Pfilm = peso del film LPDE applicato come imballo terziario (Kg/collo).
- Var.bin.a= variabile binaria; 1 se il film viene applicato, 0 altrimenti.

$$\frac{\text{Pregia} \cdot \text{Var. bin} + \sum_{i=1}^3 \text{Pbusta}_{\text{ldpe}} * \text{N}^{\circ}\text{busta}_{\text{ldpe}} + \text{Pfilm} * \text{Var. bin. a}}{1}$$

9- POLIPROPILENE (in Kg):

- Pbox1 = peso del polionda in polipropilene (Kg/box).
- Var.bin1 = variabile binaria; 1 se viene utilizzato il box 1, 0 altrimenti.
- Pbox2 = peso del polionda in polipropilene (Kg/box).
- Var.bin2 = variabile binaria; 1 se viene utilizzato il box 2, 0 altrimenti.
- Pbox3 = peso del polionda in polipropilene (Kg/box).
- Var.bin3 = variabile binaria; 1 se viene utilizzato il box 3, 0 altrimenti.
- Pbox4 = peso del polionda in polipropilene (Kg/box).
- Var.bin4 = variabile binaria; 1 se viene utilizzato il box 4, 0 altrimenti.
- Pbox5 = peso del polionda in polipropilene (Kg/box).
- Var.bin5 = variabile binaria; 1 se viene utilizzato il box 5, 0 altrimenti.
- Pbox6 = peso del polionda in polipropilene (Kg/box).
- Var.bin6 = variabile binaria; 1 se viene utilizzato il box 6, 0 altrimenti.
- Pbusta_adesiva1= peso della busta adesiva 1 (Kg/busta).
- Var.bin.b1= variabile binaria; 1 se viene utilizzata la busta 1, 0 altrimenti.
- Pbusta_adesiva2= peso della busta adesiva 2 (Kg/busta).
- Var.bin.b2= variabile binaria; 1 se viene utilizzata la busta 2, 0 altrimenti.
- Pbusta_adesiva3= peso della busta adesiva 3 (Kg/busta).
- Var.bin.b3= variabile binaria; 1 se viene utilizzata la busta 3, 0 altrimenti.

$$\sum_{i=1}^6 \text{Pbox } i * \text{Var. bin } i + \sum_{j=1}^3 \text{Pbusta}_{\text{adesiva}j} * \text{Var. bin. b}$$

10-UTILIZZO PC (in h):

- Considerato fisso arbitrariamente, considerando le azioni da svolgere al pc in area Outbound indipendenti da qualsiasi variabile.

11-CARTONE ONDULATO (in Kg):

- Pbox_plt 1 = peso box di cartone ondulato (kg/box)
- Var.bin.boxc1 = variabile binaria; 1 se viene utilizzato il box, 0 altrimenti.
- Pbox_plt 2= peso box di cartone ondulato (kg/box)
- Var.bin.boxc2= variabile binaria; 1 se viene utilizzato il box, 0 altrimenti.
- Pfoglio_ship= peso foglio di cartone ondulato (Kg).
- Var.bin.ship= variabile binaria; 1 se viene utilizzato il foglio, 0 altrimenti.

$$\sum_{i=1}^2 P_{\text{box_plt } i} * \text{Var.bin.boxc } i + (\text{Pfoglio_ship} * \text{Var.bin.ship})$$

12-ENERGIA ELETTRICA (in KWh):

- kw_i = KWh consumati nell'anno i -esimo considerato, allocato inizialmente sull'area occupata dalle attività prese in considerazione e successivamente secondo un peso adimensionale (0,4) fra i 3 assemblaggi creati in Simapro 7.3.3.
- $NCOLLi$ = numero di colli spediti nell'anno i -esimo considerato (colli/anno).

$$\frac{kw_i \cdot 0.4}{NCOLLi}$$

13-LEGNO (in Kg):

- Ppal = peso pallet in legno (Kg/pallet).
- N°pal= numero di pallet utilizzati in un anno (pallet/anno).
- Fpal= rapporto fra il tempo preso in considerazione (1 anno) e gli anni di utilizzo del pallet in questione.
- $NCOLLi$ = numero di colli spediti nell'anno i -esimo considerato (colli/anno).

$$\frac{P_{\text{pal}} \cdot N^{\circ}\text{pal} * F_{\text{pal}}}{NCOLLi}$$

14-CONVEYOR (in m):

- L_c = lunghezza conveyor (m)
- F_c = anni di utilizzo della conveyor presa in considerazione (anni)
- $NCOLLi$ = numero di colli spediti nell'anno i -esimo considerato (colli/anno).

$$\frac{L_c}{NCOLLi * F_c}$$

ALLEGATI

Viene riportata di seguito la Sustainable Value Stream Mapping (SVSM) relativa al flusso logistico posto sotto studio.

Per magazzino M4 si intende la zona di scaffalature in cui viene riposta la merce di piccole dimensioni (come ad esempio la minuteria), mentre per M8 si intende la zona di magazzino a picking in cui è presente il resto della merce.

Le differenze dei risultati fra la SVSM e quanto riportato nell'analisi svolta con Simapro 7.3.3. sono da ricondursi all'esclusione, in fase di mappatura, dell'impianto di illuminazione. I valori riportati sono riferiti ad una unità di collo (UdC).

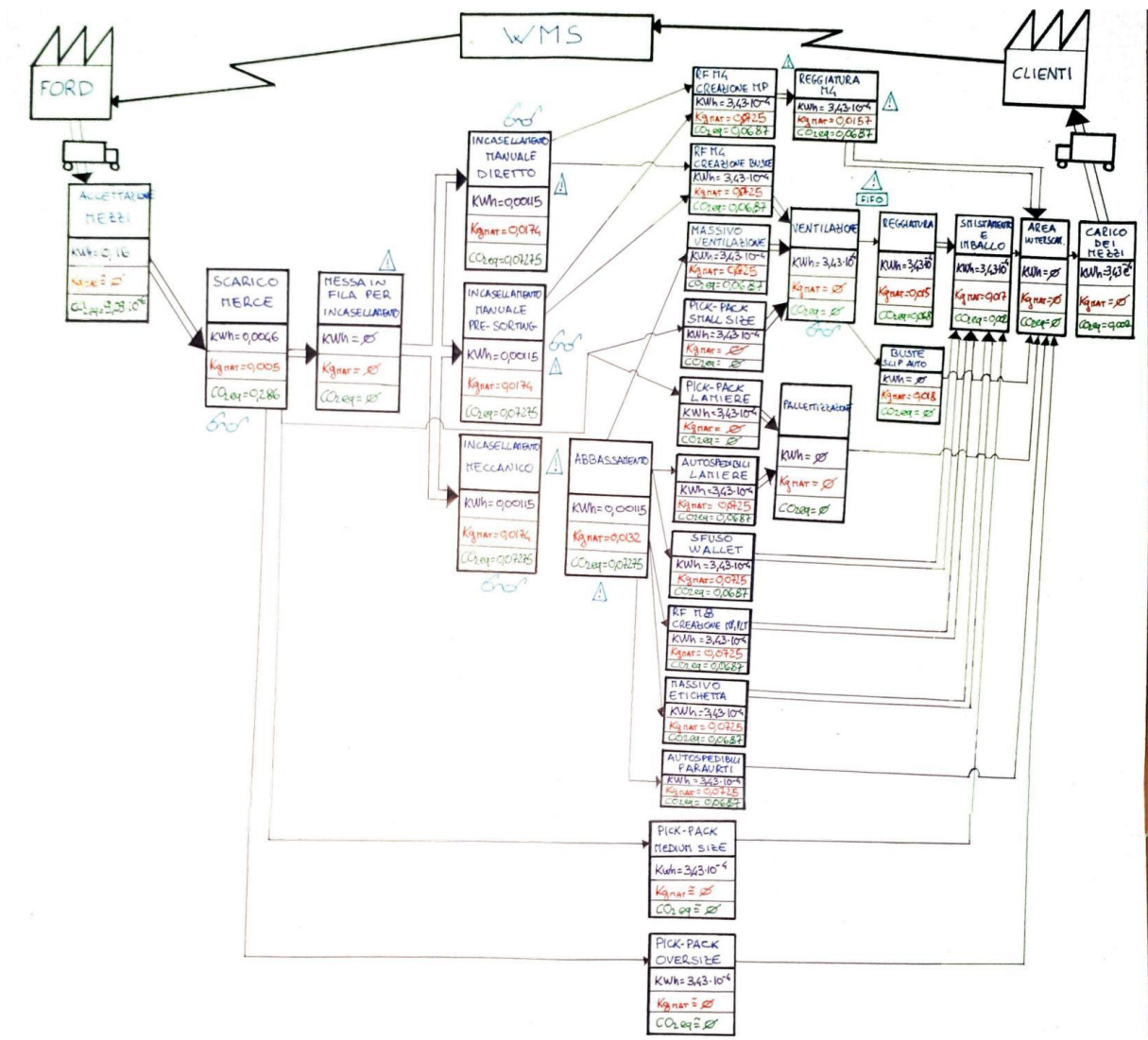
Andando ad analizzare le tre voci presenti nella mappa si nota come le operazioni di prelievo generino la più alta formazione di CO₂ equivalente, nonché il più alto valore di materiale aggiunto. Considerando i medesimi termini, anche le operazioni a valle del prelievo (ventilazione, smistamento e reggiatura) presentano valori elevati nella loro complessità. Tutto ciò è dovuto principalmente agli spostamenti della merce fra le diverse zone del magazzino e dalle applicazioni dei vari imballi di cui il collo necessita.

L'utilizzo delle "bocche di lupo" e dei sistemi di radio frequency sono i principali attori delle voci presenti nelle operazioni di incasellamento, mentre per lo scarico della merce è l'utilizzo di energia necessaria al funzionamento dei pc (per accettazione dei documenti di trasporto, inserimento progressivi nel sistema gestionale e spostamento della merce) la voce che comporta il valore di CO₂ equivalente presente nel data box.

Le fasi che presentano la dicitura "pick-pack" sono quelle a minor impatto di tutto il sistema. La merce che dovrà seguire queste fasi non necessita di incasellamento e in alcuni casi (come i "pick-pack" oversize e medium size) neanche della ventilazione e della reggiatura per cui non portano con loro aggiunta di materiale né eccessivo spostamento (con conseguente utilizzo di minor energia). La merce destinata a queste operazioni viene scaricata e immediatamente preparata per il carico nei mezzi. Ciò è dovuto dalla richiesta urgente di tale merce e dalla loro dimensione, che superando un certo limite di peso e volume, viene considerata come merce a MAG (magnitudo) non idonea a prelievi massivi o a manipolazioni ripetute da parte degli operatori, per cui vengono direttamente riposte nell'area interscambio (o zone limitrofe) e vengono considerate come "colli" unici (un pezzo equivale ad un collo).

Le ispezioni di controllo sono posizionate allo scarico, all'incasellamento e alla ventilazione quindi un ipotetico "collo difettato" non ha la possibilità di compiere altre operazioni e viene subito bloccato nel momento in cui il difetto si può manifestare.

La FIFO lane presente fra la ventilazione e la reggiatura permette di tirare il flusso fra quelle che sono le operazioni a monte e a valle di essa, nonché di minimizzare l'area predisposta e di non creare più colli di quelli che lo smistamento e la reggiatura è in grado di soddisfare in quel momento. Tale corsia è identificata attraverso una rulliera in acciaio a capacità limitata. Una volta esaurito lo spazio a disposizione gli operatori dediti alla ventilazione possono occuparsi di altre operazioni, come lo smistamento. Analogamente gli operatori dediti alla reggiatura si occupano dello spostamento in area interscambio quando la rulliera risulta vuota.



PAPER	KRAFT PAPER	CORRUGATED BOARD	POLIPROPILENE	POLIETILENE	POLIETILENE	TOTAL ADDED		
0,005	0,074	0,0132	0,025	0,0157	0,017	0,1408		
0,16	0,0046	0,0015	0,0015	3,43·10 ⁻³	6,24·10 ⁻⁴	3,43·10 ⁻⁴	3,43·10 ⁻⁴	0,171688
9,09·10 ⁻⁶	0,286	0,218	0,07275	0,5436	0,0687	0,0687	0,004	1,27
								TOTAL CO2 eq.

CAPITOLO V: CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

5.1 CONCLUSIONI

Come già accennato nel paragrafo 3.7.2, il peso dell'energia elettrica gioca un ruolo fondamentale all'interno di tale studio. La diminuzione delle emissioni di tale voce però, risulta una leva non altamente rilevante per l'Azienda, essendo il mix energetico nazionale la vera causa di tutto ciò. Più nello specifico, si nota come la produzione di energia elettrica derivante da materia fossile sia la vera causa della produzione di kilogrammi di anidride carbonica equivalente. Quindi l'utilizzo crescente di energia rinnovabile da parte del Paese (in questo caso l'Italia) può comportare un netto miglioramento in tal senso. Le uniche strategie che l'azienda può attuare sono quelle relative ad una autoproduzione di energia elettrica derivante da fonti rinnovabili, come ad esempio il solare attraverso fotovoltaico.

Per quanto riguarda il consumo di materie prime, si nota come l'utilizzo di cartone non riciclato impatti molto nella categoria Climate Change, togliendo di fatto la possibilità di stoccaggio di anidride carbonica nelle piante che sono state poi utilizzate proprio per la produzione di tali materiali. A tal scopo, molte aziende incentivano la piantumazione di alberi al fine di bilanciare la deforestazione che ne deriva dall'utilizzo di materiali come il cartone.

Altro materiale che risulta rilevante in termini di impatto ambientale è il polietilene, il quale occupa la quasi totalità della voce Ozone Depletion. Tale materiale viene utilizzato principalmente per l'imballo terziario e per l'utilizzo di buste volte alla raccolta di pezzi di piccola dimensione. Su questo tema si è trovato un margine di miglioramento, andando a diminuire l'utilizzo di tali buste con una segnalazione del sistema gestionale aziendale. In fase di prelievo, pezzi di piccola dimensione come viti/bulloni vengono riposti all'interno di tali buste per poi essere inviati all'area smistamento. In questa area la busta viene aperta per posizionare i pezzi all'interno del contenitore destinato al cliente che ne ha fatto richiesta, ma circa il 26% di tali buste completavano già la totalità di pezzi richiesti dal cliente, per cui l'operatore va a riposizionare nuovamente i pezzi all'interno di una nuova busta, vista il non necessario

utilizzo di un contenitore con un volume più grande. Perciò la segnalazione a monte di tale situazione eviterebbe l'utilizzo di ulteriori buste e quindi comporterebbe una diminuzione dei kilogrammi di polietilene utilizzati dall'azienda e una conseguente diminuzione dell'impatto derivante dalla categoria Ozone Depletion.

Inoltre, si è notato come la pratica del riuso sia una leva a forte vantaggio per l'azienda, non solo in termini economici ma anche in termini ambientali.

Tale politica viene utilizzata dall'azienda per i contenitori in polipropilene (polionda), i quali vengono spediti come vuoti a rendere, perciò l'attuale politica che porta ad un riuso di circa 16 volte per un contenitore diminuisce drasticamente l'impatto generato da tale materiale. Viene consigliato quindi un ulteriore sforzo da parte dell'azienda nell'incentivare questa pratica attraverso la scelta dei giusti contenitori.

La scelta di grandi contenitori in polipropilene diminuisce la possibilità di riuso, essendo più soggetti a rottura vista la grandezza volumetrica e il peso ad esso connesso. Perciò quando possibile, si consiglia l'utilizzo di contenitori più compatti e piccoli al fine di evitare la rottura di tale materiale, incentivando così un riuso maggiore.

Acronimi

E-VSM - Environmental Value Stream Mapping

EPA- Environmental Protection Agency

EPED - Every Part Every Day

FIFO - First In First Out

GHG - GreenHouse Gas

KPI - Key Performance Indicator

LCA - Life Cycle Assessment

LCI - Life Cycle Inventory

LCIA - Life Cycle impact Assessment

Sus-VSM - Sustainable Manufacturing Mapping

SVSM - Sustainable Value Stream Mapping

TPS - Toyota Production System

TT - Takt Time

WCED – World Commission on Environment and Development

Bibliografia

ARCESE, G. (2013). Il Life Cycle Sustainability Assessment per la valutazione della sostenibilità aziendale.

Culaba AB, Purvis MRI (1999) A methodology for the life cycle and sustainability analysis of manufacturing processes. *J Clean Prod* 7:435–445

Edtmayr, T., Sunk, A., & Sihn, W. (2016). An approach to integrate parameters and indicators of sustainability management into value stream mapping. *Procedia Cirp*, 41, 289-294.

Faulkner W, Badurdeen F (2014), “*Sustainable value stream mapping (Sus-VSM): methodology to visualize and assess manufacturing sustainability performance*”. *J Clean Prod*

Fearne A, Norton A (2009) “*Sustainable value stream mapping in the food industry*”. Woodhead Publishing, Cambridge

Guinée, J. B., & Lindeijer, E. (Eds.). (2002). *Handbook on life cycle assessment: operational guide to the ISO standards* (Vol. 7). Springer Science & Business Media.

Ohno Taiichi, “*Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*”, Productivity Press, 1988.

James P. Womack, Daniel T. Jones, and Daniel Roos (1991). “*The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production*”.

Torres AS, Gati AM (2009) “*Environmental value stream mapping (EVSM) as sustainability management tool*”. In: PICMET'09 2009 Portland international conference on management of engineering and technology, Oregon, USA.

US EPA, “*The lean and energy toolkit: achieving process excellence using less energy*”. United States Environmental Protection Agency, 2007b.

Rallo, C. (2011). *Applicazione della metodologia Life Cycle Assessment al Passito di Pantelleria* (Doctoral dissertation).

Vinodh, S., Ruben, R. B., & Asokan, P. (2016). Life cycle assessment integrated value stream mapping framework to ensure sustainable manufacturing: a case study. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 18(1), 279-295.

Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC): Guidelines for Life-Cycle Assessment, A "Code of Practice"; SETAC Workshop in Sesimbra 31.03.-03.04.1993, Brüssel, 1993.

Wu, R., Yang, D., & Chen, J. (2014). Social life cycle assessment revisited. *Sustainability*, 6(7), 4200-4226.

Jolliet, O., Müller-Wenk, R., Bare, J., Brent, A., Goedkoop, M., Heijungs, R., ... & Rebitzer, G. (2004). The LCIA midpoint-damage framework of the UNEP/SETAC life cycle initiative. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 9(6), 394.

Vinodh S, Jayakrishna K, Joy D (2012) Environmental impact assessment of an automotive component using eco-indicator and CML methodologies. *Clean Technol Environ Policy* 14(2):333–344

Shojaeipour S (2015) Sustainable manufacturing process planning. *Int J Adv Manuf Technol* 78(5–8):1347–1360

Paju M, Heilala J, Hentula M, Heikkila A, Johansson B, Leong S, Lyons K (2010) Framework and indicators for a sustainable manufacturing mapping methodology. In: *Proceedings of the 2010 winter simulation conference (WSC)*, Phoenix, Arizona, USA. IEEE, pp 3411–3422

Sitografia

www.sole24.com

www.leanmanufacturing.it/strumenti/valuestreammapping.html

www.scholar.google.it

www.sciencedirect.com

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-016-1104-y#Sec1>

Ringraziamenti

Al termine della stesura della mia tesi di laurea, che completa un ciclo di 5 anni di studi, intenso, duro ma ricco di soddisfazioni, credo sia doveroso ringraziare le persone che hanno contribuito, in modo significativo al raggiungimento di questo risultato.

Vorrei ringraziare la professoressa Mora per avermi dato la possibilità di svolgere questa tesi.

Ringrazio tutti i professori incontrati nei 5 anni che mi hanno lasciato ognuno qualcosa, non solo a livello di conoscenze ma anche a livello personale e caratteriale.

Ringrazio Claudia, Sofia, Alfonso, Attilio, Cristian, Mario e tutte le persone conosciute in Arcese Trasporti S.p.a. per avermi accolto come uno di loro fin dall'inizio e per avermi fatto passare mesi stupendi.

Ringrazio i miei genitori, Gianna e Enzo, per avermi supportato e per avermi permesso di studiare, dalle scuole elementari fino ad oggi.

Ringrazio mia sorella Elisa, mia zia Carla e mio zio Tiziano per avermi supportato, non solo verbalmente ma anche fisicamente, essendomi stati vicini quando ne richiedevo il bisogno.

Ringrazio Veronica, instancabile compagna di studi e di grandi esperienze di vita.

Ringrazio tutta la mia famiglia, nonni e cugini perché sono loro che hanno determinato chi sono.

Infine, ringrazio tutti i miei amici, perché senza di loro questa esperienza non sarebbe stata così grandiosa e indimenticabile.