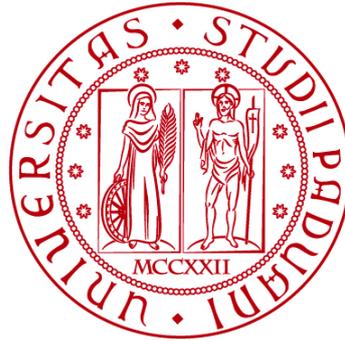


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE E
AMBIENTALE

Department Of Civil, Environmental and Architectural Engineering

Corso di Laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio



TESI DI LAUREA

**Il metodo dei fattori monetari di spesa per il calcolo
delle emissioni indirette di GHG a livello di
organizzazione**

Relatore: PROF. FILIPPO ZULIANI
Correlatore: ING. ALESSANDRO MARSON

Laureando: ANDREA SERAFINI

ANNO ACCADEMICO 2022-2023

Abstract

Il tema del cambiamento climatico e in particolare il riscaldamento globale dovuto all'aumento della concentrazione dei gas serra (GHG) nell'atmosfera è sempre più sentito.

Un sempre maggior numero di organizzazioni desidera impegnarsi per contrastare questo trend, ponendosi l'obiettivo di ridurre le proprie emissioni di GHG.

Le emissioni di GHG di un'organizzazione possono essere di tipo diretto e indiretto. Quelle dirette sono generate da sorgenti possedute o controllate dall'organizzazione mentre quelle indirette sono generate da tutti i processi della catena del valore dell'organizzazione.

Questa tesi si pone l'obiettivo di illustrare la metodologia "spend – based" per la valutazione delle emissioni indirette di GHG da parte di un'organizzazione. Tale metodologia di valutazione si basa sull'analisi dei fattori monetari (spese) dell'organizzazione così come categorizzati in *Scope 3 Emissions* del Greenhouse Gas Protocol.

Vengono illustrate le metodologie EEIOA (Environmentally Extended Input Output Analysis) e LCA (Life Cycle Assessment) che consentono di correlare i fattori monetari con le relative emissioni di GHG.

Infine, viene presentata un'applicazione della metodologia spend – based a un caso aziendale per il calcolo, mediante il tool software SimaPro, delle emissioni di GHG generate dagli acquisti diretti di un'azienda del settore metalmeccanico.

SOMMARIO

1. Sigle e acronimi di uso frequente	5
2. Introduzione	6
2.1 Contesto e problematica	6
2.2 Obiettivi a livello globale.....	7
2.3 Obiettivo della tesi.....	8
3. Materiali e metodi	11
3.1 Categorie di <i>Scope 3</i>	11
3.2 Metodi di calcolo delle emissioni	20
3.2.1 Metodi su dati puntuali (specific method).....	21
3.2.2 Hybrid method	22
3.2.3 Metodi su dati mediati	22
3.2.4 Spend-based method	22
3.3 Il metodo spend-based	23
3.4 Descrizione della metodologia EEIOA	25
3.4.1 Obiettivi dell'EEIO	25
3.4.2 Algoritmo matematico alla base della metodologia EEIOA	25
3.4.3 Applicazione dell'algoritmo EEIOA alla metodologia spend-based di <i>Scope 3</i>	29
3.5 Metodologia LCA	29
3.5.1 Descrizione	29
3.5.2 Fasi di uno studio LCA	32
3.6 Fonti per stimare gli impatti di <i>Scope 3</i>	34
4. Caso di studio	36
5. Analisi critica, risultati e discussione.....	50
5.1 Elementi di forza e di debolezza della metodologia EEIOA.....	50
5.2 Elementi di forza e di debolezza della metodologia LCA.....	52
5.3 Confronto tra database EEIOA e LCA	52
5.4 Principali motivi delle differenze.....	54
5.5 Risultati del Caso di Studio	56
5.5.1 Linee di azione potenziali.....	63
6. Conclusioni	64
7. Bibliografia.....	66

1. SIGLE E ACRONIMI DI USO FREQUENTE

Sigla	Significato (inglese)	Significato (italiano)
CCS	Carbon Capture and Storage	Cattura e Stoccaggio del Carbonio
CF	Carbon Footprint	Impronta di Carbonio
EEIOA	Environmentally Extended Input Output Analysis	Analisi Input-Output Estesa a livello Ambientale
EF	Emission Factor	Fattore di Emissione
GHG	GreenHouse Gas	Gas a effetto serra
GW	Global Warming	Riscaldamento globale
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	Comitato Intergovernativo sul Cambiamento Climatico
KPI	Key Performance Indicator	Indicatore Chiave di Prestazione
LCA	Life Cycle Assessment	Valutazione del Ciclo di Vita
LCI	Life Cycle Inventory	Inventario del Ciclo di Vita
n.e.c.	Not Elsewhere Classified	Non altrove classificato

2. INTRODUZIONE

2.1 Contesto e problematica

Il riscaldamento globale (GW) dell'atmosfera terrestre rappresenta una delle principali preoccupazioni a livello mondiale per le molteplici implicazioni che da esso possono derivare: scioglimento dei ghiacci con conseguente aumento del livello dei mari, variazioni significative degli eco sistemi, eventi metereologici sempre più estremi, siccità e desertificazione, ...

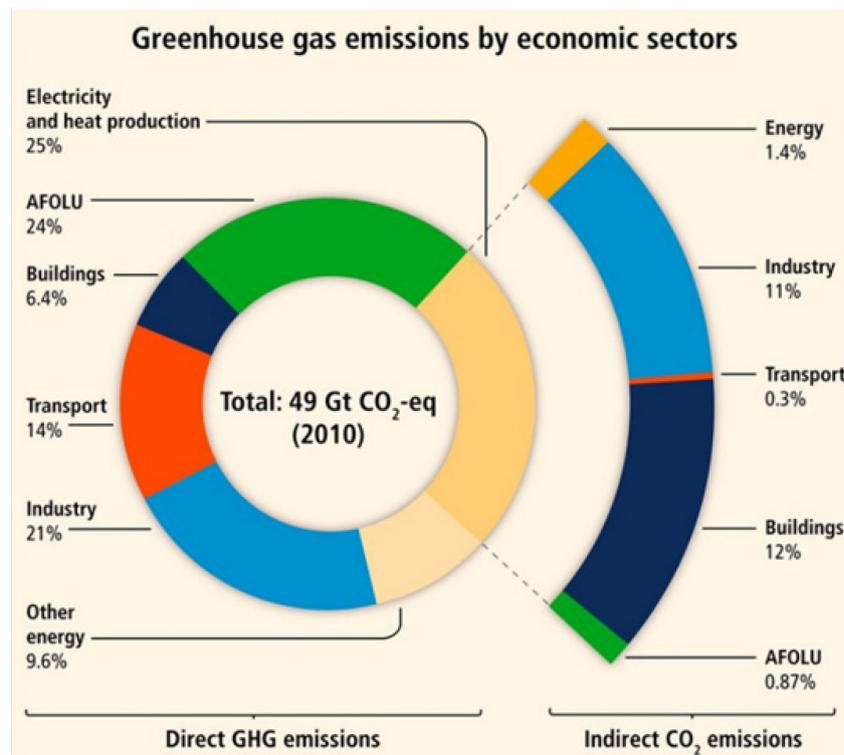


Figura 1. Principali fonti di emissione di GHG

Il GW è provocato dall'incremento della concentrazione dei gas serra nell'atmosfera. I gas serra (in inglese GreenHouse Gas – GHG nel seguito) sono gas presenti in atmosfera che trattengono una parte consistente della componente infrarossa della radiazione solare riflessa dalla superficie terrestre. L'energia trattenuta provoca quindi l'innalzamento della temperatura terrestre. In Figura 1 sono riportate le principali fonti di emissione dei GHG.

I principali gas serra sono: anidride carbonica (CO₂), metano (CH₄), esafluoruro di zolfo (SF₆), idrofluorocarburi (HFC), clorofluorocarburi (CFC), perfluorocarburi (PFC), protossido di azoto (N₂O).

2.2 Obiettivi a livello globale

COP 21¹ ha fissato un limite massimo di riscaldamento delle temperature medie globali pari a 2 °C entro la fine del 21° secolo. IPCC² stima che questo obiettivo potrebbe essere raggiunto solo mediante la drastica riduzione delle emissioni di GHG (dal 50% all'80% rispetto ai livelli attuali). In figura 2 viene mostrata la relazione tra l'aumento della temperatura media globale e la concentrazione di CO₂ in atmosfera.

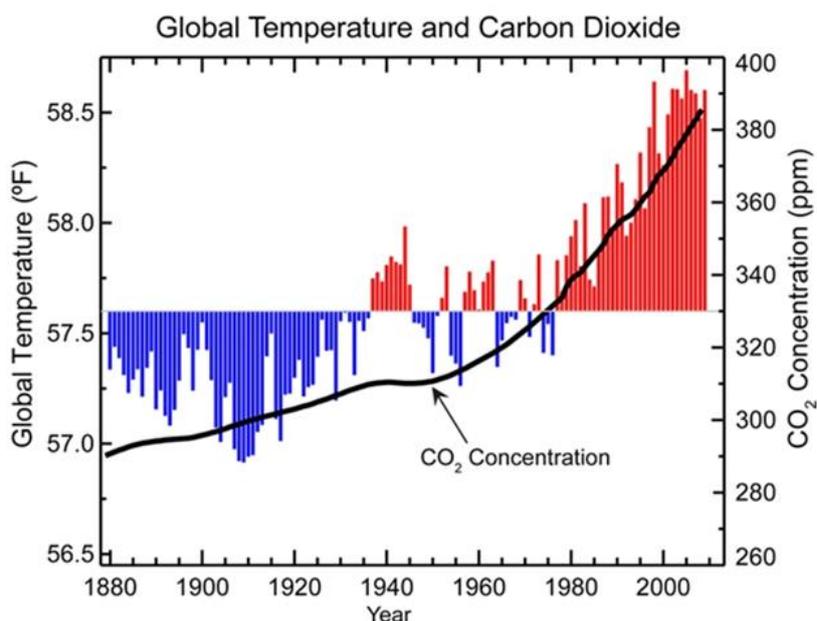


Figura 2. Andamento nel tempo della relazione tra temperatura media globale e concentrazione di CO₂ in atmosfera

COP 21 ha identificato le seguenti linee d'azione volte alla riduzione delle emissioni di GHG:

- Aumento dell'efficienza energetica
- Utilizzo di fonti di energia rinnovabili
- Utilizzo di tecniche di geo-ingegneria quali l'imboschimento

¹ Accordo di Parigi (2015) – COP 21. È la ventunesima riunione sul clima a cui hanno partecipato 195 stati, oltre a molte organizzazioni internazionali.

² Intergovernmental Panel on Climate Change è l'organismo, nell'ambito delle Nazioni Unite, che si occupa degli aspetti scientifici correlati al cambiamento climatico.

- Tecniche CCS

Il raggiungimento dell'obiettivo a livello globale deve coinvolgere necessariamente l'impegno di tutti nella riduzione delle emissioni di GHG:

- Organizzazioni internazionali per la definizione di standard, linee guida e azioni di sensibilizzazione.
- Governi e istituzioni pubbliche nazionali e sovranazionali attraverso la definizione di misure legislative dedicate, finanziamento di progetti di ricerca e di innovazione tecnologica, stanziamento di fondi per investimenti.
- Singole organizzazioni (imprese, associazioni, studi professionali, ...) per la definizione di obiettivi, l'implementazione di piani e l'attuazione di iniziative di riduzione delle emissioni di GHG.
- Singoli cittadini che sono chiamati ad adottare comportamenti individuali e di consumo virtuosi volti a favorire la riduzione delle emissioni di GHG.

2.3 Obiettivo della tesi

Il presente elaborato riguarda il ruolo delle organizzazioni quale contributo sostanziale al raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni di GHG.

Nel seguito spesso ci riferiremo al solo termine emissioni intendendo, laddove non diversamente specificato, le emissioni di GHG.

Le emissioni di un'organizzazione si possono suddividere in due grandi raggruppamenti:

- emissioni dirette – sono le emissioni provenienti da sorgenti direttamente possedute o controllate dall'organizzazione,
- emissioni indirette – sono le emissioni provenienti da sorgenti possedute o controllate da soggetti terzi che partecipano alla catena del valore dell'organizzazione (fornitori di beni o servizi, personale dipendente, clienti, consumatori, organizzazioni per il trasporto, il riciclo e lo smaltimento dei prodotti finiti, operatori in franchising, investitori, ...).

Questo documento si concentra sull'analisi delle modalità di calcolo delle emissioni indirette di GHG a livello di singola organizzazione la cui conoscenza

preliminare, unitamente a quella delle emissioni dirette, costituisce elemento imprescindibile per la definizione di un'efficace strategia, la fissazione di obiettivi credibili e l'implementazione di concreti piani attuativi di contrasto al cambiamento climatico attraverso la riduzione delle emissioni di GHG.

Lo standard *Scope 3 Emissions* [i] permette alle organizzazioni di stabilire l'impatto delle emissioni della loro intera catena del valore e identificare dove focalizzare le proprie attività di riduzione di tali emissioni. Secondo tale standard le emissioni indirette si suddividono in quindici categorie raggruppate in due macro-gruppi:

- Emissioni a monte (*upstream*)
 1. Produzione di beni e servizi acquistati
 2. Beni strumentali acquistati
 3. Attività legate ai combustibili e all'energia (non comprese in *Scope 1* e *Scope 2*)
 4. Trasporto e distribuzione dei prodotti e servizi acquistati
 5. Gestione dei rifiuti generati nei processi dell'organizzazione
 6. Viaggi di lavoro
 7. Pendolarismo dei dipendenti
 8. Utilizzo di risorse a noleggio
- Emissioni a valle (*downstream*) generate dai beni e servizi venduti.
 9. Trasporto e distribuzione dei prodotti venduti
 10. Lavorazione dei prodotti venduti da parte di terzi
 11. Uso dei prodotti venduti
 12. Trattamento di fine vita dei prodotti venduti
 13. Gestione dei beni dell'organizzazione affidati a terzi
 14. Gestione in franchising
 15. Investimenti.

Il documento *Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions* [ii] fornisce una guida su come calcolare le emissioni per ciascuna delle 15 categorie sopra

elencate.

La guida suggerisce i possibili metodi di calcolo delle emissioni indirette di tipo *upstream* e *downstream*.

L'approfondimento di uno dei metodi di calcolo delle emissioni indirette, precisamente il metodo spend-based, rappresenta l'oggetto di analisi della presente tesi.

3. MATERIALI E METODI

I materiali utilizzati per la stesura della tesi sono stati sia di natura bibliografica sia, per il caso di studio, raccolti da report di contabilità industriale di un'organizzazione reale.

La ricerca bibliografica è stata condotta tramite motori di ricerca e database scientifici, in particolare "Scopus", Scholar Google, ... Le parole chiave utilizzate sono state: *carbon footprint,ecoinventory, EEIO, indirect GHG emissions, spend-based method, monetary data, LCA*. La selezione delle fonti ha incluso documenti esclusivamente in lingua italiana e inglese.

I software utilizzati sono stati:

- Word per l'elaborazione del testo,
- Strumento di cattura per ricavare le immagini, i grafici e le figure inseriti nel testo. Si è preferito inserire le figure nel testo e non in un paragrafo dedicato per maggiore facilità di lettura,
- Excel per l'elaborazione dei dati numerici relativi al caso di studio,
- SimaPro per il calcolo dei fattori di emissione.

La bibliografia è citata nel testo con un numero romano ed è descritta, per esteso, alla fine del documento.

3.1 Categorie di Scope 3

Nel seguito vengono descritte le quindici categorie di emissione, i relativi confini minimi e le metodologie di calcolo suggerite.

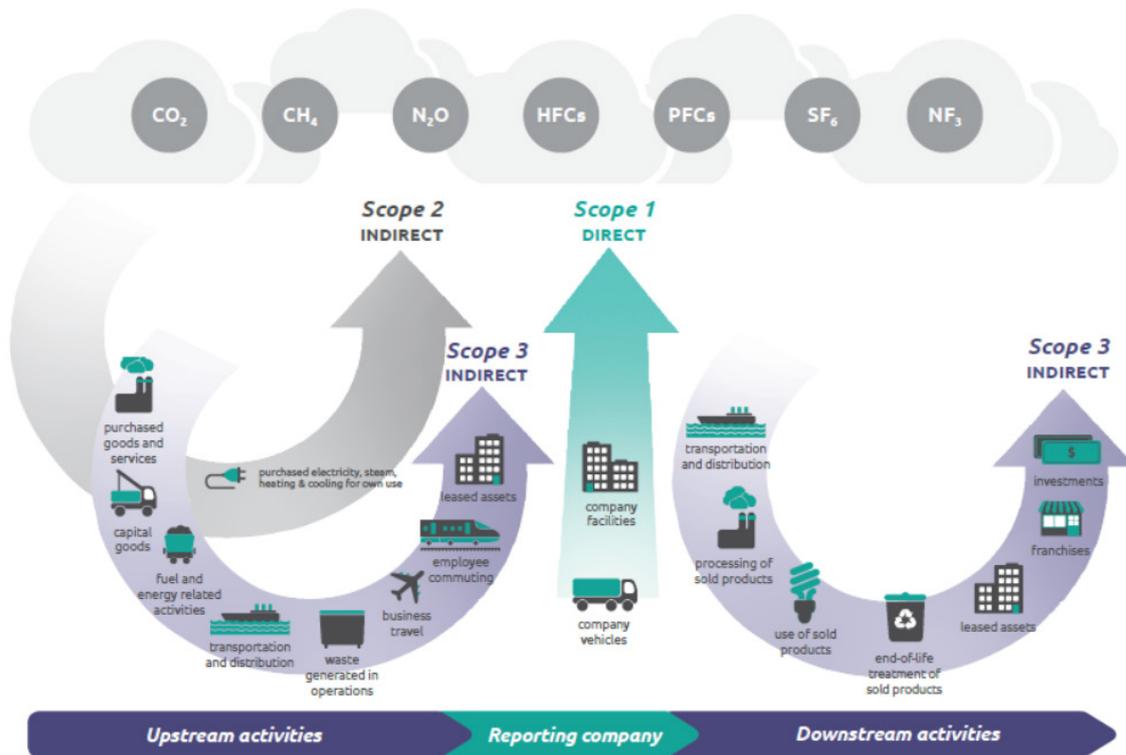


Figura 3. Panoramica degli ambiti di applicazione delle categorie di emissione di GHG lungo la catena del valore di un'organizzazione

1. Beni e servizi acquistati

Descrizione

Estrazione delle materie prime, produzione e trasporto di beni e servizi acquistati o acquisiti dall'organizzazione nell'anno di riferimento, non inclusi nelle Categorie da 2 a 8.

Confini minimi

Tutte le emissioni upstream "cradle-to-gate" (dalla culla alle porte dell'organizzazione) di beni e servizi acquistati.

Metodi di calcolo

- Supplier-specific method
- Hybrid method
- Average-data method
- Spend-based method

2. Beni strumentali acquistati

Descrizione

Estrazione delle materie prime, produzione e trasporto dei beni strumentali acquistati o acquisiti dall'organizzazione nell'anno di riferimento.

Confini minimi

Tutte le emissioni upstream "cradle-to-gate" dei beni strumentali acquistati.

Metodi di calcolo

- Supplier-specific method
- Hybrid method
- Average-product method
- Average Spend-based method

3. Attività legate ai combustibili e all'energia (non comprese in *Scope 1* e *Scope 2*)

Descrizione

Estrazione, produzione e trasporto di combustibili ed energia acquistati o acquisiti dall'organizzazione nell'anno di riferimento, non già considerati in *Scope 1* o *Scope 2*, tra cui:

- a. Emissioni upstream dei combustibili acquistati dovute all'estrazione, produzione e trasporto dei combustibili consumati dall'organizzazione.
- b. Emissioni upstream dell'energia elettrica acquistata dall'organizzazione dovute all'estrazione, produzione e trasporto dei combustibili per la generazione di elettricità, vapore, riscaldamento e raffreddamento.
- c. Perdite di trasmissione e distribuzione (T&D) correlate alla generazione di elettricità, vapore, riscaldamento e raffreddamento persi nel sistema T&D stesso.
- d. Generazione (attività upstream e combustione) di energia elettrica, vapore, riscaldamento e raffreddamento acquistati dall'organizzazione (utility o rivenditore di energia) Nota: questa attività è particolarmente rilevante per le società di servizi energetici che acquistano elettricità all'ingrosso fornita da produttori di energia indipendenti per la rivendita ai propri clienti.

Confini minimi

- a. Per le emissioni a monte di combustibili acquistati: tutte le emissioni upstream “cradle-to-gate” di combustibili acquistati (dalla materia prima di estrazione fino al punto di utilizzo, ma esclusa la combustione).
- b. Per le emissioni a monte di energia elettrica acquistata: tutte le emissioni upstream “cradle-to-gate” di combustibili acquistati (dalla materia prima di estrazione fino al punto di utilizzo, ma esclusa la combustione da parte di un generatore di potenza).
- c. Per le perdite T&D: tutte le emissioni upstream “cradle-to-gate” di energia consumata (persa) in un sistema di trasmissione e distribuzione, comprese le emissioni da combustione.
- d. Per la generazione di energia elettrica acquistata e rivenduta agli utenti finali: tutte le emissioni provenienti dalla generazione di energia acquistata.

Metodi di calcolo

- Supplier-specific method
- Average-data method

4. Trasporto e distribuzione dei prodotti e servizi acquistati

Descrizione

- Trasporto e distribuzione dei prodotti acquistati dall’organizzazione nell’anno di riferimento dalla sede del fornitore diretto alle proprie sedi (uffici, magazzini, stabilimenti, ...) mediante mezzi di trasporto e strutture non possedute o controllate dall’organizzazione.
- Servizi di trasporto e distribuzione acquistati dall’organizzazione nell’anno di riferimento, compresa la logistica in ingresso (inbound) per i prodotti acquistati e in uscita (outbound) per i prodotti venduti), nonché trasporto e distribuzione di merci tra sedi di proprietà dell’organizzazione mediante veicoli e strutture non possedute o controllate dall’organizzazione.

Confini minimi

Le emissioni di *Scope 1* e *Scope 2* di fornitori di servizi di trasporto e distribuzione che si generano per l'uso di veicoli e strutture (ad esempio, per il consumo di energia).

Facoltativo: le emissioni del ciclo di vita associati alla produzione dei veicoli,

strutture o infrastrutture utilizzate.

Metodi di calcolo

- Fuel based method
- Distance based method
- Spend-based method

5. Gestione dei rifiuti generati nei processi dell'organizzazione

Descrizione

Smaltimento e trattamento dei rifiuti generati dalle attività dell'organizzazione nell'anno di riferimento in strutture non possedute o controllate dall'organizzazione stessa.

Confini minimi

Le emissioni di *Scope 1* e *Scope 2* dei fornitori dei servizi di gestione dei rifiuti che si verificano durante il loro smaltimento o trattamento.

Facoltativo: emissioni generate dal trasporto dei rifiuti.

Metodi di calcolo

- Supplier-specific method
- Waste-type-specific method
- Average-data method

6. Viaggi di lavoro

Descrizione

Trasporto dei dipendenti dell'organizzazione per attività legate al business nell'anno di riferimento mediante mezzi di trasporto non posseduti o gestiti dall'organizzazione.

Confini minimi

Le emissioni di *Scope 1* e *Scope 2* delle aziende di trasporto (compagnie aeree, ferroviarie, trasporto urbano, ...) che si generano durante l'uso dei mezzi di trasporto (ad es. consumo energetico).

Facoltativo: le emissioni del ciclo di vita associate alla produzione dei mezzi di

trasporto o delle infrastrutture utilizzate.

Metodi di calcolo

- Fuel based method
- Distance based method
- Spend-based method

7. Pendolarismo dei dipendenti

Descrizione

Trasporto dei dipendenti tra le loro abitazioni e i luoghi di lavoro nell'anno di riferimento con mezzi di trasporto non posseduti o gestiti dall'organizzazione.

Confini minimi

Le emissioni di *Scope 1* e *Scope 2* dei dipendenti e dei fornitori dei servizi di trasporto che si generano durante l'utilizzo dei mezzi di trasporto (ad es. dal consumo di energia per l'utilizzo delle vetture dei dipendenti o di altri mezzi di trasporto quali treno, bus, tram, metro, bicicletta elettrica, ...)

Facoltativo: emissioni correlate ai dipendenti che operano in smart working.

Metodi di calcolo

- Fuel based method
- Distance based method
- Average-data method

8. Utilizzo di risorse a noleggio

Descrizione

Emissioni correlate all'utilizzo di beni presi a noleggio o in leasing dall'organizzazione (locatario) nell'anno di riferimento e non incluse in quelle già riportate dallo stesso in *Scope 1* e in *Scope 2*.

Confini minimi

Le emissioni di *Scope 1* e *Scope 2* del locatore (chi dà a noleggio o in leasing il bene) che si verificano durante la gestione dei beni locati da parte dell'organizzazione (ad es. derivanti dal consumo di energia).

Facoltativo: le emissioni del ciclo di vita associate alla produzione o costruzione dei beni in locazione.

Metodi di calcolo

- Asset-specific method
- Lessor-specific method
- Average-data method

9. Trasporto e distribuzione dei prodotti venduti

Descrizione

Trasporto e distribuzione dei prodotti venduti dall'organizzazione nell'anno di riferimento tra l'organizzazione stessa e il cliente finale (se non pagati dall'organizzazione), compresa la vendita al dettaglio e lo stoccaggio (nei veicoli e nelle infrastrutture non posseduti o controllati dall'organizzazione).

Confini minimi

Le emissioni di *Scope 1* e *Scope 2* dei fornitori di servizi di trasporto, dei distributori e dei rivenditori che si generano durante l'uso di veicoli e infrastrutture (ad es. per il consumo energetico).

Facoltativo: le emissioni del ciclo di vita associate alla produzione dei veicoli, delle strutture e delle infrastrutture utilizzate.

Metodi di calcolo

- Fuel based method
- Distance based method
- Spend-based method

10. Lavorazione da parte di terzi dei prodotti venduti

Descrizione

Emissioni generate dalla lavorazione di prodotti intermedi o semilavorati venduti dall'organizzazione ad aziende manifatturiere a valle nell'anno di riferimento.

Confini minimi

Le emissioni di *Scope 1* e *Scope 2* delle aziende a valle che si generano durante la

lavorazione dei prodotti intermedi o dei semilavorati dell'organizzazione (ad es. dovute al consumo di energia).

Metodi di calcolo

- Site-specific method
- Average-data method

11. Uso dei prodotti venduti

Descrizione

Utilizzo finale dei beni e dei servizi venduti dall'organizzazione nell'anno di riferimento.

Confini minimi

Le emissioni dirette derivanti dalla fase di utilizzo dei prodotti venduti durante la loro vita prevista, ovvero, le emissioni di *Scope 1* e *Scope 2* degli utenti finali sia consumatori sia utenti business che derivano dall'uso di:

- prodotti che consumano direttamente energia (carburanti o energia elettrica) durante l'uso (ad es. automobili, computer, elettrodomestici, ...);
- combustibili e materie prime (ad es. benzina, oli, gas naturale, ...);
- gas serra e prodotti che contengono o formano gas serra emessi durante l'uso (ad es. fertilizzanti, estintori, frigoriferi, ...).

Facoltativo: emissioni derivanti dalla fase di utilizzo dei prodotti venduti durante la loro vita prevista che indirettamente producono emissioni (ovvero, emissioni dall'uso di prodotti che indirettamente consumano energia (carburanti o elettricità) durante l'uso. Ad es. cibi che devono essere cotti, vestiti che devono essere lavati, shampoo e bagnoschiuma che richiedono acqua calda, ...).

Metodi di calcolo

- Direct use-phase emissions
- Indirect use-phase emissions

12. Trattamento di fine vita dei prodotti venduti

Descrizione

Smaltimento e trattamento come rifiuto dei prodotti a fine vita venduti

dall'organizzazione nell'anno di riferimento.

Confini minimi

Le emissioni di *Scope 1* e *Scope 2* delle società di gestione dei rifiuti che si generano durante lo smaltimento o il trattamento dei prodotti venduti dall'organizzazione.

Metodi di calcolo

- Waste-type-specific method

13. Gestione dei beni dell'organizzazione affidati a terzi

Descrizione

Le emissioni generate dalla gestione dei beni di proprietà dell'organizzazione (locatore) noleggiati a terzi (locatari) nell'anno di riferimento (non incluse in *Scope 1* e *Scope 2*).

Confini minimi

Le emissioni di *Scope 1* e *Scope 2* dei locatari che si generano durante l'utilizzo dei beni locati dall'organizzazione (ad es. emissioni derivanti dal consumo di energia o di carburante).

Facoltativo: le emissioni del ciclo di vita associate alla produzione o costruzione dei beni in locazione.

Metodi di calcolo

- Asset-specific method
- Lessor-specific method
- Average-data method

14. Gestione del franchising

Descrizione

Emissioni generate dalle attività affidate in franchising dall'organizzazione (franchisor) al franchisee nell'anno di riferimento (non incluse in *Scope 1* e *Scope 2*).

Confini minimi

Le emissioni di *Scope 1* e *Scope 2* dei franchisee che si generano durante la gestione dell'attività in franchising (ad es. da consumo energetico).

Facoltativo: le emissioni del ciclo di vita associate alla produzione o costruzione dei beni in franchising.

Metodi di calcolo

- Franchise-specific method
- Average-data method

15. Investimenti

Descrizione

Emissioni legate alla gestione degli investimenti dell'organizzazione (compresi investimenti azionari, obbligazionari e di project financing) nell'anno di riferimento (non incluse in *Scope 1* e *Scope 2*).

Confini minimi

Gli investimenti possono essere inclusi nell'inventario di *Scope 1* o *Scope 2* di una organizzazione a seconda di come la stessa definisce i propri confini organizzativi. Ad es. le aziende che utilizzano l'approccio della quota azionaria includono le emissioni derivanti dal proprio investimento in *Scope 1* e *Scope 2*. Le organizzazioni che utilizzano l'approccio di controllo contabilizzano in *Scope 1* e *Scope 2* solo le emissioni delle società di cui hanno il controllo.

Tutte le emissioni correlate agli investimenti non inclusi nello *Scope 1* e *Scope 2* ricadono in questa categoria di *Scope 3*.

Metodi di calcolo

- Investment-specific method
- Average-data method

3.2 Metodi di calcolo delle emissioni

Nel seguito vengono descritti i metodi di calcolo delle emissioni *upstream* e *downstream* evidenziando vantaggi e svantaggi di ciascuno (tra parentesi sono riportate le categorie a cui i singoli metodi di calcolo sono applicabili).

1. Metodi su dati puntuali (specifici)
 - Supplier-specific method (1,2,3,5)
 - Asset-specific method (8,13)
 - Lessor-specific method (8,13)
 - Site-specific method (10)
 - Franchise-specific method (14)
 - Investment-specific method (15)
 - Waste-type-specific method (5,12)
 - Fuel based method (4,6,7,9)
 - Distance based method (4,6,7,9)
 - Metodi specifici per categoria 11
2. Metodi ibridi
 - Hybrid method (1,2)
3. Metodi su dati mediati
 - Average-data method (1,3,5,7,8,10,13,14,15)
 - Average-product method (2)
4. Metodi su dati monetari
 - Spend-based method (1,4,6,9)
 - Average Spend-based method (2)

I metodi sopra riportati sono elencati in ordine decrescente di specificità. Un metodo di calcolo è tanto più specifico quanto più è basato su dati della particolare attività/prodotto/sito/fornitore/... esaminato. Ad esempio, un dato di trasporto basato sulle effettive distanze percorse è più specifico dello stesso dato riferito alla spesa complessiva per trasporti.

Da un punto di vista generale, un metodo più specifico fornisce valutazioni più accurate, tuttavia spesso, richiede costi di elaborazione (tempi e risorse) molto maggiori rispetto a un metodo meno specifico.

3.2.1 Metodi su dati puntuali (specific method)

Sono i metodi di valutazione delle emissioni più accurati perché utilizzano i dati

delle emissioni dei beni e servizi acquisiti resi disponibili direttamente dai fornitori/partner.

I dati specifici sulle attività presentano due limitazioni principali:

1. Il livello di accuratezza dei dati può variare da prodotto a prodotto acquistato e da fornitore a fornitore.
2. È estremamente difficile accedere ai dati. Infatti, essi richiedono la disponibilità del fornitore a rendere disponibili i propri dati di emissione. Le organizzazioni riferiscono che le emissioni di *Scope 3* upstream sono "estremamente impegnative" da stimare [iii]. Una parte significativa di questa difficoltà riguarda la mancanza di dati primari da parte dei fornitori. Le organizzazioni, quindi, raramente hanno accesso all'impronta di carbonio dei loro acquisti, nonostante cerchino di coinvolgere i loro fornitori per ottenere questi dati. Soltanto il 2% dei fornitori delle società di reporting del Carbon Disclosure Project (CDP) ha fornito le proprie impronte del ciclo di vita nel 2021 [iv].

Pertanto, solo raramente sono disponibili dati fisici per elaborare una valutazione completa delle emissioni di GHG dei beni / servizi acquistati.

3.2.2 Hybrid method

Questo metodo utilizza una combinazione di dati sull'attività specifica del fornitore/partner e dati secondari o aggregati per completare eventuali dati mancanti e quindi è meno specifico del precedente pur tuttavia risente delle medesime difficoltà del precedente metodo.

3.2.3 Metodi su dati mediati

Questi metodi stimano le emissioni di beni e servizi raccogliendo dati sulle quantità unitarie mediate di questi (masse, numero, chilometri, ...) e moltiplicandoli per i relativi fattori di emissione secondari (ad esempio medie di settore).

3.2.4 Spend-based method

Questo metodo stima le emissioni di beni e servizi raccogliendo dati sul valore

economico degli stessi e moltiplicandolo per i fattori di emissione secondari rilevanti. Questo metodo è il meno specifico, tuttavia è di semplice applicazione e spesso l'unico applicabile in mancanza di dati più specifici provenienti dai fornitori o dall'organizzazione stessa. Esso è stato sviluppato per ovviare alla mancanza di dati primari, e si basa su insiemi di dati più generici relativi all'LCA e all'analisi input-output (EEIO) estesa dal punto di vista ambientale.

3.3 Il metodo spend-based

Nel metodo spend-based per il calcolo delle emissioni, il valore economico dei beni o dei servizi acquistati viene moltiplicato per i corrispondenti fattori di emissione (ad esempio kg CO₂e per €). Questi calcoli si basano sui modelli EEIO oppure LCA. Questo metodo consente un risparmio di tempo e di costi rispetto a metodi più specifici, ed è facilmente attuabile poiché nelle organizzazioni sono generalmente disponibili dati finanziari sulle diverse categorie di acquisto.

Tuttavia, questo metodo presenta delle limitazioni. Ad esempio, forti o frequenti oscillazioni dei prezzi dei beni / servizi acquistati possono portare a risultati differenti, anche se le emissioni dovrebbero rimanere invariate. Inoltre, le fluttuazioni dei tassi di cambio e le diverse condizioni di acquisto all'interno della stessa organizzazione (ad es. scontistica differenziata nel tempo) o fra diverse organizzazioni portano a un'ampia gamma di risultati. Inoltre, i dati EEIO o LCA sono solitamente raggruppati in grandi categorie di prodotti / servizi e i database sono spesso limitati a regioni geografiche specifiche. Pertanto, questo metodo fornisce specificità e accuratezza inferiore rispetto a quella di metodi che utilizzano fattori di emissione fisico-tecnici.

Il metodo spend-based è utile per uno screening iniziale rapido ed economico sui beni / servizi che contribuiscono in maggior misura alle emissioni dell'organizzazione. Per queste emissioni l'organizzazione dovrebbe intraprendere una successiva attività di valutazione più specifica ed accurata, mentre per i beni / servizi il cui contributo alle emissioni risulta inferiore, potrebbe bastare la sola valutazione con il metodo spend-based.

I dati di cui l'organizzazione deve disporre per applicare la metodologia spend-

based sono:

- Dati monetari suddivisi per tipologia di prodotto / servizio acquistato e per paese di provenienza utilizzando valori di mercato. La segmentazione del dato deve essere la massima possibile compatibilmente con la granularità dei fattori di emissione riportati nei database disponibili. Il valore monetario unitario di un determinato bene / servizio può variare nel corso dell'anno per diversi motivi: variazione della numerosità del lotto d'acquisto, variazione della scontistica applicata, prezzo agganciato a un indice (ad esempio una materia prima) variabile con continuità (ad esempio un valore di borsa), stesso bene acquistato da fornitori diversi a prezzi diversi (come strategia di diversificazione degli acquisti), ... In tali casi sarebbe opportuno ricorrere a un valore medio ponderato.

Bisogna tenere conto anche della variazione dei prezzi nel tempo dovuti a inflazione / deflazione per convertire a valori economici attualizzati i fattori di emissione presenti nei database se calcolati in anni precedenti rispetto a quello considerato per il calcolo.

- Fattori di emissione "cradle to gate" dei beni / servizi acquistati per unità di valore economico.

Tali fattori, basati sulla spesa, sono stimati utilizzando modelli economici input-output applicati a livello internazionale ed estesi ai relativi impatti ambientali o a modelli LCA.

L'analisi input-output (IOA), originariamente sviluppata da Leontief nel 1930 per analisi econometriche, è un quadro analitico che aiuta a descrivere, comprendere e analizzare le interdipendenze economiche tra i vari settori industriali e tra i vari paesi. Questo metodo analitico si basa sulla creazione di matrici di contabilità nazionale note come tabelle input-output (IOT) [v].

Le matrici IOT devono essere multiregionali, cioè, riferirsi a dati corrispondenti a molti paesi, spesso coprendo una scala globale. Questi modelli possono descrivere intere catene di approvvigionamento globali.

I modelli Input-Output Environmentally Extended (EEIO) sono modelli economici

integrati con variabili ambientali, che quantificano gli impatti associati alle attività economiche, come le emissioni di gas serra, che vengono utilizzati per ricavare gli EF basati sulla spesa.

3.4 Descrizione della metodologia EEIOA

La metodologia EEIOA (Environmentally Extended Input Output Analysis) fornisce un semplice ed efficace metodo di calcolo della relazione esistente tra le attività economiche e i relativi impatti ambientali [vi].

L'analisi input-output estesa dal punto di vista ambientale (EEIO) è una tecnica consolidata che continua a crescere in popolarità come metodo per valutare la relazione tra attività economiche e impatti ambientali.

3.4.1 Obiettivi dell'EEIO

EEIO ha due obiettivi principali:

1. Calcolare gli impatti ambientali a monte³, associati a un'attività di consumo a valle, come ad esempio le emissioni totali di carbonio che si verificano quando una organizzazione acquista e utilizza un semilavorato nel proprio processo produttivo.
2. Calcolare la quantità di impatto ambientale incorporato nelle merci scambiate tra le nazioni, come, ad esempio, la quantità di carbonio rilasciata nell'ambiente in Italia e quindi "esportata" nella pasta che viene venduta in Germania.

3.4.2 Algoritmo matematico alla base della metodologia EEIOA

La produzione da parte di un'organizzazione di un qualsiasi bene o servizio è il frutto di innumerevoli scambi economici (fisici e conseguentemente monetari) in ingresso e in uscita con altre organizzazioni appartenenti a diversi settori economici e, in un'economia sempre più globalizzata, provenienti da diverse

³ I termini "a monte", "nascosti", "indiretti" o "incorporati" sono spesso utilizzati in letteratura in modo intercambiabile.

nazioni.

La metodologia EEIOA consente di stimare le emissioni totali dell'intera filiera produttiva upstream di un determinato bene o servizio a partire dai seguenti parametri:

1. Il *vettore di intensità diretta*, normalmente denominato f che rappresenta le emissioni totali di GHG associate al valore economico unitario di ogni settore (prodotto o servizio). I valori di intensità diretta misurano le emissioni per unità di moneta considerando soltanto gli scambi monetari finali senza considerare tutti gli scambi monetari intermedi che avvengono tra i settori per arrivare agli output finali.

Tale vettore contiene valori misurati in unità di peso di CO₂e (ad esempio kg) per unità di valore monetario (ad esempio €): ad esempio 0.02 kg CO₂e / € di prodotto finale acquistato per ciascun settore.

2. La *matrice dei coefficienti tecnici*, usualmente denominata A , che fornisce, in colonna, la frazione dell'ammontare monetario totale che un determinato settore riceve in input da ogni altro settore economico per poter produrre la quantità di prodotto o servizio di valore monetario unitario. La matrice A è necessariamente una matrice quadrata il cui numero n delle righe, uguale a quello delle colonne, rappresenta i diversi settori economici presi in considerazione. Ciascun coefficiente della matrice deve essere necessariamente < 1 ed anche la loro somma, lungo le colonne lo deve essere, essendo il complemento a 1 della somma in colonna la frazione di Valore Aggiunto del settore per ogni unità monetaria di output (O) di quel determinato settore. Se chiamiamo $a_{i,j}$ ciascun elemento della matrice A , fissata la colonna j , $\sum_{i=1}^n a_{i,j} < 1$

$$1 = O = \sum_{i=1}^n a_{i,j} + VA_j \quad [€]$$

3. Il vettore di *intensità totale* F rappresenta le emissioni totali di GHG associate al valore economico unitario di ogni settore (prodotto o servizio) considerando tutti gli "infiniti" scambi monetari intermedi che avvengono

tra i settori per arrivare agli output finali. Si può dimostrare matematicamente che il vettore F è dato dalla seguente relazione

$$F = f(I - A)^{-1} = fL$$

Dove f è il vettore di intensità diretta di cui al punto 1 precedente, I è la matrice Identità, A è la matrice dei coefficienti tecnici di cui al punto 2 precedente e la matrice L viene detta matrice di Leontieff dal nome del suo ideatore.

4. Il valore monetario, normalmente indicato con y [€], associato al totale degli acquisti di quel determinato settore da parte del mercato.

Chiariamo la metodologia con un esempio numerico.

Supponiamo di avere soltanto tre settori che chiameremo simbolicamente X, Y, Z . Ognuno dei tre settori scambia input e output monetari (in €) con sé stesso e con ciascuno degli altri due settori e inoltre ciascun settore rilascia un output anche al consumatore finale (CF). Supponiamo che gli scambi monetari (€) siano i seguenti

		j=1	j=2	j=3	Cons. fin.	Output tot.
	Settore	X	Y	Z	CF	TO
i=1	X	5	3	6	3	17
i=2	Y	3	2	2	2	9
i=3	Z	7	1	4	2	14
	VA	2	3	2		
	TI	17	9	14		

Dove il valore VA rappresenta il Valore Aggiunto del settore j -esimo, il valore TI rappresenta l'Input Totale del settore j -esimo, il valore CF rappresenta l'output al consumatore finale del settore i -esimo e il valore TO rappresenta l'Output Totale del settore i -esimo.

Nel nostro caso $i = j = n = 3$. Per ogni settore il totale degli input (scambi in ingresso tra i settori più il valore aggiunto) e il totale degli output (scambi in uscita tra i settori e al consumatore finale) devono essere uguali.

La matrice A sarà così composta

$$A = \begin{bmatrix} a_{1,1}/TI_1 & a_{1,2}/TI_2 & a_{1,3}/TI_3 \\ a_{2,1}/TI_1 & a_{2,2}/TI_2 & a_{2,3}/TI_3 \\ a_{3,1}/TI_1 & a_{3,2}/TI_2 & a_{3,3}/TI_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5/17 & 3/9 & 6/14 \\ 3/17 & 2/9 & 2/14 \\ 7/17 & 1/9 & 4/14 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.294 & 0.333 & 0.429 \\ 0.176 & 0.222 & 0.143 \\ 0.412 & 0.111 & 0.286 \end{bmatrix}$$

Ogni coefficiente di A è < 1 ed è un numero puro perché è il rapporto tra valori monetari in euro, $VA_1 = 2/17 = 0.118$, $VA_2 = 3/9 = 0.333$, $VA_3 = 2/14 = 0.143$, pertanto la somma per colonna dei coefficienti di A più il relativo VA fornisce sempre il valore unitario.

Se supponiamo che le emissioni totali di CO_2e associate agli output totali di ciascuno dei tre settori siano state calcolate rispettivamente pari a $E_1 = 3.5 \text{ kg } CO_2e$, $E_2 = 1.2 \text{ kg } CO_2e$ e $E_3 = 2.7 \text{ kg } CO_2e$, il vettore di intensità diretta f sarà dato da

$$f = [E_1/TO_1 \quad E_2/TO_2 \quad E_3/TO_3] = [3.5/17 \quad 1.2/9 \quad 2.7/14] = [0.206 \quad 0.133 \quad 0.193]$$

Dove ciascun valore è espresso in $\text{kg } CO_2e / \text{€}$. Questo significa che, ad esempio, il settore X ha un'intensità diretta di emissione di GHG di $0.206 \text{ kg } CO_2e$ per ogni euro di output nel mercato.

A questo punto siamo in grado di calcolare il vettore di intensità totale F

$$\begin{aligned} F = fL &= [0.206 \quad 0.133 \quad 0.193] \left\{ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0.294 & 0.333 & 0.429 \\ 0.176 & 0.222 & 0.143 \\ 0.412 & 0.111 & 0.286 \end{bmatrix} \right\}^{-1} \\ &= [0.206 \quad 0.133 \quad 0.193] \begin{bmatrix} 0.706 & -0.333 & -0.429 \\ -0.176 & 0.778 & -0.143 \\ -0.412 & -0.111 & 0.714 \end{bmatrix}^{-1} \\ &= [0.206 \quad 0.133 \quad 0.193] \begin{bmatrix} 3.108 & 1.644 & 2.197 \\ 1.063 & 1.885 & 1.016 \\ 1.959 & 1.242 & 2.826 \end{bmatrix} = [1.160 \quad 0.829 \quad 1.133] \end{aligned}$$

Il vettore $[1.160 \quad 0.829 \quad 1.133]$ rappresenta pertanto il fattore di intensità totale di emissione di GHG per ciascuno dei tre settori ipotizzati. Ad esempio, il settore Y produce $0.829 \text{ kg } CO_2e$ per ogni euro venduto al consumatore finale. Poiché l'output verso il consumatore finale del settore Y è di 2 € il contributo all'emissione totale di CO_2e del settore Y è

$$E = 0.829 \times 2 = 1.658 \text{ kg } CO_2e$$

3.4.3 Applicazione dell'algoritmo EEIOA alla metodologia spend-based di Scope 3

L'algoritmo illustrato nel precedente paragrafo può essere applicato per il calcolo delle emissioni upstream dei prodotti o servizi acquistati laddove si considerino i settori merceologici di acquisto e il vettore y contenga il volume totale di acquisto per ciascun settore merceologico considerato.

Supponiamo che un'organizzazione abbia una ripartizione dei propri acquisti come segue

- Merceologia 1: a €
- Merceologia 2: b €
- Merceologia 3: c €

Calcoleremo il vettore F come in precedenza applicando i parametri alle tre merceologie specifiche e poi lo moltiplicheremo per il vettore $y = [a \ b \ c]$.

3.5 Metodologia LCA

3.5.1 Descrizione

Il Life Cycle Assessment (LCA) riguarda la gestione ambientale di un prodotto, processo o servizio e, precisamente, consiste nella valutazione degli aspetti ambientali e dei potenziali impatti ambientali che lo stesso può avere nel suo intero ciclo di vita. Questa metodologia è il risultato di un processo di evoluzione nel corso degli anni durante i quali il focus si è spostato dai singoli processi al prodotto finito o al servizio erogato.

Nel seguito, con il termine prodotto, si intende, indifferentemente, un prodotto, un servizio o un processo.

I soggetti che promuovono l'utilizzo della metodologia LCA, fornendo dati, linee guida, norme, base dati, ecc. sono:

- SETAC – Società di tossicologia dell'ambiente e della chimica: organizzazione fondata per risolvere i problemi relativi all'impatto della chimica e della tecnologia sull'ambiente. È stata la prima organizzazione a

predisporre una standardizzazione della metodologia LCA.

- ISO – Organizzazione Internazionale per la Standardizzazione: è la più importante organizzazione a livello mondiale per la definizione di norme tecniche.

Ha emesso le seguenti norme sulla metodologia LCA:

- UNI EN ISO 14040:2021: è principalmente una norma esplicativa. Si intitola: “Gestione ambientale – Valutazione del ciclo di vita – Principi e quadro di riferimento”. Fornisce un quadro generale dell’approccio LCA.
- UNI EN ISO 14044:2021: è una norma più specifica. Si intitola: “Gestione ambientale – Valutazione del ciclo di vita – Requisiti e linee guida”. Fornisce i requisiti da soddisfare e indicazioni specifiche per l’applicazione della metodologia LCA.
- UNEP – United Nations Environmental Programme: organizzazione mondiale che si occupa di risposte alle emergenze ambientali. L’obiettivo principale è quello di incoraggiare la salvaguardia dell’ambiente attraverso attività di informazione e sensibilizzazione con lo scopo di migliorare la qualità della vita senza compromettere quella delle generazioni future.

Con lo scopo di diffondere l’adozione della metodologia LCA sono sorte le seguenti iniziative:

- Life Cycle Initiative: nata dalla collaborazione tra UNEP e SETAC nel 2002 con lo scopo di promuovere l’approccio Life Cycle Thinking (LCT) in tutto il mondo. L’obiettivo di questa iniziativa è raccogliere e diffondere le informazioni e condividere le conoscenze sull’LCA.
- European Platform on Life Cycle Assessment: nasce nel 2005 con lo scopo di migliorare la credibilità e l’accettazione degli studi basati sulla metodologia LCA e mettere a disposizione dati di riferimento e metodi validi per la realizzazione degli studi di LCA.
- Rete Italiana LCA: la rete italiana LCA nasce dalla necessità di mettere in

rete tutti i soggetti che a livello nazionale operano per la ricerca e l'applicazione dell'LCA. L'obiettivo è quello di condividere metodologie e conoscenze, diffondere l'LCA e avvicinarlo al mercato.

La metodologia LCA ha l'obiettivo di:

- Costruire un inventario di input e output; esempi di input sono: materie prime, acqua, energia; esempi di output sono: prodotti finiti, rifiuti, emissioni in atmosfera.
- Fare una valutazione qualitativa e quantitativa degli input e degli output.
- Identificare gli aspetti ambientali più significativi del sistema prodotto, processo o servizio.
- Valutare i potenziali impatti ambientali del sistema prodotto, processo o servizio.

La metodologia prevede che:

- L'esame degli aspetti ambientali dell'oggetto allo studio sia dettagliato ed esteso nel tempo.
- Ogni fase dello studio sia resa trasparente (documentata, condivisibile, ecc.).
- Debbono essere presenti specifiche condizioni che tutelino le informazioni riservate / preziose che potrebbero esplicitarsi durante l'LCA.
- Sia periodicamente aggiornato in base alla disponibilità di nuove conoscenze scientifiche.
- Venga posta particolare attenzione a studi di LCA comparativi pubblicamente divulgati.

Lo svolgimento di uno studio LCA non è univoco perché dipende dalla scelta di numerosi parametri.

Uno studio LCA richiede la disponibilità di un team di esperti, un software per l'organizzazione dei dati ed adeguate banche dati come fonti di dati.

3.5.2 Fasi di uno studio LCA

Le fasi principali di uno studio LCA sono:

- Definizione di obiettivo e campo di applicazione (ISO 14044 Capitolo 4.2)
- Analisi dell'inventario (ISO 14044 Capitolo 4.3)
- Valutazione dell'impatto (ISO 14044 Capitolo 4.4)
- Interpretazione (ISO 14044 Capitolo 4.5)

Definizione di obiettivo e campo di applicazione: l'obiettivo e il campo di applicazione di uno studio LCA devono essere sempre definiti con chiarezza e devono essere coerenti con l'oggetto di studio. L'LCA è un processo iterativo nel tempo.

Nell'analisi LCA si possono considerare tre ambiti di studio:

- Analisi del prodotto "Gate to gate": ci si limita a studiare il prodotto senza prendere in considerazione i processi a monte e a valle.
- Analisi tecnologia allargata "Cradle to gate": vengono considerati anche tutti i processi upstream.
- Analisi del ciclo di vita globale "Cradle to grave": comprende tutte le fasi del ciclo di vita di un prodotto.

I dati scelti per uno studio LCA dipendono dall'obiettivo e dal campo di applicazione. Nelle applicazioni concrete i dati dell'inventario possono essere ricavati da diverse fonti (misurati, calcolati o stimati).

Quando si realizza uno studio comparativo bisogna verificare l'equivalenza dei sistemi posti a confronto.

Analisi dell'inventario: l'analisi dell'inventario comprende la raccolta dei dati e i procedimenti di calcolo che consentono di quantificare i flussi in entrata e in uscita di un sistema di prodotto. In generale, i flussi in entrata sono rappresentati dall'utilizzo di risorse mentre i flussi in uscita costituiscono i rilasci in aria, suolo e acqua.

I dati raccolti devono essere inseriti nell'inventario e devono riguardare ogni unità di processo. I dati possono essere:

- Di fonte primaria: dati raccolti direttamente nei siti di produzione
- Di fonte secondaria: dati di letteratura (manuali, pubblicazioni, studi, ecc.)
- Di fonte terziaria: dati ricavati da stime o coefficienti tecnici (dati ricavati da formule matematiche).

Valutazione dell'impatto: l'obiettivo principale è quello di valutare la portata dei potenziali impatti ambientali utilizzando i risultati dell'analisi dell'inventario.

Gli step della valutazione di impatto del ciclo di vita sono:

- Selezione delle categorie di impatto (ad es. effetto serra, tossicità per l'uomo, ...), dei relativi indicatori e modelli di calcolo. I modelli devono essere scientificamente validi e devono correlare i risultati dell'analisi dell'inventario agli indicatori di categoria.
- Classificazione: assegnazione dei risultati della fase dell'inventario (LCI) alle categorie di impatto.
- Caratterizzazione: calcolo dei risultati degli indicatori di categoria. Si utilizzano dei modelli di calcolo per quantificare gli impatti ambientali per ogni categoria di impatto.

Interpretazione: i risultati ottenuti nell'analisi di inventario e nella valutazione di impatto vengono combinati coerentemente con l'obiettivo e il campo di applicazione allo scopo di trarne conclusioni e raccomandazioni. Gli elementi principali di questa fase sono:

- Identificazione dei fattori significativi
- Valutazione
- Conclusioni, limitazioni, raccomandazioni

3.6 Fonti per stimare gli impatti di Scope 3

Nel seguito viene riportato un elenco di database, pubblicazioni, software, disponibili in rete, utili a costruire un inventario delle emissioni di GHG di prodotti o delle catene del valore di un'organizzazione sulla base di metodologie e dati EEIO, LCA o LCA ibrida. Per ciascuna fonte viene riportata una sintetica descrizione del contenuto e il riferimento al sito web.

Per una panoramica più completa dei database disponibili, delle caratteristiche di ciascuna fonte quali – informazioni generali, formato dei dati e accessibilità, ampiezza, profondità e anzianità dei dati, informazioni sulla trasparenza e la qualità dei dati forniti si può fare riferimento al seguente link:

<https://ghgprotocol.org/life-cycle-databases>.

– *Ecoinvent*

Database di inventario del ciclo di vita, risultati dell'inventario del ciclo di vita e valutazione dell'impatto.

Sito web: <http://www.ecoinvent.org/home/>

– *EXIOBASE 3*

Database MR-EEIOA su base multiregionale che riporta la correlazione fra numerose tipologie di impatti e flussi monetari relativi a oltre 160 settori merceologici.

Sito web: <https://www.exiobase.eu/index.php>

– *Greenhouse Gas Protocol*

Fornisce una serie di strumenti per il calcolo degli inventari di emissioni di GHG coerente con le linee guida IPCC del 2006 sugli inventari nazionali di GHG.

Sito web: www.ghgprotocol.org/calculation-tools/all-tools

– *Industry data LCA library*

Industry data 2.0 contiene dati provenienti da varie associazioni di settore

industriale. Questa libreria di dati è integrata nel tool software SimaPro.

– *SimaPro*

Tool software che consente di importare dati di sostenibilità ambientale da vari database per calcolare gli impatti ambientali di prodotti, servizi, processi, settori economici, paesi.

Sito web: <https://simapro.com/>

Visto l'elevato numero di database disponibili, le organizzazioni possono incontrare delle difficoltà nell'identificare le migliori fonti di dati anche perché i dati disponibili sono spesso generici e obsoleti.

Per ovviare a questa problematica tutte le fonti di dati (database) disponibili dovrebbero essere mappate e la loro qualità valutata, possibilmente per regione e settore, per fornire alle organizzazioni un database armonizzato di buona qualità ad accesso aperto dando la priorità allo sviluppo di inventari del ciclo di vita mancanti o obsoleti.

4. CASO DI STUDIO

Viene descritta nel seguito l'applicazione semplificata del metodo spend-based a un caso aziendale.

La scelta del database da utilizzare è ricaduta su EXIOBASE 3 ^[vii] riferito all'anno 2022, principalmente perché:

- i dati sono disponibili liberamente,
- si tratta di un data base MREEIO (Multi Regional Environmental Extended Input Output) creato con fondi dell'Unione Europea
- tutti i valori monetari sono espressi in euro senza necessità di introdurre variabilità dovute ai tassi di cambio.

Le tabelle EXIOBASE 3 forniscono i parametri relativi a 126 impatti e gli scambi monetari per 163 settori economici e 48 paesi o regioni elencati nel seguito.

1. **Impatti** – gli impatti considerati sono in tutto 126 e precisamente

n.	Impatto
1	Value Added
2	Employment
3	Employment hour
4	GHG emissions (GWP100) Problem oriented approach: baseline (CML, 2001) GWP100 (IPCC, 2007)
5	Human toxicity (USEtox) USEtox2008 CTUh (Rosenbaum et al., 2008)
6	Fresh water Ecotoxicity (USEtox) USEtox2008 CTUe (Rosenbaum et al., 2008)
7	EPS Damage Approach EPS (Steen, 1999))
8	Carcinogenic effects on humans (H.A) ECOINDICATOR 99 (H.A) Carcinogenic effects on humans (H.A)
9	Respiratory effects on humans caused by organic substances (H.A) ECOINDICATOR 99 (H.A) Respiratory effects on humans caused by organic substances (H.A)
10	Respiratory effects on humans caused by inorganic substances (H.A) ECOINDICATOR 99 (H.A) Respiratory effects on humans caused by inorganic substances (H.A)
11	Damages to human health caused by climate change (H.A) ECOINDICATOR 99 (H.A) Damages to human health caused by climate change (H.A)
12	Damage to Ecosystem Quality caused by ecotoxic emissions (H.A) ECOINDICATOR 99 (H.A) Damage to Ecosystem Quality caused by ecotoxic emissions (H.A)

n.	Impatto
13	Damage to Ecosystem Quality caused by the combined effect of acidification and eutrophication (H.A) ECOINDICATOR 99 (H.A) Damage to Ecosystem Quality caused by the combined effect of acidification and eutrophication (H.A)
14	Carcinogenic effects on humans (E.E) ECOINDICATOR 99 (E.E) Carcinogenic effects on humans (E.E)
15	Respiratory effects on humans caused by organic substances (E.E) ECOINDICATOR 99 (E.E) Respiratory effects on humans caused by organic substances (E.E)
16	Respiratory effects on humans caused by inorganic substances (E.E) ECOINDICATOR 99 (E.E) Respiratory effects on humans caused by inorganic substances (E.E)
17	Damages to human health caused by climate change (E.E) ECOINDICATOR 99 (E.E) Damages to human health caused by climate change (E.E)
18	Damage to Ecosystem Quality caused by ecotoxic emissions (E.E) ECOINDICATOR 99 (E.E) Damage to Ecosystem Quality caused by ecotoxic emissions (E.E)
19	Damage to Ecosystem Quality caused by the combined effect of acidification and eutrophication (E.E) ECOINDICATOR 99 (E.E) Damage to Ecosystem Quality caused by the combined effect of acidification and eutrophication (E.E)
20	Carcinogenic effects on humans (I.I) ECOINDICATOR 99 (I.I) Carcinogenic effects on humans (I.I)
21	Respiratory effects on humans caused by organic substances (I.I) ECOINDICATOR 99 (I.I) Respiratory effects on humans caused by organic substances (I.I)
22	Respiratory effects on humans caused by inorganic substances (I.I) ECOINDICATOR 99 (I.I) Respiratory effects on humans caused by inorganic substances (I.I)
23	Damages to human health caused by climate change (I.I) ECOINDICATOR 99 (I.I) Damages to human health caused by climate change (I.I)
24	Damage to Ecosystem Quality caused by ecotoxic emissions (I.I) ECOINDICATOR 99 (I.I) Damage to Ecosystem Quality caused by ecotoxic emissions (I.I)
25	Damage to Ecosystem Quality caused by the combined effect of acidification and eutrophication (I.I) ECOINDICATOR 99 (I.I) Damage to Ecosystem Quality caused by the combined effect of acidification and eutrophication (I.I)
26	Unused Domestic Extraction
27	Water Consumption Green - Agriculture
28	Water Consumption Blue - Agriculture
29	Water Consumption Blue - Livestock
30	Water Consumption Blue - Manufacturing
31	Water Consumption Blue - Electricity
32	Water Consumption Blue - Domestic
33	Water Consumption Blue - Total
34	Water Withdrawal Blue - Manufacturing
35	Water Withdrawal Blue - Electricity
36	Water Withdrawal Blue - Domestic
37	Water Withdrawal Blue - Total
38	Carbon dioxide (CO ₂) IPCC categories 1 to 4 and 6 to 7 (excluding land use, land use change and forestry)

n.	Impatto
39	Methane (CH ₄) IPCC categories 1 to 4 and 6 to 7 (excluding land use, land use change and forestry)
40	Nitrous Oxide (N ₂ O) IPCC categories 1 to 4 and 6 to 7 (excluding land use, land use change and forestry)
41	Carbon dioxide (CO ₂) CO ₂ EQ IPCC categories 1 to 4 and 6 to 7 (excluding land use, land use change and forestry)
42	Methane (CH ₄) CO ₂ EQ IPCC categories 1 to 4 and 6 to 7 (excluding land use, land use change and forestry)
43	Nitrous Oxide (N ₂ O) CO ₂ EQ IPCC categories 1 to 4 and 6 to 7 (excluding land use, land use change and forestry)
44	Carbon dioxide (CO ₂) Fuel combustion and cement
45	Carbon dioxide (CO ₂) Fuel combustion
46	GHG emissions (GWP100) Problem oriented approach: baseline (CML, 1999) GWP100 (IPCC, 2007)
47	GHG emissions (GWP100min) Problem oriented approach: non baseline (CML, 1999) net GWP100 min (Houghton et al., 2001)
48	GHG emissions (GWP100max) Problem oriented approach: non baseline (CML, 1999) net GWP100 max (Houghton et al., 2001)
49	GHG emissions (GWP20) Problem oriented approach: non baseline (CML, 1999) GWP20 (IPCC, 2007)
50	GHG emissions (GWP500) Problem oriented approach: non baseline (CML, 1999) GWP500 (IPCC, 2007)
51	ozone layer depletion (ODP steady state) Problem oriented approach: baseline (CML, 1999) ODP steady state (WMO, 2003)
52	human toxicity (HTP inf) Problem oriented approach: baseline (CML, 1999) HTP inf. (Huijbregts, 1999 & 2000)
53	Freshwater aquatic ecotoxicity (FAETP inf) Problem oriented approach: baseline (CML, 1999) FAETP inf. (Huijbregts, 1999 & 2000)
54	Marine aquatic ecotoxicity (MAETP inf) Problem oriented approach: baseline (CML, 1999) MAETP inf. (Huijbregts, 1999 & 2000)
55	Freshwater sedimental ecotoxicity (FSETP inf) Problem oriented approach: non baseline (CML, 1999) FSETP inf. (Huijbregts, 1999 & 2000)
56	Marine sedimental ecotoxicity (MSETP inf) Problem oriented approach: non baseline (CML, 1999) MSETP inf. (Huijbregts, 1999 & 2000)
57	Terrestrial ecotoxicity (TETP inf) Problem oriented approach: baseline (CML, 1999) TETP inf. (Huijbregts, 1999 & 2000)
58	human toxicity (HTP20) Problem oriented approach: non baseline (CML, 1999) HTP 20 (Huijbregts, 1999 & 2000)
59	Freshwater aquatic ecotoxicity (FAETP20) Problem oriented approach: non baseline (CML, 1999) FAETP 20 (Huijbregts, 1999 & 2000)
60	Marine aquatic ecotoxicity (MAETP20) Problem oriented approach: non baseline (CML, 1999) MAETP 20 (Huijbregts, 1999 & 2000)
61	Freshwater sedimental ecotoxicity (FSETP20) Problem oriented approach: non baseline (CML, 1999) FSETP 20 (Huijbregts, 1999 & 2000)
62	Marine sedimental ecotoxicity (MSETP20) Problem oriented approach: non baseline (CML, 1999) MSETP 20 (Huijbregts, 1999 & 2000)
63	Terrestrial ecotoxicity (TETP20) Problem oriented approach: non baseline (CML, 1999) TETP 20 (Huijbregts, 1999 & 2000)

n.	Impatto
64	human toxicity (HTP100) Problem oriented approach: non baseline (CML, 1999) HTP 100 (Huijbregts, 1999 & 2000)
65	Freshwater aquatic ecotoxicity (FAETP100) Problem oriented approach: non baseline (CML, 1999) FAETP 100 (Huijbregts, 1999 & 2000)
66	Marine aquatic ecotoxicity (MAETP100) Problem oriented approach: non baseline (CML, 1999) MAETP 100 (Huijbregts, 1999 & 2000)
67	Freshwater sedimental ecotoxicity (FSETP100) Problem oriented approach: non baseline (CML, 1999) FSETP 100 (Huijbregts, 1999 & 2000)
68	Marine sedimental ecotoxicity (MSETP100) Problem oriented approach: non baseline (CML, 1999) MSETP 100 (Huijbregts, 1999 & 2000)
69	Terrestrial ecotoxicity (TETP100) Problem oriented approach: non baseline (CML, 1999) TETP 100 (Huijbregts, 1999 & 2000)
70	human toxicity (HTP500) Problem oriented approach: non baseline (CML, 1999) HTP 500 (Huijbregts, 1999 & 2000)
71	Freshwater aquatic ecotoxicity (FAETP500) Problem oriented approach: non baseline (CML, 1999) FAETP 500 (Huijbregts, 1999 & 2000)
72	Marine aquatic ecotoxicity (MAETP500) Problem oriented approach: non baseline (CML, 1999) MAETP 500 (Huijbregts, 1999 & 2000)
73	Freshwater sedimental ecotoxicity (FSETP500) Problem oriented approach: non baseline (CML, 1999) FSETP 500 (Huijbregts, 1999 & 2000)
74	Marine sedimental ecotoxicity (MSETP500) Problem oriented approach: non baseline (CML, 1999) MSETP 500 (Huijbregts, 1999 & 2000)
75	Terrestrial ecotoxicity (TETP500) Problem oriented approach: non baseline (CML, 1999) TETP 500 (Huijbregts, 1999 & 2000) TETP 500
76	photochemical oxidation (high NOx) Problem oriented approach: baseline (CML, 1999) POCP (Jenkin & Hayman, 1999; Derwent et al. 1998; high NOx)
77	photochemical oxidation (low NOx) Problem oriented approach: non baseline (CML, 1999) POCP (Andersson-Sk et al. 1992; low NOx)
78	photochemical oxidation (MIR; very high NOx) Problem oriented approach: non baseline (CML, 1999) MIR 1997; very high NOx (Carter, 1994, 1997, 1998; Carter, Pierce, Luo & Malkina, 1995)
79	photochemical oxidation (MOIR; high NOx) Problem oriented approach: non baseline (CML, 1999) MOIR; high NOx (Carter, 1994, 1997, 1998; Carter, Pierce, Luo & Malkina, 1995)
80	photochemical oxidation (EBIR; low NOx) Problem oriented approach: non baseline (CML, 1999) EBIR; low NOx (Carter, 1994, 1997, 1998; Carter, Pierce, Luo & Malkina, 1995)
81	acidification (incl. fate, average Europe total, A&B) Problem oriented approach: baseline (CML, 1999) AP (Huijbregts, 1999; average Europe total, A&B)
82	acidification (fate not incl.) Problem oriented approach: non baseline (CML, 1999) AP (Hauschild & Wenzel (1998).
83	eutrophication (fate not incl.) Problem oriented approach: baseline (CML, 1999) EP (Heijungs et al. 1992))
84	eutrophication (incl. fate, average Europe total, A&B) Problem oriented approach: non baseline (CML, 1999) EP (Huijbregts, 1999; average Europe total, A&B)
85	odour Problem oriented approach: non baseline (CML, 1999) 1/OTV

n.	Impatto
86	Climate change midpoint ILCD recommended CF Global warming potential 100 years
87	Climate change endpoint, human health ILCD recommended CF Disability Adjusted Life Years (DALY)
88	Climate change endpoint, ecosystems ILCD recommended CF Potentially Disappeared Fraction of species (PDF)
89	Human toxicity midpoint, cancer effects ILCD recommended CF Comparative Toxic Unit for human (CTUh)
90	Human toxicity midpoint, non-cancer effects ILCD recommended CF Comparative Toxic Unit for human (CTUh)
91	Human toxicity endpoint, cancer effects ILCD recommended CF Disability Adjusted Life Years (DALY)
92	Human toxicity endpoint, non-cancer effects ILCD recommended CF Disability Adjusted Life Years (DALY)
93	Particulate matter/Respiratory inorganics midpoint ILCD recommended CF emission-weighted average PM2.5 equivalent
94	Particulate matter/Respiratory inorganics endpoint ILCD recommended CF Disability Adjusted Life Years (DALY)
95	Photochemical ozone formation midpoint, human health ILCD recommended CF Photochemical ozone creation potential (POCP)
96	Photochemical ozone formation endpoint, human health ILCD recommended CF Disability Adjusted Life Years (DALY)
97	Acidification midpoint ILCD recommended CF Accumulated Exceedance (AE)
98	Acidification endpoint ILCD recommended CF Change in potentially not occurring fraction of plant species per change in base saturation
99	Eutrophication terrestrial midpoint ILCD recommended CF Accumulated Exceedance (AE)
100	Eutrophication marine midpoint ILCD recommended CF Potentially Disappeared Fraction of species (PDF)
101	Ecotoxicity freshwater midpoint ILCD recommended CF Comparative Toxic Unit for ecosystems (CTUe)
102	Ecotoxicity freshwater endpoint ILCD recommended CF Potentially Disappeared Fraction of species (PDF)
103	GHG emissions AR5 (GWP100) GWP100 (IPCC, 2010)
104	Nitrogen
105	Phosphorous
106	PM10
107	PM25
108	SOx
109	NOx
110	Domestic Extraction Used - Crop and Crop Residue
111	Domestic Extraction Used - Grazing and Fodder
112	Domestic Extraction Used - Forestry and Timber
113	Domestic Extraction Used - Fisheries
114	Domestic Extraction Used - Non-metallic Minerals
115	Domestic Extraction Used - Iron Ore
116	Domestic Extraction Used - Non-ferrous metal ores
117	Unused Domestic Extraction - Crop and Crop Residue

n.	Impatto
118	Unused Domestic Extraction - Grazing and Fodder
119	Unused Domestic Extraction - Forestry and Timber
120	Unused Domestic Extraction - Fisheries
121	Unused Domestic Extraction - Coal and Peat
122	Unused Domestic Extraction - Oil and Gas
123	Unused Domestic Extraction - Non-metallic Minerals
124	Unused Domestic Extraction - Iron Ore
125	Unused Domestic Extraction - Non-ferrous metal ores
126	Land use Crop, Forest, Pasture

Tabella 1. Elenco dei tipi di impatti presi in considerazione nel database EXIOBASE 3

2. Regioni – le regioni considerate sono in tutto 48 e precisamente

n.	Regione	Sigla
1	Austria	AT
2	Belgio	BE
3	Bulgaria	BG
4	Cipro	CY
5	Repubblica Ceca	CZ
6	Germania	DE
7	Danimarca	DK
8	Estonia	EE
9	Spagna	ES
10	Finlandia	FI
11	Francia	FR
12	Grecia	GR
13	Croazia	HR
14	Ungheria	HU
15	Irlanda	IE
16	Italia	IT
17	Lituania	LT
18	Lussemburgo	LU
19	Lettonia	LV
20	Malta	MT
21	Paesi Bassi	NL
22	Polonia	PL
23	Portogallo	PT
24	Romania	RO
25	Svezia	SE
26	Slovenia	SI
27	Slovacchia	SK
28	Regno Unito	GB
29	Stati Uniti d'America	US
30	Giappone	JP
31	Cina + Taiwan	CN
32	Canada	CA
33	Corea del Sud	KR

n.	Regione	Sigla
34	Brasile	BR
35	India	IN
36	Messico	MX
37	Russia	RU
38	Australia	AU
39	Svizzera	CH
40	Turchia	TR
41	Norvegia	NO
42	Indonesia	ID
43	Sudafrica	ZA
44	Altri paesi di Asia / Pacifico	WA
45	Altri paesi delle Americhe	WL
46	Altri paesi europei	WE
47	Altri paesi africani	WF
48	Paesi del Medio Oriente	WM

Tabella 2. Elenco dei paesi / macroregioni del mondo presi in considerazione nel database EXIOBASE 3

3. Settori – i settori considerati sono in tutto 163 e precisamente

n.	Denominazione del settore – inglese	Denominazione del settore – italiano
1	Cultivation of paddy rice	Coltivazione del risone
2	Cultivation of wheat	Coltivazione del grano
3	Cultivation of cereal grains n.e.c.	Coltivazione di cereali (esclusi i precedenti)
4	Cultivation of vegetables, fruit, nuts	Coltivazione di ortaggi, frutta, noci
5	Cultivation of oil seeds	Coltivazione di semi oleosi
6	Cultivation of sugar cane, sugar beet	Coltivazione di canna da zucchero, barbabietola da zucchero
7	Cultivation of plant-based fibers	Coltivazione di fibre vegetali
8	Cultivation of crops n.e.c.	Coltivazione di colture
9	Cattle farming	L'allevamento di bestiame
10	Pigs farming	Allevamento di suini
11	Poultry farming	Avicoltura
12	Meat animals n.e.c.	Animali da carne
13	Animal products n.e.c.	Prodotti di origine animale
14	Raw milk	Latte grezzo
15	Wool, silk-worm cocoons	Lana, bozzoli di bachi da seta
16	Manure treatment (conventional), storage and land application	Tattamento del letame (convenzionale), stoccaggio e applicazione sul terreno
17	Manure treatment (biogas), storage and land application	Tattamento del letame (biogas), stoccaggio e applicazione sul terreno
18	Forestry, logging and related service activities	Silvicoltura, disboscamento e servizi connessi
19	Fishing, operating of fish hatcheries and fish farms; service activities incidental to fishing	Pesca, gestione di vivai ittici e allevamenti ittici; attività di servizio connesse alla pesca
20	Mining of coal and lignite; extraction	Estrazione di carbone e lignite;

n.	Denominazione del settore – inglese	Denominazione del settore – italiano
	of peat	estrazione della torba
21	Extraction of crude petroleum and services related to crude oil extraction, excluding surveying	Estrazione di petrolio greggio e servizi relativi all'estrazione di petrolio greggio, escluse le indagini
22	Extraction of natural gas and services related to natural gas extraction, excluding surveying	Estrazione di gas naturale e servizi relativi all'estrazione di gas naturale, esclusa la perizia
23	Extraction, liquefaction, and regasification of other petroleum and gaseous materials	Estrazione, liquefazione e rigassificazione di altri prodotti petroliferi e gassosi
24	Mining of uranium and thorium ores	Estrazione di minerali di uranio e torio
25	Mining of iron ores	Estrazione di minerali di ferro
26	Mining of copper ores and concentrates	Estrazione di minerali e concentrati di rame
27	Mining of nickel ores and concentrates	Estrazione di minerali e concentrati di nichel
28	Mining of aluminum ores and concentrates	Estrazione di minerali e concentrati di alluminio
29	Mining of precious metal ores and concentrates	Estrazione di minerali e concentrati di metalli preziosi
30	Mining of lead, zinc and tin ores and concentrates	Estrazione di minerali e concentrati di piombo, zinco e stagno
31	Mining of other non-ferrous metal ores and concentrates	Estrazione di altri minerali e concentrati di metalli non ferrosi
32	Quarrying of stone	Estrazione della pietra
33	Quarrying of sand and clay	Estrazione di sabbia e argilla
34	Mining of chemical and fertilizer minerals, production of salt, other mining and quarrying n.e.c.	Estrazione di minerali chimici e fertilizzanti, produzione di sale, altre attività minerarie ed estrattive
35	Processing of meat cattle	Lavorazione di bovini da carne
36	Processing of meat pigs	Lavorazione della carne suina
37	Processing of meat poultry	Lavorazione della carne di pollame
38	Production of meat products n.e.c.	Produzione di prodotti a base di carne
39	Processing vegetable oils and fats	Lavorazione di oli e grassi vegetali
40	Processing of dairy products	Lavorazione dei prodotti lattiero-caseari
41	Processed rice	Riso lavorato
42	Sugar refining	Raffinazione dello zucchero
43	Processing of Food products n.e.c.	Trasformazione di prodotti alimentari
44	Manufacture of beverages	Produzione di bevande
45	Manufacture of fish products	Produzione di prodotti ittici
46	Manufacture of tobacco products	Industria dei prodotti del tabacco
47	Manufacture of textiles	Industria tessile
48	Manufacture of wearing apparel; dressing and dyeing of fur	Confezione di articoli di abbigliamento; preparazione e tintura di pellicce
49	Tanning and dressing of leather; manufacture of luggage, handbags, saddlery, harness and footwear	Concia e preparazione del cuoio; fabbricazione di articoli da viaggio, borse, pelletteria, selleria e calzature
50	Manufacture of wood and of products of wood and cork, except furniture;	Industria del legno e dei prodotti in legno e sughero, esclusi i mobili;

n.	Denominazione del settore – inglese	Denominazione del settore – italiano
	manufacture of articles of straw and plaiting materials	fabbricazione di articoli di paglia e materiali da intreccio
51	Re-processing of secondary wood material into new wood material	Rilavorazione del materiale legnoso secondario in nuovo materiale legnoso
52	Pulp	Polpa
53	Re-processing of secondary paper into new pulp	Rielaborazione della carta secondaria in nuova pasta
54	Paper	Carta
55	Publishing, printing and reproduction of recorded media	Editoria, stampa e riproduzione di supporti registrati
56	Manufacture of coke oven products	Fabbricazione di prodotti di cokeria
57	Petroleum Refinery	Raffineria di petrolio
58	Processing of nuclear fuel	Lavorazione del combustibile nucleare
59	Plastics, basic	Plastica, di base
60	Re-processing of secondary plastic into new plastic	Rilavorazione della plastica secondaria in nuova plastica
61	N-fertiliser	Fertilizzanti a base di N
62	P- and other fertiliser	P- e altri fertilizzanti
63	Chemicals n.e.c.	Prodotti chimici
64	Manufacture of rubber and plastic products	Fabbricazione di articoli in gomma e plastica
65	Manufacture of glass and glass products	Fabbricazione di vetro e prodotti in vetro
66	Re-processing of secondary glass into new glass	Rilavorazione del vetro secondario in vetro nuovo
67	Manufacture of ceramic goods	Fabbricazione di articoli in ceramica
68	Manufacture of bricks, tiles and construction products, in baked clay	Fabbricazione di mattoni, tegole e prodotti da costruzione in argilla cotta
69	Manufacture of cement, lime and plaster	Produzione di cemento, calce e gesso
70	Re-processing of ash into clinker	Rilavorazione delle ceneri in clinker
71	Manufacture of other non-metallic mineral products n.e.c.	Fabbricazione di altri prodotti minerali non metallici
72	Manufacture of basic iron and steel and of ferro-alloys and first products thereof	Produzione di ferro e acciaio di base, di ferroleghie e dei loro primi prodotti
73	Re-processing of secondary steel into new steel	Rilavorazione dell'acciaio secondario in nuovo acciaio
74	Precious metals production	Produzione di metalli preziosi
75	Re-processing of secondary precious metals into new precious metals	Rilavorazione di metalli preziosi secondari in nuovi metalli preziosi
76	Aluminium production	Produzione di alluminio
77	Re-processing of secondary aluminium into new aluminium	Rilavorazione dell'alluminio secondario in nuovo alluminio
78	Lead, zinc and tin production	Produzione di piombo, zinco e stagno
79	Re-processing of secondary lead into new lead, zinc and tin	Rilavorazione del piombo secondario in nuovo piombo, zinco e stagno
80	Copper production	Produzione di rame
81	Re-processing of secondary copper into new copper	Rilavorazione del rame secondario in rame nuovo

n.	Denominazione del settore – inglese	Denominazione del settore – italiano
82	Other non-ferrous metal production	Produzione di altri metalli non ferrosi
83	Re-processing of secondary other non-ferrous metals into new other non-ferrous metals	Rilavorazione di altri metalli non ferrosi secondari in nuovi altri metalli non ferrosi
84	Casting of metals	Fusione di metalli
85	Manufacture of fabricated metal products, except machinery and equipment	Fabbricazione di prodotti in metallo, esclusi macchinari e attrezzature
86	Manufacture of machinery and equipment n.e.c.	Fabbricazione di macchinari e attrezzature
87	Manufacture of office machinery and computers	Fabbricazione di macchine per ufficio e computer
88	Manufacture of electrical machinery and apparatus n.e.c.	Fabbricazione di macchine e apparecchi elettrici
89	Manufacture of radio, television and communication equipment and apparatus	Fabbricazione di apparecchiature e apparecchi radiotelevisivi e di comunicazione
90	Manufacture of medical, precision and optical instruments, watches and clocks	Fabbricazione di strumenti medici, di precisione e ottici, orologi e orologi
91	Manufacture of motor vehicles, trailers and semi-trailers	Fabbricazione di autoveicoli, rimorchi e semirimorchi
92	Manufacture of other transport equipment	Fabbricazione di altri mezzi di trasporto
93	Manufacture of furniture; manufacturing n.e.c.	Fabbricazione di mobili; produzione
94	Recycling of waste and scrap	Riciclaggio di rifiuti e rottami
95	Recycling of bottles by direct reuse	Riciclaggio delle bottiglie mediante riutilizzo diretto
96	Production of electricity by coal	Produzione di elettricità dal carbone
97	Production of electricity by gas	Produzione di energia elettrica tramite gas
98	Production of electricity by nuclear	Produzione di elettricità mediante nucleare
99	Production of electricity by hydro	Produzione di energia elettrica mediante idroelettrico
100	Production of electricity by wind	Produzione di energia elettrica dal vento
101	Production of electricity by petroleum and other oil derivatives	Produzione di energia elettrica dal petrolio e da altri derivati del petrolio
102	Production of electricity by biomass and waste	Produzione di energia elettrica da biomasse e rifiuti
103	Production of electricity by solar photovoltaic	Produzione di energia elettrica mediante solare fotovoltaico
104	Production of electricity by solar thermal	Produzione di energia elettrica mediante solare termico
105	Production of electricity by tide, wave, ocean	Produzione di elettricità mediante maree, onde, oceano
106	Production of electricity by Geothermal	Produzione di energia elettrica mediante geotermia
107	Production of electricity n.e.c.	Produzione di energia elettrica

n.	Denominazione del settore – inglese	Denominazione del settore – italiano
108	Transmission of electricity	Trasmissione di energia elettrica
109	Distribution and trade of electricity	Distribuzione e commercio di energia elettrica
110	Manufacture of gas; distribution of gaseous fuels through mains	Produzione di gas; distribuzione di combustibili gassosi tramite condotte
111	Steam and hot water supply	Fornitura di vapore e acqua calda
112	Collection, purification and distribution of water	Raccolta, depurazione e distribuzione dell'acqua
113	Construction	Edilizia
114	Re-processing of secondary construction material into aggregates	Rilavorazione del materiale da costruzione secondario in aggregati
115	Sale, maintenance, repair of motor vehicles, motor vehicles parts, motorcycles, motorcycles parts and accessories	Vendita, manutenzione, riparazione di autoveicoli, parti di autoveicoli, motocicli, parti ed accessori di motocicli
116	Retail sale of automotive fuel	Commercio al dettaglio di carburante per autoveicoli
117	Wholesale trade and commission trade, except of motor vehicles and motorcycles	Commercio all'ingrosso e su commissione, escluso quello di autoveicoli e motocicli
118	Retail trade, except of motor vehicles and motorcycles; repair of personal and household goods	Commercio al dettaglio, escluso quello di autoveicoli e di motocicli; riparazione di beni personali e per la casa
119	Hotels and restaurants	Hotel e ristoranti
120	Transport via railways	Trasporto tramite ferrovia
121	Other land transport	Altri trasporti terrestri
122	Transport via pipelines	Trasporto tramite condotte
123	Sea and coastal water transport	Trasporti marittimi e costieri
124	Inland water transport	Trasporto per vie d'acqua interne
125	Air transport	Trasporto aereo
126	Supporting and auxiliary transport activities; activities of travel agencies	Attività di supporto e ausiliarie ai trasporti; attività delle agenzie di viaggio
127	Post and telecommunications	Poste e telecomunicazioni
128	Financial intermediation, except insurance and pension funding	Intermediazione finanziaria, escluse le assicurazioni e i fondi pensione
129	Insurance and pension funding, except compulsory social security	Assicurazioni e fondi pensione, esclusa la previdenza sociale obbligatoria
130	Activities auxiliary to financial intermediation	Attività ausiliarie dell'intermediazione finanziaria
131	Real estate activities	Attività immobiliari
132	Renting of machinery and equipment without operator and of personal and household goods	Noleggio di macchinari e attrezzature senza operatore e di beni personali e domestici
133	Computer and related activities	Informatica e attività connesse
134	Research and development	Ricerca e sviluppo
135	Other business activities	Altre attività commerciali
136	Public administration and defence; compulsory social security	Pubblica amministrazione e difesa; previdenza sociale obbligatoria

n.	Denominazione del settore – inglese	Denominazione del settore – italiano
137	Education	Istruzione
138	Health and social work	Sanità e assistenza sociale
139	Incineration of waste: Food	Incenerimento dei rifiuti: Cibo
140	Incineration of waste: Paper	Incenerimento dei rifiuti: Carta
141	Incineration of waste: Plastic	Incenerimento dei rifiuti: Plastica
142	Incineration of waste: Metals and Inert materials	Incenerimento dei rifiuti: Metalli e Materiali inerti
143	Incineration of waste: Textiles	Incenerimento dei rifiuti: Tessili
144	Incineration of waste: Wood	Incenerimento dei rifiuti: Legno
145	Incineration of waste: Oil/Hazardous waste	Incenerimento dei rifiuti: Olio/Rifiuti pericolosi
146	Bio-gasification of food waste, including land application	Bio-gasificazione dei rifiuti alimentari, inclusa applicazione del territorio
147	Bio-gasification of paper, including land application	Bio-gasificazione della carta, inclusa applicazione del territorio
148	Bio-gasification of sewage sludge, including land application	Bio-gasificazione dei fanghi di depurazione, inclusa applicazione del territorio
149	Composting of food waste, including land application	Compostaggio dei rifiuti alimentari, inclusa applicazione del territorio
150	Composting of paper and wood, including land application	Compostaggio di carta e legno, inclusa applicazione del territorio
151	Wastewater treatment, food	Trattamento delle acque reflue, alimentare
152	Wastewater treatment, other	Trattamento delle acque reflue, altro
153	Landfill of waste: Food	Discarica di rifiuti: Alimentari
154	Landfill of waste: Paper	Discarica di rifiuti: Carta
155	Landfill of waste: Plastic	Discarica di rifiuti: Plastica
156	Landfill of waste: Inert/Metal/Hazardous	Discarica per rifiuti: Inerti/Metalli/Pericolosi
157	Landfill of waste: Textiles	Discarica di rifiuti: Tessili
158	Landfill of waste: Wood	Discarica di rifiuti: Legno
159	Activities of membership organisation n.e.c.	Attività dell'organizzazione associativa
160	Recreational, cultural and sporting activities	Attività ricreative, culturali e sportive
161	Other service activities	Altre attività di servizi
162	Private households with employed persons	Famiglie private con occupati
163	Extra-territorial organizations and bodies	Organizzazioni ed enti extraterritoriali

Tabella 3. Elenco dei settori merceologici presi in considerazione nel database EXIOBASE 3

I file presenti nel database EXIOBASE 3 sono stati importati nel tool software SimaPro per il calcolo dei fattori di emissioni di GHG relativi a ciascun settore / paese di interesse per il nostro caso studio.

SimaPro è una piattaforma software utile per raccogliere, analizzare e monitorare dati relativi alla sostenibilità di prodotti, servizi o interi settori. Può essere utilizzato per svariate applicazioni, come il reporting di sostenibilità, l'impronta di carbonio, la progettazione del prodotto per tener conto degli impatti, la generazione di dichiarazioni ambientali e la determinazione di indicatori chiave di prestazione (KPI).

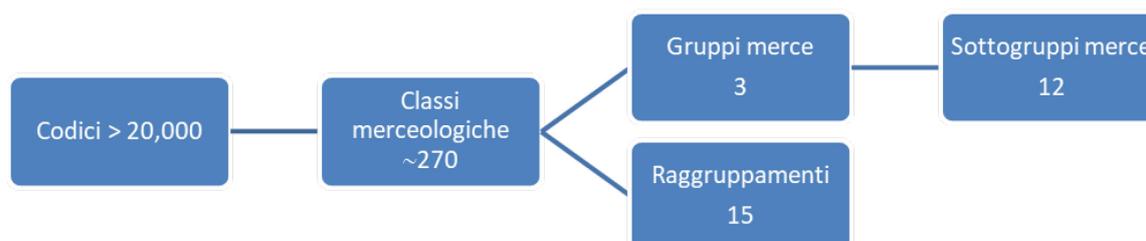


Figura 4. Struttura di classificazione dei codici di acquisto

È stata presa in considerazione un'azienda del settore metalmeccanico la cui struttura degli acquisti diretti⁴ è riportata nella tabella seguente. Si tratta di un'azienda di grandi dimensioni i cui acquisti si ripartiscono su oltre 20,000 codici approvvigionati da fornitori provenienti da una ventina di paesi.

Sono stati rielaborati i valori complessivi degli acquisti diretti, anno 2023 (consuntivi fino a ottobre più proiezione al 31 dicembre) relativi alle classi merceologiche in modo da ottenere una suddivisione degli acquisti compatibile con i settori e i paesi / macroregioni del database EXIOBASE 3 riportati nelle Tabelle 2 e 3. Il risultato di tale rielaborazione è riportato nella seguente tabella (tutti i valori sono riportati in euro).

Il calcolo delle emissioni relativi a tali acquisti ricade nell'ambito della categoria numero 1 di *Scope 3* così come descritta nel paragrafo 3.1.

⁴ Per acquisti diretti si intendono tutti quegli acquisti di materiali e servizi che vengono impiegati per la realizzazione del prodotto dell'organizzazione.

		Denominazione del settore - inglese								
		Manufacture of wearing apparel; dressing and dyeing of fur	Manufacture of wood and of products of wood and cork, except furniture	Paper	Chemicals n.e.c.	Manufacture of rubber and plastic products	Manufacture of glass and glass products	Manufacture of fabricated metal products, except machinery and equipment	Manufacture of electrical machinery and apparatus n.e.c.	Manufacture of motor vehicles, trailers and semi-trailers
Paese / Regione	Italia	6,892,931 €	3,125,378 €	2,149,963 €	5,393,504 €	20,377,491 €	392,614 €	35,269,725 €	21,995,776 €	- €
	Cina + Taiwan	127,374 €	- €	- €	775,892 €	4,487,665 €	740,864 €	24,876,757 €	9,522,843 €	16,736,836 €
	India	- €	- €	- €	- €	792,217 €	- €	4,147,064 €	12,395,786 €	- €
	Resto di Asia e Pacifico	54,948 €	- €	- €	57,637 €	4,020,343 €	714,232 €	15,665,713 €	10,336,074 €	- €
	Austria	47,215 €	- €	- €	- €	- €	- €	1,148,423 €	746,336 €	- €
	Repubblica Ceca	- €	- €	- €	- €	- €	- €	1,351,099 €	- €	- €
	Germania	- €	- €	- €	- €	98,038 €	- €	889,399 €	7,419,973 €	- €
	Spagna	- €	- €	- €	- €	2,831,900 €	- €	1,372,988 €	259,712 €	- €
	Francia	420,479 €	- €	- €	33,192 €	4,200 €	- €	204,511 €	4,897,641 €	- €
	Ungheria	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	1,651,438 €	- €
	Lussemburgo	- €	- €	- €	- €	154,108 €	- €	- €	- €	- €
	Paesi Bassi	44,276 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	183,059 €	- €
	Polonia	- €	- €	- €	- €	- €	- €	3,175,544 €	- €	- €
	Romania	- €	- €	- €	- €	- €	- €	682,329 €	- €	- €
	Svezia	- €	- €	- €	- €	- €	- €	4,306,654 €	438,840 €	- €
	Slovenia	- €	- €	- €	- €	656,091 €	- €	1,204,779 €	- €	- €
	USA	- €	- €	- €	- €	- €	- €	914,657 €	694,456 €	- €
Giappone	- €	- €	- €	- €	- €	- €	789,074 €	809,368 €	- €	
Svizzera	- €	- €	- €	- €	110 €	- €	- €	240,031 €	- €	

Tabella 4. Suddivisione degli acquisti diretti per settore merceologico e paese in accordo al database EXIOBASE 3

5. ANALISI CRITICA, RISULTATI E DISCUSSIONE

5.1 Elementi di forza e di debolezza della metodologia EEIOA

L'analisi EEIO fornisce un metodo semplice e rapido che può essere utilizzato per valutare gli impatti ambientali a monte associati al consumo economico a valle, nonché gli impatti ambientali incorporati nei beni scambiati. Questo approccio risolve alcune delle carenze dei metodi basati sull'analisi dei processi. In particolare, EEIO è in grado di:

- Seguire gli "alberi dei prodotti" per un numero infinito di passaggi;
- Utilizzare tabelle input-output disponibili al pubblico per ricavare gli input necessari per la produzione di beni e servizi;
- Tenere conto dell'esistenza di loop o attività cicliche nei processi produttivi, che si possono verificare quando un prodotto, un componente o un materiale viene utilizzato nella produzione di sé stesso;
- Evitare il doppio conteggio ripartendo, in modo reciprocamente esclusivo, gli impatti ambientali tra i settori;
- Tenere conto degli scambi di prodotti trasformati secondari;
- Comprendere gli scambi di servizi.

Tuttavia, gli approcci EEIO presentano alcune limitazioni nel seguito brevemente elencate.

- Forse l'assunto principale dell'EEIO è noto come omogeneità, ovvero l'ipotesi che ogni settore dell'economia produca un singolo bene o servizio omogeneo. In altre parole, si presume che 1 euro venduto dal settore X a tutti gli altri settori e 1 euro venduto dal settore X ai consumatori finali rappresentino lo stesso prodotto / servizio o, come minimo, abbiano un uguale impatto ambientale incorporato. Questa ipotesi naturalmente migliora man mano che aumenta la risoluzione della tavola delle interdipendenze (cioè, il numero di settori considerati). Idealmente, dovrebbe esserci un settore associato a ogni singolo prodotto creato

nell'economia, sebbene questo livello di dettaglio sia, ovviamente, impossibile da realizzare nella pratica.

- La risoluzione settoriale delle tavole input-output può essere bassa per ragioni pratiche riducendo l'omogeneità di ciascun settore. Ad esempio, la banca dati EXIOBASE3, che viene spesso utilizzata per creare tavole input-output multiregionali, contiene settori per la coltivazione del riso, del grano e di tutti gli altri cereali. Non è quindi possibile, utilizzando questa tabella, tracciare in modo specifico gli impatti ambientali associati, ad esempio, alla coltivazione del granoturco. Allo stesso modo non è possibile tracciare in modo specifico gli impatti associati a una particolare attività all'interno di un settore utilizzando i semplici metodi sopra descritti;
- Le tavole delle interdipendenze possono non tener conto di tutte le attività dell'economia. Ad esempio, possono escludere il lavoro non retribuito e non includono gli impatti dello "strato zero" o gli impatti diretti dei consumatori che non comportano acquisti da settori economici (ad esempio, bruciare benzina nella propria auto o tagliare e bruciare legna da ardere sulla propria proprietà). Tuttavia, ai fini delle analisi riferite allo *Scope 3* questa limitazione non rileva in quanto le emissioni dirette sono in capo agli ambiti di *Scope 1 e 2*.
- Le analisi input-output sono modelli lineari che presuppongono che esista una proporzione costante e fissa di input per creare l'output di un settore;
- L'accuratezza delle tavole input-output globali è limitata dalle disparità nella raccolta e standardizzazione dei dati grezzi nelle diverse nazioni;
- Le tavole input-output non sono generalmente disponibili per ogni nazione e possono essere pubblicate con ritardi (cioè, non tutti gli anni);
- La valutazione accurata degli impatti ambientali stessi, e l'assegnazione di tali impatti ai settori, è spesso difficile. Gli inventari degli impatti ambientali, specialmente su grandi scale spaziali, come le nazioni, spesso riflettono un mix di dati misurati empiricamente e stime da modelli i quali possono introdurre distorsioni e incertezze nelle analisi EEIO.

La portata e l'importanza di queste limitazioni dipendono dal particolare database

IO utilizzato per l'analisi. Esistono ora diversi database e modelli di input-output multiregionali che possono essere utilizzati per l'analisi EEIO su scala globale, tra cui Eora, EXIOBASE 3, Global Trade and Analysis Project (GTAP) e World Input-Output Database (WIOD). I database più recenti hanno compiuto uno sforzo particolare per affrontare molte delle limitazioni sopra menzionate, in particolare per quanto riguarda la risoluzione dei settori.

5.2 Elementi di forza e di debolezza della metodologia LCA

I limiti della metodologia LCA sono:

- Soggettività delle scelte (confini del sistema, sorgente dei dati, ecc.)
- Limitatezza e non adattabilità dei modelli utilizzati a causa delle ipotesi assunte
- Possibile non applicazione a livello locale dei risultati ottenuti a livello globale
- Quantità e qualità dei dati disponibili (questo influenza l'accuratezza dei risultati)
- L'assenza di dimensioni spaziali e temporali introduce incertezze nei risultati finali
- Non considera gli aspetti economici e sociali

I vantaggi della metodologia LCA sono:

- Analisi delle pressioni ambientali ed individuazione delle fasi critiche di un prodotto / processo
- Studi comparativi sulle performance ambientali
- Supporto alle decisioni strategiche dell'organizzazione
- Base per sviluppo di etichettatura di prodotto

5.3 Confronto tra database EEIOA e LCA

La valutazione del ciclo di vita (LCA) e l'analisi input output estesa a livello ambientale (EEIOA) sono due approcci ampiamente utilizzati per valutare gli

impatti ambientali di prodotti e servizi con l'obiettivo di fornire supporto decisionale all'organizzazione. Le considerazioni seguenti sono tratte dalla pubblicazione [viii]. LCA rappresenta un approccio "bottom-up" (dal basso verso l'alto) e si concentra su prodotti e servizi specifici e quindi i relativi database di inventario LCI forniscono gli impatti su processi di produzione di tali prodotti e servizi. EEIOA rappresenta un approccio "top-down" (dall'alto verso il basso) prendendo in considerazione raggruppamenti molto estesi di prodotti e servizi che coprono, nel loro insieme, l'intero volume degli scambi e dei consumi in un'economia. Tuttavia, recentemente, l'approccio LCA è stato utilizzato per valutare le emissioni di GHG di gruppi di prodotti mettendo a fattor comune un gran numero di LCA.

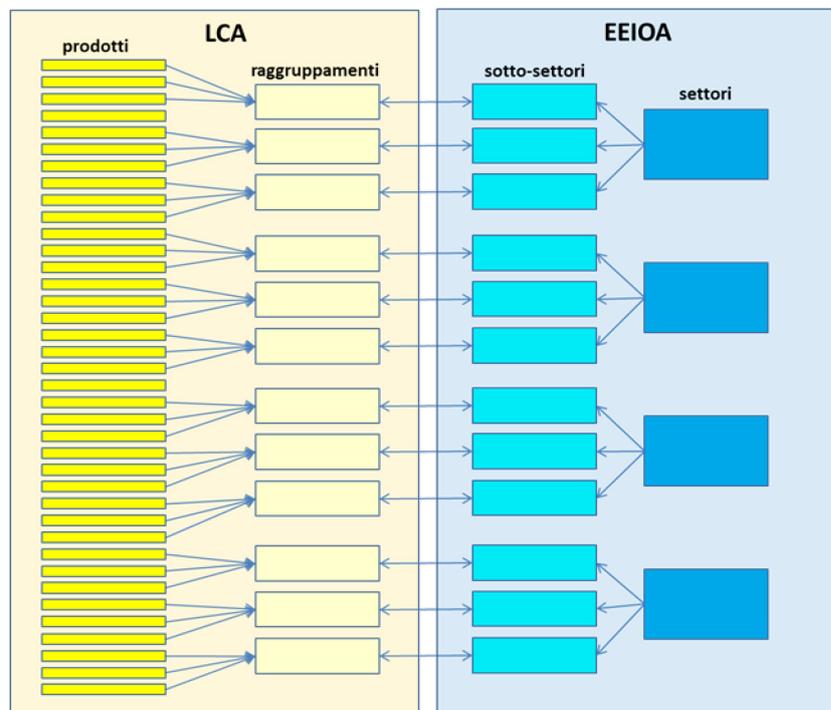


Figura 5. Armonizzazione dell'approccio top-down di EEIO e bottom-up di LCA

Allo stesso tempo, le analisi EEIO sono diventate sempre più dettagliate da rappresentare gruppi ristretti di prodotti specifici simili a quelli tradizionalmente presenti nelle valutazioni LCA. Pertanto, è diventato possibile confrontare gli impatti calcolati con i due approcci EEIOA e LCA con un livello di dettaglio di prodotto simile. Idealmente i due approcci dovrebbero portare a valutazioni di impatto simili. La variabilità delle valutazioni di impatto calcolate con le due metodologie sui medesimi gruppi di prodotti fornisce un'indicazione

dell'incertezza assoluta sulla misura degli impatti stessi. Il confronto è stato condotto sulle impronte di carbonio (CF) calcolate utilizzando i dati del database Ecoinvent per LCA e il database EXIOBASE per EEIOA.

Dal confronto è emerso che in circa il 50% dei casi il CF misurato con dati Ecoinvent (LCA) e EXIOBASE (EEIOA) differisce al massimo di un fattore 2 (cioè, il CF misurato con un metodo, al massimo, è il doppio di quello misurato con l'altro metodo), in circa il 25% dei casi il CF misurato con dati Ecoinvent è meno della metà del CF misurato con dati EXIOBASE, nel rimanente circa 25% dei casi il CF misurato con dati Ecoinvent è più del doppio di quello misurato con dati EXIOBASE. Lo scostamento fra i due valori $CF_{Ecoinvent}$ e $CF_{Exiobase}$ è calcolato nel seguente modo

$$D = \frac{CF_{Ecoinvent} - CF_{Exiobase}}{CF_{Exiobase}}$$

$$\text{se } D = 1 \rightarrow CF_{Ecoinvent} = 2 \times CF_{Exiobase}$$

$$\text{se } D = -0.5 \rightarrow CF_{Ecoinvent} = 0.5 \times CF_{Exiobase}$$

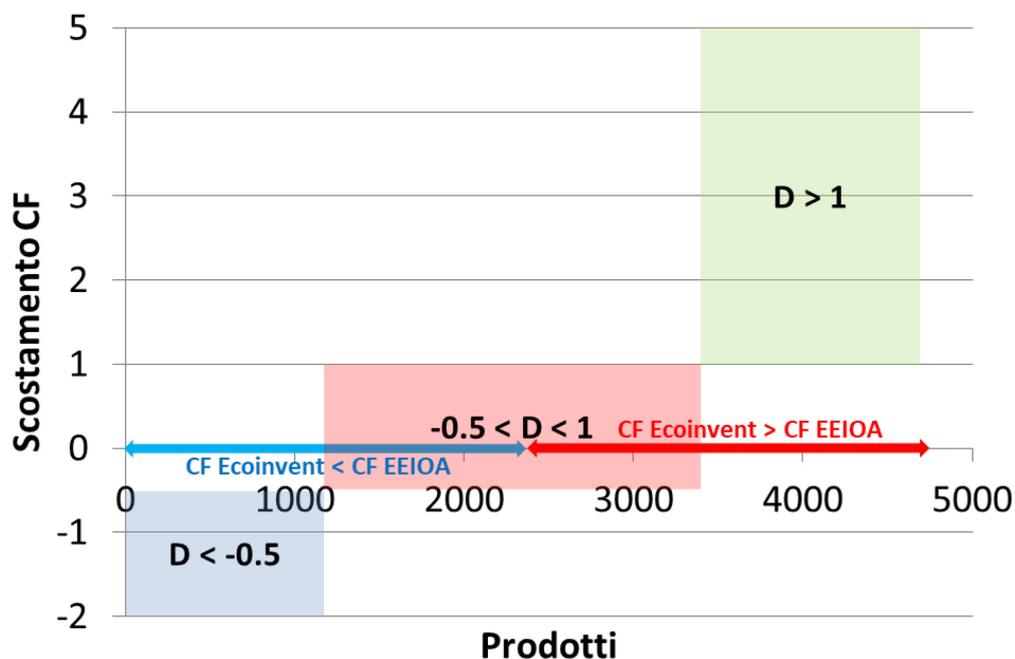


Figura 6. Scostamento dei valori di CF per i due diversi database

5.4 Principali motivi delle differenze

Le principali differenze nel calcolo dei CF con i due approcci LCA e EEIOA sono essenzialmente dovute ai seguenti motivi.

1. Abbinamento dei raggruppamenti di prodotti

Non sempre i raggruppamenti dei due database contengono tipologie di prodotti perfettamente sovrapponibili fra loro.

2. Metodologie specifiche per le banche dati

La creazione delle due banche dati implica importanti differenze metodologiche quali:

- Limiti di sistema e cut-off (troncamento): i database EEIOA sono considerati più completi dei database LCI a causa del fatto che coprono l'intera economia, mentre i database LCI sono costruiti bottom-up e possono escludere alcune parti delle catene del valore.
- Limiti temporali del sistema: una differenza fondamentale è che nella LCA gli impatti di un prodotto sono modellati nel corso del suo ciclo di vita, mentre nell'EEIOA gli impatti di un gruppo di prodotti si riferiscono a un anno specifico. Questa differenza può non avere importanza per i prodotti di breve durata, ma può portare a risultati molto diversi per i gruppi di prodotti in cui i beni strumentali utilizzati nella produzione sono importanti.

3. Dati utilizzati

Le differenze importanti sui dati includono, ma non sono limitate a:

- Origine dei dati di base: i dati su cui sono costruite le banche dati EEIOA e LCI sono, in larga misura, di origine diversa. I database LCI descrivono processi unitari interconnessi fra loro che sono modellati dal basso verso l'alto e in unità fisiche. Le tabelle EEIOA multiregionali riconciliano i flussi monetari tra industrie e paesi sulla base di dati provenienti da uffici statistici nazionali che seguono principi contabili specifici e dati commerciali bilaterali forniti da istituti internazionali, ad esempio la piattaforma Comtrade delle Nazioni Unite. I dati richiedono

procedure di bilanciamento e, in alcuni casi, aggregazione o disaggregazione aggiuntiva di specifici gruppi di prodotti (poiché la granularità è diversa tra i paesi). Ad esempio, i diversi gruppi di produzione di energia elettrica in EXIOBASE sono creati disaggregando l'intero settore di produzione di energia elettrica sulla base dei dati degli uffici statistici nazionali e dell'Agenzia Internazionale dell'Energia (IEA). La riconciliazione dei dati, il bilanciamento e altre modifiche influiscono sui CF finali. Vi sono anche molte differenze nei dati utilizzati per rappresentare uno specifico settore; ad esempio, l'industria dell'alluminio sostiene di utilizzare elettricità più pulita del mix medio di fonti di produzione di energia elettrica. Mentre di questo aspetto si è tenuto conto in Ecoinvent, non sembra lo sia stato in EXIOBASE, il che può spiegare perché i prodotti in alluminio possano dare un CF più elevato nel secondo database rispetto al primo. Infine, per settori specifici, possono verificarsi anche importanti sovrapposizioni nelle fonti di dati; ad esempio, i dati dell'IEA vengono utilizzati per entrambi i database, il che può spiegare il buon accordo tra i due database per la produzione di elettricità basata sui combustibili fossili.

- Anzianità dei dati: mentre i dati in EEIOA sono riferiti a uno specifico anno, i dati nelle banche dati LCI derivano tipicamente da una grande varietà di fonti di dati con anni di riferimento diversi. Pertanto, le differenze nella CF possono anche essere il risultato di diversi ambiti temporali.
- Rappresentazione dei prodotti medi: entrambe le banche dati mirano a rappresentare i dati per prodotti medi; tuttavia, mentre questo, per definizione, è il caso di EEIOA, i processi unitari nell'LCA non sempre rappresentano processi medi, bensì dati provenienti da un impianto specifico. Ciò può contribuire ulteriormente allo scostamento nei risultati della CF.

5.5 Risultati del Caso di Studio

I risultati ottenuti sono riassunti nelle tabelle seguenti che riportano per ciascun paese / settore:

- Volume degli acquisti diretti (€). Dato primario desunto dai report di contabilità industriale dell'organizzazione.
- Fattore di emissione riferito a un valore monetario unitario (kg CO₂e / €). Questo fattore è stato ottenuto attraverso l'utilizzo del software SimaPro sulla base dei dati contenuti in EXIOBASE 3 anno 2022.
- Emissioni complessive (kg CO₂e). Dato calcolato moltiplicando il volume degli acquisti per il fattore di emissione unitario.

		Denominazione del settore - inglese								
		Manufacture of wearing apparel; dressing and dyeing of fur			Manufacture of wood and of products of wood and cork, except furniture			Paper		
		Acquisti (€)	Emissioni specifiche (kg CO ₂ e/€)	Emissioni totali (kg CO ₂ e)	Acquisti (€)	Emissioni specifiche (kg CO ₂ e/€)	Emissioni totali (kg CO ₂ e)	Acquisti (€)	Emissioni specifiche (kg CO ₂ e/€)	Emissioni totali (kg CO ₂ e)
Paese / Regione	Italia	6,892,931	0.234955	1,619,529	3,125,378	0.274833	858,957	2,149,963	0.351085	754,820
	Cina + Taiwan	127,374	0.879046	111,967	-	-	-	-	-	-
	India	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Resto di Asia e Pacifico	54,948	0.856726	47,075	-	-	-	-	-	-
	Austria	47,215	0.166769	7,873	-	-	-	-	-	-
	Repubblica Ceca	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Germania	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Spagna	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Francia	420,479	0.118965	50,022	-	-	-	-	-	-
	Ungheria	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Lussemburgo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Paesi Bassi	44,276	0.294569	13,042	-	-	-	-	-	-
	Polonia	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Romania	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Svezia	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Slovenia	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Giappone	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Svizzera	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Tabella 5a

		Denominazione del settore - inglese								
		Chemicals n.e.c.			Manufacture of rubber and plastic products			Manufacture of glass and glass products		
		Acquisti (€)	Emissioni specifiche (kg CO ₂ e/€)	Emissioni totali (kg CO ₂ e)	Acquisti (€)	Emissioni specifiche (kg CO ₂ e/€)	Emissioni totali (kg CO ₂ e)	Acquisti (€)	Emissioni specifiche (kg CO ₂ e/€)	Emissioni totali (kg CO ₂ e)
Paese / Regione	Italia	5,393,504	0.534814	2,884,519	20,377,491	0.479000	9,760,820	392,614	0.871025	341,976
	China + Taiwan	775,892	1.342954	1,041,987	4,487,665	1.450368	6,508,764	740,864	10.114802	7,493,692
	India	-	-	-	792,217	1.166793	924,354	-	-	-
	Resto di Asia e Pacifico	57,637	0.476410	27,458	4,020,343	2.297592	9,237,110	714,232	0.849740	606,911
	Austria	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Repubblica Ceca	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Germania	-	-	-	98,038	0.549703	53,891	-	-	-
	Spagna	-	-	-	2,831,900	0.436408	1,235,864	-	-	-
	Francia	33,192	0.413097	13,711	4,200	0.484378	2,034	-	-	-
	Ungheria	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Lussemburgo	-	-	-	154,108	0.433153	66,752	-	-	-
	Paesi Bassi	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Polonia	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Romania	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Svezia	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Slovenia	-	-	-	656,091	0.558595	366,480	-	-	-
USA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Giappone	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Svizzera	-	-	-	110	0.478219	52	-	-	-	

Tabella 5b

		Denominazione del settore - inglese								
		Manufacture of fabricated metal products, except machinery and equipment			Manufacture of electrical machinery and apparatus n.e.c.			Manufacture of motor vehicles, trailers and semi-trailers		
		Acquisti (€)	Emissioni specifiche (kg CO ₂ e/€)	Emissioni totali (kg CO ₂ e)	Acquisti (€)	Emissioni specifiche (kg CO ₂ e/€)	Emissioni totali (kg CO ₂ e)	Acquisti (€)	Emissioni specifiche (kg CO ₂ e/€)	Emissioni totali (kg CO ₂ e)
Paese / Regione	Italia	35,269,725	1.055394	37,223,456	21,995,776	0.659442	14,504,932	-	-	-
	China	24,876,757	3.317555	82,530,009	9,522,843	2.272401	21,639,717	16,736,836	2.447249	40,959,202
	India	4,147,064	3.830947	15,887,184	12,395,786	1.973999	24,469,267	-	-	-
	Resto di Asia e Pacifico	15,665,713	1.008063	15,792,024	10,336,074	0.816572	8,440,153	-	-	-
	Austria	1,148,423	1.168748	1,343,216	746,336	0.644301	480,865	-	-	-
	Repubblica Ceca	1,351,099	1.597131	2,157,882	-	-	-	-	-	-
	Germania	889,399	0.726451	646,105	7,419,973	0.527391	3,913,226	-	-	-
	Spagna	1,372,988	1.057088	1,451,369	259,712	0.708587	184,028	-	-	-
	Francia	204,511	0.662169	135,420	4,897,641	0.537196	2,630,995	-	-	-
	Ungheria	-	-	-	1,651,438	0.892837	1,474,465	-	-	-
	Lussemburgo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Paesi Bassi	-	-	-	183,059	1.465089	268,197	-	-	-
	Polonia	3,175,544 €	1.634281	5,189,732	-	-	-	-	-	-
	Romania	682,329 €	1.635039	1,115,633	-	-	-	-	-	-
	Svezia	4,306,654 €	0.768762	3,310,793	438,840 €	0.528371	231,870	-	-	-
	Slovenia	1,204,779 €	0.861620	1,038,061	-	-	-	-	-	-
USA	914,657 €	1.380290	1,262,491	694,456	0.733098	509,104	-	-	-	
Giappone	789,074	2.242655	1,769,620	809,368	0.544755	440,906	-	-	-	
Svizzera	-	-	-	240,031	0.517095	124,118	-	-	-	

Tabella 5c

Dalle tabelle precedenti risulta che a fronte di acquisti diretti per complessivi 238,719,547 € le corrispondenti emissioni di GHG sono risultate pari a 335,153,700 kg CO₂e. Il fattore di emissione unitario medio ponderato è risultato pari a 1.4040 kg CO₂e / €. Per valutare l'andamento nel tempo del CF, questo dato è più significativo delle emissioni totali in quanto è svincolato dal volume totale degli acquisti e quindi consente di verificare l'efficacia di eventuali azioni di riduzione del CF nel tempo.

Nel grafico seguente viene riportata secondo la logica di Pareto la percentuale degli acquisti per i diversi settori da cui emerge che circa l'85% degli acquisti riguarda i primi tre settori.

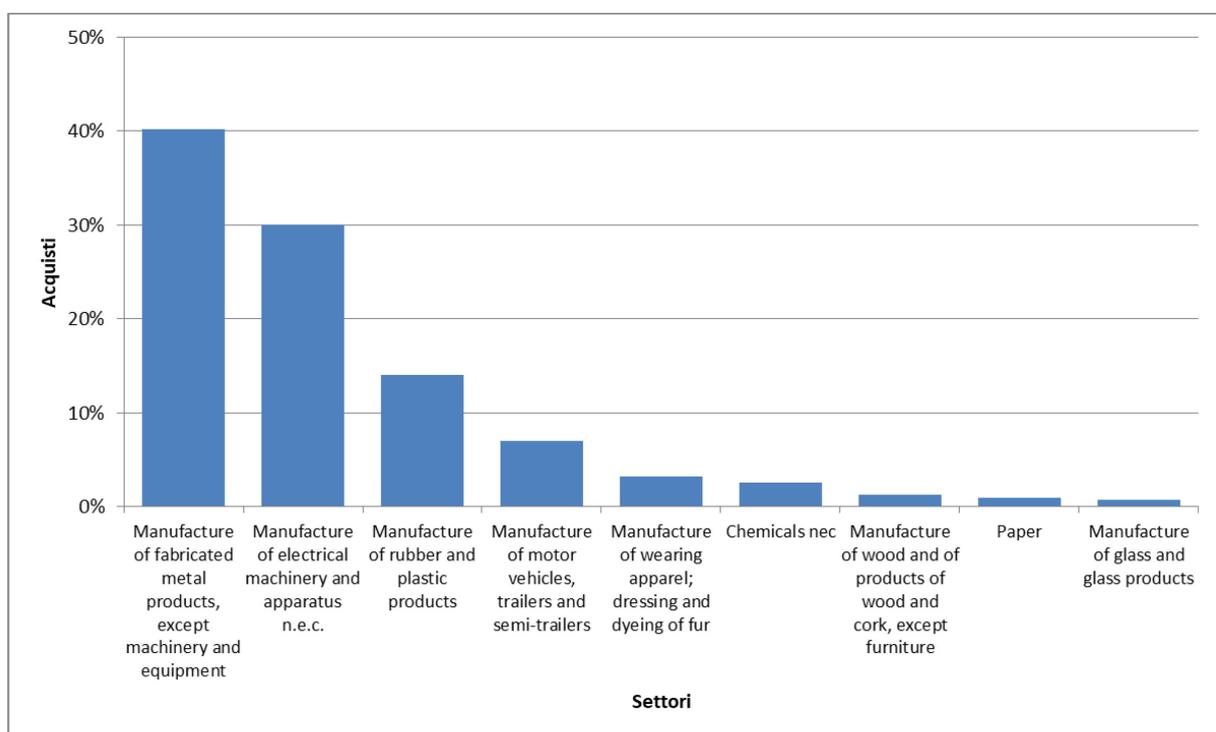


Figura 7. Distribuzione di Pareto degli acquisti dell'organizzazione per settore

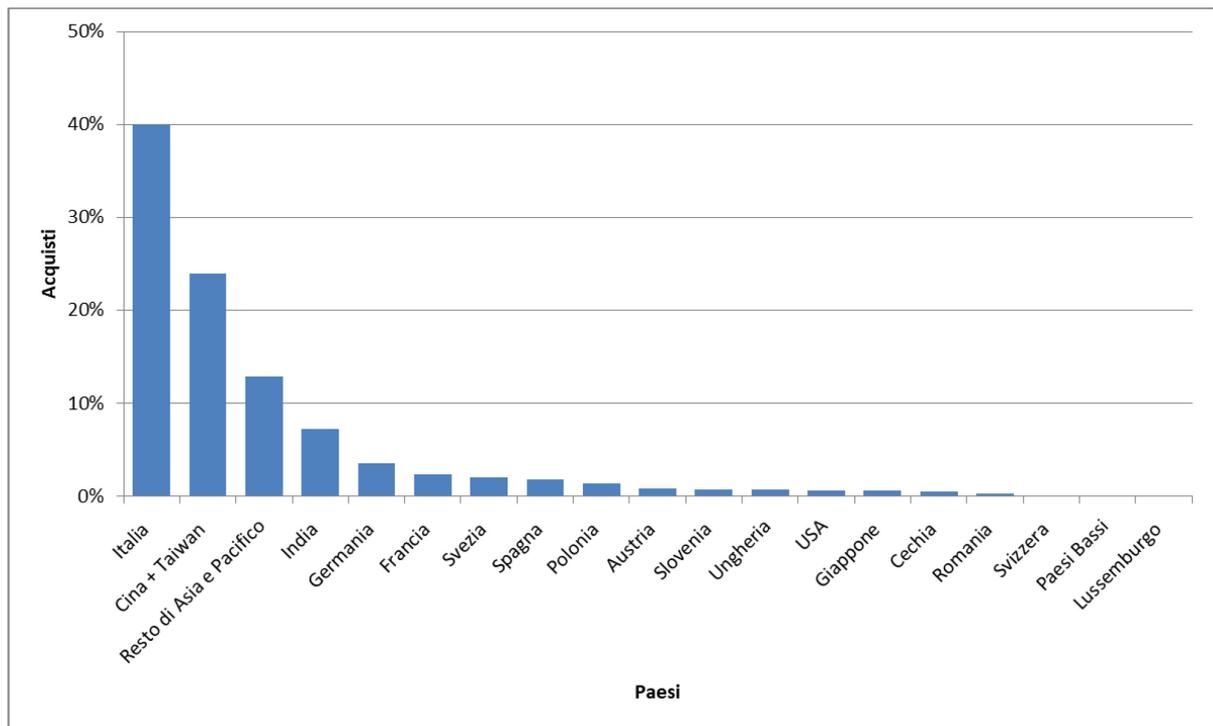


Figura 8. Distribuzione di Pareto degli acquisti dell'organizzazione per paese di fornitura

Nel grafico seguente sono riportati i fattori unitari di emissioni per paese sui tre settori più rilevanti dal punto di vista degli acquisti.

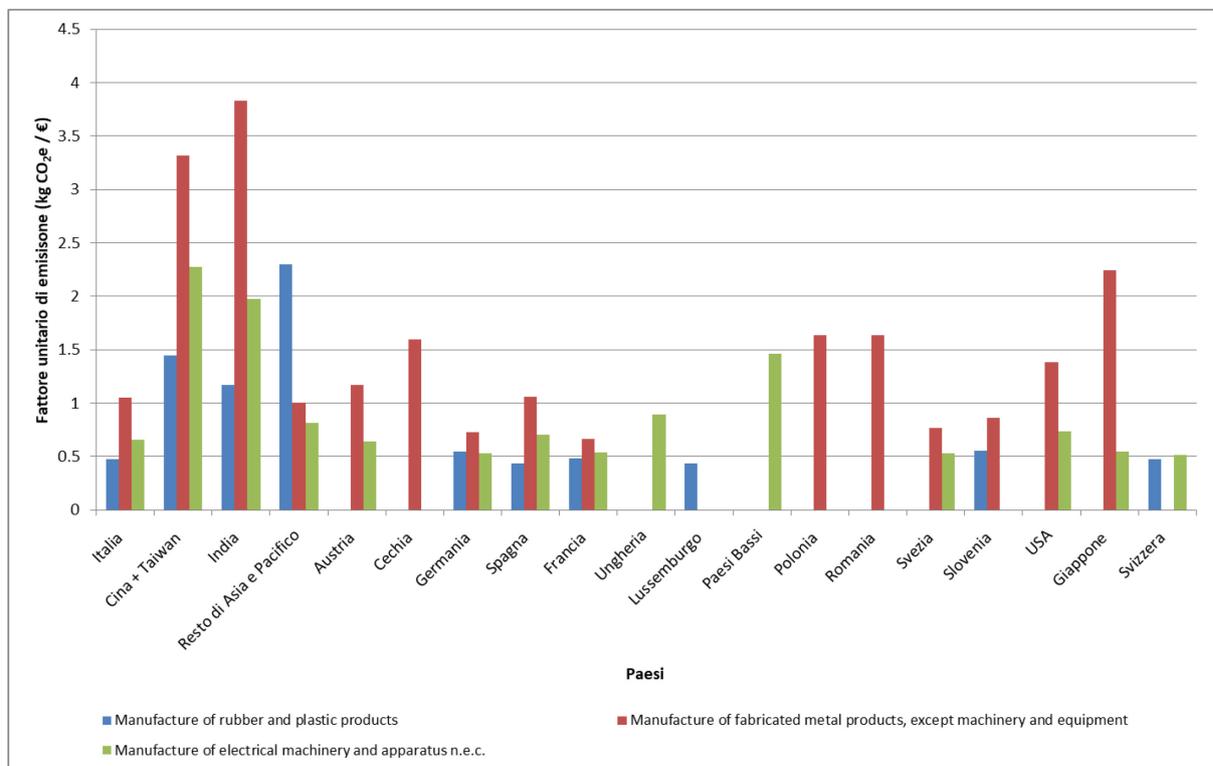


Figura 9. Fattori di emissione unitari dei tre principali settori di acquisto suddivisi per paese di provenienza

I fattori di emissioni unitari più elevati sono quelli di: Cina + Taiwan, India e resto di Asia / Pacifico che sono i paesi dai quali proviene circa il 45% degli acquisti diretti totali. La motivazione principale alla base di tali fattori di emissione (soprattutto a riguardo di Cina e India) risiede nella forte incidenza dell'uso del carbone come fonte primaria di energia.

5.5.1 Linee di azione potenziali

Per facilitare e sistematizzare l'analisi del CF degli acquisti dell'organizzazione sarebbe opportuno inserire nelle anagrafiche dei codici i campi necessari alla classificazione degli stessi in base ai settori considerati dal database che si decide di utilizzare.

Le strategie di riduzione del CF potrebbero essere:

- Modificare il mix dei codici utilizzando componenti con fattori di emissioni medi inferiori (ad es. ridurre l'incidenza di componenti in metallo sostituendoli con analoghi componenti in plastica). Tuttavia, questo approccio è molto impegnativo in quanto comporterebbe la ridefinizione della progettazione e della tipologia di prodotto finito.
- Modificare il mix dei paesi di fornitura privilegiando quelli che, a parità di settore, hanno fattori di emissione unitari inferiori. Tuttavia, questo approccio potrebbe comportare un incremento significativo dei costi aziendali di approvvigionamento.
- Monitorare nel tempo il fattore di emissione unitario medio ponderato, inserendolo fra i KPI aziendali, per verificare l'efficacia nel tempo delle azioni di contenimento del CF aziendale.

6. CONCLUSIONI

L'arresto del riscaldamento globale rappresenta una delle principali sfide a livello mondiale. Per raggiungere l'obiettivo fissato dalla COP 21 ovvero impedire un aumento della temperatura media globale superiore a 2°C, tutti sono chiamati a dare il proprio contributo per la riduzione delle emissioni di GHG: organizzazioni internazionali, governi, singole organizzazioni, cittadini.

In questa tesi ci si concentra sulla valutazione delle emissioni di GHG indirette di un'organizzazione che, unitamente alle emissioni dirette, costituisce elemento imprescindibile per la definizione di una strategia di riduzione efficace.

La valutazione delle emissioni indirette può essere attuata con metodologie basate su parametri fisici o su dati monetari.

Il focus della tesi è incentrato sull'analisi dei metodi di valutazione delle emissioni basati su dati di tipo monetario, generalmente indicati come "spend – based", per valutare il CF di un'organizzazione.

Questa metodologia è ampiamente utilizzata dalle organizzazioni, perché di più semplice applicazione rispetto ai metodi su dati puntuali, a patto che i sistemi di contabilità industriale siano opportunamente progettati tenendo in considerazione l'obiettivo di calcolare gli impatti ambientali di interesse.

Naturalmente a fronte della semplicità di applicazione della metodologia si ottiene una valutazione dell'impatto meno specifica e quindi meno accurata rispetto a metodologie di valutazione più dirette.

Esistono due modelli principali per calcolare i fattori di emissione di processi / prodotti / servizi: LCA e EEIOA. Il primo utilizza un approccio "bottom-up" che, a partire da prodotti specifici, attraverso un processo di aggregazione, stabilisce il fattore di emissione medio per un determinato settore. Il secondo utilizza un approccio "top-down" che, attraverso un processo di disaggregazione di dati economici complessivi, permette di ottenere il fattore di emissione medio riferito ad un determinato settore.

Tra le principali fonti di dati da cui desumere i fattori di emissione relativi a diversi

settori e paesi sono stati presi in considerazione i database Ecoinvent e EXIOBASE 3. L'uno con dati raccolti da analisi LCA, l'altro con dati raccolti da modelli EEIO.

Il metodo spend-based è stato efficacemente applicato a un caso di studio reale per valutarne l'effettiva applicabilità alle emissioni indirette di GHG di un'organizzazione rientranti nelle categorie dello standard *Scope 3* del Greenhouse Gas Protocol.

Sono stati analizzati gli acquisti diretti effettuati dall'organizzazione aggregandone i valori di spesa per settore di appartenenza e paese di provenienza del fornitore riferendosi alle categorie presenti in EXIOBASE 3.

I valori così ottenuti sono stati analizzati in ottica Pareto per evidenziare i settori e i paesi che contribuiscono maggiormente al volume totale degli acquisti. I settori più significativi sono risultati quelli relativi a componentistica in metallo, di tipo elettrico / elettronico e in gomma o plastica; mentre i principali paesi esteri di provenienza delle forniture sono risultati: Cina e Taiwan, India e altri paesi del sud est asiatico.

I fattori di emissione di GHG relativi a ciascun settore e paese sono stati ottenuti a partire dal database EXIOBASE 3 i cui dati sono stati elaborati mediante tool SimaPro.

Dalle analisi è emerso che i fattori di emissioni unitari più elevati sono quelli di Cina e Taiwan, India e resto di Asia / Pacifico che sono i paesi dai quali proviene circa il 45% degli acquisti diretti totali in quanto tali paesi fanno un uso molto elevato di carbone come fonte primaria di energia.

Tuttavia, modificare il mix dei paesi di fornitura, privilegiando quelli che, a parità di settore, esibiscono fattori di emissione unitari di molto inferiori potrebbe comportare un incremento significativo dei costi aziendali di approvvigionamento e quindi richiederebbe un forte impegno da parte degli azionisti e del management.

Per sensibilizzare tutti i suoi membri sarebbe opportuno introdurre tra gli indicatori chiave di prestazione (KPI) anche l'andamento dell'impronta di carbonio dell'organizzazione.

7. BIBLIOGRAFIA

- [i] AA.VV., *Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard*, GHG Protocol, World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development, [**2011**].
- [ii] AA.VV., *Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions*, World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development, [**2013**].
- [iii] De Bortoli A., Biørn A., Saunier F., Margni M., *Planning sustainable carbon neutrality pathways: accounting challenges experienced by organizations and solutions from industrial ecology*, *The International Journal of Life Cycle Assessment*, [**2023**], 28, 746–770.
- [iv] CDP (2022b) *Engaging the chain: driving speed and scale. Carbon Disclosure Project*, [**2022**].
- [v] Miller, R.E., Blair, P.D., *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*, 2nd Edition, Cambridge University Press, Cambridge, [**2009**].
- [vi] Kitzes J., *An Introduction to Environmentally-Extended Input-Output Analysis*, *Resources*, [**2013**], 2, 489-503.
- [vii] Stadler K, Wood R, Bulavskaya T et al., *EXIOBASE 3: developing a time series of detailed environmentally extended multiregional input-output tables: EXIOBASE 3*, *Journal of Industrial Ecology*, [**2018**], 22:502–515.
- [viii] Steubing B., de Koning A., Merciai S., Tukker A., *How do carbon footprints from LCA and EEIOA databases compare? A comparison of Ecoinvent and EXIOBASE*, *Journal of Industrial Ecology*, [**2022**], 26,1406–1422.