

**Convenzione tra il Ministero dell’Ambiente e della Tutela del
Territorio e del Mare ed il Politecnico di Milano del 24 marzo
2014 per l’attuazione delle metodologie di calcolo dell’impronta
di carbonio e di compensazione delle emissioni di CO2 di EXPO
2015**

D.1.2 Approfondimento metodologico: viaggi

Dipartimento di Energia

LINEE GUIDA METODOLOGICHE PER IL CALCOLO DELL'IMPRONTA CLIMATICA (O IMPRONTA DI CARBONIO) DEL TRASPORTO DURANTE I GRANDI EVENTI



SOMMARIO

1.	INTRODUZIONE	2
2.	STANDARD DI RIFERIMENTO.....	3
2.1.	TERMINOLOGIA E ISTRUZIONI PER LA LETTURA DELLE PRESENTI LINEE GUIDA	3
3.	FUNZIONE DELLA VALUTAZIONE.....	4
4.	DESCRIZIONE DELL’OGGETTO DELLA VALUTAZIONE	5
4.1.	DEFINIZIONE DEL SERVIZIO DI TRASPORTO OFFERTO.....	5
4.2.	SPECIFICA SUGLI SPOSTAMENTI DI MOBILITÀ PER RAGGIUNGERE L’EVENTO.....	6
4.2.1.	VISITATORI	7
4.2.2.	LAVORATORI.....	7
4.2.3.	MERCI	7
4.2.4.	ESEMPIO DI CALCOLO SULLA SPECIFICA DEGLI SPOSTAMENTI DELLE MERCI	7
5.	UNITÀ FUNZIONALE O DICHIARATA	9
6.	CONFINI DEL SISTEMA.....	9
6.1.	CONFINI TECNICI	10
6.2.	CONFINI GEOGRAFICI	11
6.3.	CONFINI TEMPORALI	11
6.4.	CONFINI NATURALI.....	12
6.5.	FASI DEL CICLO DI VITA.....	12
7.	REGOLE DI ESCLUSIONE (<i>CUT OFF</i>)	13
8.	MULTIFUNZIONALITÀ DI PROCESSI E PRODOTTI	13
8.1.	DESTINAZIONI MULTIPLE DEI VISITATORI E LAVORATORI	13
8.1.1.	ESEMPIO DI CALCOLO DELL’ALLOCAZIONE DEL CARICO AMBIENTALE	14
8.2.	COSTRUZIONE E MANUTENZIONE DELLE INFRASTRUTTURE	14
8.3.	COSTRUZIONE, MANUTENZIONE E FINE VITA DEI VEICOLI	14
8.4.	MATERIALI DESTINATI A RICICLAGGIO	15
9.	ESCLUSIONI DAI CONFINI DEL SISTEMA	15
10.	RACCOLTA DATI ED INFORMAZIONI	15
10.1.	METODOLOGIE PER IL CALCOLO DELLE EMISSIONI DI CO ₂ e	16
10.1.1.	ALGORITMI E FATTORI DI EMISSIONE	17
11.	IPOSTESI IN MANCANZA DI DATI PRIMARI	20
11.1.	DISTANZE MEDIE PER IL TRASPORTO DELLE MERCI.....	21
11.2.	CONSUMI DI CARBURANTE E FATTORI DI EMISSIONE	21
	VEICOLI PUBBLICI AD ALIMENTAZIONE ELETTRICA.....	23
	SUDDIVISIONE VEICOLI PER ALIMENTAZIONE	24
	CONDIZIONATORI D’ARIA	24
	MODALITÀ DI VIAGGIO	25
	CARICO DEI MEZZI.....	25
11.3.	COSTRUZIONE E MANUTENZIONE INFRASTRUTTURE E VEICOLI	25
12.	QUALITÀ DEI DATI.....	26
12.1.	DATI PRIMARI.....	27
12.2.	DATI SECONDARI.....	27
13.	CARATTERIZZAZIONE DELL’IMPATTO	29
13.1.	COMPENSAZIONE DELLE EMISSIONI	29
14.	REPORTISTICA DEI RISULTATI DELLA VALUTAZIONE.....	29
	RINGRAZIAMENTI	31
	GLOSSARIO ED ABBREVIAZIONI	31
	BIBLIOGRAFIA E FONTI INFORMATIVE.....	33
	ALLEGATI.....	36
A.	CONTRIBUTO EMISSIONI DIRETTE ED INDIRETTE	36
B.	DATI TECNICI NECESSARI PER LA VALUTAZIONE DELL’IMPRONTA CLIMATICA	41
C.	REGOLE PER IL CAMPIONAMENTO DEI VISITATORI, LAVORATORI e FORNITORI DI MERCI	44
	ESEMPIO DI CAMPIONAMENTO.....	45

D.	ALLOCAZIONE PROPOSTA DALLA ISO/TS 14067 PER I MATERIALI DESTINATI AL RICICLAGGIO	45
	VALORI DI DEFAULT PER LE OPERAZIONI DI FINE VITA	47
	ESEMPIO DI CALCOLO DELLE EMISSIONI GENERATE NEL CICLO DI VITA DEL TRASPORTO DEL CARTONE	47
E.	DATI DI RIFERIMENTO PER IL TRASPORTO DELLE MERCI	49
F.	FATTORI DI EMISSIONE PER LA COSTRUZIONE MANUTENZIONE E SMALTIMENTO DI INFRASTRUTTURE E VEICOLI	57
G.	FATTORI DI EMISSIONE UTILIZZATI PER IL CONFRONTO DEI DATABASE	58
	RIFERIMENTI	61

INDICE FIGURE

Figura 3-1:	Panoramica dei flussi in ingresso ed in uscita al sistema prodotto	5
Figura 6-1:	Confini del sistema oggetto di analisi	10
Figura 6-2:	Esempi di scenari rappresentativi di alcuni casi di servizio di trasporto offerto. Raggiungimento luogo dell'evento da parte dei lavoratori e visitatori e ritorno al luogo di origine.	11
Figura 6-3:	Esempi di scenari rappresentativi di alcuni casi di servizio di trasporto offerto. Raggiungimento luogo dell'evento da parte delle merci utilizzate e conferimento al centro di smaltimento/trattamento dei rifiuti.	11
Figura 8-1:	Esempi di allocazione di viaggio con destinazioni multiple in Area 1 e/o 2 per lavoratori/visitatori provenienti dall'Area 3	14
Figura A 1:	Emissioni GHG per mezzo di trasporto [gCO ₂ e per pkm].	36
Figura A 2:	Contributo percentuale delle emissioni dirette ed indirette	37
Figura A 3:	Panoramica delle emissioni nette relative ai carburanti alternativi (Uherek et al., 2010)	38
Figura A 4:	: Panoramica delle emissioni nel ciclo di vita di tecnologie alternative (veicoli e carburanti) nel loro ciclo di vita (Uherek et al., 2010)	40

INDICE TABELLE

Tabella 4-1:	Distribuzione in termini di merce conferita e distanza dal luogo dell'evento (*)	8
Tabella 11-1:	Consumi medi da traffico in Lombardia nel 2012 per settore e combustibile.....	21
Tabella 11-2:	Consumi medi camion ed emissioni di GHG (Spielmann et al., 2007)	22
Tabella 11-3:	Consumi medi per l'Italia degli aeromobili (Ecoinvent, 2015)	22
Tabella 11-4:	Consumi medi per i mezzi marittimi (Ecoinvent, 2015)	22
Tabella 11-5:	Consumi medi per l'Italia dei veicoli ad alimentazione elettrica (Ecoinvent, 2015).	23
Tabella 11-6:	Fattore di emission al variare del fattore di carico	24
Tabella 11-7:	Veicoli suddivisi per alimentazione in base alle immatricolazioni (Automobile Club d'Italia, 2014) ed alle distanze percorse dai singoli in Lombardia (ARPA Lombardia, 2012).	24
Tabella 11-8:	Fattore di carico per tipologia di camion (McKinnon and Piecyk, 2009)	25
Tabella 11-9:	Costruzione, manutenzione e smaltimento di veicoli e infrastrutture.	26
Tabella 12-1:	Database di riferimento	27
Tabella 12-2:	Confronto fattori di emission per categoria di veicolo	28
Tabella 13-1:	Potenziale di riscaldamento globale per un periodo di 100 anni (GWP100) dei principali gas ad effetto (Myhre et al., 2013)	29
Tabella 14-1:	Illustrazione di quali specifici flussi di gas serra possono essere inclusi o esclusi nella valutazione CFP e nel CFP <i>study report</i> (ISO, 2013).....	30
Tabella C 1:	Raggruppamenti sulla base della provenienza dei visitatori.....	45
Tabella D 1:	Valori di <i>default</i> per lo scenario di fine vita	47
Tabella D 2:	Esempio di applicazione di riciclaggio ad anello aperto].	48
Tabella F 1:	Trasporto su strada (Ecoinvent, 2014)	57
Tabella F 2:	Trasporto su ferro (Ecoinvent, 2014)	57
Tabella F 3:	Trasporto aereo (Ecoinvent, 2014).....	57
Tabella F 4:	Trasporto navale (Ecoinvent, 2014).....	58

1. INTRODUZIONE

Lo sforzo relativo alla riduzione degli impatti ambientali in particolar modo legati al trasporto di merci e persone rappresenta una sfida molto importante da affrontare; il “Quinto rapporto di valutazione – *Working Group III*” dell’Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) afferisce al settore dei trasporti il 14% delle emissioni globali (IPCC, 2014). A loro volta i grandi eventi rappresentano un contesto molto importante in cui ridurre gli impatti ambientali, data la frequenza realizzativa a livello mondiale, la quantità di materiali necessari e i volumi di lavoratori¹ e visitatori² provenienti da tutto il mondo. Secondo le stime effettuate dalla società Quantis le emissioni di gas ad effetto serra (GHG) legate al trasporto di persone e merci possono rappresentare più della metà delle emissioni dell’evento stesso (Quantis, 2012, 2011). Risulta quindi importante porre attenzione nella valutazione delle diverse scelte modali, favorendo le opzioni più sostenibili di trasporto. Il settore dei trasporti è inoltre responsabile di un’ampia varietà di impatti ambientali di vasta scala geografica: inquinamento dell’aria locale, uso del suolo, etc. (Spielmann et al., 2007).

I trasporti generano emissioni dirette legate alla combustione del carburante nel motore del veicolo ed emissioni indirette legate alla produzione e manutenzione delle infrastrutture (strade, ferrovie, parcheggi, etc.) e dei veicoli stessi, nonché la produzione e distribuzione del carburante. Le emissioni atmosferiche legate alla fase diretta di consumo energetico risultano essere in genere di gran lunga le più importanti, tuttavia è rilevante considerare anche le emissioni indirette (Baldo et al., 2008; Chester and Horvath, 2009; Uherek et al., 2010). I dati di Chester and Horvath (2009) relativi a valutazioni sul ciclo di vita delle modalità di trasporto negli Stati Uniti mostrano come l’infrastruttura, la produzione di carburante e la relativa filiera di produzione contribuiscano ad un aumento delle emissioni di GHG del 40-60% rispetto alle sole emissioni allo scarico per trasporto su strada, mentre la manutenzione e la produzione dei veicoli contribuiscono mediamente per il 6-12% del totale.

Il Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), attraverso la convenzione con il Politecnico di Milano – Dipartimento di Energia “del 24 marzo 2014 per l’attuazione delle metodologie di calcolo dell’impronta di carbonio e di compensazione delle emissioni di CO₂ di EXPO 2015”, ha manifestato interesse per la definizione di uno strumento utile per valutare le emissioni GHG del trasporto di merci e persone durante i grandi eventi.

La valutazione delle emissioni GHG del trasporto nei grandi eventi e le conseguenti strategie aventi finalità di ridurre l’impatto sul clima, come evidenziato da Chester and Horvath (2009), devono essere effettuate valutando tutte le emissioni generate nel ciclo di vita delle diverse scelte modali, in modo da non tralasciare una parte significativa di emissioni. La scelta trova conferme sia in ambito europeo con la raccomandazione agli stati membri 2013/179/UE relativa all’uso di metodologie comuni per misurare e comunicare le prestazioni ambientali nel corso del ciclo di vita dei prodotti e delle organizzazioni (Commissione Europea, 2013a, 2013b) che al livello internazionale: un tema di discussione in ambito International Standard Organization (ISO) è appunto l’estensione a logiche LCA nel metodo di valutazione per le norme ISO che non prevedono tale approccio (Pernigotti, 2013). La norma ISO 14001 (ISO, 2015), infatti, nella nuova versione del 2015 introduce il concetto di *Life Cycle Perspective*, ovvero l’estensione del SGA all’intera filiera produttiva.

¹ Lavoratore: chi esercita una professione o un mestiere presso l’evento.

² Visitatore: chi visita, chi si reca a visitare per motivi vari, di piacere o lavorativi l’evento.

Il presente documento fornisce un quadro metodologico per la valutazione dell'impatto sul clima dei trasporti nei grandi eventi percorrendo in modo guidato i requisiti della ISO/TS 14067. Infine in Allegato A è riportato un approfondimento sul contributo delle emissioni dirette ed indirette per alcune categorie di veicoli e carburanti alternativi.

2. STANDARD DI RIFERIMENTO

Questo documento è in linea con i seguenti standard internazionali:

- ISO 14040: 2006 *Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento* (ISO, 2006a);
- ISO 14044: 2006 *Gestione ambientale – Valutazione del ciclo di vita – Requisiti e linee guida* (ISO, 2006b);
- ISO/TS 14067: 2013 *Gas ad effetto serra - Impronta climatica dei prodotti (Carbon footprint dei prodotti) Requisiti e linee guida per la quantificazione e comunicazione* (ISO, 2013).

Per l'elaborazione dei confini del sistema sono state consultate alcune *Product Category Rules* (PCR) approvate e gestite dal General Programme Instructions dell'International EPD® System (International EPD® System, 2015) in base alle indicazioni della ISO 14025 (ISO, 2006c):

- PCR UN CPC 49623: Passenger commercial aeroplanes. Version 1.0 (Bombardier Aerospace, 2015);
- PCR UN CPC 53211: Highways (except elevated highways), streets and roads (The Swedish Transport Administration, 2013a);
- UN CPC 53212 Railways (The Swedish Transport Administration, 2013b);
- PCR UN CPC 6421 Interurban railway transport services of passengers and UN CPC 6512 Railway transport services of freight (Linköping University et al., 2009);
- PCR 2005:03 Passenger vehicles. Version 1.0 (Macroscopio S.p.A, 2005).

2.1. TERMINOLOGIA E ISTRUZIONI PER LA LETTURA DELLE PRESENTI LINEE GUIDA

La linea guida fornisce le informazioni necessarie per condurre uno studio sulla Carbon Footprint di prodotto (CFP), definito dalla ISO/TS 14067 come "somma delle emissioni e delle rimozioni di GHG di un sistema di prodotto (servizio) espressa in CO₂ equivalente e basata su una valutazione del ciclo di vita (LCA) che presenta il solo impatto sul *climate change*" al settore dei trasporti durante i grandi eventi.

Nel mondo, complessivamente, sono state identificate almeno 62 principali iniziative e metodologie per il calcolo e la comunicazione della sola CFP (Commissione europea, 2010). L'International EPD System è stato scelto come metodologia di confronto, vista la diffusione a livello nazionale ed internazionale fra le varie iniziative presenti. Per facilitare l'elaborazione di studi CFP secondo i requisiti dell'International EPD® System (definiti come *single-issue* EPDs) nei successivi capitoli, in appositi riquadri di testo, sono sintetizzate eventuali incoerenze fra le indicazioni riportate nel presente documento e i requisiti del General Programme Instructions (International EPD® System, 2015)³.

I successivi paragrafi affrontano in maniera sequenziale le varie fasi metodologiche e i vari aspetti di calcolo: funzione della valutazione (Capitolo 3), descrizione dell'oggetto della valutazione (Capitolo 4), unità

³ Nella presente linea guida non è stato effettuato il confronto con la metodologia Product Environmental Footprint implementata dalla Commissione europea (Commissione europea, 2013b), in quanto quest'ultima non prevede valutazioni con una sola categoria di impatto, quali ad esempio valutazioni CFP.

funzionale o dichiarata (Capitolo 5), confini del sistema (Capitolo 6), regole di esclusione (Capitolo 7), multifunzionalità di processi e prodotti (Capitolo 8), esclusioni dai confini del sistema (Capitolo 9), raccolta dati ed informazioni (Capitolo 10), ipotesi in mancanza di dati primari (Capitolo 11), qualità dei dati (Capitolo 12), caratterizzazione dell'impatto (Capitolo 13) e reportistica dei risultati della valutazione (Capitolo 14).

La terminologia utilizzata dalla presente linea guida indica quali sono i requisiti e le opzioni a disposizione:

- il termine “deve” è impiegato per indicare i requisiti che è necessario rispettare al fine di garantire la conformità allo standard ISO/TS 14067;
- il termine “dovrebbe” è impiegato per indicare i requisiti che è necessario rispettare al fine di garantire la conformità di uno studio alle presenti linee guida, che adottano la ISO/TS 14067, ma danno indicazioni aggiuntive al fine di limitare gli spazi che le ISO lasciano all'interpretazione;
- il termine “può”, invece, è utilizzato per indicare un'opzione ammessa.

Nei riquadri di confronto con la ISO/TS 14067 (presa in riferimento) ed il General Programme Instructions dell'International EPD® System:

- il termine “coerente” è impiegato per indicare che quanto richiesto nella presente linea guida non è in contraddizione con quanto genericamente richiesto dai due documenti;
- il termine “conforme” è impiegato per indicare che quanto richiesto nella presente linea guida concorda esattamente con una specifica richiesta nei due documenti.

3. FUNZIONE DELLA VALUTAZIONE

La funzione della valutazione è definita dall'obiettivo, dallo scopo e dall'uso atteso della valutazione stessa.

L'obiettivo è rappresentato dalle prestazioni ambientali delle diverse scelte modali di trasporto utilizzate nei grandi eventi (oggetto di valutazione) attraverso la raccolta dei dati e la compilazione delle informazioni ambientali, al fine di calcolare le emissioni di gas serra del servizio di trasporto offerto. Il documento potrà essere utilizzato dalla società organizzatrice e/o dai professionisti coinvolti nella valutazione e/o previsione LCA del servizio di trasporto.

Lo scopo della valutazione è rappresentato dal sistema prodotto, ovvero ciò che è incluso nella valutazione stessa. L'apporto dei contributi energetici legati al caso dei trasporti può essere classificato nel modo seguente (Baldo et al., 2008), una classificazione simile può essere predisposta anche per le emissioni:

- contenuto energetico dei combustibili utilizzati direttamente dai mezzi analizzati, più la quota indiretta necessaria per produrre i combustibili stessi;
- energia necessaria per la costruzione, la manutenzione dei mezzi e lo smaltimento;
- energia necessaria per la realizzazione delle infrastrutture, il loro mantenimento ed il loro smaltimento.

Lo scopo della valutazione pertanto sarà rappresentato dal servizio di trasporto relativo all'evento comprendendo il suo intero ciclo di vita, come schematizzato in Figura 3-1: produzione dei materiali utilizzati per la costruzione dei veicoli impiegati (incluso il trasporto presso l'impianto produttivo), energia utilizzata per la costruzione dei veicoli, le infrastrutture dei siti di produzione, la costruzione di strade e parcheggi, l'utilizzo dei veicoli nonché il consumo di carburanti e lo smaltimento a fine vita dei veicoli stessi.

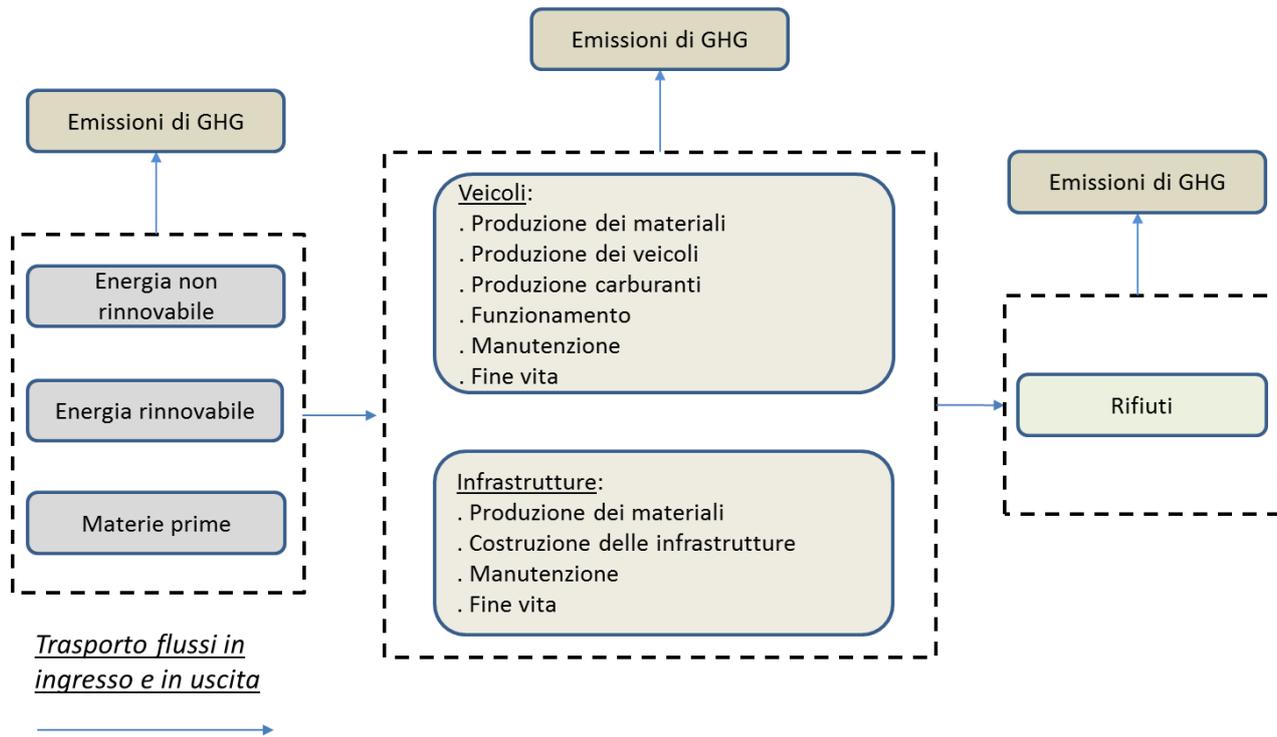


Figura 3-1: Panoramica dei flussi in ingresso ed in uscita al sistema prodotto

L'uso atteso della valutazione può includere:

- assistenza a strategie relative alla mobilità sostenibile, ad esempio tramite il confronto delle prestazioni ambientali tra le opzioni modali di trasporto;
- accesso ad incentivi (Acquisti verdi o GPP - *Green Public Procurement*: procedure di acquisto della Pubblica Amministrazione con integrazioni di carattere ambientale) tramite dichiarazione delle *performance* ambientali.

4. DESCRIZIONE DELL'OGGETTO DELLA VALUTAZIONE

4.1. DEFINIZIONE DEL SERVIZIO DI TRASPORTO OFFERTO

Il servizio di trasporto offerto rappresenta l'insieme di opzioni modali utilizzate nel complesso degli spostamenti effettuati per raggiungere il luogo dell'evento e tornare al luogo di origine (es. metropolitana, treno, aereo, trasporto su strada).

Gli spostamenti e le modalità di trasporto utilizzate dai visitatori e/o lavoratori dipendono dalla loro provenienza. Si propone di utilizzare la seguente classificazione (Metropolitana Milanese SpA, 2011):

- area 1, comprende le regioni nazionali in cui è possibile raggiungere il sito espositivo in meno di tre ore in macchina o treno. Nel caso concreto di EXPO: Lombardia, Piemonte, Valle d'Aosta, Triveneto, Liguria ed Emilia Romagna;
- area 2, comprende le regioni nazionali rimanenti e tutti gli altri paesi europei. Nel caso concreto di EXPO, le altre regioni italiane diverse dall'Area 1 e i paesi europei esclusa la Russia;
- area 3, comprende gli altri paesi del resto del mondo in cui è possibile raggiungere l'evento esclusivamente in aereo.

La classificazione mostrata permette di separare gli spostamenti a livello locale e quelli a lungo raggio:

P.zza L. da Vinci, 32 – 20133 Milano – Italia

- avvicinamento alla regione ospitante il sito espositivo dalle Aree 2 e 3. Rappresenta lo spostamento a lungo raggio che il visitatore/lavoratore si ipotizzi effettui una sola volta, comprensivo di pernottamento in zona (non sono quindi previste visite in giornata). I visitatori/lavoratori domiciliati nell'Area 1 non vengono considerati in questa fase in quanto non effettuano spostamenti a lungo raggio;
- raggiungimento del sito espositivo (in metropolitana, pullman, treno, taxi o auto ed eventuale navetta). Per i visitatori/lavoratori dall'Area 1 dal luogo di domicilio, per i provenienti dalle Aree 2 e 3 dal luogo di pernottamento.

Per uniformità della valutazione si propone la classificazione in aree anche per le merci, in modo da separare gli spostamenti a livello locale da quelli a lungo raggio:

- area 1, comprende le merci provenienti da regioni nazionali in cui è possibile raggiungere il sito espositivo in meno di tre ore con trasporto su strada o su ferro. Nel caso concreto di EXPO: Lombardia, Piemonte, Valle d'Aosta, Triveneto, Liguria ed Emilia Romagna;
- area 2, comprende le merci provenienti da regioni nazionali rimanenti e tutti gli altri paesi europei. Nel caso concreto di EXPO: le altre regioni italiane diverse dall'Area 1 e i paesi europei esclusa la Russia;
- area 3, comprende le merci provenienti dagli altri paesi del resto del mondo in cui è possibile raggiungere l'evento in nave o in aereo.

Successivamente le merci utilizzate (materiali da costruzione ed alimenti, etc.) potranno essere smaltite e/o riciclate. Il totale dei chilometri percorsi sarà pari alla somma dei chilometri connessi al trasporto delle materie prime, dei sistemi produttivi successivi fino al centro di trattamento/smaltimento in funzione delle indicazioni fornite nel Capitolo 8.

4.2. SPECIFICA SUGLI SPOSTAMENTI DI MOBILITÀ PER RAGGIUNGERE L'EVENTO

Il viaggio per raggiungere il luogo dell'evento può essere composto da diversi mezzi di trasporto (es. aereo, autobus e metropolitana oppure treno e metropolitana, etc.).

Il viaggio del visitatore/lavoratore o della merce per raggiungere il luogo dell'evento deve essere dichiarato nell'analisi CFP (ovvero nel CFP *study report* come definito dalla ISO/TS 14067), indicando:

- per visitatori e lavoratori,
 - i mezzi di trasporto utilizzati per il viaggio a lungo raggio e per gli spostamenti locali;
 - i chilometri medi o i singoli flussi fisici percorsi con i singoli mezzi;
 - la frequenza di partecipazione all'evento;
- per le merci,
 - le tipologie di merce oggetto di valutazione, comprensive di descrizione delle dimensioni in termini volumetrici e peso delle spedizioni (considerando anche le tipologie di imballaggio: primario, secondario e terziario);
 - il luogo di origine considerato tale all'interno della catena di produzione (es. per prodotto agroalimentare: piattaforma di distribuzione piuttosto che stabilimento produttivo);
 - i mezzi di trasporto utilizzati per il viaggio a lungo raggio e per gli spostamenti locali;
 - i chilometri medi o i singoli flussi fisici percorsi con i singoli mezzi.

Ulteriori descrizioni sono volontarie.

Le informazioni sopra riportate dovrebbero riferirsi a valori medi, in relazione alle distanze medie percorse e al peso/volume medio dell’imballaggio utilizzato per la singola tipologia di merce trasportata. Al fine di definire i valori medi è utile effettuare un’indagine a campione, come meglio specificato nell’Allegato C e nelle pagine seguenti.

4.2.1. VISITATORI

Per i visitatori provenienti dalle Aree 1 e 2 si può ipotizzare che il viaggio sia effettuato appositamente per l’evento ed il viaggio di andata e ritorno sia compiuto utilizzando lo stesso mezzo e percorrendo la stessa distanza. Mentre per i visitatori provenienti dall’Area 3 dovrebbero essere considerate anche le altre possibili destinazioni di viaggio, al fine di effettuare l’allocazione proposta al paragrafo 8.1.

I chilometri percorsi dal visitatore medio in automobile:

$$DM_1 = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{N_{I-TOT}} \quad [\text{km visitatore}^{-1}] \quad \text{Equazione 4-1}$$

Dove:

- DM_1 , è la distanza media percorsa in automobile dai visitatori;
- D_i , è la distanza percorsa dal visitatore (i) intervistato, che ha utilizzato l’auto per raggiungere il luogo dell’evento;
- N_{I-TOT} è il numero totale dei visitatori intervistati.

I chilometri percorsi dal visitatore medio in aereo:

$$DM_2 = \frac{\sum_{j=1}^n D_j}{N_{I-TOT}} \quad [\text{km visitatore}^{-1}] \quad \text{Equazione 4-2}$$

Dove:

- DM_2 , è la distanza media percorsa in aereo dai visitatori;
- D_j , è la distanza percorsa dal visitatore (j) intervistato, che ha utilizzato l’aereo per raggiungere il luogo dell’evento;
- N_{I-TOT} è il numero totale dei visitatori intervistati.

E così via per i restanti mezzi utilizzati.

4.2.2. LAVORATORI

Per i lavoratori valgono le regole indicate per i visitatori.

4.2.3. MERCI

Le distanze percorse dai mezzi utilizzati per il trasporto delle merci dovrebbero essere calcolate in modo analogo a quanto riportato nel paragrafo 4.2.1 (tramite media pesata), in relazione allo spostamento dei visitatori.

4.2.4. ESEMPIO DI CALCOLO SULLA SPECIFICA DEGLI SPOSTAMENTI DELLE MERCI

La società organizzatrice dell’evento che ne coordina le attività, vuole calcolare l’impronta climatica legata al trasporto delle merci utilizzate, in particolare della frutta consumata durante i giorni dell’esposizione (l’esempio non ha la pretesa di essere rappresentativo di un processo reale). Rifornendosi da un totale di 4

P.zza L. da Vinci, 32 – 20133 Milano – Italia

aziende agricole produttrici che presentano la seguente distribuzione in termini di merce conferita e distanza dal luogo dell'evento:

Tabella 4-1: Distribuzione in termini di merce conferita e distanza dal luogo dell'evento (*)

Azienda	Quantità ⁴ [t]	Mezzo 1 utilizzato	Distanza 1 [km]	Mezzo 2 utilizzato	Distanza 2 [km]	Peso specifico(**) [kg m ⁻³]
1	50	Nave Transoceanica	4.500	Camion 16-32 t ⁵	144	280
2	60	Nave Transoceanica	5.000	Camion 16-32 t	144	250
3	40	-	-	Camion 16-32 t	800	270
4	70	-	-	Camion 16-32 t	900	300
Totale	220				Valore medio pesato sulla quantità	276

(*) Ipotesi: le distanze inferiori ai 200 km in camion sono considerate percorrenza a livello locale.

(**) Peso specifico della frutta comprensiva di imballaggio (primario, secondario e terziario).

Il viaggio della merce per raggiungere il luogo dell'evento, in relazione alle indicazioni riportate ad inizio paragrafo 4.2, dovrebbe essere specificato nel documento di valutazione della prestazione climatica del prodotto di analisi (ovvero nel CFP *study report*) indicando:

- la tipologia di merce, frutta con peso specifico medio comprensivo degli imballaggio pari a 276 [kg m⁻³];
- il luogo di provenienza, azienda produttrice;
- i mezzi di trasporto utilizzati per le singole tratte,
 - lungo raggio, nave transoceanica e camion da 16-32t;
 - locali, camion da 16-32t;
- i chilometri medi o i singoli flussi fisici percorsi dai singoli mezzi.

Per i chilometri medi, otteniamo:

- nave transoceanica $\frac{50 \cdot 4.500 + 60 \cdot 5.000}{220} = 2.386$ [km];
- camion da 16-32t per spostamenti a lungo raggio $\frac{40 \cdot 800 + 70 \cdot 900}{220} = 432$ [km];
- camion da 16-32t per spostamenti locali $\frac{50 \cdot 144 + 60 \cdot 144}{220} = 72$ [km].

Le tonnellate chilometro da considerare nella valutazione delle emissioni per singolo veicolo sono pari a:

- 220 · 2.386 = 525.000 [tkm], trasportate in nave transoceanica per spostamenti a lungo raggio;
- 220 · 432 = 95.000 [tkm], trasportate in camion (16-32t) per spostamenti a lungo raggio;
- 220 · 72 = 15.840 [tkm], trasportate in camion (16-32t) per spostamenti locali.

⁴ Valori comprensivi del peso degli imballaggi utilizzati.

⁵ Peso lordo, peso del mezzo più peso netto trasportato.

P.zza L. da Vinci, 32 – 20133 Milano – Italia

Le tonnellate chilometro per singolo spostamento, considerando i singoli flussi fisici, risultano invariate rispetto alle stesse calcolate tramite le distanze medie:

- $50 \cdot 4.500 + 60 \cdot 5.000 = 525.000$ [tkm], trasportate in nave transoceanica per spostamenti a lungo raggio;
- $40 \cdot 800 + 70 \cdot 900 = 95.000$ [tkm], trasportate in camion (16-32t) per spostamenti a lungo raggio;
- $50 \cdot 144 + 60 \cdot 144 = 15.840$ [tkm], trasportate in camion (16-32t) per spostamenti locali.

5. UNITÀ FUNZIONALE O DICHIARATA

L'unità di misura dello studio, chiamata unità funzionale o dichiarata, costituisce un riferimento a cui legare i flussi in entrata ed in uscita al sistema prodotto.

L'unità funzionale deve essere espressamente dichiarata nel CFP *study report* e deve includere le caratteristiche tecniche e funzionali del servizio di trasporto offerto (es. i mezzi utilizzati per il trasporto, le distanze medie percorse con i singoli mezzi, le caratteristiche delle merci utilizzate ed analizzate, la collocazione geografica dell'evento, etc.). I risultati devono essere espressi, in relazione alle indicazioni del Capitolo 14, per le seguenti tipologie di emissione:

- le emissioni totali generate dal sistema trasporto;
- le emissioni generate dal trasporto dei visitatori;
- le emissioni generate dal trasporto dei lavoratori;
- le emissioni generate dal trasporto delle merci (materiali da costruzione, alimenti, etc.);
- una persona-chilometro [pkm], in relazione ai visitatori;
- una persona-chilometro [pkm], in relazione ai lavoratori;
- una tonnellata-chilometro [tkm], in relazione alle merci trasportate.

L'obiettivo della seguente linea guida esula nel confrontare le emissioni generate dal trasporto di merci e persone nei grandi eventi, data l'onerosa fattibilità tecnica nella raccolta di dati primari e l'incertezza dei fattori di emissione disponibili. La presente si pone però l'obiettivo di fornire assistenza a strategie relative alla mobilità sostenibile e come strumento utilizzato nel GPP.

Confronto della presente linea guida con:

- ISO 14044 e ISO/TS 14067: coerente.
- International EPD System: coerente.

6. CONFINI DEL SISTEMA

La definizione dei confini del sistema deve avvenire in seguito ad una dettagliata descrizione del sistema in esame con relativa costruzione del diagramma di flusso, in modo da pianificare la raccolta dei dati e delle informazioni.

Confronto della presente linea guida con:

- ISO 14044 e ISO/TS 14067: coerente.
- International EPD System: conforme. Classificazione delle fasi del ciclo di vita conforme alle indicazioni del General Programme Istruzioni: processi a monte, processi principali e processi a valle (ing.: *upstream processes, core processes, and downstream processes*) (International EPD® System, 2015).

6.1. CONFINI TECNICI

I confini del sistema sono costituiti dall'intero ciclo di vita del servizio di trasporto offerto a lavoratori/visitatori e merci per raggiungere l'evento, comprendendo: produzione dei materiali per la costruzione dei veicoli utilizzati includendo il trasporto presso l'impianto produttivo, energia utilizzata per la costruzione dei veicoli, le infrastrutture dei siti di produzione, la costruzione di strade e parcheggi⁶, l'utilizzo dei veicoli e lo smaltimento a fine vita dei veicoli stessi.

Sono esclusi dai confini del sistema, la progettazione dei veicoli e delle infrastrutture, lo smaltimento delle infrastrutture (quali strade, parcheggi, etc.), ed i servizi ITC (informazioni utili a chi si appresta a compiere il viaggio verso il luogo dell'evento). Una rappresentazione schematica dei confini tecnici insieme alle fasi del ciclo di vita è riportata in Figura 6-1.

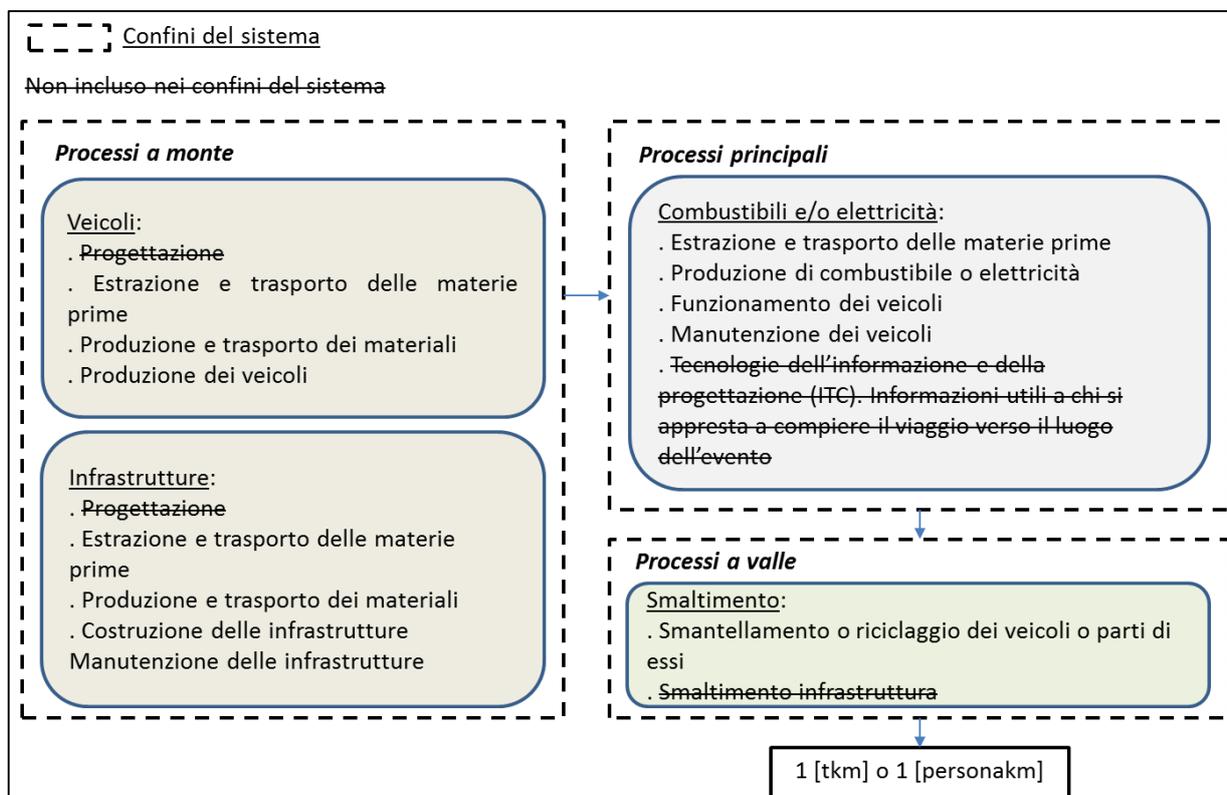


Figura 6-1: Confini del sistema oggetto di analisi

In funzione di quanto definito nel paragrafo 4.1 sulle tipologie di spostamento a breve e lungo raggio, nelle Figure 6-2 e 6-3 si riportano alcune casistiche di viaggio (mezzi di trasporto utilizzati e destinazioni intermedie) da parte di lavoratori/visitatori e merci per raggiungere l'evento e tornare al luogo di origine del viaggio o raggiungere il centro di smaltimento/trattamento dei rifiuti.

⁶ La linea guida non fornisce indicazioni in merito alla valutazione delle emissioni legate alla costruzione di infrastrutture specifiche, quali strade e parcheggi costruiti appositamente per l'evento. La valutazione del contributo emissivo legato alla costruzione di tali infrastrutture, pertanto, risulta essere fuori dalla funzione della valutazione descritta al Capitolo 3, questa scelta è dettata da mancanza di dati primari durante l'elaborazione del presente documento.

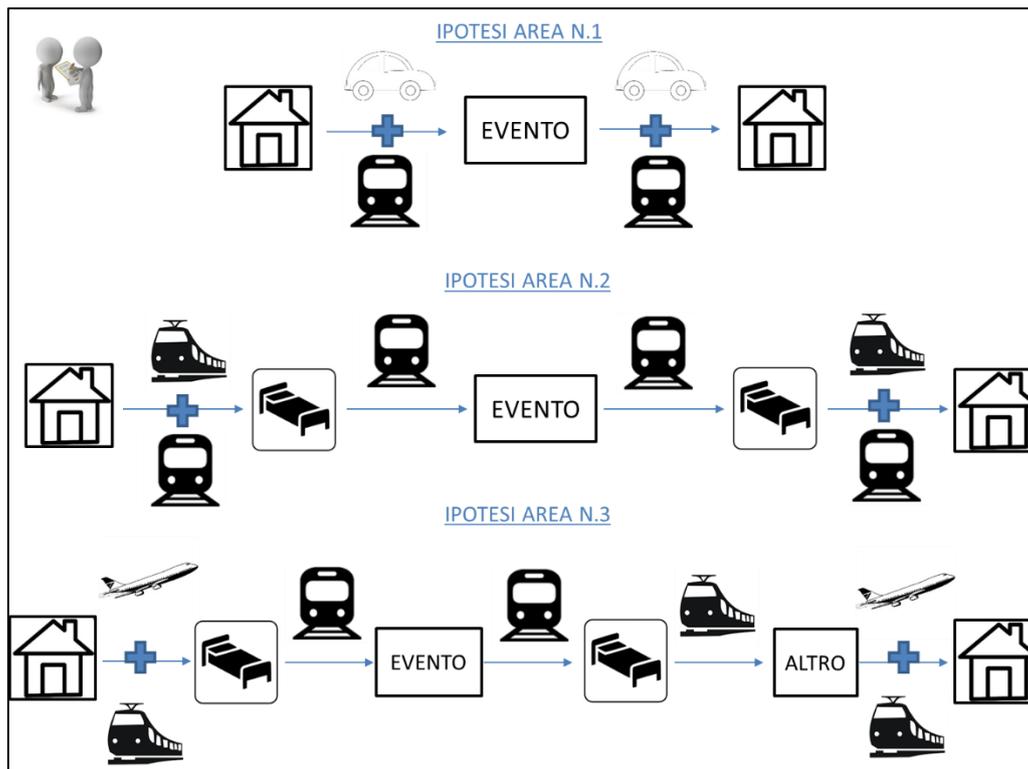


Figura 6-2: Esempi di scenari rappresentativi di alcuni casi di servizio di trasporto offerto. Raggiungimento luogo dell’evento da parte dei lavoratori e visitatori e ritorno al luogo di origine.

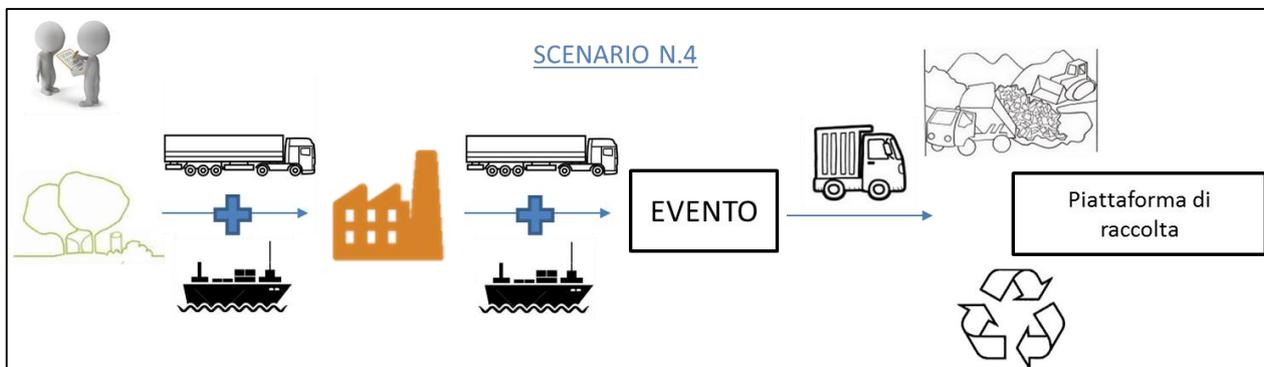


Figura 6-3: Esempi di scenari rappresentativi di alcuni casi di servizio di trasporto offerto. Raggiungimento luogo dell’evento da parte delle merci utilizzate e conferimento al centro di smaltimento/trattamento dei rifiuti.

6.2. CONFINI GEOGRAFICI

I dati utilizzati devono essere rappresentativi della località di svolgimento dell’evento, così come della provenienza delle merci. Nei casi in cui non siano disponibili informazioni con copertura geografica rappresentativa, dati medi globali (es. valori medi globali tratti da database o pubblicazioni scientifiche: sul coefficiente di carico dei mezzi di trasporto, sulle perdite di gas refrigeranti dei condizionatori d’aria utilizzati nei veicoli, etc.) possono essere utilizzati.

6.3. CONFINI TEMPORALI

Il periodo di riferimento inizia con la preparazione del sito ospitante l’evento e termina con la dismissione degli edifici e/o allestimenti impiegati per l’adattamento del sito ad altri utilizzi. I dati primari (indicati al

paragrafo 12.1) devono essere rappresentativi dell'arco di tempo indicato per la valutazione dell'impronta climatica, pertanto raccolti durante l'esecuzione delle operazioni di costruzione/allestimento, svolgimento e dismissione dell'evento. I dati secondari (indicati al paragrafo 12.2) invece possono far riferimento ad un arco temporale massimo di 10 anni dall'evento stesso.

6.4. CONFINI NATURALI

Il sistema oggetto di analisi, in relazione alle emissioni GHG, riceve in *input* dalla natura (flussi di materia ed energia), successivamente rilascia *output* nella tecnosfera, ovvero emissioni in aria. Nel caso ideale tutti gli *input* dalla natura e gli *output* nella tecnosfera (in funzione dei confini del sistema) sono inclusi nell'inventario del ciclo di vita (LCI). Nei casi in cui un flusso non può essere valutato tramite dati primari deve essere valutato tramite dati secondari, come indicato al Capitolo 12 in riferimento ai requisiti della qualità dei dati, oppure escluso tramite le regole di *cut off* riportate al Capitolo 7.

6.5. FASI DEL CICLO DI VITA

Il processo principale della valutazione è il viaggio per raggiungere l'evento. La valutazione comprende tutti i processi a monte e a valle necessari per effettuare lo spostamento.

Come in precedenza riportato in Figura 6-1 sono indicate le fasi del ciclo di vita ed i confini del sistema del servizio di trasporto, in riferimento alle PCR pubblicate sull'International EPD System (Bombardier Aerospace, 2015; Linköping University et al., 2009; Macroscopio S.p.A, 2005; The Swedish Transport Administration, 2013a, 2013b):

Processi a monte

I processi a monte dovrebbero includere i seguenti flussi in ingresso di materia ed energia:

- estrazione e trasporto delle materie prime per la produzione di veicoli;
- produzione e trasporto della componentistica necessaria per la costruzione dei veicoli;
- produzione dei veicoli;
- estrazione e trasporto delle materie prime per la costruzione delle infrastrutture;
- produzione e trasporto dei materiali necessari per la costruzione delle infrastrutture;
- costruzione delle infrastrutture.

Processi principali

I processi principali dovrebbe includere i seguenti flussi in ingresso di materia ed energia:

- estrazione e trasporto delle materie prime per la produzione dei combustibili/elettricità;
- produzione del combustibile/elettricità necessari al funzionamento dei veicoli;
- funzionamento dei veicoli;
- manutenzione dei veicoli.

Processi di valle

I processi a valle possono includere i seguenti flussi in ingresso di materia ed energia:

- smaltimento o riciclaggio dei veicoli o parti di essi.

7. REGOLE DI ESCLUSIONE (*CUT OFF*)

Come indicato nel paragrafo 6.4 dedicato ai confini naturali, tutti i flussi in ingresso ed in uscita al sistema dovrebbero essere inclusi nella valutazione. Nella valutazione possono essere esclusi per praticità di analisi:

- i flussi di materia o energia che contribuiscono a produrre meno dell'1% delle emissioni totali. Per esempio gli spostamenti locali dal luogo di domicilio alla stazione/aeroporto di partenza e dalla stazione/aeroporto al luogo di pernottamento per le persone provenienti dalle Aree 2 e 3 potrebbero contribuire a produrre meno dell'1% delle emissioni totali generate.
- le emissioni legate alle fasi di fine vita dei veicoli, data la complessità legata alle opzioni di gestione dei rifiuti generati ed il riciclaggio e/o riutilizzo dei materiali (Chester and Horvath, 2009).

Tutte le esclusioni/assunzioni effettuate nella valutazione devono essere documentate.

Confronto della presente linea guida con:

- ISO 14044 e ISO/TS 14067: coerente.
- International EPD System: coerente. Nel General Programme Instructions non sono indicate soglie di *cut-off*. Sono invece indicate soglie di *cut-off* sui flussi elementari di massa/energia in *input* alle fasi di monte ed alla fase principale nelle singole PCR del programma.

8. MULTIFUNZIONALITÀ DI PROCESSI E PRODOTTI

In base alla norma ISO 14044 e alla specifica tecnica ISO/TS 14067 l'allocazione tra co-prodotti dovrebbe essere evitata, tramite:

- suddivisione del processo produttivo in questione in sub-processi;
oppure
- espansione del sistema.

Quando non è possibile evitare l'allocazione si ricorre a regole basate su principi fisici. Solo in ultima analisi, si può ricorrere a regole basate sui principi economici, opportunamente valutate tramite analisi di sensitività.

L'allocazione non è altro che l'attribuzione tra co-prodotti dei carichi ambientali nel ciclo di vita. Come regola generale, dato un processo unitario la somma degli *input* e degli *output* allocati ai co-prodotti del processo deve essere uguale agli *input* e *output* del processo stesso considerato nella sua totalità, ovvero senza ripartizione tramite allocazione.

Confronto della presente linea guida con:

- ISO 14044 e ISO/TS 14067: coerente.
- International EPD System: non coerente per quanto riguarda l'espansione del sistema. Nel General Programme Instructions del programma è specificato che evitare l'allocazione espandendo i confini del sistema non è un metodo applicabile, poiché adottando l'approccio attributivo e modulare e non prevede la contabilizzazione dei crediti da sostituzione nei calcoli dell'inventario.

8.1. DESTINAZIONI MULTIPLE DEI VISITATORI E LAVORATORI

Nel caso in cui il singolo visitatore/lavoratore proveniente dall'Area 3 non effettui il viaggio appositamente per l'evento, toccando pertanto più città site nell'Area 1 e/o 2 (ipotesi-area 3 riportata in Figura 6-2), il viaggio di arrivo e di partenza può essere allocato tra le varie funzioni/luoghi di destinazione del viaggio.

In questo caso non è possibile effettuare una suddivisione in sub-processi e l'espansione del sistema non può essere applicata in quanto risulta complicato trovare un processo sostitutivo. Si ricorre pertanto all'allocazione fisica determinata in funzione del tempo trascorso nel luogo dell'evento rispetto agli altri luoghi di interesse.

8.1.1. ESEMPIO DI CALCOLO DELL'ALLOCAZIONE DEL CARICO AMBIENTALE

La società organizzatrice dell'evento che ne coordina le attività, vuole calcolare l'impronta climatica legata al viaggio dei lavoratori/visitatori. Supponendo che dall'indagine svolta per la raccolta dati relativa ai mezzi di trasporto utilizzati dai singoli e i giorni di permanenza all'evento risulta che n persone provenienti dall'Area 3 (in riferimento all'ipotesi-area 3 della Figura 6-2):

- partecipano/visitano l'evento 2 giorni;
- partecipano/visitano per 4 giornate altro, sito in Area 2.

I carichi ambientali dal luogo di domicilio o sede di lavoro al luogo di pernottamento, e dal secondo luogo di interesse al luogo di origine, potranno essere suddivisi in funzione del tempo di permanenza (tot. 6 giorni), ovvero: all'evento andrà il 33% del carico ambientale, mentre all'altra attività andrà il 67% più il carico ambientale relativo al viaggio dal luogo di pernottamento al secondo luogo di interesse.

A titolo esemplificativo in Figura 8-1 si riportano due esempi di allocazione tipo.

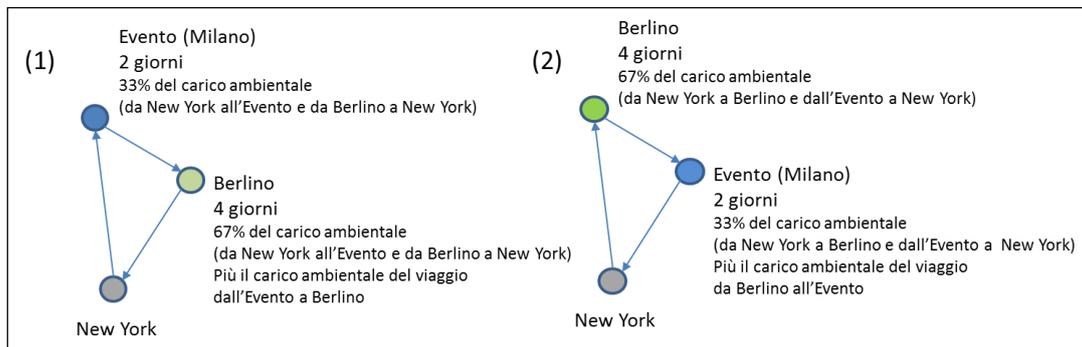


Figura 8-1: Esempi di allocazione di viaggio con destinazioni multiple in Area 1 e/o 2 per lavoratori/visitatori provenienti dall'Area 3

8.2. COSTRUZIONE E MANUTENZIONE DELLE INFRASTRUTTURE

Le emissioni di GHG imputabili ad una data infrastruttura sono calcolate (generalmente) determinando le emissioni generate dai flussi di materia ed energia utilizzati per la costruzione e manutenzione, in un determinato periodo di tempo per un tratto di infrastruttura considerato significativo. Le emissioni generate nella costruzione e manutenzione dovrebbero essere poi allocate alle merci e ai passeggeri in funzione delle performance ambientali dei mezzi utilizzati per il trasporto. Nel Capitolo 11 sono riportati dei dati rappresentativi dello scenario europeo tratti dalla banca dati Ecoinvent 3.1.

8.3. COSTRUZIONE, MANUTENZIONE E FINE VITA DEI VEICOLI

Nel caso della costruzione, manutenzione e smaltimento dei veicoli (su strada, su ferro, aerei e navali) l'allocazione delle emissioni di GHG per il trasporto di merci e passeggeri anche in questo caso dovrebbe essere effettuata in base alle performance ambientali, ovvero in relazione all'unità funzionale 1 tkm e/o pkm. Si rimanda sempre al Capitolo 11 per la consultazione di dati medi europei.

8.4. MATERIALI DESTINATI A RICICALGGIO

Emissioni del processo di trasporto presso i centri di smaltimento/trattamento dei materiali utilizzati. Per la valutazione delle emissioni relative al fine vita dei materiali utilizzati si dovrebbe utilizzare uno scenario rappresentativo dell'area geografica di interesse. In Italia si consiglia la consultazione dei vari rapporti sui rifiuti urbani redatti da ISPRA negli anni, mentre per scenari europei consultare le statistiche pubblicate su sul sito web Eurostat della Commissione Europea (Commissione europea, 2012).

Le emissioni GHG generate dal trasporto dei materiali ai centri di smaltimento/trattamento, se paragonate alle emissioni totali generate dal servizio di trasporto offerto durante l'evento, contribuiscono a generare una minima parte di emissioni. Per completezza, nell'Allegato D, si riportano le formule proposte dalla specifica tecnica ISO/TS 14067 (ISO, 2013) in merito alle procedure di allocazione dei materiali riciclati, utili per modellizzare l'impatto climatico delle distanze percorse dei mezzi per il riciclaggio e riutilizzo dei materiali.

Confronto della presente linea guida con:

- ISO 14044 e ISO/TS 14067: conforme. La formula proposta nella presente linea guida si basa sulle indicazioni della ISO/TS 14067 nel caso di *closed loop* e *open loop*.
- International EPD System: non coerente. Il programma, adottando la *Zero burden assumption* (ZBA), vieta di sottrarre i crediti connessi al riciclo/recupero/riuso (se non dichiarati separatamente). Gli impatti relativi alla prima vita non ricadono sulla seconda vita del materiale riciclato.

9. ESCLUSIONI DAI CONFINI DEL SISTEMA

Sono esclusi dai confini del sistema la progettazione dei veicoli e delle infrastrutture, lo smaltimento delle infrastrutture (quali strade, parcheggi, etc.), i servizi ITC (informazioni utili a chi si appresta a compiere il viaggio verso il luogo dell'evento) e le infrastrutture specifiche (quali strade e parcheggi costruiti appositamente per l'evento).

Confronto della presente linea guida con:

- ISO 14044 e ISO/TS 14067: coerente.
- International EPD System: coerente.

10. RACCOLTA DATI ED INFORMAZIONI

La scelta del livello di dettaglio nella raccolta dati ed informazioni dipende dallo scopo ed obiettivo (uso atteso) della valutazione stessa, in relazione alla disponibilità di dati al momento della valutazione. L'origine dei dati (es. mezzi utilizzati per il servizio di trasporto, carburante utilizzato e chilometri percorsi) deve essere dichiarata. La valutazione dovrebbe essere effettuata utilizzando dati ed informazioni con il minor valore di incertezza, al fine di utilizzare i dati con la migliore qualità disponibile valutata in base ai criteri riportati al Capitolo 12.

I dati possono essere disponibili in diverse forme:

- dati aggregati, comprensivi dell'uso operativo in relazione al mezzo ed alla infrastruttura (es. emissioni generate per veicolo*km, in relazione alle emissioni associate ai combustibili, alle infrastrutture ed ai veicoli nel loro ciclo di vita);
- dati specifici delle emissioni generate dalle singole fasi (es. dal veicolo esclusivamente durante l'uso operativo o nel ciclo di vita del mezzo).

I dati aggregati e specifici a loro volta possono essere:

- primari, raccolti in situ in relazione ai processi di interesse o dati medi forniti dalle organizzazioni produttrici e verificati da parte terza;
- secondari, da utilizzare quando i dati primari non sono disponibili o per processi di minore importanza. Possono includere dati da letteratura (es. fattori di emissione di *default*), dati stimati, etc.

Per stimare le emissioni legate al trasporto di merci e persone è in genere preferibile:

- raccogliere dati primari relativi alla quantità di combustibile effettivamente consumata (es. litri di gasolio) e utilizzare i fattori di emissione relativi ai combustibili (es. $\text{kgCO}_2\text{e l}^{-1}_{\text{gasolio}}$); questa stima, infatti, conduce a risultati più accurati;

oppure

- raccogliere dati primari relativi alla distanza percorsa, ai mezzi utilizzati (tipologia di veicolo e consumo di carburante), al fattore di carico medio (che rifletta anche l'eventuale presenza di ritorni a vuoto) e utilizzare i fattori di emissione relativi ai mezzi utilizzati (es. $\text{kgCO}_2\text{e} \cdot \text{veicolo}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$ o $\text{kgCO}_2\text{e} \cdot \text{t}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$).

I dati relativi alla produzione e manutenzione di infrastrutture e mezzi di trasporto, dato l'elevato onere nella raccolta delle informazioni, possono essere valutati tramite dati di letteratura (es. tramite i LCI pubblicati sui database presenti in commercio oppure per i veicoli informazioni disponibili dai rapporti LCA redatti dalle case costruttrici), se presenti.

Come espressamente indicato sia dalla Specifica Pubblica in materia di CFP, PAS 2050 (BSI, 2011) emessa dal British Standard Institute (BSI) che dalla raccomandazione agli stati membri della Commissione Europea 2013/179/UE relativa all'uso di metodologie comuni per misurare e comunicare le prestazioni ambientali nel corso del ciclo di vita dei prodotti e delle organizzazioni, quando il mezzo di trasporto (es. camion, nave, aereo, treno) trasporta più di una tipologia di merci, le emissioni derivanti dal sistema devono essere allocate tra i prodotti in base:

- alla massa relativa dei diversi prodotti trasportati, se è la massa il fattore limitante per il sistema di trasporto;
- al volume relativo dei diversi prodotti trasportati, se è il volume il fattore limitante per il sistema di trasporto.

Confronto della presente linea guida con:

- ISO 14044 e ISO/TS 14067: coerente.
- International EPD System: coerente.

10.1. METODOLOGIE PER IL CALCOLO DELLE EMISSIONI DI CO₂e

Il presente paragrafo intende fornire una panoramica sulle fonti di emissione disponibili e di riferimento, come suggerito dall'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA).

Tra le fonti bibliografiche più complete per il calcolo delle emissioni si indicano i:

- rapporti a cura di Environmental Protection Agency (EPA), USA (EPA, 2015);
- rapporti a cura di Department for Environment, Food & Rural Affairs, UK (DEFRA, 2015);
- rapporti a cura della Task Force on National Greenhouse Gas Inventories dell'IPCC (IPCC, 2006);

P.zza L. da Vinci, 32 – 20133 Milano – Italia

- dataset di Ecoinvent (Ecoinvent, 2014)- Centre for Life Cycle Inventories, un centro congiunto di ricerca di ETH Zurich, EPF Lausanne, Paul Scherrer Institute (PSI), Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research (Empa) e Swiss Federal Research Station Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART);
- dataset di ELCD (Joint Research Centre, 2015).

Confronto della presente linea guida con:

- ISO 14044 e ISO/TS 14067: coerente.
- International EPD System: coerente. La coerenza dei algoritmi riportati in seguito è valida solo per le *single-issue* EPDs che prevedono la valutazione delle emissioni GHG. Risulta necessaria una integrazione degli algoritmi per complete valutazioni LCA con il metodo EPD.

10.1.1. ALGORITMI E FATTORI DI EMISSIONE

Le indicazioni fornite dal manuale dell'EEA prevedono essenzialmente due approcci per la quantificazione delle emissioni:

- metodo analitico, ovvero la misurazione diretta delle emissioni in atmosfera;
- metodo parametrico, ovvero una stima delle emissioni sulla base di variabili caratteristiche dell'attività sorgente.

Per ragioni semplificative la maggiore parte delle attività emissive, tra cui i trasporti, vengono valutate con l'approccio parametrico, la cui formula generale è:

$$E_i = A \cdot FE_i \quad \text{Equazione 10-1}$$

Dove E_i rappresenta la stima delle emissioni dell'inquinante i , A rappresenta l'attività emissiva e FE_i è il fattore di emissione dell'attività.

Una volta ottenuto il contributo emissivo di una certa attività, se l'obiettivo è valutarne l'impatto sul clima, sarà necessario sommare tutte le emissioni che si riferiscono ai gas climalteranti, scegliendo un'unità di misura comune, cioè le tonnellate di CO₂ equivalente. A questo proposito si utilizza la nota formula:

$$CO_2e = \sum_i E_i \cdot GWP_i \quad \text{Equazione 10-2}$$

In base alle indicazioni dell'Air Pollutant Emission Inventory Guidebook (EEA, 2013) si riportano per i trasporti (strada, ferro e navale) due diversi algoritmi (TIER 1 e 2) per il calcolo delle emissioni da utilizzare in funzione dei dati a disposizione⁷. Le indicazioni di EEA riportano anche un terzo algoritmo (TIER 3), nel presente documento trattato esclusivamente per il trasporto aereo in quanto generalmente utilizzato per analisi LCA afferente al settore.

TRASPORTO SU STRADA

Le emissioni di GHG da trasporto su strada derivano dalla combinazione di quattro contributi:

- emissioni a caldo, ovvero le emissioni dai veicoli i cui motori hanno raggiunto la loro temperatura di esercizio;
- emissioni a freddo, ovvero le emissioni durante il riscaldamento del veicolo;

⁷ Non vengono qui analizzati modelli più complessi che considerano altre variabili (es. l'accelerazione del veicolo o la rugosità e pendenza della strada). Come ad esempio (Cappiello *et al.*, 2002; Scora and Barth, 2006).

- emissioni evaporative, costituite dai soli COVNM (composti organici volatili non metanici);
- emissioni da abrasione di freni, pneumatici e manto stradale (costituiscono la quasi totalità delle emissioni di particolato primario dei veicoli più recenti, in particolare per i veicoli a gas, benzina e per i diesel con filtro allo scarico).

Per quanto riguarda il calcolo delle emissioni in termini di CO₂e, ci si limita ai soli primi due contributi, ovvero emissioni a caldo ed emissioni a freddo.

- **TIER 1:** utilizza il consumo di combustibile come indicatore di attività, in combinazione con fattori di emissione medi specifici per il tipo di carburante.

$$E_i = \sum_j (\sum_m C_{j,m} \cdot FE_{i,j,m}) \quad \text{Equazione 10-3}$$

Dove:

E_i , emissioni dell'inquinante i ;

$C_{j,m}$, consumo di combustibile per la categoria di veicolo j ed il tipo di combustibile m ;

$FE_{i,j,m}$, fattore di emissione per l'inquinante i , la categoria di veicolo j e il tipo di combustibile m .

Per calcolare le emissioni prodotte da un singolo veicolo a seguito di uno spostamento è quindi necessario conoscere il combustibile consumato.

- **TIER 2:** utilizza come dati di *input* i km percorsi dal veicolo ed un fattore tecnologico.

$$E_{i,j} = \sum_k M_{j,k} \cdot FE_{i,j,k} \quad \text{Equazione 10-4}$$

Dove:

$E_{i,j}$, emissioni dell'inquinante i per la categoria di veicoli j ;

$M_{j,k}$, distanza totale percorsa dai veicoli di categoria j e di tecnologia k ;

$FE_{i,j,k}$, fattore di emissione per l'inquinante i , la categoria di veicolo j e la tecnologia del veicolo k .

Per calcolare, quindi, le emissioni del singolo veicolo è necessario conoscerne la tecnologia (motori ad iniezione diretta o indiretta ed accensione spontanea o comandata, etc.), la distanza percorsa e, chiaramente la tipologia di veicolo (auto, motociclo, etc.).

TRASPORTO SU FERRO

Le emissioni in atmosfera imputabili al trasporto ferroviario derivano principalmente dai processi di combustione del carburante nei motori delle locomotive diesel e dai consumi di energia elettrica delle locomotive a trazione elettrica.

Per le prime, i principali inquinanti sono simili a quelli prodotti dal trasporto stradale nel caso di veicoli alimentati diesel. Per le seconde, le emissioni dipendono dal mix energetico utilizzato per produrre l'elettricità.

In conformità con la ISO/TS 14067 il fattore di emissione da utilizzare deve includere almeno:

- le emissioni legate alla generazione di elettricità, es. combustione di carburante;
- le emissioni legate alla generazione dell'elettricità persa per trasmissione e distribuzione nella rete;
- le emissioni legate ai processi di valle (es. trattamento dei rifiuti prodotti dagli impianti che generano l'energia elettrica);

P.zza L. da Vinci, 32 – 20133 Milano – Italia

- le emissioni legate alla costruzione, la manutenzione e fine vita del sistema di approvvigionamento dell'elettricità.

Per quanto riguarda le locomotrici diesel, anche in questo caso come nel caso del trasporto su strada, si riportano due metodi di calcolo delle emissioni in funzione dei dati a disposizione⁸ tratti dall'Air Pollutant Emission Inventory Guidebook (EEA, 2013).

- **TIER 1:** utilizza solo il consumo ed il tipo di combustibile e fattori di emissione standard, assumendo un "fattore tecnologico medio";
- **TIER 2:** utilizza il consumo ed il tipo di combustibile e fattori di emissione standard, assumendo un "fattore tecnologico medio" in funzione del tipo di locomotiva.

TRASPORTO AEREO

Le attività che afferiscono al settore del trasporto aereo da includere nel calcolo delle emissioni riguardano il settore civile, tanto nella movimentazione di persone quanto di merci. Generalmente si usa distinguere i contributi emissivi in funzione delle fasi di volo, dalla fase di *taxi* all'atterraggio, come segue:

- il ciclo LTO (*Landing and Take-Off*) comprende tutte le attività del velivolo che si svolgono in prossimità dell'aeroporto ed al di sotto della quota di 3.000 piedi (circa 1.000 metri), ovvero *taxi-in*, *taxi-out*, *take-off*, *climb-out*, ed *approach-landing* e *landing*;
- la fase di crociera comprende tutte le attività che avvengono ad una quota superiore a 3.000 piedi (circa 1.000 metri), senza limiti di quota, ovvero le fase di salita e discesa dalla quota di crociera e la fase di crociera stessa.

Le emissioni di gas a effetto serra da trasporto aereo, in conformità alla ISO/TS 14067, devono essere incluse nel risultato di CFP e documentate separatamente. ISO fa notare che le emissioni di gas serra dagli aerei hanno, in determinate circostanze, impatti climatici aggiuntivi (dovuti a reazioni chimiche e fisiche che avvengono in atmosfera in alta quota e che coinvolgono il vapore acqueo, le scie di condensazione, gli NO_x, gli aerosol, etc.), ma non specifica se tenerne conto o meno nei calcoli. Come richiesto dalla PAS 2050 (BSI, 2011), nell'ambito delle presenti linee guida si specifica che non si dovrebbe tenere conto di forzanti radiative diverse da CO₂, CH₄, N₂O legate al consumo di combustibile. Se sono contabilizzati anche i contributi legati a forzanti radiative aggiuntive, le emissioni relative devono essere documentate separatamente e comunque non incluse nel risultato di CFP.

In questo caso a differenza dei casi precedenti si riporta un solo metodo di calcolo delle emissioni, basato sui dati relativi al volo effettuato, prendendo in considerazione origine e destinazione del volo (TIER 3B).

$$E_i = M_k \cdot FE_{i,k} \quad \text{Equazione 10-5}$$

Dove:

- M_k è la distanza percorsa dall'aereo durante il tipo di volo k (corto, medio, lungo raggio);
- $FE_{i,k}$ è il fattore di emissione specifico per l'inquinante i e volo di tipo k .

⁸ Per ulteriori approfondimenti si rimanda ai metodi proposti dall'EPA, USA per il calcolo delle emissioni *off-road* e nell'ambito delle linee guida 2006 dell'IPCC per gli inventori nazionali delle emissioni <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>.

TRASPORTO NAVALE

Le attività che afferiscono al settore del trasporto navale da includere nel calcolo delle emissioni riguardano il settore civile, generalmente nella movimentazione di merci. Si usa distinguere i contributi emissivi in funzione delle fasi di stazionamento in porto, manovra e crociera.

Anche in questo caso come nei tre casi precedenti, sono disponibili due diversi metodi di calcolo delle emissioni, in funzione dei dati a disposizione:

- **TIER 1:** si basa sul consumo di carburante per la navigazione in funzione della tipologia di combustibile (olio combustibile, olio diesel marino, gasolio marino, benzina). I fattori di emissione assumono una tecnologia media di flotta navale.

$$E_i = \sum_m (C_m \cdot FE_{i,m}) \quad \text{Equazione 10-6}$$

Dove:

E_i , emissioni dell'inquinante i ;

C_m , consumo di combustibile per il tipo m ;

$FE_{i,m}$, fattore di emissione per l'inquinante i e il tipo di combustibile m .

- **TIER 2:** si applica qualora siano disponibili informazioni sia sul consumo di carburante che la tipologia di nave utilizzata in funzione del motore installato (motori diesel veloci, medi e lenti; propulsione a turbina a gas; propulsione turbina a vapore per grandi navi; motori benzina e diesel a 2 ed a 4 tempi per piccole).

$$E_i = \sum_m (\sum_j C_{m,j} \cdot FE_{i,j,m}) \quad \text{Equazione 10-7}$$

Dove:

E_i , emissioni dell'inquinante i ;

$C_{m,j}$, consumo di combustibile di tipo m utilizzato nel motore di tipo j ;

$FE_{i,m,j}$, fattore di emissione per l'inquinante i , con nave con motore di tipo j , che utilizza il tipo di combustibile m .

Per calcolare le emissioni prodotte da una singola nave a seguito di uno spostamento è quindi necessario conoscere il combustibile consumato, dato generalmente ricavabile conoscendo il consumo specifico ($l \text{ km}^{-1}$) e la distanza percorsa (km).

11. IPOTESI IN MANCANZA DI DATI PRIMARI

Per la descrizione completa del servizio di trasporto offerto possono essere necessari scenari di riferimento in seguito alla mancanza di dati primari. I dati di seguito riportati fanno riferimento ai confini europei, Russia esclusa.

Confronto della presente linea guida con:

- ISO 14044 e ISO/TS 14067: coerente.
- International EPD System: non coerente. I fattori di emissione della banca dati Ecoinvent indicati nel presente capitolo sottraggono i crediti connessi al riciclo/riuso/recupero energetico nel fine vita (*Allocation at the point of substitution* - Alloc Def). Il programma, adottando la *Zero burden assumption* (ZBA), vieta di sottrarre tali crediti (se non dichiarati separatamente). La banca dati Ecoinvent, dovrà contenere i processi che adottano tale regola (ZBA) indicati con il nome di *Allocation, recycled content* (Alloc Rec).

11.1. DISTANZE MEDIE PER IL TRASPORTO DELLE MERCI

Nell'Allegato E vengono riportati i dati⁹ tratti dal database Ecoinvent determinati tramite elaborazioni statistiche del trasporto di merci in accordo con la metodologia proposta da Borken-Kleefeld and Weidema (2013).

11.2. CONSUMI DI CARBURANTE E FATTORI DI EMISSIONE

Nelle tabelle seguenti si riportano i consumi medi per veicolo (ARPA Lombardia, 2012; Spielmann *et al.*, 2007) e i relativi fattori di emissione (Ecoinvent, 2014)¹⁰. I dati presenti o i relativi aggiornati sono un utile riferimento in mancanza di dati primari per determinare sia le emissioni relative alla combustione di carburante da parte dei mezzi utilizzati, che le emissioni generate dalla fase di estrazione fino alla fase di distribuzione del carburante stesso (WTT – *well to tank*).

Le emissioni sono state valutate sulla base delle indicazioni del paragrafo 10.1.1. A titolo esemplificativo in equazione 11-1 si riporta il calcolo delle emissioni di un'auto a benzina verde considerando le emissioni nel ciclo di vita del carburante:

$$E_{CO_2e} = C \cdot FE_1 + C \cdot FE_2 = 58,6 \cdot 3,14 + 58,6 \cdot 0,865 = 234 \text{ [gCO}_2\text{e km}^{-1}] \quad \text{Equazione 11-1}$$

Dove:

E_{CO_2e} sono le emissioni di CO₂e per chilometro percorso nel ciclo di vita del carburante [gCO₂e km⁻¹];

C , è il consumo di carburante medio per chilometro percorso da un'auto alimentata a benzina verde, pari a 58,6 [g_{carburante} km⁻¹] (ARPA Lombardia, 2015);

FE_1 , è fattore di emissione per la combustione di carburante, pari a 3,14 [gCO₂e g⁻¹_{carburante}] (ARPA Lombardia, 2015);

FE_2 , è fattore di emissione dall'estrazione alla distribuzione del carburante (WTT – *well to tank*), pari a 0,865 gCO₂e g⁻¹_{carburante} (Ecoinvent, 2014).

Tabella 11-1: Consumi medi da traffico in Lombardia nel 2012 per settore e combustibile.

Veicolo	Carburante	Consumo di carburante(*) [g km ⁻¹]				Emissioni di GHG [gCO ₂ e km ⁻¹]		
		Autostrada	Strada extraurbana	Strada urbana	Medio	Combustione(*)	WTT (**)	Totale
Automobili	Benzina verde	51	49	72	59	181	51	232
Automobili	Diesel	52	49	65	56	171	33	204
Automobili	GPL	58	47	61	56	170	28	198
Automobili	Metano	58	47	65	56	155	35	190
Ciclomotori (< 50 cm ³)	Benzina verde	-	-	-	21	67	18	85
Motocicli (> 50 cm ³)	Benzina verde	38	31	31	32	99	27	126
Veicoli leggeri < 3.5 t	Benzina verde	84	82	123	109	337	94	431
Veicoli leggeri < 3.5 t	Diesel	85	64	84	79	239	46	286
Veicoli leggeri < 3.5 t	GPL	57	47	58	57	173	28	201
Veicoli leggeri < 3.5 t	Metano	57	47	60	56	157	36	193

(*) Consumi ed emissioni su base dati di ARPA Lombardia (ARPA Lombardia, 2012).

(**) *Well to Tank* (WTT) fattori di emissione di Ecoinvent 3.1 relativi al consumo medio: Petrol, low-sulfur {Europe without Switzerland} | market for | Alloc Def, S 0,865 kgCO₂e kg⁻¹. Diesel {Europe without Switzerland} | market for | Alloc Def, 0,584 kgCO₂e kg⁻¹. Liquefied petroleum gas {CH} | market for | Alloc Def, S. 0,498 kgCO₂e kg⁻¹. Natural gas,

⁹ Le percentuali delle modalità di trasporto sono state variate linearmente dai dati di partenza, in modo che la somma risulti pari al 100%. Ecoinvent considera che alcune merci siano trasportate in più modalità di trasporto, pertanto la somma delle percentuali, in alcuni casi, può essere superiore al 100%.

¹⁰ Sono escluse le emissioni a lungo termine per i fattori di emissione utilizzati di Ecoinvent 3.1.

P.zza L. da Vinci, 32 – 20133 Milano – Italia

from high pressure network (1-5 bar), at service station {GLO}| market for | Alloc Def, S 0,633 kgCO₂e kg⁻¹. Metodo IPCC 2013. I fattori di emissione includono: le operazioni del trasporto del prodotto dalla raffineria al consumatore finale e le operazioni di stoccaggio.

Tabella 11-2: Consumi medi camion ed emissioni di GHG (Spielmann et al., 2007)

Veicolo	Carburante	Consumo(*) [g km ⁻¹]	Emissioni combustione(*) [gCO ₂ e km ⁻¹]	Emissioni WTT [gCO ₂ e km ⁻¹] (**)	Emissione totale [gCO ₂ e km ⁻¹]
Autobus consumo medio	Diesel	350	1110	204	1315
Camion 3,5-20t consumo medio	Diesel	180	571	105	676
Camion 20-28t consumo medio	Diesel	250	793	146	939
Camion >28t consumo medio	Diesel	280	888	163	1052
Camion 3,5-20t consumo scarico	Diesel	160	508	93	601
Camion 20-28t consumo scarico	Diesel	200	634	117	751
Camion >28t consumo scarico	Diesel	220	698	128	826
Camion 3,5-20t consumo a pieno carico	Diesel	200	634	117	751
Camion 20-28t consumo a pieno carico	Diesel	300	952	175	1127
Camion >28t consumo a pieno carico	Diesel	360	1142	210	1352

(*)Consumi ed emissioni Spielmann (Spielmann et al., 2007).

(**) *Well to Tank* (WTT) fattore di emissione di Ecoinvent 3.1: Diesel {Europe without Switzerland}| market for | Alloc Def. 0,584 kgCO₂e kg⁻¹.

Tabella 11-3: Consumi medi per l'Italia degli aeromobili (Ecoinvent, 2014)

Veicolo	Carburante	Consumo(*) [g pkm ⁻¹]	Emissioni combustione(*) [gCO ₂ e pkm ⁻¹]	Emissioni WTT(**) [gCO ₂ e pkm ⁻¹]	Emissione totale [gCO ₂ e pkm ⁻¹]
Voli all'interno del continente europeo Aereo passeggeri	Kerosene	45	143	26	169
Lunghe distanze – Intercontinentale Aereo passeggeri	Kerosene	29	91	17	108
Veicolo	Carburante	Consumo(*) [g tkm ⁻¹]	Emissioni combustione(**) [gCO ₂ e tkm ⁻¹]	Emissioni WTT(***) [gCO ₂ e tkm ⁻¹]	Emissione totale [gCO ₂ e tkm ⁻¹]
Voli all'interno del continente europeo Aereo merci	Kerosene	453	1.430	168	1.694
Lunghe distanze – Intercontinentale Aereo merci	Kerosene	289	901	264	1.069

(*) Consumi ed emissioni su base dati di Ecoinvent (2014).

(**) *Well to Tank* (WTT) fattore di emissione di Ecoinvent 3.1: kerosene {Europe without Switzerland}| market for | Alloc Def. 0,583 kgCO₂e kg⁻¹. Metodo IPCC 2013. Il fattore di emissione include: le operazioni del trasporto del prodotto dalla raffineria al consumatore finale e le operazioni di stoccaggio.

Tabella 11-4: Consumi medi per i mezzi marittimi (Ecoinvent, 2014)

Veicolo	Carburante	Consumo(*) [g tkm ⁻¹]	Emissioni combustione(*) [gCO ₂ e tkm ⁻¹]	Emissioni WTT(**) [gCO ₂ e tkm ⁻¹]	Emissione totale [gCO ₂ e tkm ⁻¹]
Chiatte	Diesel	9	30	5	35
Navi cisterna per acque interne	Diesel	9	28	5	33
Navi transoceaniche	Olio combustibile pesante	3	8	1	9
Navi cisterna transoceaniche	Olio combustibile pesante	1	4	0,7	5

(*) Consumi su base dati di Ecoinvent (2014).

(**) *Well to Tank* (WTT) fattore di emissione di Ecoinvent 3.1: Heavy fuel oil {Europe without Switzerland}| market for | Alloc Def. 0,52 kgCO₂e kg⁻¹. Metodo IPCC 2013. Il fattore di emissione include: le operazioni del trasporto del prodotto dalla raffineria al consumatore finale e le operazioni di stoccaggio.

VEICOLI PUBBLICI AD ALIMENTAZIONE ELETTRICA

In Tabella 11-5 si riportano le emissioni dei trasporti pubblici ad alimentazione elettrica. Le emissioni sono state calcolate in Ecoinvent 3.1 in base ad un coefficiente di occupazione medio in riferimento alle indicazioni delle Ferrovie Federali Svizzere (SBB, 2002). Per i veri mezzi di trasporto il carico è comprensivo solo del numero di posti a sedere, escludendo gli spazi destinati ai passeggeri in piedi. Il carico comprensivo dei posti in piedi è evidenziato nella Tabella 11-6.

Tabella 11-5: Consumi medi per l'Italia dei veicoli ad alimentazione elettrica (Ecoinvent, 2014).

Tipo di veicolo	Consumo	Fattore di carico [p v ⁻¹]	Unità di misura	gCO ₂ e (*)
Tram	0,09 (**)	53 (35%) (***)	kWh pkm ⁻¹	55
Filobus	0,12 (**)	14 (30%) (***)	kWh pkm ⁻¹	72
Metropolitana	0,08 (**)	95 (35%)	kWh pkm ⁻¹	50
Treno regionale	0,16 (**)	54 (17%)	kWh pkm ⁻¹	100
Treno a lunga percorrenza	0,07 (**)	176 (28%)	kWh pkm ⁻¹	46
Treno passeggeri tradizionale. Media tra gli urbani, i regionali ed a lunga distanza alimentati ad elettricità e gasolio.	0,08 1,63	-	kWh pkm ⁻¹ g tkm ⁻¹	48
Treno merci (****)	0,05 1,01	-	kWh tkm ⁻¹ g tkm ⁻¹	32
Treno alta velocità	0,09	309 (49%)	kWh pkm ⁻¹	52

(*) Emissioni calcolate tramite il fattore di emissione del database Ecoinvent (2014): Electricity, high voltage {IT}| market for | Alloc Def. 0,1695 kgCO₂e MJ⁻¹ (Il fattore di emissione include la produzione di elettricità in Italia e nei paesi di importazione, la rete di trasmissione e le perdite di trasmissione e distribuzione. Utilizzato per la metropolitana, il treno regionale, il treno a lunga percorrenza, il treno tradizionale, il treno merci e il treno ad alta velocità). Electricity, medium voltage {IT}| market for | Alloc Def. 0,1715 kgCO₂e MJ⁻¹ (Il fattore di emissione include la produzione di elettricità in Italia e nei paesi di importazione, la rete di trasmissione e le perdite di trasmissione e distribuzione. Utilizzato per il tram ed il filobus). Diesel {Europe without Switzerland}| market for | Alloc Def. 0,584 kgCO₂e kg⁻¹. Liquefied petroleum gas {CH}| market for | Alloc Def. S. 0,498 kgCO₂e kg⁻¹. Metodo IPCC 2013.

(**) Dati con confini geografici relativi alla Svizzera.

(***) Capienza massima dei mezzi ipotizzata. Ecoinvent indica solamente il fattore di carico (53 e 14 persone).

(****) Il consumo di gasolio è legato ai processi di manovra (carico e scarico merci).

Il fattore di carico per il trasporto pubblico gioca un ruolo fondamentale per il calcolo delle emissioni GHG. Di seguito (Tabella 11-6) sono riportate quattro classi di occupazione da utilizzare per variare i fattori di emissione (Tuchschnid, 2011):

- bassa occupazione: 10% dei posti a sedere;
- media occupazione: 50% dei posti a sedere;
- alta occupazione: 100% dei posti a sedere;
- altissima occupazione: 140% dei posti a sedere.

La prima (bassa occupazione) e l'ultima classe (altissima occupazione) sono sistematiche delle ore notturne, dove l'occupazione dei mezzi è minima, e delle ore di punta in cui l'occupazione del mezzo risulta essere superiore al numero di posti a sedere disponibili. Nel caso delle metropolitane il coefficiente di occupazione potrebbe essere anche superiore al caso massimo proposto (140%), si pensi ad esempio agli spostamenti dei pendolari in grandi città nei giorni lavorativi.

Tabella 11-6: Fattore di emissione al variare del fattore di carico

Tipo di veicolo	Emissione [gCO ₂ e pkm ⁻¹]			
	Bassa occupazione (10%)	Media occupazione (50%)	Alta occupazione (100%)	Altissima occupazione (140%)
Filobus	216	43	22	15
Tram	193	39	19	14
Metropolitana	175	35	18	13
Treno regionale	171	34	17	12
Treno a lunga percorrenza	129	26	13	-
Treno ad alta velocità	256	51	26	-

SUDDIVISIONE VEICOLI PER ALIMENTAZIONE

In Tabella 11-7 si riporta la suddivisione dei veicoli su strada per alimentazione in base al numero di veicoli immatricolati (Automobile Club d’Italia, 2014) ed alle distanze percorse dai singoli nel 2012 in Lombardia (elaborazioni DENG su base dati INEMAR (ARPA Lombardia, 2012)). Le percentuali di percorrenza sono state ricavate in base alle distanze percorse dai veicoli in Lombardia, quest’ultime determinate in base alla seguente equazione:

$$D_{i,m} = \frac{\sum_s C_{i,m,s}}{CS_{i,m}} \quad [\text{km anno}^{-1}] \quad \text{Equazione 11-2}$$

Dove:

$D_{i,m}$, distanza percorsa in un anno per la categoria di veicolo i ed il tipo di combustibile m (es. auto a benzina);

$C_{j,m,s}$, consumo di combustibile in un anno per la categoria di veicolo i , tipo di combustibile m e strada s (autostrada, strada extraurbana o urbana) [kg anno⁻¹];

$CS_{j,m}$, consumo specifico di combustibile per la categoria di veicolo i e tipo di combustibile m [kg km⁻¹].

Si propone di utilizzare la suddivisione dei veicoli in base alle distanze percorse. La suddivisione in base al numero di immatricolazioni (Automobile Club d’Italia, 2014) porterebbe a valori fuorvianti in quanto l’utilizzo del mezzo è proporzionato alla tipologia di carburante utilizzato (es. i mezzi alimentati a gasolio effettuano mediamente più chilometri dei mezzi alimentati a benzina).

Tabella 11-7: Veicoli suddivisi per alimentazione in base alle immatricolazioni (Automobile Club d’Italia, 2014) ed alle distanze percorse dai singoli in Lombardia (ARPA Lombardia, 2012).

Carbu.	Auto		Motocicli		Veicoli comm. leggeri		Veicoli comm. pesanti	
	ACI	INEMAR	ACI	INEMAR	ACI	INEMAR	ACI	INEMAR
Benzina	51%	24,7%	100%	100%	6%	23,8%	0,5%	42,3%
GPL	6%	25,1%	-	-	1%	25,4%	0,1	-
Metano	2%	25,1%	-	-	2%	24,8%	0,2	14,6%
Diesel	41%	25,1%	-	-	91%	26,0%	99%	43,2%

CONDIZIONATORI D’ARIA

L’utilizzo dei condizionatori d’aria mobili (MAC – *mobile air conditioners*) sia nei veicoli passeggeri che nel trasporto di merci congelate/refrigerate è responsabile di emissioni dirette legate alla perdita dei gas refrigeranti e di emissioni indirette legate al maggiore consumo di combustibile dei mezzi.

Le perdite di gas refrigerante possono essere assunte pari al (DeAngelo et al., 2006):

- 10,9% della carica totale del MAC durante tutta la fase di esercizio;

P.zza L. da Vinci, 32 – 20133 Milano – Italia

- 42,5% della carica totale del MAC durante la fase di smaltimento, nei paesi sviluppati;
- 69% della carica totale del MAC durante la fase di smaltimento, nei paesi in via di sviluppo.

Mentre le emissioni indirette, legate al maggior consumo di carburante dei mezzi, possono essere valutate pari al 2,5-7,5% del consumo del mezzo (Uherek et al., 2010).

MODALITÀ DI VIAGGIO

Per i provenienti dalle Aree 1 e 2 può essere ipotizzato che il viaggio sia effettuato appositamente per l'evento (approccio conservativo, non effettuando alcuna allocazione con altre destinazioni) ed il viaggio di andata e ritorno sia effettuato utilizzando lo stesso mezzo e percorrendo la stessa distanza.

CARICO DEI MEZZI

Qualora si utilizzino fattori di emissione per auto e pullman con unità di misura in $[\text{kgCO}_2 \text{e veicolo}^{-1} \text{ km}^{-1}]$ i coefficienti di occupazione da utilizzare sono pari al 50% dell'occupazione massima (es. per un pullman da 80 posti si considerano 40 persone pullman⁻¹) (ISPRA, 2010).

Per i camion, in Tabella 11-8 sono riportati i coefficienti di carico assunti dal database Ecoinvent, (più volte citato in questo documento) e i valori tratti un'analisi condotta da McKinnon and Piecyk (2009) sul trasporto merci nel Regno Unito.

Tabella 11-8: Fattore di carico per tipologia di camion (McKinnon and Piecyk, 2009)

McKinnon and Piecyk (2009)			
Veicoli rigidi	Km percorsi a carico vuoto [%]	Fattore di carico	Fattore di carico globale [%]
3,5-7,5 tonnellate	25,4	0,42	31
7,5-17 tonnellate	24,8	0,38	29
17-25 tonnellate	23,9	0,45	34
>25 tonnellate	34,5	0,64	42
Media veicoli rigidi	27,5	0,53	38
Veicoli articolati			
3,5-33 tonnellate	22,9	0,45	35
>33 tonnellate	25,6	0,59	43
Media veicoli articolati	26,1	0,58	43
Media camion	26,8	0,56	41
Ecoinvent 3.1 (2014)			
Veicoli	Carico medio [t]	Peso lordo medio del veicolo [t]	
3,5-7,5 tonnellate	0,98	4,98	
7,5-16 tonnellate	3,29	9,29	
16-32 tonnellate	5,79	15,79	
>32 tonnellate	19,20	33,20	

11.3. COSTRUZIONE E MANUTENZIONE INFRASTRUTTURE E VEICOLI

Eventuali dati relativi alla costruzione e manutenzione delle infrastrutture e dei veicoli utilizzati possono essere ricavati sempre dal database Ecoinvent 3.1. Nella tabelle sottostante si riportano dei dati utili per effettuare la valutazione delle emissioni di GHG¹¹ (elaborazioni DENG su base dati Ecoinvent (2014) tramite software SimaPro 8.1 (PRé Consultants, 2015)).

¹¹ I fattori di emissione escludono le emissioni a lungo termine.

Tabella 11-9: Costruzione, manutenzione e smaltimento di veicoli e infrastrutture.

Veicolo	Mezzo di trasporto (costruzione e smaltimento)	Manutenzione del veicolo	Infrastruttura	Totale	Unità di misura
Auto a benzina (cilindrata da 1,4 a 2,0 litri)	72,7	10,3	12,5	95,5	gCO ₂ e km ⁻¹
Auto diesel (cilindrata da 1,4 a 2,0 litri)	73,1	10,3	12,5	95,9	
Auto a metano (cilindrata da 1,4 a 2,0 litri)	72,7	10,3	12,5	95,5	
Auto elettrica compatta (peso auto di circa 900 kg e batteria di 250 kg)	62,8	6,27	6,67	75,4	
Autobus	2,45	4,57	6,26	13,3	gCO ₂ e pkm ⁻¹
Filobus	1,8	3,2	7,3	12,3	
Tram	1,6	3,0	22,1	26,7	
Treno passeggeri (consumo gasolio ed elettrico)	0,80	0,51	8,54	9,85	
Treno passeggeri alta velocità	1,1	0,75	11,0	12,9	
Aereo passeggeri per voli all'interno del continente europeo	0,53	-	0,63	1,16	
Aereo passeggeri per voli intercontinentali	3,28	-	0,22	3,5	
Treno merci	3,79	2,99	8,67	15,45	
Nave transoceanica	0,28	0,01	2,08	2,4	
Chiatte	1,2	0,4	14,4	16,0	
Camion 3,5-7,5t	46,2	30,5	26,7	103,4	gCO ₂ e tkm ⁻¹
Camion 16-32t	7,9	5,2	14,4	27,5	
Aereo merci per voli all'interno del continente europeo	5,3	-	0,5	5,7	
Aereo merci per voli intercontinentali	2,2	-	15,6	17,8	

(*) Le auto ed i camion sono considerati adeguati agli standard di emissione EURO 4. Ecoinvent effettua una ripartizione dei carichi dell'infrastruttura stradale in funzione di tutte le emissioni legate all'autoveicolo, pertanto anche se in termini di CO₂e gli standard di emissione (a parità di consumo) non influiscono sulle emissioni dirette legate alla combustione di carburante essi vanno ad pesare sull'allocazione del carico ambientale legato all'infrastruttura.

In Allegato F la descrizione dei vari fattori di emissione indicati al presente paragrafo riportando l'inventario dei dati (LCI).

12. QUALITÀ DEI DATI

Come condizione generale, i dati primari devono sempre essere utilizzati se disponibili. In caso contrario si utilizzano dati secondari. In termini generali i dati utilizzati negli studi devono rispondere alle caratteristiche di: copertura temporale, geografica e tecnologica, precisione, completezza, rappresentatività, coerenza, riproducibilità dei metodi usati nell'analisi, fonte dei dati, incertezza dell'informazione.

I dati ambientali (flussi di materia ed energia scambiati dal sistema) devono essere il più specifici possibile in quanto devono essere rappresentativi del processo studiato. Visto l'elevato onere nella raccolta dati del servizio in esame, si preferisce non specificare una soglia minima da rispettare in termini di qualità dei dati, ma evidenziare la modalità di raccolta delle informazioni minime necessarie.

Confronto della presente linea guida con:

- ISO 14044 e ISO/TS 14067: coerente.
- International EPD System: non coerente. Il programma distingue i dati in: dati specifici, dati generici selezionati ed altri dati generici. L'impatto ambientale associato agli "altri dati generici" non deve eccedere il 10% dell'impatto globale del sistema.

12.1. DATI PRIMARI

Devono essere raccolti dati primari in relazione a:

- persone,
 - chilometri percorsi;
 - mezzi utilizzati;
 - giorni di permanenza nella città ospitante l'evento;
 - giorni di visita/partecipazione all'evento;
 - occupazione dei mezzi;
- merci,
 - quantità in termini volumetrici e di massa;
 - provenienza delle merci stesse.

Un dettaglio dei dati minimi da raccogliere è riportato nell'Allegato B.

12.2. DATI SECONDARI

Per le restanti informazioni, quando non è possibile raccogliere dati primari, possono essere utilizzati i dati secondari dichiarando la fonte di ogni singolo. Nelle tabelle sottostanti si riportano alcuni esempi di LCI database insieme ad confronto dei relativi fattori di emissione per alcune categorie di veicoli, utili come fonte di dati per effettuare la valutazione CFP¹². Si sottolinea che i valori provenienti dai database indicati devono comunque essere valutati tramite i requisiti della qualità dei dati.

Tabella 12-1: Database di riferimento

Nome del database	Processi analizzati	Fonti libere o a pagamento
Ecoinvent	http://www.ecoinvent.org/	A pagamento
DEFRA	http://www.ukconversionfactorscarbonsmart.co.uk/	Libero
ELCD database	http://eplca.jrc.ec.europa.eu/?page_id=126	Libero
WELL-TO-WHEELS Report (Edwards <i>et al.</i> , 2014)	http://iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/downloads	Libero
Ecotransit	http://www.ecotransit.org	Libero
Gabi (PE International, 2015)	http://www.gabi-software.com/databases/us-lci-database/	A pagamento

¹² Le fonti LCI utilizzate sono riportate in Allegato G.

Tabella 12-2: Confronto fattori di emissione per categoria di veicolo

Mezzo	Unità di misura	Ecoinvent 3.1	ELCD	DEFRA (2015)	Ecotransit	Minimo	Media	Massimo
Auto benzina	gCO ₂ e km ⁻¹	366	-	191	-	191	279	366
Auto diesel	gCO ₂ e km ⁻¹	315	-	182	-	182	249	315
Auto GPL	gCO ₂ e km ⁻¹	-	-	208	-	208	208	208
Auto gas naturale	gCO ₂ e km ⁻¹	293	-	185	-	185	239	293
Ciclomotori e motocicli	gCO ₂ e km ⁻¹	122	-	120	-	120	121	122
Veicoli leggeri <3,5 t	gCO ₂ e tkm ⁻¹	1960	-	1145	666	666	1257	1960
Autobus	gCO ₂ e pkm ⁻¹	109	-	22	-	22	65	109
Camion 3,5-7,5t	gCO ₂ e tkm ⁻¹	524	137	560	365	137	396	560
Camion 7,5-16t	gCO ₂ e tkm ⁻¹	219	-	336	308	219	288	336
Camion 16-32t	gCO ₂ e tkm ⁻¹	170	96	197	132	96	149	197
Camion >32t	gCO ₂ e tkm ⁻¹	84	50	84	79	50	74	84
Aereo passeggeri infracontinentale	gCO ₂ e pkm ⁻¹	171	-	298	-	171	234	298
Aereo passeggeri intercontinentale	gCO ₂ e pkm ⁻¹	111	-	198	-	111	155	198
Aereo merci infracontinentale	gCO ₂ e tkm ⁻¹	1700	2090	1223	1276	1223	1572	2090
Aereo merci intercontinentale	gCO ₂ e tkm ⁻¹	1100	-	677	766	677	847	1100
Chiatte	gCO ₂ e tkm ⁻¹	52	27	10	51	10	35	52
Navi cisterna per acque interne	gCO ₂ e tkm ⁻¹	48	27	10	51	10	34	51
Navi transoceaniche	gCO ₂ e tkm ⁻¹	12	13	16	6	6	12	16
Navi cisterna transoceaniche	gCO ₂ e tkm ⁻¹	6	2	4	6	2	5	6
Tram	gCO ₂ e pkm ⁻¹	95	-	8	-	8	52	95
Filobus	gCO ₂ e pkm ⁻¹	102	-	-	-	102	102	102
Metropolitana	gCO ₂ e pkm ⁻¹	15	-	8	-	8	11	15
Treno regionale	gCO ₂ e pkm ⁻¹	17	-	8	-	8	12	17
Treno a lunga percorrenza	gCO ₂ e pkm ⁻¹	11	-	2	-	2	7	11
Treno merci	gCO ₂ e tkm ⁻¹	60	26	26	15	15	32	60
Treno alta velocità	gCO ₂ e pkm ⁻¹	65	-	-	-	65	65	65

13. CARATTERIZZAZIONE DELL'IMPATTO

La CFP, ovvero il totale delle emissioni di gas serra prodotte nell'arco del ciclo di vita del prodotto oggetto di analisi, viene calcolata sommando tutte le emissioni di gas serra che hanno luogo nelle varie fasi incluse nei confini del sistema. Il risultato finale dello studio di CFP si esprime in kg di "CO₂ equivalente", unità che permette di rendere confrontabili gli effetti dei diversi gas, tenendo conto della loro diversa azione di riscaldamento e della loro capacità di persistere in atmosfera. La normalizzazione avviene moltiplicando la massa delle emissioni dei diversi GHG per uno specifico indice denominato potenziale di riscaldamento globale, il GWP - *Global Warming Potential*, che varia in funzione dell'arco temporale e del gas serra considerato. In conformità alla ISO/TS 14067, deve essere utilizzato il GWP calcolato su un periodo di 100 anni (arco temporale tradizionalmente utilizzato sia negli inventari nazionali delle emissioni ai fini del Protocollo di Kyoto, sia negli studi di LCA).

Nella tabella successiva sono indicati i GWP per un periodo di 100 anni per i principali gas ad effetto serra: i dati più recenti pubblicati nel quinto rapporto di valutazione (AR5) dell'IPCC nel 2013 (Myhre et al., 2013).

Tabella 13-1: Potenziale di riscaldamento globale per un periodo di 100 anni (GWP100) dei principali gas ad effetto (Myhre et al., 2013)

Gas serra	GWP 100 anni
CO ₂	1
CH ₄ fossile	30
N ₂ O	265

Confronto della presente linea guida con:

- ISO 14044 e ISO/TS 14067: conforme.
- International EPD System: coerente. La coerenza del metodo di caratterizzazione IPCC (2013) è valida solo per valutazioni CFP definite dal programma come *Single-issue EPDs*.

13.1. COMPENSAZIONE DELLE EMISSIONI

Le compensazioni (*carbon offsetting*) sono fuori dal campo di applicazione della ISO/TS 14067 e delle presenti linee guida: non devono quindi essere incluse nella valutazione (cioè sottratte al risultato di CFP), ma possono essere comunicate separatamente come "ulteriori informazioni ambientali".

Confronto della presente linea guida con:

- ISO 14044 e ISO/TS 14067: conforme.
- International EPD System: conforme.

14. REPORTISTICA DEI RISULTATI DELLA VALUTAZIONE

In coerenza con la ISO/TS 14067 il documento di valutazione dell'impronta climatica dei prodotti deve includere una serie di punti di seguito indicati:

- unità funzionale;
- confini del sistema (includendo i flussi elementari in ingresso ed in uscita e le decisioni relative al trattamento delle unità di processo);
- regola di *cut-off* adottata ed i *cut-off* effettuati;
- approccio adottato per la multifunzionalità di processi e prodotti;
- periodo temporale correlato alle informazioni, se applicabile;

P.zza L. da Vinci, 32 – 20133 Milano – Italia

- descrizione dei dati (decisioni, dettagli e valutazione della qualità);
- assunzioni effettuate;
- risultati dell'interpretazione dei risultati (includendo conclusioni e limitazioni);
- informativa e giustificazione delle decisioni intraprese nella valutazione CFP.

Gli specifici flussi di gas serra trattati nei precedenti paragrafi devono essere riportati separatamente nel documento di valutazione della prestazione climatica del servizio offerto, seguendo il presente elenco puntato:

- le emissioni e rimozioni nelle principali fasi del ciclo di vita dei prodotti oggetto di analisi, includendo il contributo assoluto e relativo di ogni singola fase;
- le emissioni e rimozioni provenienti da fonti o assorbimenti di carbonio fossile;
- le emissioni e rimozioni provenienti da fonti o assorbimenti di carbonio biogenico;
- le emissioni che si verificano a seguito del cambiamento diretto di uso del suolo (dLUC), quando significative;
- le emissioni da trasporto aereo;
- le emissioni e le rimozioni di GHG a seguito del cambiamento di uso del suolo indiretto (iLUC), se calcolate.

In Tabella 14-1 sono illustrati schematicamente i requisiti relativi agli specifici flussi di gas serra che possono essere inclusi o esclusi nella valutazione CFP e nel documento di valutazione della prestazione climatica del prodotto di analisi. La tabella è tratta dalla ISO/TS 14067, alla quale si rimanda per approfondimenti in merito alla reportistica delle parti non ritenute obbligatorie dallo stesso documento.

Tabella 14-1: Illustrazione di quali specifici flussi di gas serra possono essere inclusi o esclusi nella valutazione CFP e nel CFP *study report* (ISO, 2013)

Specifiche emissioni e rimozioni di GHG	Valutazione CFP		Reportistica nel CFP <i>study report</i>	
	Devono essere incluse nel risultato della CFP	Dovrebbero essere considerate	Devono essere riportate separatamente nel CFP <i>study report</i>	Devono essere riportate separatamente nel CFP <i>study report</i> , se calcolate
Emissioni e rimozioni di GHG provenienti da fonti e assorbimenti fossili e biogeniche	X		X	
Emissioni e rimozioni di GHG che si verificano a seguito di dLUC	X		X	
Emissioni e rimozioni di GHG che si verificano a seguito di iLUC		X		X
Emissioni da trasporto aereo	X		X	

Come richiesto anche dalla PAS 2050:2011 (BSI, 2011), nell'ambito della presente linea guida si specifica che non si dovrebbe tenere conto di forzanti radiative diverse da CO₂, CH₄, N₂O legate al consumo di combustibile. Se sono contabilizzati anche i contributi legati a forzanti radiative aggiuntive, le emissioni relative devono essere documentate separatamente e comunque non incluse nel risultato di CFP.

RINGRAZIAMENTI

Il presente documento è stato redatto all'interno della convenzione "del 24 marzo 2014 per l'attuazione delle metodologie di calcolo dell'impronta di carbonio e di compensazione delle emissioni di CO₂ di EXPO 2015" tra il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare – Direzione per lo Sviluppo Sostenibile, per il Danno Ambientale e per i Rapporti con l'Unione Europea e gli Organismi Internazionali e il Politecnico di Milano – Dipartimento di Energia.

GLOSSARIO ED ABBREVIAZIONI

ALLOCAZIONE: Ripartizione dei flussi in ingresso o in uscita di un processo unitario o di un sistema di prodotto tra il sistema di prodotto allo studio e uno o diversi altri sistemi di prodotto (ISO, 2006a);

BSI (*British Standards Institution*): Acronimo dell'ente di normazione britannico;

CC&S (*CO₂ Capture and Storage*): Acronimo con cui è identificata la cattura e lo stoccaggio della CO₂;

CFP (*Carbon Footprint of Product*): Impronta climatica (o impronta di carbonio) di prodotto, misura le emissioni totali di gas effetto serra nel ciclo di vita di un prodotto (bene o servizio);

CFP study report: termine definito nella ISO/TS 14067 per il documento di valutazione della prestazione climatica del prodotto di analisi.

CICLO DI VITA: Fasi consecutive e interconnesse di un sistema di prodotto, dall'acquisizione delle materie prime o dalla generazione delle risorse naturali, fino allo smaltimento finale (ISO, 2006c);

CONFINE DEL SISTEMA: Insieme di criteri che specifica quali processi unitari fanno parte di un sistema di prodotto (ISO, 2006a);

CONTROLLO OPERATIVO: Un'organizzazione ha il controllo operativo di un'operazione se essa, o una delle sue filiali, ha la piena autorità, a livello operativo, di introdurre ed attuare le proprie politiche e strategie operative;

CO-PRODOTTO: Uno qualsiasi di due o più prodotti che derivano dal medesimo processo unitario o sistema di prodotto;

CRITERI DI ESCLUSIONE- REGOLE DI CUT OFF: Specifica della quantità di materiale o del flusso di energia o del livello di significato ambientale associato al processo unitario o al sistema di prodotto da escludere dallo studio (ISO, 2006a);

DEFRA (*Department for Environment Food & Rural Affairs Gov. UK.*): Acronimo con cui è identificato il Dipartimento per l'ambiente, l'alimentazione e gli affari rurali del Governo del Regno Unito di Gran Bretagna;

DENG: Acronimo con cui è identificato il Dipartimento di Energia del Politecnico di Milano;

DICI (*Direct Injection Compression Ignition engine*): Acronimo con cui sono identificati i motori ad iniezione diretta ed accensione spontanea;

DISI (*Direct Injection Spark Ignition engine*): Acronimo con cui sono identificati i motori ad iniezione diretta ed accensione comandata;

DPF (*Diesel Particle Filter*): Acronimo con cui è identificato il filtro antiparticolato;

ECOINVENT: Centre for Life Cycle Inventories, un centro congiunto di ricerca di ETH Zurich, EPF Lausanne, Paul Scherrer Institute (PSI), Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research (Empa) e Swiss Federal Research Station Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART);

EEA (*European Environment Agency*): Acronimo con cui è identificata l'Agenzia Europea dell'Ambiente;

ELCD (*European reference Life Cycle Database*): Acronimo con cui è identificata la banca dati Europea. Il focus è di fornire liberamente i dati di fondo utili per studi LCA un contesto di mercato europeo;

EPA (*Environmental Protection Agency*): Acronimo con cui è identificata l'agenzia per la tutela dell'ambiente degli Stati Uniti d'America;

FLUSSO ELEMENTARE: Materiale o energia che entra nel sistema allo studio, prelevati dall'ambiente senza alcuna preventiva trasformazione operata dall'uomo (ISO, 2006a);

FLUSSO IN INGRESSO: Flusso di prodotti, materiale o energia che entra in un'unità di processo. I prodotti e i materiali comprendono materie prime, prodotti intermedi e coprodotti (ISO, 2006a);

P.zza L. da Vinci, 32 – 20133 Milano – Italia

FLUSSO IN USCITA: Prodotto, materiale o flusso di energia che lascia un'unità di processo. I prodotti e i materiali comprendono le materie prime, prodotti intermedi, i coprodotti e le emissioni (ISO, 2006a);

GHG (Greenhouse Gas): Acronimo con cui sono identificati i gas serra;

GPP (Green Public Procurement): Acronimo con cui sono identificati gli acquisti verdi. Procedure di acquisto della Pubblica Amministrazione con integrazioni di carattere ambientale;

GWP (Global Warming Potential): Contributo all'effetto serra dato da una emissione gassosa in atmosfera in un determinato arco di tempo;

ICAO (International Civil Aviation Organization): Acronimo con cui è identificata l'organizzazione internazionale dell'aviazione civile;

ICE (Internal Combustion Engine): Acronimo con cui sono identificati i motori a combustione interna;

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change): Gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico formato nel 1988 da due organismi delle Nazioni Unite: l'Organizzazione meteorologica mondiale (WMO) ed il Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente (UNEP) allo scopo di studiare il riscaldamento globale e i suoi effetti;

ISO (International Organization for Standardization): Organizzazione a livello mondiale per la definizione di norme tecniche, adottate su base volontaria e riconosciute a livello internazionale;

LCA (Life Cycle Assessment): Analisi di un sistema attraverso tutto il ciclo di vita degli elementi in ingresso e in uscita, nonché i potenziali impatti ambientali, di un sistema di prodotto;

LTO: Acronimo con cui si intende il ciclo di landing and take-off per il trasporto aereo;

LUC (Land Use Change): Acronimo con cui è identificato il cambiamento di uso del suolo;

MERCE: Ogni bene materiale, naturale o fabbricato dalla tecnica, destinato a soddisfare i bisogni umani e che è oggetto di commercio destinato allo scambio (Treccani, 2015);

ORGANIZZAZIONE: Gruppo, società, azienda, impresa, ente o istituzione, ovvero loro parti o combinazioni, in forma associata o meno, pubblica o privata, che abbia una propria struttura funzionale e amministrativa (ISO, 2012);

LAVORATORE: chi esercita una professione o un mestiere presso l'evento;

PROCESSO: Insieme di attività correlate o interagenti che trasformano elementi in ingresso in elementi in uscita (ISO, 2006a);

PISI (Port Injection Spark Ignition engine): Acronimo con cui sono identificati i motori ad iniezione indiretta ed accensione comandata;

PROCESSO UNITARIO: L'elemento più piccolo considerato nell'analisi dell'inventario del ciclo di vita, per il quale sono quantificati i dati in ingresso e in uscita (ISO, 2006a);

PRODOTTO: Qualsiasi bene o servizio (ISO, 2006a);

PRODOTTO INTERMEDIO: Elemento in uscita da un processo unitario che costituisce l'elemento in ingresso di altre unità di processo richiedenti ulteriore trasformazione nel sistema (ISO, 2006a);

REE (Rapeseed Ethyl Ester): Acronimo con cui è identificato il biodiesel prodotto da olio di colza;

RIFIUTO: Sostanze o oggetti di cui il detentore si disfi o abbia l'intenzione o l'obbligo di disfarsi (ISO, 2006a);

RME (Rapeseed Methyl Ester): Acronimo con cui è identificato il biodiesel prodotto da olio di colza;

SISTEMA PRODOTTO: Insieme di processi unitari con flussi elementari e di prodotti, che espleta una o più funzioni definite e modella il ciclo di vita di un prodotto (ISO, 2006d);

UNITÀ FUNZIONALE: Unità di riferimento utilizzata per quantificare la prestazione di un sistema di prodotto;

VISITATORE: Chi visita, chi si reca a visitare per motivi vari (Treccani, 2015), di piacere o lavorativi l'evento;

VEICOLO: Nome generico di mezzo guidato dall'uomo (o anche teleguidato) adibito al trasporto di persone, animali o merci (Treccani, 2015);

WTT (Well To Tank): Acronimo con cui sono identificate le emissioni generate per rendere disponibile un carburante dall'estrazione della fonte primaria fino al rifornimento del serbatoio del veicolo.

BIBLIOGRAFIA E FONTI INFORMATIVE

- ARPA Lombardia, 2012. INEMAR.
- Automobile Club d'Italia, 2014. Autoritratto 2014.
- Baba, Y., Ishitani, H., 2003. Well to wheel efficiency of advanced technology vehicles in Japanese conditions, in: Electric Vehicle Symposium, Long Beach, CA.
- Baldo, G.L., Marino, M., Rossi, S., 2008. Analisi del Ciclo di Vita LCA. Gli strumenti per la progettazione sostenibile di materiali, prodotti e processi. Edizioni Ambiente.
- Bombardier Aerospace, 2015. UN CPC 49623: Passenger commercial aeroplanes. Version 1.0.
- Borken-Kleefeld, J., Weidema, B.P., 2013. Global default data for freight transport per product group. Int. J. Life Cycle Assess.
- BSI, 2011. PAS 2050: Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services.
- Cappiello, A., Chabini, I., Nam, E., 2002. A statistical model of vehicle emissions and fuel consumption., in: The IEEE 5th International Conference on Intelligent Transportation Systems. pp. 801–809.
- Chester, M. V, Horvath, A., 2009. Environmental assessment of passenger transportation should include infrastructure and supply chains. Environ. Res. Lett. 4, 024008. doi:10.1088/1748-9326/4/2/024008
- Choudhury, R., Wurster, R., Weber, T., Schindler, J., Weindorf, W., Miller, M., Brinkman, N., Armstrong, A., Rikeard, D., Jersey, G., Kerby, M., Kheshgi, H., Robbins, J., Cadu, J., Le Breton, D., Dautrebande, O., 2002. Well-to-wheel analysis of energy use and greenhouse gas emissions of advanced fuel/ vehicle systems - a European Study. Gen. Mot. Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH.
- Commissione europea, 2013a. Single Market for Green Products Initiative [WWW Document]. URL <http://ec.europa.eu/environment/eusd/smgp/> (accessed 9.1.15).
- Commissione europea, 2013b. Raccomandazione della Commissione del 9 aprile 2013 relativa a relativa all'uso di metodologie comuni per misurare e comunicare le prestazioni ambientali nel corso del ciclo di vita dei prodotti e delle organizzazioni.
- Commissione europea, 2012. EUROSTAT [WWW Document]. URL <http://ec.europa.eu/eurostat/> (accessed 9.1.15).
- Commissione europea, 2010. Product Carbon Footprint – A study on methodologies and initiatives.
- DeAngelo, B., Beach, R.H., Rose, S., Salas, W., Li, C., 2006. International agriculture: estimates of non-CO2 and soil carbon marginal mitigation costs. Clapp, C. (Ed.). EPA Report, 430–R–06–005.
- DEFRA, 2015. Guidelines to Defra / DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting [WWW Document]. URL <https://www.gov.uk/government/organisations/department-for-environment-food-rural-affairs> (accessed 5.20.09).
- Di Franco, N., Landolfo, P.G., Marciani, L., 2006. Nuova filiera per la valorizzazione della carta da macero. Analisi tecnico-economica di una nuova filiera per la produzione di pasta disinchiostata 1–9.
- Dominutti, G., 2015. Progettazione e gestione del turismo culturale. Metodologia della ricerca sociale. Udine.
- Ecoinvent, 2014. Dataset di Ecoinvent [WWW Document]. URL <http://www.ecoinvent.org/> (accessed 3.1.16).
- Edwards, R., Hass, H., Larivé, J.F., Lonza, L., Maas, H., Rikeard, D., 2014. WELL-TO-WHEELS Report Version 4. Ispra (VA). doi:10.2790/95533
- Edwards, R., Larivé, J.-F., Mahieu, V., Rouveiolles, P., 2007. Well-to-wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context: Well-to- Tank Report. CONCAWE/EUCAR/JRC Version 2c.
- EEA, 2013. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013.
- EPA, 2015. Technology Transfer Network Clearinghouse for Inventories & Emissions Factors [WWW Document]. URL <http://www.epa.gov/ttn/chief/index.html> (accessed 5.20.09).
- Farrell, A.E., Plevin, R.J., Turner, B.T., Jones, A.D., O'Hare, M., Kammen, D.M., 2006. Ethanol can contribute to energy and environmental goals. Science (80-.). 311, 506–508. doi:10.1126/science.311.5781.1743b
- International EPD® System, 2015. General Programme Instruction for the International EPD® System.

- IPCC, 2014. IPCC, 2014: Summary for Policymakers, In: *Climate Change 2014, Mitigation of Climate Change* [O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, (eds.)], Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC, 2006. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme [WWW Document]. URL <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/main.php> (accessed 5.20.09).
- ISO, 2015. ISO 14001: 2015 Sistemi di Gestione Ambientale – Requisiti e guide per l’uso.
- ISO, 2013. ISO/TS 14067: Greenhouse gases -- Carbon footprint of products -- Requirements and guidelines for quantification and communication. Geneva, Switzerland.
- ISO, 2012. ISO 14064-1 Gas ad effetto serra Parte 1: Specifiche e guida, al livello dell’organizzazione, per la quantificazione e la rendicontazione delle emissioni di gas ad effetto serra e della loro rimozione.
- ISO, 2006a. ISO 14040: 2006 Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento.
- ISO, 2006b. ISO 14044 International Standard. In: *Environmental management—life cycle assessment—requirements and guidelines*. Geneva, Switzerland.
- ISO, 2006c. ISO 14025: 2006 Etichette e dichiarazioni ambientali - Dichiarazioni ambientali di Tipo III - Principi e procedure.
- ISO, 2006d. ISO 14044: Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Requisiti e linee guida, Environmental Management.
- ISPRA, 2015. Rapporto rifiuti.
- ISPRA, 2010. Trasporto su strada. Inventario nazionale delle emissioni e disaggregazione provinciale.
- Joint Research Centre, 2015. ELCD (European reference Life Cycle Database) [WWW Document]. URL <http://eplca.jrc.ec.europa.eu/ELCD3/> (accessed 5.20.09).
- Kemppainen, A.J., Shonnard, D.R., 2005. Comparative life-cycle assessments for biomass-to-ethanol production from different regional feedstocks. *Biotechnol. Prog.* 21, 1075–1084. doi:10.1021/bp049548q
- Linköping University, Banverket University, Linköping University, 2009. Interurban railway transport services of passengers UN CPC 6421, Railway transport services of freight UN CPC 6512 and Railways UN CPC 53212, International EPD System.
- MacLean, H.L., Lave, L.B., 2003. Evaluating automobile fuel/propulsion system technologies. *Prog. Energy Combust. Sci.* 29, 1–69. doi:10.1016/S0360-1285(02)00032-1
- Macroscopio S.p.A, 2005. Passenger vehicles.
- McKinnon, a. C., Piecyk, M.I., 2009. Measurement of CO2 emissions from road freight transport: A review of UK experience. *Energy Policy* 37, 3733–3742. doi:10.1016/j.enpol.2009.07.007
- Metropolitana Milanese SpA, 2011. SIA - STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE DI EXPO MILANO 2015.
- Mizuho, 2004. Well-to-Wheel Analysis of Greenhouse Gas Emissions of Automotive Fuels in the Japanese Context - Well-to-Tank Report. Mizuho Inf. Res. Inst.
- Myhre, G., Shindell, D., Bréon, F.-M., Collins, W., Fuglestedt, J., Huang, J., Koch, D., Lamarque, J.-F., Lee, D., Mendoza, B., Nakajima, T., Robock, A., Stephens, G., Takemura, T., Zhan, H., 2013. 2013: Anthropogenic and Natural Radiative Forcing, *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. doi:10.1017/CBO9781107415324.018
- PE International, 2015. Gabi [WWW Document]. URL <http://www.gabi-software.com/contact/> (accessed 10.1.15).
- Pernigotti, D., 2013. La carbon footprint alla luce della nuova norma UNI ISO/TS 14067. Edizioni Ambiente.
- PRé Consultants, 2015. SimaPro 8.1.
- Quantis, 2012. Lausanne International Horse Show [WWW Document]. Quantis Case Stud. URL <http://www.quantis-intl.com/files/6614/0294/7924/Quantis-Casestudy-LIHSLCA-EN-05.2012.pdf> (accessed 4.1.16).

- Quantis, 2011. The environmental impact of Gymnaestrada [WWW Document]. Quantis Case Stud. URL <http://www.quantis-intl.com/files/4014/0294/7874/Quantis-Casestudy-Gymnaestrada-EN-12.2011.pdf> (accessed 4.1.16).
- Ryan, L., Convery, F., Ferreira, S., 2006. Stimulating the use of biofuels in the European Union: Implications for climate change policy. *Energy Policy* 34, 3184–3194. doi:10.1016/j.enpol.2005.06.010
- SBB, 2002. Umweltbericht 2000/2001. SBB, Bahnumweltzentrum, Bern.
- Schäfer, A., Heywood, J.B., Weiss, M. a., 2006. Future fuel cell and internal combustion engine automobile technologies: A 25-year life cycle and fleet impact assessment. *Energy* 31, 1728–1751. doi:10.1016/j.energy.2005.09.011
- Scora, G., Barth, M., 2006. Comprehensive Modal Emissions Model (CMEM). User guide.
- Spielmann, M., Bauer, C., Dones, R., Tuchs Schmid, M., 2007. Transport Services, Ecoinvent Report.
- Tagliabue, L., 2015. Modellazione di riciclo, riuso e recupero energetico nelle analisi del ciclo di vita dei prodotti: un confronto fra le equazioni disponibili nella normativa tecnica. *Ing. dell’Ambiente* 2, 45–63.
- The Swedish Transport Administration, 2013a. UN CPC 53211: Highways (except elevated highways), streets and roads.
- The Swedish Transport Administration, 2013b. UN CPC 53212 Railways. Version 1.04.
- Treccani, 2015. Vocabolario on line Treccani [WWW Document]. URL <http://www.treccani.it/vocabolario/> (accessed 9.1.15).
- Tuchs Schmid, M., 2011. SBB Ecocalculator 1–15.
- Uherek, E., Halenka, T., Borken-Kleefeld, J., Balkanski, Y., Berntsen, T., Borrego, C., Gauss, M., Hoor, P., Juda-Rezler, K., Lelieveld, J., 2010. Transport impacts on atmosphere and climate: Land transport. *Atmos. Environ.* 44, 4772–4816. doi:10.1016/j.atmosenv.2010.01.002
- Wietschel, M., Hasenauer, U., de Groot, A., 2006. Development of European hydrogen infrastructure scenarios—CO2 reduction potential and infrastructure investment. *Energy Policy* 34, 1284–1298. doi:10.1016/j.enpol.2005.12.019
- Yang, C., McCollum, D., McCarthy, R., Leighty, W., 2009. Meeting an 80% reduction in greenhouse gas emissions from transportation by 2050: A case study in California. *Transp. Res. Part D Transp. Environ.* 14, 147–156. doi:10.1016/j.trd.2008.11.010

ALLEGATI

A. CONTRIBUTO EMISSIONI DIRETTE ED INDIRETTE

In riferimento ai dati riportati al Capitolo 11, in Figura A-1 viene mostrato un confronto tra le emissioni GHG associate allo spostamento di una persona per chilometro percorso utilizzando vari metodi di trasporto (elaborazioni DENG su base dati INEMAR ed Ecoinvent 3.1 tramite software SimaPro 8.1).

Risulta interessante notare come i fattori di carico del trasporto su strada siano molto significativi, a volte più della tipologia di carburante utilizzato dal mezzo, ad esempio le emissioni di GHG degli autobus passano da circa 110 a circa 30 gCO₂e per pkm variando il fattore di carico da 12,5 a 40. Inoltre, come già sottolineato al paragrafo 10.1, risulta una marcata differenza delle emissioni GHG tra aerei continentali ed intercontinentali causata dalla fase di decollo ed dalle successive operazioni di salita in quota, dove i consumi di carburante sono maggiori con conseguenti consumi medi superiori per i voli di breve durata.

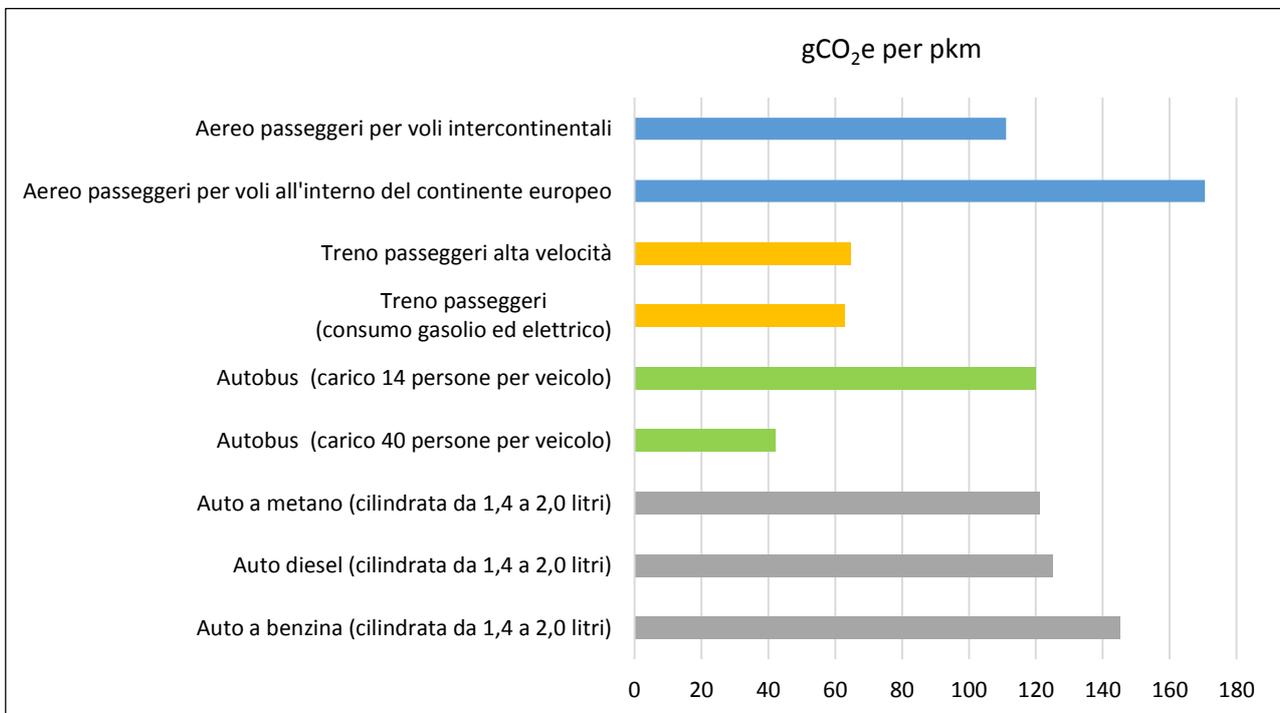


Figura A 1: Emissioni GHG per mezzo di trasporto [gCO₂e per pkm]¹³.

In Figura A-2¹⁴ viene mostrato il contributo percentuale delle singole fasi per diversi metodi di trasporto. Analizzando i dati si nota che le emissioni operative assumono un peso diverso per i vari mezzi di trasporto: per gli aerei circa l'80%, a seguire per gli autobus e le navi transoceaniche (circa il 70%), per le auto il valore è prossimo al 60% ed infine il valore prossimo a zero per auto e treni elettrici¹⁵ (elaborazioni DENG su base dati Ecoinvent (2014) tramite software SimaPro 8.1 (PRé Consultants, 2015)).

¹³ Per le auto è stato assunto un coefficiente di carico pari a 2,5 persone per veicolo in riferimento al paragrafo 11.2.

¹⁴ Il treno passeggeri tradizionale: media tra gli urbani, i regionali ed a lunga distanza alimentati ad elettricità e gasolio. Auto elettrica (compatta): peso auto di circa 900 kg e batteria di 250 kg.

¹⁵ La voce treno passeggeri a lunga percorrenza contiene lo scenario medio italiano in riferimento a treni regionali ed a lunga percorrenza comprendendo sia i treni elettrici che a gasolio.

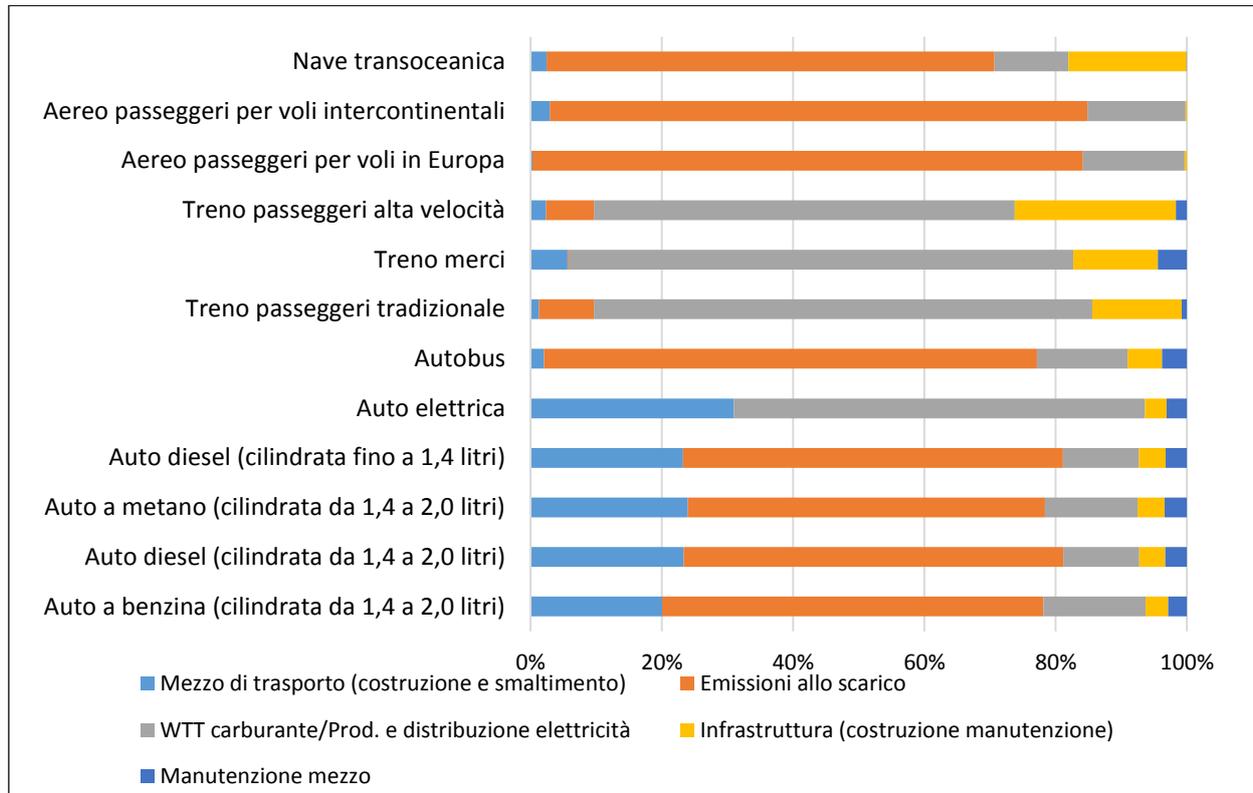


Figura A 2: Contributo percentuale delle emissioni dirette ed indirette.

La mitigazione delle emissioni legate al trasporto delle persone o delle merci può essere attuata in vari modi per esempio: con una buona pianificazione degli spostamenti a livello territoriale, aumentando i coefficienti di carico dei singoli mezzi, utilizzando mezzi con minor richiesta energetica (esempio agendo sull'aerodinamica, sulla massa e sulla resistenza al rotolamento) e/o utilizzando carburanti alternativi in modo da produrre minori emissioni GHG (Uherek et al., 2010; Yang et al., 2009).

Per quanto riguarda l'utilizzo di biocarburanti è importante valutare le emissioni nel ciclo di vita, considerando sia l'impatto legato all'utilizzo di fertilizzanti ed alla loro produzione (emissioni di CO₂ e N₂O) che al cambio di uso del suolo (LUC) sia diretto che indiretto: quest'ultimo (indiretto) non appena una metodologia internazionale condivisa sarà disponibile (Uherek et al., 2010). Così facendo, infatti, effettuando una valutazione LCA i benefici potrebbero diminuire se non annullarsi (Yang et al., 2009). Attualmente secondo i dati di Uherek et al (2010) i biocarburanti più performanti contribuiscono ad un risparmio di circa il 20-30% di emissioni GHG se comparati con le emissioni *well to wheel* dai carburanti derivati dal petrolio.

In Figura A-3 si mostra una panoramica delle emissioni nette relative ai carburanti alternativi tratta da una elaborazione di Uherek et al. (2010) su dati di (Edwards et al., 2007; Farrell et al., 2006; Kemppainen and Shonnard, 2005; MacLean and Lave, 2003; Ryan et al., 2006; Wietschel et al., 2006).

In Figura le lettere in parentesi corrispondono a dati tratti da: (a) Edwards et al. (2007); (b) Farrell et al. (2006); (c) Kemppainen and Shonnard (2005); (d) MacLean and Lave (2003); (e) Ryan et al. (2006); (f) Wietschel et al. (2006); (g) Uherek et al. (2010). Mentre gli acronimi REE, RME e CC&S corrispondono a: biodiesel prodotto da olio di colza (REE - *Rapeseed Ethyl Ester* e RME-*Rapeseed Methyl Ester*); Cattura e stoccaggio della CO₂ (CC&S - *CO₂ Capture and Storage*).

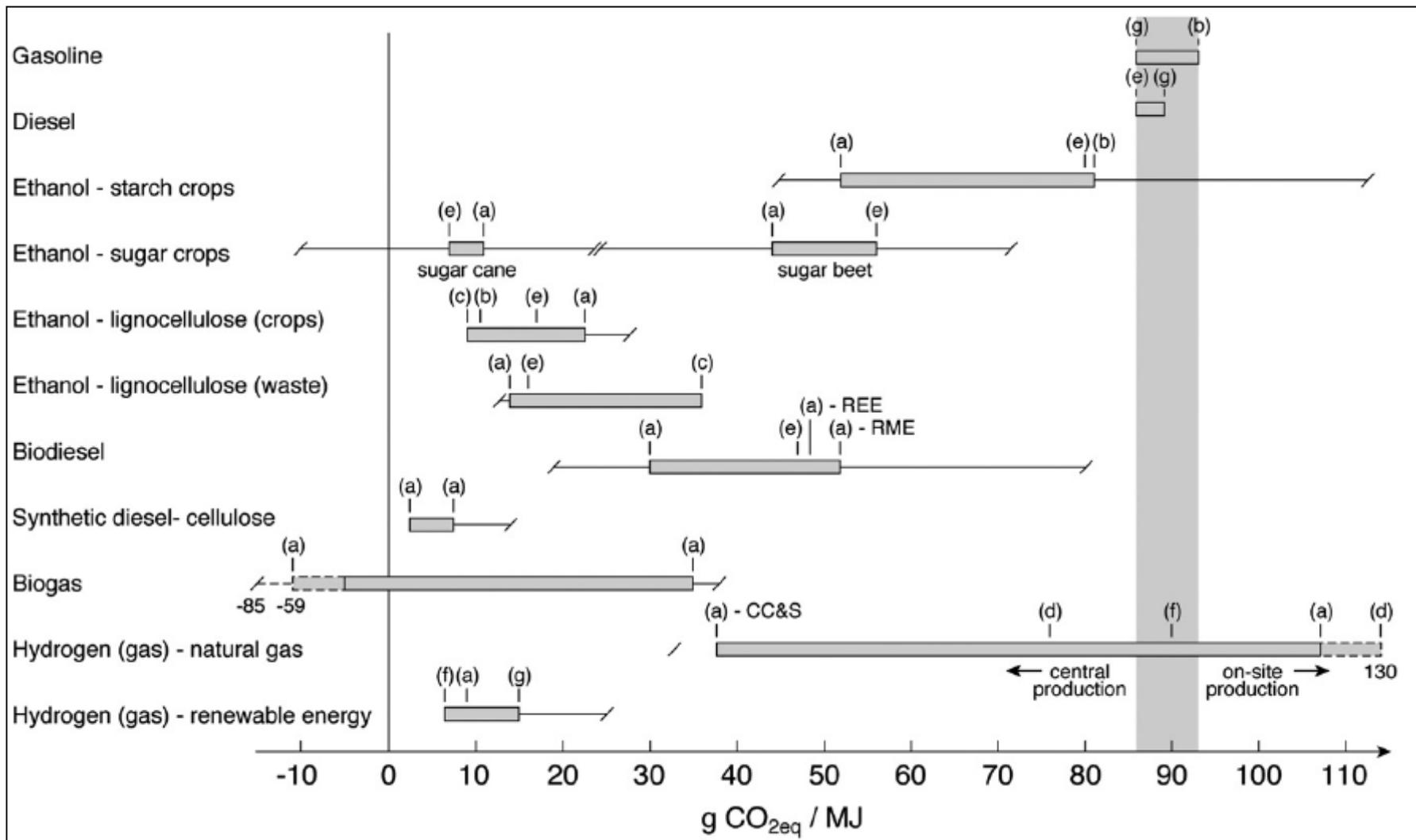


Figura A 3: Panoramica delle emissioni nette relative ai carburanti alternativi (Uherek et al., 2010)

In Figura A-4, elaborata da Uherek et al., (2010) su dati (Baba and Ishitani, 2003; Choudhury et al., 2002; Edwards et al., 2007; Mizuho, 2004; Schäfer et al., 2006), vengono invece confrontati gli impatti delle varie tecnologie di veicoli alternativi, considerando: i processi a monte (produzione materiali, assemblaggio e distribuzione), le emissioni allo scarico, i processi di valle (smaltimento/riciclaggio dei veicoli a fine vita) ed il ciclo di vita dei carburanti (estrazione, trattamento e distribuzione).

Gli studi utilizzati sono condotti in diverse regioni geografiche e su diversi orizzonti temporali in cui la comparabilità dei diversi documenti è limitata dall'incertezza degli stessi dati causata dalle varie assunzioni effettuate dagli autori (es. sui confini del sistema, sui principi di allocazione dei co-prodotti, etc.).

Sempre in figura i processi a monte ed a valle per la costruzione e lo smaltimento dei veicoli sono stati raramente considerati. Tali parametri però sono di fondamentale importanza per la valutazione dei benefici ambientali di propulsori alternativi, combustibili a basso tenore di carbonio e nuovi materiali/forme per la costruzione dei veicoli (Schäfer et al., 2006).

Gli acronimi riportati corrispondono a: (PISI) motori ad iniezione indiretta ed accensione comandata - *port injection spark ignition engine*; (DISI) motori ad iniezione diretta ed accensione comandata - *direct injection spark ignition engine*; (DICI) motori ad iniezione diretta ed accensione spontanea - *direct injection compression ignition engine*; (ICE) motori a combustione interna - *internal combustion engine*; (DPF) filtro antiparticolato - *diesel particle filter*.

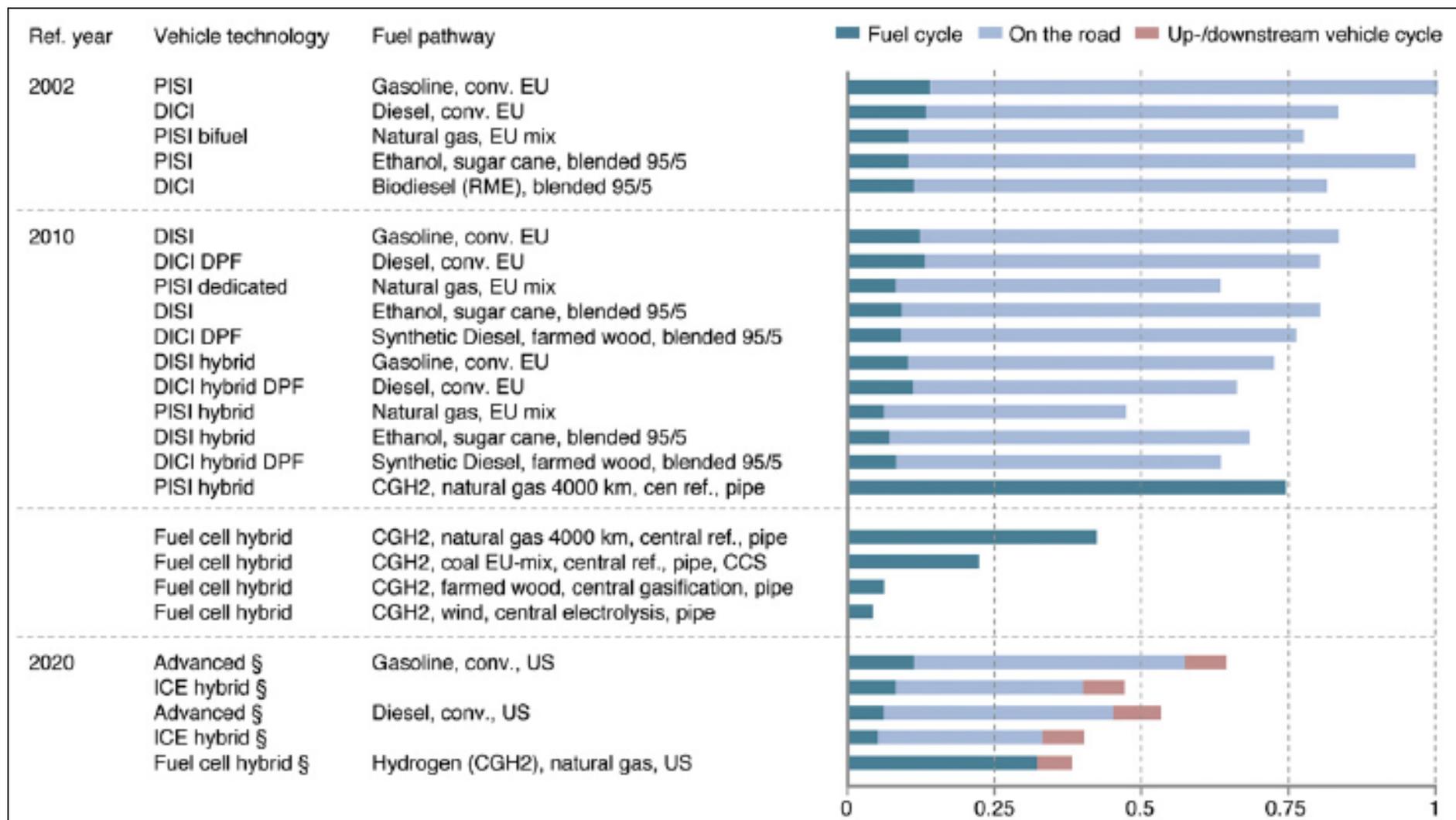


Figura A 4: : Panoramica delle emissioni nel ciclo di vita di tecnologie alternative (veicoli e carburanti) nel loro ciclo di vita (Uherek et al., 2010)

B. DATI TECNICI NECESSARI PER LA VALUTAZIONE DELL'IMPRONTA CLIMATICA

Si riporta una breve lista di dati tecnici minimi necessari per la valutazione dell'impronta climatica.

1. Visitatori

Esempio per i visitatori provenienti dall'Area 3. Scheda di raccolta dati utile anche per i restanti provenienti dall'Area 1 e 2.

Informazioni generali	
Luogo di origine del viaggio	Indirizzo di domicilio o della sede di lavoro in funzione delle motivazioni della visita, personali o lavorative (es. lavorativa: Via Cristoforo Colombo, 44, 00147 Roma).
Visitatori provenienti dall'Area 3	
Frequenza di partecipazione all'evento	N. di partecipazioni all'evento.
Durata del viaggio	Numero di giorni trascorsi in totale: partenza dal luogo di origine, permanenza, ritorno al luogo di origine. Indicando la data di partenza e la data di ritorno.
Permanenza all'evento	Numero di giorni trascorsi presso l'evento (minori o uguali alla durata del viaggio).
Destinazioni del viaggio	Principali destinazioni del viaggio: luogo dell'evento ed ulteriori destinazioni (es. città limitrofe), etc. Riportare in ordine consequenziale le varie destinazioni raggiunte.
Descrizione del viaggio effettuato per raggiungere la prima destinazione in Area 1 e/o 2	Spostamento di lungo raggio, luogo di origine-prima destinazione in Area 1 e/o 2: descrizione del viaggio effettuato per raggiungere la prima destinazione, indicando le tratte ed i vari mezzi utilizzati (es. nel caso la prima destinazione fosse l'evento: da luogo di origine a aeroporto; da aeroporto a luogo di pernottamento). Spostamento a livello locale (es. da luogo di pernottamento-evento): descrizione del viaggio effettuato per raggiungere l'evento indicando le tratte ed i vari mezzi utilizzati (es. da luogo di pernottamento a stazione metropolitana Rho Fiera in metropolitana).
Descrizione del viaggio effettuato per raggiungere le altre destinazioni del viaggio in Area 1 e/o 2	Spostamenti di lungo raggio e spostamenti a livello locale con il grado di dettaglio indicato nelle precedenti caselle.
Descrizione del viaggio dall'ultima destinazione in Area 1 e/o 2 al luogo di origine	Spostamenti di lungo raggio e spostamenti a livello locale con il grado di dettaglio indicato nelle precedenti caselle.
Descrizione dell'autoveicolo (se utilizzato)	Cilindrata ed alimentazione (benzina, diesel, GPL, metano, etc.)
Occupazione dell'autoveicolo (se utilizzato)	Numero di persone a bordo.
Descrizione del veicolo ferroviario (se utilizzato)	Treno ad alta velocità, treno tradizionale con locomotiva elettrica e treno con locomotiva diesel.

P.zza L. da Vinci, 32 – 20133 Milano – Italia

2. Lavoratori

Esempio per i lavoratori provenienti dall'Area 3. Scheda di raccolta dati utile anche per i restanti provenienti dall'Area 1 e 2.

Informazioni generali	
Luogo di origine del viaggio	Indirizzo della sede di lavoro (es. lavorativa: Via Cristoforo Colombo, 44, 00147 Roma).
Lavoratori provenienti dall'Area 3	
Frequenza di partecipazione all'evento	N. di partecipazioni all'evento.
Durata del viaggio	Numero di giorni trascorsi in totale: partenza dal luogo di origine, permanenza, ritorno al luogo di origine. Indicando la data di partenza e la data di ritorno.
Permanenza all'evento	Numero di giorni trascorsi presso l'evento (minori o uguali alla durata del viaggio).
Destinazioni del viaggio	Principali destinazioni del viaggio: luogo dell'evento ed ulteriori destinazioni (es. città limitrofe), etc. Riportare in ordine consequenziale le varie destinazioni raggiunte.
Descrizione del viaggio effettuato per raggiungere la prima destinazione in Area 1 e/o 2	<p>Spostamento di lungo raggio, luogo di origine-prima destinazione in Area 1 e/o 2: descrizione del viaggio effettuato per raggiungere la prima destinazione, indicando le tratte ed i vari mezzi utilizzati (es. nel caso la prima destinazione fosse l'evento: da luogo di origine a aeroporto; da aeroporto a luogo di pernottamento).</p> <p>Spostamento a livello locale, luogo di pernottamento-evento: descrizione del viaggio effettuato per raggiungere l'evento indicando le tratte ed i vari mezzi utilizzati (es. da luogo di pernottamento a stazione metropolitana Rho Fiera in metropolitana).</p>
Descrizione del viaggio effettuato per raggiungere le altre destinazioni del viaggio in Area 1 e/o 2	Spostamenti di lungo raggio e spostamenti a livello locale con il grado di dettaglio indicato nelle precedenti caselle.
Descrizione del viaggio dall'ultima destinazione in Area 1 e/o 2 al luogo di origine	Spostamenti di lungo raggio e spostamenti a livello locale con il grado di dettaglio indicato nelle precedenti caselle.
Descrizione dell'autoveicolo (se utilizzato)	Cilindrata ed alimentazione (benzina, diesel, GPL, metano, etc.).
Occupazione dell'autoveicolo (se utilizzato)	Numero di persone a bordo.
Descrizione del veicolo ferroviario (se utilizzato)	Treno ad alta velocità, treno tradizionale con locomotiva elettrica e treno con locomotiva diesel.

3. Spostamenti effettuati con mezzi di proprietà o noleggiati dalla società organizzatrice dell'evento

Informazioni generali	
Descrizione degli autoveicoli utilizzati	Cilindrata ed alimentazione (benzina, diesel, GPL, metano, etc.).
Consumi	Quantità di carburante consumato nel periodo di riferimento [litri] o chilometri percorsi.

P.zza L. da Vinci, 32 – 20133 Milano – Italia

4. Merci

Informazioni generali	
Tipologia delle merci trasportate	Tipologia delle singole merci trasportate al sito ospitante l'evento, comprensive delle masse totali delle singole merci conferite [t] e dei volumi occupati [m ³].
Descrizione dell'imballaggio utilizzato per il trasporto	Indicare: i materiali utilizzati come imballaggio primario, secondario e terziario delle singole merci; la massa dei singoli imballaggi per quantità di merce [kg t ⁻¹]
Descrizione del viaggio effettuato per raggiungere l'evento	Descrizione del viaggio effettuato per raggiungere l'evento indicando le tratte ed i vari mezzi utilizzati.
Descrizione del mezzo su strada utilizzato per il trasporto (se utilizzato)	Tara ¹⁶ e peso lordo ¹⁷ del mezzo, alimentazione (benzina, diesel, GPL, metano, etc.).
Descrizione del mezzo marittimo utilizzato per il trasporto (se utilizzato)	Chiatte, navi cisterna per acque interne, navi transoceaniche, navi cisterna transoceaniche, etc.

¹⁶ Tara: peso del mezzo a carico vuoto.

¹⁷ Peso lordo: peso a carico pieno del mezzo (tara più peso netto).

C. REGOLE PER IL CAMPIONAMENTO DEI VISITATORI, LAVORATORI e FORNITORI DI MERCI

I grandi eventi sono caratterizzati dall'elevato numero di lavoratori, visitatori e fornitori di merci. La costruzione del campione può avvenire in modo probabilistico e non (Dominutti, 2015) a seconda che il campionamento riguardi visitatori, lavoratori o merci.

Nel campionamento probabilistico è nota a priori la probabilità di selezione degli elementi, ovvero deve essere nota la lista di campionamento¹⁸ e le interviste devono essere effettuate in modo del tutto casuale senza favorire individui o organizzazioni. Nel campionamento non probabilistico, invece, la probabilità di estrazione di ogni soggetto non è nota, consentendo di approfittare di coloro che si rendono disponibili ad essere intervistati permettendo, quindi, di risparmiare soldi e tempo nell'indagine. L'utilizzo del campione probabilistico, anche se più accurato rispetto al non probabilistico, comporta un problema nella costruzione del campione in quanto non è sempre possibile conoscere la probabilità di selezione degli elementi (es. il numero effettivo di visitatori).

Dei vari metodi possibili classificati tra probabilistici e non se ne raccomandano tre (due probabilistici e uno non probabilistico) a seconda del *budget* disponibile e dei tempi di realizzazione dell'indagine:

- campionamento probabilistico casuale;
- campionamento probabilistico casuale stratificato;
- campionamento non probabilistico o ragionato per quote.

Il metodo di campionamento adottato deve essere dichiarato nel CFP *study report*, indicando le motivazioni della scelta e la dimensione del campione analizzato. Il campione dovrebbe essere intervistato in base alle indicazioni minime riportate in Allegato B.

1) Campionamento probabilistico casuale

Nel caso in cui sia presente una popolazione con un ampio numero di elementi anche con caratteristiche diverse tra loro, cui non è possibile raggruppare, risulta appropriato il metodo "campionamento probabilistico casuale".

Come precedentemente indicato è necessario conoscere la probabilità di selezione degli elementi. Per esempio, scegliendo un campione di 1.000 visitatori su una popolazione di 10.000 soggetti la probabilità di selezione del primo è pari a $\frac{1}{10.000}$, mentre la probabilità di selezione del 1.000 è pari a $\frac{1}{9.001}$.

2) Campionamento probabilistico casuale stratificato

Da utilizzare nelle situazioni in cui vi è una significativa variabilità delle caratteristiche della popolazione da analizzare, in cui vi sia la possibilità di costruire un numero determinato di classi o strati aventi caratteristiche simili in termini di influenza sul risultato finale (es. per i visitatori e lavoratori il luogo di origine: Area 1-2 o 3, come indicato al paragrafo 4.1).

In prima analisi si devono identificare dei sottogruppi rappresentativi e successivamente per ciascun sottogruppo si devono definire il numero di persone/organizzazioni da intervistare, in modo proporzionale alla grandezza del sottogruppo stesso. Le interviste devono essere effettuate in modo del tutto casuale.

¹⁸ Lista che contiene tutti i membri della popolazione (es. il numero effettivo di visitatori), i quali devono comparirvi una sola volta.

ESEMPIO DI CAMPIONAMENTO

Supponiamo che ad un evento partecipino 200.000 visitatori ed il numero di visitatori da analizzare sia pari alla radice quadrata della popolazione ($\sqrt{200.000}$), per un totale 447.

Il campionamento viene quindi effettuato tra 447 visitatori, considerando il luogo di origine. Si suddividono i visitatori in tre gruppi sulla base della provenienza, ottenendo i raggruppamenti indicati in Tabella C-1:

Tabella C 1: Raggruppamenti sulla base della provenienza dei visitatori

Provenienza	N. Visitatori	% sul totale	Campionamento
Area 1	110.000	55	246
Area 2	70.000	35	156
Area 3	20.000	10	45
Totale		100	447

3) Campionamento non probabilistico per quote

Il campionamento per quote è simile al campionamento casuale stratificato, l'unica differenza risiede nella scelta degli elementi da intervistare. In questo caso la scelta non è casuale, ma può essere effettuata in modo casuale non conoscendo a priori la probabilità di selezione (es. intervistando le prime persone che partecipano all'evento). L'accuratezza dell'indagine in questo caso è molto scarsa ma permette di risparmiare tempo e denaro.

D. ALLOCAZIONE PROPOSTA DALLA ISO/TS 14067 PER I MATERIALI DESTINATI AL RICICLAGGIO

Di seguito le formule proposte dalla specifica tecnica ISO/TS 14067 (ISO, 2013) in merito alle procedure di allocazione dei materiali riciclati, utili per modellizzare l'impatto climatico delle distanze percorse dei mezzi per il riciclaggio e riutilizzo dei materiali.

Caso 1: closed loop

Il riciclaggio ad anello chiuso si riferisce a quelle situazioni in cui il materiale generato viene riutilizzato all'interno del medesimo sistema produttivo (sistema produttivo ad anello chiuso), ma può essere applicato anche "ai sistemi produttivi ad anello aperto" in cui il materiale generato non mostri cambiamenti di proprietà rispetto alla materia prima vergine.

$$E_M = E_V + E_{EOL} - R \cdot E_V \quad \text{Equazione D 1}$$

Dove:

- E_M , emissioni connesse al trasporto nel ciclo di vita della merce, partendo dal sito di estrazione delle materie prime fino al trasporto al sito in cui si attuano le operazioni di fine vita, [kgCO₂e];
- E_V , emissioni specifiche per le operazioni di trasporto legato all'acquisizione del materiale vergine in *input*, trattamento ed utilizzo della merce (*cradle-to-use gate*), [kgCO₂e];
- E_{EOL} , emissioni specifiche legate al trasporto al sito in cui si attuano le operazioni di fine vita, [kgCO₂e];
- R , frazione del materiale nel prodotto che verrà riciclato (o riutilizzato) nel sistema produttivo successivo, [%].

Caso 2: open loop

P.zza L. da Vinci, 32 – 20133 Milano – Italia

Il riciclaggio ad anello aperto si riferisce a quelle situazioni in cui il materiale viene riutilizzato in sistemi produttivi esterni al sistema produttivo che lo ha generato, subendo un cambiamento delle sue proprietà intrinseche. Ovvero il materiale riciclato, rispetto al primario, ha un valore di mercato minore (es. a causa di impurità generate nella fase di riciclaggio) che rendono necessario un pre-trattamento e/o un utilizzo per produrre un prodotto diverso da quello da cui deriva.

$$E_M = C \cdot E_{PP} + (1 - C) \cdot E_V + E_{EOL} + (C - R) \cdot A \cdot E_V \quad \text{Equazione D 2}$$

Dove:

- E_{PP} , emissioni specifiche legate al trasporto al sito in cui si attuano le operazioni di acquisizione e pretrattamento (*cradle-to-gate*) della frazione del materiale riciclato (o riutilizzato) in *input* al sistema, [kgCO₂e];
- A , fattore di allocazione basato sul valore economico, detto anche fattore di *downcycling*, che si applica sia ai crediti sia ai debiti ambientali associati al riciclo¹⁹;
- C , frazione del materiale riciclato/riutilizzato in *input* al sistema produttivo analizzato, [%].

Si fa notare che, nell'ipotesi di $A = 1$, $E_{PP} = 0$ e $C=0$, la suddetta formula per l'*open loop* [Eq D-2] coincide con quella data per il *closed loop* [Eq D-1]. L'equazione D-2, quindi, può essere vista come una formula generale, valida sia in caso di *open loop* che di *closed loop*.

La norma specifica poi che l'equazione sopra riportata si applica soltanto nel caso in cui il fattore di allocazione A (pari al rapporto tra la qualità del materiale riciclato (Q_s) e il materiale primario (Q_p)) per il materiale di riciclo in *input* al sistema produttivo analizzato (C) sia identico al fattore di allocazione A per il materiale destinato al riciclo che lascia il sistema produttivo analizzato (R); se così non fosse, la norma indica che la formula necessita di essere estesa usando due diversi fattori di allocazione. Per completezza, si riporta qui una *possibile* "formulazione estesa" dell'equazione precedente:

$$E_M = C \cdot E_{PP} + (1 - C) \cdot E_V + C \cdot \frac{Q_{S,1}}{Q_{P,1}} \cdot E_{V,1} + E_{EOL} - R \cdot \frac{Q_{S,1}}{Q_{P,1}} \cdot E_V \quad \text{Equazione D 3}$$

Dove:

- $E_{V,1}$ emissioni specifiche per le operazioni di trasporto legato l'acquisizione del materiale vergine, pretrattamento ed utilizzo (*cradle-to-use gate*) da cui si è ottenuta la merce C attraverso un processo di tipo *open loop*. Se questa informazione non è disponibile è possibile ipotizzare che $E_{V,1} = E_V$, come se avesse avuto luogo il riciclaggio *closed loop*, [kgCO₂e];
- $Q_{S,1}$ e $Q_{S,2}$ sono la qualità del materiale secondario di C ed R . In genere i valori sono corrispondenti ai prezzi di mercato;

¹⁹ La ISO/TS 14067 indica che A può essere valutato come rapporto tra il prezzo di mercato globale del materiale riciclato (Q_s) e il prezzo di mercato globale del materiale primario (Q_p), tipicamente come media su un periodo di tempo più lungo, ad esempio cinque anni. In questo caso, i prezzi sono utilizzati come *proxy* della qualità dei materiali primario e secondario. Quando questa opzione non può essere applicata perché il prezzo medio globale non esiste o perché tale rapporto è caratterizzato da una variabilità eccessiva, può essere utilizzato come *proxy* il numero degli usi successivi del materiale riciclato (cfr. ISO/TR 14049). Solo quando non è possibile utilizzare una proprietà fisica, il valore economico e il numero degli usi successivi, è possibile adottare come fattore di allocazione il valore arbitrario $A = 0,5$ per qualsiasi materiale analizzato.

P.zza L. da Vinci, 32 – 20133 Milano – Italia

- $Q_{p,1}$ e $Q_{p,2}$ sono la qualità del materiale primario (vergine). In genere i prezzi di mercato della materia prima da cui deriva C e della materia prima sostituita da R, non necessariamente identiche in caso di *open loop*.

VALORI DI DEFAULT PER LE OPERAZIONI DI FINE VITA

In tabella D-1 alcuni valori di *default* per le operazioni di fine vita.

Tabella D 1: Valori di *default* per lo scenario di fine vita

Parametri		Scenario	
Trasporto all'impianto di compostaggio o discarica		Distanza 30km	
Trasporto all'impianto di riciclaggio		Distanza 100km	
% Trattamento		In accordo con i valori ISPRA "Rapporto sui rifiuti urbani" (ISPRA, 2015) o Eurostat (Commissione europea, 2012) ²⁰	
Materiali	Riciclaggio	Incenerimento	Discarica
Cartone per bevande	42%	24,9%	33,1%
Vetro	72,8%	11,5%	15,7%
Plastica mista	35,3%	27,4%	37,3%
HDPE e LDPE	35,3%	27,4%	37,3%
PET	35,3%	27,4%	37,3%
Carta	83,8%	6,9%	9,3%

ESEMPIO DI CALCOLO DELLE EMISSIONI GENERATE NEL CICLO DI VITA DEL TRASPORTO DEL CARTONE

Riprendendo l'esempio riportato al paragrafo 4.2.4, supponiamo che la frutta consumata durante i giorni dell'esposizione sia imballata in casse di cartone ondulato. A titolo di esempio, nella Tabella D-3 che segue è riportato un possibile calcolo relativo al riciclo del cartone nel caso semplificato (che non ha la pretesa di essere rappresentativo di un processo reale) in cui la carta vergine, una volta prodotta, viene recuperata come "carta mista" (cfr. riga n=2 in tabella) per produrre carta riciclata. Questa, a sua volta, viene recuperata come carta da macero da raccolta differenziata (cfr. n=3 in tabella) per produrre nuovamente materiali in carta riciclata, questa volta inviati interamente in discarica (esempio tratto da (Tagliabue, 2015)).

In questo semplice scenario valgono le seguenti ipotesi:

- $Q_p = Q_{p,1} = Q_{p,2}$ = pasta di legno vergine;
- $E_v = E_{v,1} = E_v$ = impatti specifici legati all'estrazione della pasta di legno vergine.

Come si può vedere dai risultati riportati in tabella, applicando più volte la formula [Eq D-3] risulta che l'impatto legato all'acquisizione iniziale della materia prima è assegnato per il 90,5% alla carta vergine, per il 7,9% alla carta riciclata al primo riciclo, e per il restante 1,6% alla carta riciclata al secondo riciclo. La ISO/TS 14067 considera il materiale di recupero come una risorsa, e non come un rifiuto, in cui ricadono parte degli impatti della sua prima vita.

²⁰ Indicati nelle righe seguenti della presente Tabella D-1.

P.zza L. da Vinci, 32 – 20133 Milano – Italia

Tabella D 2: Esempio di applicazione di riciclaggio ad anello aperto]²¹.

n	Materie in input alle cartiere	$Q_{s,1}$ ²²	$Q_{s,2}$ ²³	Q_P	C	R	$Q_{s,1}/Q_P$	$Q_{s,2}/Q_P$	E_M	% E_V (n)
1	Paste di legno vergine: cellulosa gregge soda fibra lunga	442	42	442	0	1	1,00	0,10	$E_V + E_{EOL} - \frac{Q_{s,2}}{Q_P} \cdot E_V$	90,5%
2	Carta da macero di qualità ordinaria: Carte e cartoni misti	42	7	442	1	1	0,10	0,02	$E_{PP} + E_{EOL} + \left(\frac{Q_{s,1}}{Q_P} - \frac{Q_{s,2}}{Q_P} \right) \cdot E_V$	7,9%
3	Carta da macero da raccolta differenziata	7	0	442	1	0	0,02	0,00	$E_{PP} + E_{EOL} + \frac{Q_{s,1}}{Q_P} \cdot E_V$	1,6%
										100%

²¹ $Q_{s,1}$ e $Q_{s,2}$ sono espressi in euro/tonnellata; tutti gli altri termini sono adimensionali.

²² (Di Franco et al., 2006).

²³ Ipotesi: $Q_{s,2}(n) = Q_{s,1}(n+1)$.

E. DATI DI RIFERIMENTO PER IL TRASPORTO DELLE MERCI

Merce	Camion			Via ferroviaria			Navigazione interna			Trasporto marittimo			Tutto il trasporto aereo			Linee di tubazione		
	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km
Leguminose e semi oleosi	70%	270	189	5%	1136	60	4%	967	38	21%	5337	1106						
Cereali in grani	67%	125	84	17%	1165	199	7%	1075	76	9%	9960	899						
Ortaggi, meloni, radici e tuberi	75%	431	324	6%	1811	103	4%	1541	65	15%	5337	790	0,1%	2041	3			
Altre colture annuali	81%	189	152	6%	795	49	4%	676	30	9%	5337	468						
Colture perenni	75%	431	324	6%	1811	103	4%	1541	65	15%	5337	790	0,1%	2041	3			
Bulbi, piante, e semi destinati alla semina	88%	402	355	7%	1690	113	5%	1438	71	0%		0						
Animali vivi	100%	763	762						0	0%		0	0,1%	1967	1			
Tronchi e altro legno grezzo	93%	90	84	2%	829	19			0	4%	5337	228						
Pesci vivi	100%	763	762						0	0%		0	0,1%	1967	1			
Carbone	32%	53	17	50%	1107	558	8%	168	14	9%	8904	843						
Petrolio greggio	0%	365	1	0,1%	365	1	12%	365	42	28%	9582	2644				60%	365	220
Gas naturale	0%		0						0	0%		0				100%	200	200
Minerali di ferro e loro concentrati	24%	233	55	30%	413	123	11%	977	104	36%	10237	3657						
Altri minerali metallici e loro concentrati	30%	470	140	37%	832	312	13%	1972	264	19%	7105	1371						
Pietre, sabbia e ghiaia	91%	36	33	4%	275	12	3%	70	2	1%	5337	72						

Merce	Camion			Via ferroviaria			Navigazione interna			Trasporto marittimo			Tutto il trasporto aereo			Linee di tubazione		
	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km
Fosfato	54%	35	19	6%	259	16	3%	125	4	35%	8211	2905				2%	97	2
Torba	20%	4	1	70%	55	38	10%	9	1									
Sale	77%	208	161	9%	1564	141	4%	755	31	9%	5337	502						
Altri minerali non metallici	76%	161	122	9%	1208	107	4%	583	24	9%	5337	491				2%	451	10
Carne processata e conservata	95%	425	403	0%	2506	11				5%	5337	241	0,1%	2390	2			
Pesce, eccetto il pesce vivo e frutti di mare. Esclusi i preparati.	77%	472	362	0%	2787	10				23%	5337	1219	0,1%	2658	2			
Ortaggi e frutta processati e preparati	87%	510	445	3%	3095	101				10%	5337	510						
Ortaggi e oli animali e grassi	90%	328	297	3%	1991	67				6%	5337	333						
Prodotti lattiero caseari	96%	212	202	4%	1284	46				1%	5337	44						
Fraina di frumento, semole e semolina di grano	94%	201	189	5%	889	47				1%	5337	29	0,1%	1186	1			
Amido e prodotti amidacei	92%	424	389	5%	1880	96				3%	5337	167	0,1%	2507	2			
Prodotti da forno	95%	292	276	5%	1294	68							0,1%	1726	2			
Zucchero	93%	340	315	3%	2064	71				4%	5337	215						

Merce	Camion			Via ferroviaria			Navigazione interna			Trasporto marittimo			Tutto il trasporto aereo			Linee di tubazione		
	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km
Dolciumi, cacao e preparazioni a base di cacao	96%	477	460	4%	2890	104												
Prodotti farinacei (pasta)	95%	292	276	5%	1294	68							0,1%	1726	2			
Altri prodotti alimentari	87%	419	364	4%	2199	82				9%	5337	499	0,1%	2331	1			
Preparati per razioni alimentari	84%	140	118	6%	1129	68	4%	276	10	6%	5337	338						
Alcol ed altre bevande alcoliche	92%	374	345	4%	3991	164				4%	5337	203						
Vino ed altre bevande fermentate	92%	299	275	4%	3188	131				4%	5337	203						
Malto di birra	92%	118	109	4%	1257	52				4%	5337	203						
Bevande non alcoliche	96%	123	119	4%	746	27												
Prodotti del tabacco	85%	100	85							15%	5337	789	1%	1172	6			
Tessuti	80%	410	328							17%	5337	915	3%	1408	41			
Abbigliamento, eccetto tessuti lavorati a maglia e pellicce	80%	703	562							17%	5337	915	3%	2413	70			
Abbigliamento con pelliccia	80%	887	709							17%	5337	915	3%	3044	88			
Abbigliamento con tessuti lavorati a maglia o uncinetto	80%	703	562							17%	5337	915	3%	2413	70			

Merce	Camion			Via ferroviaria			Navigazione interna			Trasporto marittimo			Tutto il trasporto aereo			Linee di tubazione		
	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km
Pelle e articoli da pelletteria, articoli da valigeria	80%	887	709							17%	5337	915	3%	3044	88			
Calzature	80%	804	643							17%	5337	915	3%	2757	80			
Legno lavorato	91%	220	201	5%	2105	116				3%	5337	171						
Fogli da impiallacciatura e di pannelli a base di legno	91%	345	314	5%	3300	181				4%	5337	191						
Porte e finestre fabbricate	91%	221	201	5%	2118	116				4%	5337	191						
Contentori in legno	89%	157	140	5%	1506	81				6%	5337	300						
Altri prodotti in legno	89%	157	140	5%	1506	81				6%	5337	300						
Polpa, giornali, carta e cartone	71%	424	300	20%	1386	272				10%	5337	514	0,1%	687	0,5			
Cartone ondulato ed imballaggi di cartone	71%	424	300	20%	1386	272				10%	5337	514	0,1%	687	0,5			
Articoli di carta o cartone	87%	336	292	3%	1712	43				10%	5337	552	0,3%	1149	4			
Prodotti stampati	95%	400	380										5%	1155	55			
Coke e prodotti derivati dalla raffinazione del petrolio	56%	89	50	9%	409	38	7%	402	28	6%	9350	551				22%	139	30
Prodotti chimici di base	60%	285	171	17%	1474	253	5%	426	20	9%	5337	489				9%	200	18
Fertilizzanti e composti azotati	63%	199	125	18%	1292	233	4%	1123	39	13%	5337	710				2%	200	5

Merce	Camion			Via ferroviaria			Navigazione interna			Trasporto marittimo			Tutto il trasporto aereo			Linee di tubazione		
	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km
Prodotti agrochimici	87%	344	301	6%	1249	72				6%	5337	342	1%	797	4			
Pitture, vernici, inchiostri da stampa e mastici	89%	474	422	6%	1718	101				4%	5337	238	1%	1097	6			
Saponi e detergenti, lucidanti, profumi e prodotti per toletta	88%	477	421	6%	1732	101				5%	5337	292	1%	1106	6			
Altri prodotti chimici	86%	390	334	6%	1417	80				8%	5337	440	0%	905	4			
Fibre sintetiche	75%	434	324	19%	1093	208				6%	5337	313	1%	1066	5			
Prodotti farmaceutici	87%	394	344	0%	0	0				4%	5337	198	9%	670	59			
Articoli in gomma	75%	441	329	19%	1111	211				6%	5337	313	1%	1083	6			
Prodotti plastici	75%	434	324	19%	1093	208				6%	5337	313	1%	1066	5			
Vetro e prodotti in vetro	93%	377	352	3%	3118	80				4%	5337	226						
Prodotti in ceramica	97%	326	318	3%	2697	72												
Cemento, calce e gesso	90%	113	102	2%	936	23				8%	5337	408						
Altri prodotti minerali non metallici	97%	62	60	3%	510	14	0,4%	214	1									
Ferro e acciaio	71%	269	191	19%	906	176	2%	907	19	8%	5337	407	0,1%	1590	1			

Merce	Camion			Via ferroviaria			Navigazione interna			Trasporto marittimo			Tutto il trasporto aereo			Linee di tubazione		
	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km
Metalli di base preziosi ed altri non ferrosi	71%	471	336	20%	1641	321	2%	1643	34	6%	5337	338	1%	1232	7			
Articoli a base di metallo	83%	365	302	6%	1407	89				11%	5337	587						
Componenti elettronici e schede	79%	471	372	1%	2788	18				17%	5337	887	4%	1990	73			
Computer ed unità periferiche	79%	536	424	1%	3176	20				17%	5337	887	4%	2267	83			
Strumenti per la comunicazione	79%	557	441	1%	3303	21				17%	5337	887	4%	2357	86			
Prodotti di intrattenimento elettronici, escluse le singole parti	79%	610	482	1%	3614	23				17%	5337	887	4%	2580	94			
Metri ed altri strumenti	75%	403	302							16%	5337	833	10%	1930	184			
Strumenti ed apparecchi per medicina, odontoiatria e chirurgia	75%	293	219							16%	5337	833	10%	1402	134			
Apparati ed elementi ottici, eccetto fotografici	75%	371	277							16%	5337	833	10%	1775	169			
Supporti preparati per la registrazione o pre-registrazione	79%	720	569	1%	4264	27				17%	5337	887	4%	3043	111			

Merce	Camion			Via ferroviaria			Navigazione interna			Trasporto marittimo			Tutto il trasporto aereo			Linee di tubazione		
	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km
Altri apparecchi elettrici o elettronici	79%	322	255	1%	1909	12				17%	5337	887	4%	1363	50			
Macchinari	85%	333	282	2%	923	16	0,3%	319	1	12%	5337	639	1%	1239	16			
Veicoli a motore	78%	350	273	11%	1028	115	3%	238	7	7%	5337	389	1%	1287	8			
Navi battelli ed altri natanti	76%	657	502	12%	1712	212	3%	238	7	6%	5337	302	3%	1947	49			
Costruzione di locomotive e di materiale rotabile ferro-tranviario	75%	434	326	12%	1131	137	3%	238	7	7%	5337	398	2%	1287	32			
Fabbricazione di aeromobili, e dei relative dispositivi	65%	507	330	11%	1321	139	3%	238	6	20%	5337	1055	2%	1503	32			
Attrezzature di trasporto.	78%	350	273	11%	1028	115	3%	238	7	7%	5337	389	1%	1287	8			
Mobili, materassi, luci e insigne luminose	82%	480	394	2%	558	9	0,1%	279	0,3	14%	5337	736	2%	1718	43			
Gioiellerie a bigiotteria	84%	221	185	1%	1909	12	0,3%	319		13%	5337	718	3%	1345	41			
Giocattoli, giochi ed articoli sportivi	83%	691	573	2%	923	16	3%	238		14%	5337	743	3%	2583	81			
Merci e prodotti diversi	84%	221	185	11%	1028		3%	238		13%	5337	718	3%	1345	41			

P.zza L. da Vinci, 32 – 20133 Milano – Italia

Merce	Camion			Via ferroviaria			Navigazione interna			Trasporto marittimo			Tutto il trasporto aereo			Linee di tubazione		
	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km	Mass. [%]	Dist. media [km]	Kg*km
Rifiuti non pericolosi	100%	77	77															
Materiale recuperato	80%	218	174	14%	710	101	2%	787	18	4%	5337	191						

F. FATTORI DI EMISSIONE PER LA COSTRUZIONE MANUTENZIONE E SMALTIMENTO DI INFRASTRUTTURE E VEICOLI

Trasporto su strada

Tabella F 1: Trasporto su strada (Ecoinvent, 2014)

TRASPORTO SU STRADA			
Voce	FE costruzione	FE manutenzione	Unità di misura
Strada	11,2	-	kg CO ₂ e metro anno ⁻¹
Macchina diesel	6,85	-	Kg CO ₂ e kg ⁻¹
Macchina a benzina o a gas	6,81		
Macchina diesel/benzina/gas	-	1.190	kg CO ₂ e veicolo ⁻¹
Autobus	36.500	16.100	kg CO ₂ e veicolo ⁻¹
Veicoli leggeri	6.960	5.430	kg CO ₂ e veicolo ⁻¹
Camion da 16 tonnellate	24.400	8.650	kg CO ₂ e veicolo ⁻¹
Camion da 28 tonnellate	35.900	13.000	kg CO ₂ e veicolo ⁻¹
Camion da 40 tonnellate	50.900	20.300	kg CO ₂ e veicolo ⁻¹

Trasporto su ferro

Tabella F 2: Trasporto su ferro (Ecoinvent, 2014)

TRASPORTO SU FERRO			
Voce	FE costruzione	FE manutenzione	Unità di misura
Ferrovia	97,8	-	kg CO ₂ e metro anno ⁻¹
Locomotiva	473.000	133.000	kg CO ₂ e veicolo ⁻¹
Vagone merci	7.180	56.000	kg CO ₂ e veicolo ⁻¹
Treno passeggeri a lunga percorrenza	2.410.000	971.000	kg CO ₂ e veicolo ⁻¹
Treno passeggeri regionale	506.000	59.200	kg CO ₂ e veicolo ⁻¹
Ferrovia alta velocità	83,8	-	kg CO ₂ e metro anno ⁻¹
Treno passeggeri ad alta velocità	3.220.000	3.030.000	kg CO ₂ e veicolo ⁻¹
Ferrovia per tram	134	-	kg CO ₂ e metro anno ⁻¹
Tram	84.500	40.100	kg CO ₂ e veicolo ⁻¹

Trasporto aereo

Tabella F 3: Trasporto aereo (Ecoinvent, 2014)

TRASPORTO AEREO			
Voce	FE costruzione	FE manutenzione	Unità di misura
Aeroporto	16.400.000.000	-	kg CO ₂ e aeroporto ⁻¹
Aereo media percorrenza	2.090.000	-	kg CO ₂ e veicolo ⁻¹
Aereo lunga percorrenza	6.730.000	-	kg CO ₂ e veicolo ⁻¹

P.zza L. da Vinci, 32 – 20133 Milano – Italia

Trasporto navale

Tabella F 4: Trasporto navale (Ecoinvent, 2014)

TRASPORTO NAVALE			
Voce	FE costruzione	FE manutenzione	Unità di misura
Canale artificiale	88	-	kg CO ₂ e metro anno ⁻¹
Porto	118.000.000.000	-	kg CO ₂ e porto ⁻¹
Chiatte	1.080.000	258.000	kg CO ₂ e veicolo ⁻¹
Navi cisterna per acque interne	1.300.000		
Navi transoceaniche	18.200.000	391.000	kg CO ₂ e veicolo ⁻¹
Navi cisterna transoceaniche	54.400.000		

G. FATTORI DI EMISSIONE UTILIZZATI PER IL CONFRONTO DEI DATABASE

ECOINVENT 3.1
Transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 4 {GLO} market for Alloc Def, S
Transport, passenger car, medium size, diesel, EURO 4 {GLO} market for Alloc Def, S
Transport, passenger car, medium size, natural gas, EURO 4 {GLO} market for Alloc Def, S
Transport, passenger, motor scooter {GLO} market for Alloc Def, S
Transport, freight, light commercial vehicle {GLO} market for Alloc Def, S
Transport, regular bus {GLO} market for Alloc Def, S
Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO4 {GLO} market for Alloc Def, S
Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO4 {GLO} market for Alloc Def, S
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO4 {GLO} market for Alloc Def, S
Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO4 {GLO} market for Alloc Def, S
Transport, passenger, aircraft {RER} intracontinental Alloc Def, S
Transport, passenger, aircraft {RER} intercontinental Alloc Def, S
Transport, freight, aircraft {RER} intracontinental Alloc Def, S
Transport, freight, aircraft {RER} intercontinental Alloc Def, S
Transport, freight, inland waterways, barge {GLO} market for Alloc Def, S
Transport, freight, inland waterways, barge tanker {GLO} market for Alloc Def, S
Transport, freight, sea, transoceanic ship {GLO} market for Alloc Def, S
Transport, freight, sea, transoceanic tanker {GLO} market for Alloc Def, S
Transport, tram {GLO} market for Alloc Def, S
Transport, trolleybus {GLO} market for Alloc Def, S
Transport, passenger train {CH} urban Alloc Def, S
Transport, passenger train {CH} regional Alloc Def, S
Transport, passenger train {CH} long-distance Alloc Def, S
Transport, freight train {Europe without Switzerland} diesel Alloc Def, S
Transport, passenger train {IT} high-speed Alloc Def, S

ELCD
Small lorry transport, Euro 0, 1, 2, 3, 4 mix, 7,5 t total weight, 3,3 t max payload RER S
Lorry transport, Euro 0, 1, 2, 3, 4 mix, 22 t total weight, 17,3t max payload RER S
Articulated lorry transport, Euro 0, 1, 2, 3, 4 mix, 40 t total weight, 27 t max payload RER S
Plane, technology mix, cargo, 68 t payload RER S
Rail transport, technology mix, electricity driven, cargo RER S
Barge, technology mix, 1.228 t pay load capacity RER S
Container ship ocean, technology mix, 27.500 dwt pay load capacity RER S
Bulk carrier ocean, technology mix, 100.000-200.000 dwt RER S
DEFRA - http://www.ukconversionfactorscarbonsmart.co.uk/
Passenger vehicles - Car (by size) - Average car Petrol
Passenger vehicles - Car (by size) - Average car Diesel
Passenger vehicles - Car (by size) - Average car LPG
Passenger vehicles - Car (by size) - Average car CNG
Passenger vehicles - Motorbike - Average
Delivery vehicles - Vans - Average (up to 3,5 t) - Unknown
WTT pass vehs & travel land - WTT bus - Average local bus
HGV (all diesel) - Rigid (>3,5 - 7,5t)
HGV (all diesel) - Rigid (>7,5 - 17t)
HGV (all diesel) - Rigid (>17t)
HGV (all diesel) - Articulated (>33t)
Business travel air - Flights - Domestic to/from UK - Average passenger
Business travel air - Flights - Long haul to/from UK - Average passenger
Freighting goods - Freight flights - Short haul, to/from UK
Freighting goods - Freight flights - Long haul, to/from UK
Freighting goods - Sea tanker - Chemical tanker -Average
Freighting goods - Cargo ship - Container ship -Average
Freighting goods - Cargo ship - Bulk carrier -Average
WTT pass vehs & travel land - WTT rail - Light rail and tram
WTT pass vehs & travel land - WTT rail - London Underground
WTT pass vehs & travel land - WTT rail - National rail
WTT pass vehs & travel land - WTT rail - International rail
Freighting goods - Rail - Freight train

P.zza L. da Vinci, 32 – 20133 Milano – Italia

ECOTRANSIT - www.ecotransit.org
Camion <3,5 t -Euro 4 - Load factor 40% - ETF 20%
Camion 3,5 -7,5 t -Euro 4 - Load factor 46% -ETF 25%
Camion 7,5-12 t -Euro 4 - Load factor 38% -ETF 25%
Camion 12-20 t -Euro 4 - Load factor 45% -ETF 24%
Camion 20 -26 t -Euro 4 - Load factor 64% -ETF 35%
Camion 26 -40 t -Euro 4 - Load factor 59% -ETF 26%
Average train (1000t) - Load factor 60% - ETF 40%
Hybrid short haul - Load factor 70% - Roma Berlino
Hybrid long haul - Load factor 70% - Roma New York
Sea ship - Aggregate - BC Intracontinental (<35k dwt) - Load factor 57% - Speed reduction 25%
Barge - Inland barge (Euro ship) - Load factor 65%

RIFERIMENTI

Autori del documento:

Jacopo Famiglietti, assegnista di ricerca, Politecnico di Milano, Dipartimento di Energia (DENG),
jacopo.famiglietti@polimi.it

Stefano Caserini, docente di Mitigazione dei Cambiamenti Climatici al Politecnico di Milano, Dipartimento di
Ingegneria e Ambientale (DICA), stefano.caserini@polimi.it