

2018

Inventario delle emissioni di gas serra

Carbon Footprint



Museo del Violino

FONDAZIONE MUSEO DEL VIOLINO
ANTONIO STRADIVARI DI CREMONA

Grazie al supporto di



Premessa	3
Lista degli acronimi.....	4
Sommario	5
1) Progettazione dell’inventario dei GHG.....	6
1.1 La Fondazione Museo del Violino Antonio Stradivari e i confini organizzativi.....	6
1.2 Confini operativi	7
2) Metodologia di quantificazione.....	8
2.1 Perdita di gas refrigeranti.....	8
2.2 Consumi elettrici.....	8
2.3 Perdite di rete.....	10
2.3.1 Consumi elettrici indiretti.....	10
2.3.2 Emissioni di SF ₆	10
2.4 Consumi di calore da rete di teleriscaldamento.....	11
2.5 Consumi di calore indiretti	11
2.6 Viaggi di lavoro	11
2.7 Mobilità casa-lavoro	12
2.8 Vendita di articoli in carta al bookshop.....	12
2.9 Upstream dei combustibili	13
2.10 Potenziali di riscaldamento globale.....	14
2.11 Valutazione dell’incertezza.....	14
3) Risultati.....	16
4) Analisi dell’incertezza	17
Riferimenti.....	18
Allegato 1.....	20
Allegato 2.....	21
Allegato 3.....	22

Premessa

Il presente documento rendiconta le emissioni di gas serra associate alle attività della Fondazione Museo del Violino Antonio Stradivari di Cremona.

I dati utilizzati per la quantificazione delle emissioni fanno riferimento all'anno 2017.

Lo studio è stato svolto in conformità alla norma ISO 14064-1:2006 ed è stato realizzato da AitherCO2 SpA.

Referente dell'organizzazione: Ing. ROBERTO DOMENICHINI

Milano, 02/05/2018

Lista degli acronimi

GHG: Greenhouse gases

GWP: Global Warming Potential

CO₂: Anidride carbonica

CH₄: Metano

N₂O: Protossido di azoto

SF₆: Esafluoruro di zolfo

HFCs: idrofluorocarburi

CO₂e: Anidride carbonica equivalente

WWT: Well-to-Tank

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change

ISO: International Organization for Standardization

IEA: International Energy Agency

Sommario

La raccolta dei dati e il calcolo delle emissioni dei gas serra derivanti dalle attività della Fondazione Museo del Violino Antonio Stradivari sono stati eseguiti in accordo alla norma tecnica internazionale ISO 14064-1:2006 e alle indicazioni fornite dal *GHG Protocol – A Corporate Accounting and Reporting Standard* (WBCSD/WRI, 2004).

Si è tenuto conto delle emissioni di CO₂ e degli altri gas ad effetto serra (GHG) inclusi nel Protocollo di Kyoto e tutte le emissioni sono espresse in tonnellate di CO₂ equivalente utilizzando i fattori di conversione (GWP) più recenti indicati dall'IPCC nel *Fifth Assessment Report*.

L'inventario riflette in modo appropriato le emissioni di gas serra della Fondazione, includendo tutte le fonti rilevanti. Le emissioni di GHG sono rendicontate per ambito, o "Scope", in:

- "Emissioni dirette" (Scope 1), connesse alla perdita di refrigeranti dall'impianto di climatizzazione: le ultime due schede delle attività manutentive non hanno mostrato evidenza di perdite dall'impianto del Museo del Violino, pertanto si considerano emissioni nulle nel corso del 2017;
- "Emissioni indirette energetiche" (Scope 2), relative all'acquisto di energia dalla rete elettrica e di calore dalla rete di teleriscaldamento;
- "Altre emissioni indirette" (Scope 3), dovute a fonti non di proprietà o non controllate dalla Fondazione e che derivano da tutte le attività indirettamente collegate alle sue operazioni: in questa categoria rientrano le emissioni dovute ai chilometri percorsi dai dipendenti in missione all'estero, le emissioni dovute alla mobilità casa-lavoro del personale, e alla produzione della carta in vendita al bookshop del Museo. Sono incluse in questa categoria le emissioni indirette legate alla produzione dell'elettricità persa lungo le reti di trasmissione e distribuzione, alla produzione del calore disperso dalla rete di teleriscaldamento e all'upstream dei combustibili.

Le emissioni complessive risultanti, nel 2017, sono pari a **375 tCO₂e**. Le emissioni di Scope 2 costituiscono il 68% del totale, mentre il restante 32% è dovuto alle emissioni di Scope 3.

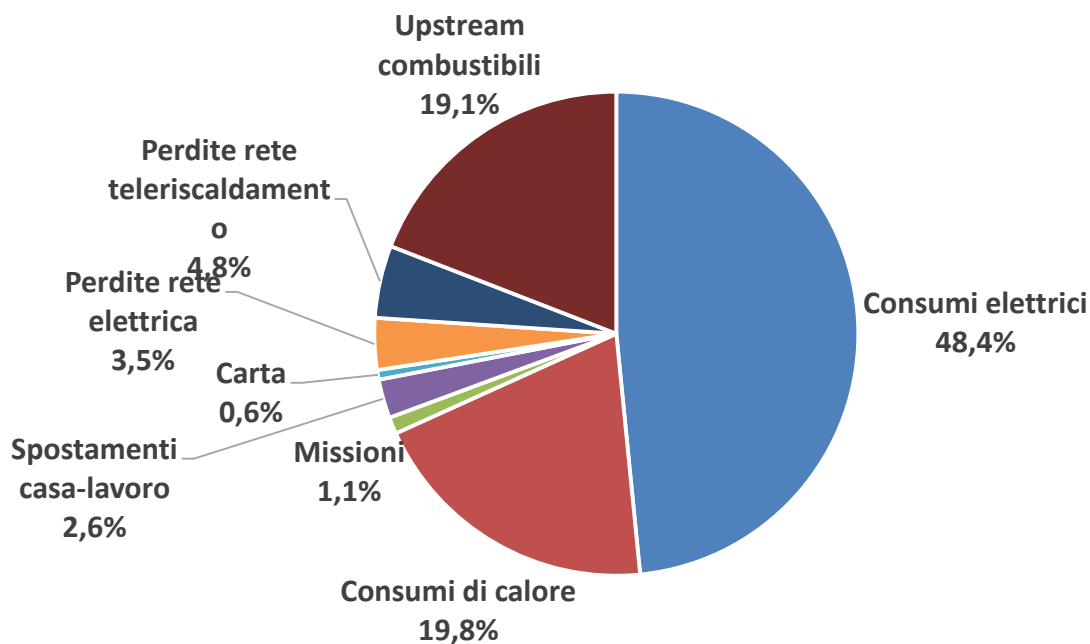


Figura S.1_ Contributo delle fonti emissive alle emissioni totali di gas serra.

1) Progettazione dell'inventario dei GHG

Per la realizzazione dell'inventario dei gas serra (GHG) è stata seguita la norma ISO 14064-1, una norma volontaria emessa dall'Organizzazione Internazionale per la Standardizzazione (ISO) che fissa le linee guida per la quantificazione e la rendicontazione delle emissioni di GHG a livello di organizzazione. La norma si basa sugli stessi principi del *GHG Protocol – A Corporate Accounting and Reporting Standard*, uno standard internazionale pubblicato dal World Business Council for Sustainable Development e dal World Resource Institute. La norma ISO rimanda al GHG Protocol per approfondire le modalità di applicazione dei concetti indicati nella norma stessa. In linea con i due approcci, nelle prime fasi del lavoro sono stati definiti i confini organizzativi e operativi, identificando tutte le fonti di emissione rilevanti per la Fondazione.

1.1 La Fondazione Museo del Violino Antonio Stradivari e i confini organizzativi

La Fondazione Museo del Violino Antonio Stradivari tutela e promuove il valore della liuteria cremonese, classica e contemporanea, attraverso concorsi, mostre, convegni, pubblicazioni, congressi e concerti.

La Fondazione conta 20 impiegati e ha sede a Cremona presso il Museo del Violino, in Piazza Marconi 5. Il Museo del Violino è ospitato nel Palazzo dell'Arte di Cremona, un ampio edificio sede di svariate attività. Gli spazi gestiti dalla Fondazione e oggetto del presente inventario hanno una superficie complessiva pari a 4572 metri quadri e includono:

- il Museo del Violino (sede anche degli uffici amministrativi),
- il Padiglione delle Esposizioni Temporanee,
- l'Auditorium Giovanni Arvedi.

1.2 Confini operativi

I confini dell'analisi sono definiti secondo l'approccio del controllo operativo.

Nel rispetto del principio di completezza affermato nella ISO, l'inventario deve riflettere in modo appropriato le emissioni di gas serra dell'organizzazione, includendo tutte le fonti rilevanti. Per tradurre nella pratica questo concetto, è utile seguire le indicazioni del GHG Protocol secondo cui, nel definire i confini di calcolo, si devono tenere in considerazione tutte le attività connesse alla natura e alla *Mission* dell'organizzazione, senza riferirsi solo ai confini legali della stessa.

Secondo entrambi gli standard, inoltre, le fonti di emissione devono essere categorizzate in tre diversi ambiti ("Scope"):

- "Emissioni dirette" (Scope 1), connesse a fonti di emissione su cui l'organizzazione ha un controllo diretto;
- "Emissioni indirette energetiche" (Scope 2), relative all'acquisto di energia (in questo caso l'organizzazione ha un controllo diretto solo sui consumi energetici, e non sulle emissioni generate da chi produce energia, tuttavia ne è indirettamente responsabile);
- "Altre emissioni indirette" (Scope 3): si tratta di emissioni che non sono sotto il controllo diretto dell'organizzazione, e che derivano da tutte le attività indirettamente collegate alle sue operazioni.

Il calcolo delle emissioni di Scope 1 e 2 è obbligatorio, mentre le emissioni di Scope 3 sono facoltative.

La Fondazione Museo del Violino non dispone di veicoli aziendali (auto di proprietà, in leasing finanziario o a noleggio). Il riscaldamento degli spazi è garantito dalla rete di teleriscaldamento locale, mentre l'acqua calda sanitaria è ottenuta con un boiler elettrico. Pertanto, la sola fonte di emissione Scope 1 della Fondazione è costituita dalle perdite di gas refrigeranti dall'impianto di climatizzazione.

Tutta l'elettricità consumata in loco è acquistata dalla rete. I consumi elettrici e di calore dalla rete di teleriscaldamento costituiscono le fonti di emissione di Scope 2.

Come previsto dal GHG Protocol, i consumi indiretti di elettricità e calore dovuti alle perdite che avvengono lungo le rispettive reti sono inclusi fra le fonti di emissione di Scope 3.

Altre fonti di emissione di Scope 3 ritenute pertinenti e incluse nell'inventario sono la vendita di articoli in carta al bookshop (volumi, cartoline, pieghevoli, manifesti, poster...) e le missioni del personale e dei professionisti che si spostano in rappresentanza del Museo del Violino: si tratta, in entrambi i casi, di attività promozionali e divulgative, cioè direttamente connesse alla *Mission* della Fondazione, e rappresentano quindi fonti di emissione rilevanti. Sono invece esclusi dall'inventario i viaggi delle delegazioni internazionali che arrivano a Cremona in occasione di eventi speciali organizzati in loco dalla Fondazione. In questi casi, infatti, il Museo non può vantare neanche un controllo di tipo amministrativo (gestione della documentazione e spese di viaggio): sia l'ambito di applicazione, che gli eventuali sforzi legati alla raccolta di dati, vanno quindi al di là dello scopo del presente inventario.

Fra le fonti di emissioni di Scope 3 sono incluse anche la mobilità casa-lavoro del personale e le emissioni legate all'upstream dei combustibili fossili consumati per i trasporti (benzina, diesel, kerosene), per produrre l'elettricità (gas, carbone, olio combustibile), e per produrre il calore e la carta nei relativi impianti (gas). Con upstream si intendono le emissioni Well-to-Tank (WWT), cioè

dal pozzo al punto di consumo, relative quindi alle fasi di estrazione, lavorazione, raffinazione, trasporto e distribuzione dei combustibili.

In tabella 1 sono riassunte e classificate le fonti di emissione identificate.

Tabella 1_ Fonti di emissione considerate nell'inventario della Fondazione Museo del Violino.

Fonti di emissione	Scope
Perdita di gas refrigeranti dall'impianto di climatizzazione	1
Consumi elettrici	2
Perdite di rete (consumi elettrici indiretti e perdite di SF ₆)	3
Consumi di calore da rete di teleriscaldamento	2
Consumi di calore indiretti	3
Viaggi di lavoro	3
Mobilità casa-lavoro del personale	3
Vendita di articoli in carta al bookshop	3
Upstream dei combustibili	3

2) Metodologia di quantificazione

Le emissioni di gas serra sono calcolate secondo una relazione generale del tipo:

$$\text{Emissione} = \text{dato di attività} * \text{Fattore di emissione}$$

Costituiscono un'eccezione le emissioni legate alla perdita di gas refrigeranti (paragrafo 2.1).

I dati di attività e i fattori di emissione sono descritti nei successivi paragrafi per ogni fonte emissiva. I fattori di emissione utilizzati sono riportati in Allegato 1.

2.1 Perdita di gas refrigeranti

L'emissione di gas serra è data direttamente dalla quantità di gas refrigerante fuoriuscita dall'impianto. La quantità di refrigerante aggiunto durante la manutenzione periodica costituisce una buona proxy di tali perdite.

Sono stati analizzati gli ultimi due rapporti di manutenzione effettuati presso il Museo del Violino (giugno e dicembre 2017). Durante le attività di manutenzione è stata effettuata la prova di controllo del sistema automatico di rilevamento perdite. In entrambi i casi, il rilevatore di fughe ha mostrato l'assenza di perdite, e non è stata effettuata alcuna aggiunta di gas refrigeranti da parte dell'impresa di manutenzione.

Le emissioni sono quindi considerate nulle nell'anno 2017.

2.2 Consumi elettrici

Il dato di attività è costituito dai consumi elettrici annuali ed è stato ottenuto direttamente dalle bollette dell'elettricità (consumi fatturati nel 2017).

I fattori di emissione dell'elettricità sono stati stimati seguendo le indicazioni del GHG Protocol. Sono stati utilizzati fattori di emissione medi corrispondenti al livello gerarchico 1 delle linee guida dedicate alle emissioni di Scope 2 (WRI, 2015). I fattori di emissione riflettono cioè il mix di produzione dell'elettricità in Italia e i flussi fisici di import/export attraverso i confini della rete

elettrica nazionale. Tali fattori non sono messi a disposizione da alcun ente istituzionale italiano¹ e sono stati appositamente calcolati a partire da dati statistici pubblici e ufficiali. La metodologia di stima adottata ricalca quella applicata dallo *UK Department of Business Energy & Industrial Strategy* per ottenere i fattori di emissione dell'elettricità consumata nel Regno Unito (UK BEIS, 2017). Si sottolineano qui i principali aspetti.

- I fattori di emissione dei consumi elettrici diretti (Scope 2) rappresentano le emissioni di CO₂, CH₄ e N₂O per kWh di elettricità generata, mentre i contributi legati alle perdite di trasmissione e distribuzione sono trattati come emissioni di Scope 3 (paragrafo 2.3).
- I fattori di emissione fanno riferimento alla sola combustione di combustibili fossili e biogenici nelle centrali elettriche (produttori e autoproduttori), e non includono le emissioni legate all'upstream dei combustibili (es. estrazione, gas flaring, raffinazione, trasporto, distribuzione).
- I fattori di emissione utilizzati tengono conto sia del mix di generazione dell'elettricità in Italia, sia di quello nei Paesi da cui l'Italia importa elettricità (Svizzera, Francia, Slovenia, Austria, Grecia). I risultati rappresentano la media pesata rispetto alla quantità di elettricità fornita all'Italia nel corso dell'anno (produzione interna lorda e importazioni nette per frontiera). La produzione lorda di elettricità in Italia è stata ottenuta da TERNA (TERNA, 2017a), mentre i dati di import/export fisico da/verso ciascun Paese sono stati ottenuti da ENSTOE².
- Si è assunto che i Paesi con cui l'Italia scambia elettricità non siano luoghi di transito della rete elettrica europea, ma che esportino l'elettricità che effettivamente producono al proprio interno. Pertanto, anche all'elettricità esportata dall'Italia sono stati associati i fattori di emissione del mix di produzione nazionale. Tale ipotesi è irrealistica nel caso della Svizzera (Jakob et al 2009), per la quale si è scelto di allargare i confini di analisi anche agli Stati da cui la Svizzera importa elettricità (Allegato 2).
- I fattori di emissione di CO₂, CH₄ e N₂O dell'elettricità generata in ogni Paese sono stati stimati applicando la stessa metodologia adottata dall'*International Energy Agency* nella pubblicazione *Emissions Factors (2017 edition)*, cioè:
 - i) ad ogni combustibile utilizzato per la produzione di elettricità sono stati associati i fattori di emissione di default (*Tier 1*) indicati in IPCC (2006);
 - ii) le emissioni degli impianti di cogenerazione (CHP) sono state allocate all'elettricità fissando il rendimento termico al 90% (*Fixed heat efficiency approach*; IEA, 2017);
 - iii) le emissioni di CO₂ dalla combustione di biomassa si considerano nulle, mentre sono conteggiate le relative emissioni di CH₄ e N₂O.

I dati di partenza (energia prodotta dagli impianti termoelettrici e rinnovabili, consumi di combustibili nel settore elettrico), sono tratti dai più recenti bilanci energetici nazionali disponibili al momento dello studio (dati Eurostat³ 2016 per tutti i Paesi eccetto la Svizzera, per cui si è utilizzato il bilancio pubblicato dall'IEA⁴ relativo all'anno 2015).

¹ ISPRA fornisce soltanto il fattore di emissione della CO₂ riferito all'elettricità generata secondo il mix di produzione nazionale, senza correggere il dato in base alle importazioni nette.

² "Physical Energy and Power Flows" per il 2016 (anno più recente disponibile al momento dello studio).

Link: www.entsoe.eu/data/statistics/Pages/power_flows.aspx

³ <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>. Complete energy balances - annual data (nrg_110a)

⁴ www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=SWITLAND&product=balances&year=2015

- Per quanto riguarda l'elettricità generata in Italia, è stato adottato il fattore di emissione della CO₂ pubblicato da ISPRA per l'anno 2016 (ISPRA, 2018). Poiché ISPRA fornisce solo il fattore di emissione della CO₂, la stessa metodologia descritta al punto precedente è stata applicata anche all'Italia per ottenere i fattori emissivi di CH₄ e N₂O. La metodologia applicata all'Italia serve anche da controllo: la differenza fra il fattore di emissione fornito da ISPRA e quello stimato in questa analisi è inferiore allo 0,5%; ciò conferma la validità dei calcoli e l'applicabilità dei dati di default di IPCC (2006) ai fini di queste valutazioni.

In Allegato 2 sono riportati i risultati dei calcoli, con il dettaglio dei fattori di emissione dell'elettricità generata in ogni Paese e la media pesata risultante.

2.3 Perdite di rete

2.3.1 Consumi elettrici indiretti

Con consumi elettrici indiretti si intendono le perdite che avvengono lungo le reti di trasmissione e distribuzione, cioè fra gli impianti di generazione e gli utenti allacciati alla rete elettrica: per ogni kWh consumato deve quindi essere generato e immesso in rete un numero maggiore di kWh.

I dati di attività sono costituiti dalle perdite che avvengono sulle reti, stimate a partire dai consumi diretti. Il fattore di conversione (espresso come kWh generati/kWh consumato) è facilmente ottenibile dal bilancio elettrico nazionale. In Italia, le perdite di trasmissione e distribuzione rappresentano il 7% dei consumi finali dalla rete (TERNA, 2017a).

Per quanto riguarda le perdite di rete associate all'import di elettricità, è utile sottolineare che le interconnessioni fra Paesi avvengono lungo le reti di alta/altissima tensione: per stimare questa quota di consumi indiretti, quindi, sono state prese in considerazione solo le perdite di trasmissione, assumendo che esse siano pari all'1,5% dell'elettricità immessa in rete in ogni Paese, così come avviene in Italia (TERNA 2017b).

I dati di attività così ottenuti (consumi elettrici indiretti in Italia e nei Paesi di import) sono stati poi moltiplicati per gli stessi fattori di emissione dell'elettricità che caratterizzano ciascun Paese, discussi al paragrafo precedente.

2.3.2 Emissioni di SF₆

Il gas SF₆ (esafluoruro di zolfo), grazie alle sue proprietà chimico-fisiche, è utilizzato come isolante nelle apparecchiature elettriche sulle reti di trasmissione e distribuzione. L'esafluoruro di zolfo è un potente gas serra e parte del gas presente nelle apparecchiature (es. trasformatori di corrente, interruttori) si disperde in atmosfera per difetti di tenuta delle guarnizioni o durante le operazioni di manutenzione.

Il dato di attività di questa fonte emissiva è costituito dal totale dei consumi elettrici (diretti + indiretti).

Il fattore di emissione assunto, pari a 7,8 kgSF₆/TWh, è stato stimato a partire dai dati contenuti nel Rapporto di Sostenibilità di TERNA (TERNA, 2017b) e di uno dei principali operatori nelle reti di distribuzione dell'elettricità in Italia (A2A, 2017).

2.4 Consumi di calore da rete di teleriscaldamento

Il dato di attività è costituito dai consumi annuali di calore ed è stato ottenuto direttamente dalle bollette del teleriscaldamento (consumi fatturati nel 2017).

I fattori di emissione del calore sono stati calcolati considerando il bilancio energetico della rete di teleriscaldamento di Cremona (Annuario AIRU 2017), associando ad ogni tecnologia e combustibile i relativi fattori di emissione tratti dal wiki-fonti del sistema INEMAR di ARPA Lombardia⁵. Per l'incenerimento dei rifiuti, sono stati utilizzati i fattori di emissione IPCC 2006⁶.

Come per l'elettricità, i fattori di emissione dei consumi di calore rappresentano le emissioni di CO₂, CH₄ e N₂O per kWh di calore generato, mentre i contributi legati alle perdite di calore lungo la rete sono trattati come emissioni di Scope 3 (par. 2.5). Le emissioni degli impianti di cogenerazione connessi alla rete di teleriscaldamento di Cremona (turbogas, ciclo ORC a legna e termovalorizzatore) sono state allocate all'energia termica prodotta fissando il rendimento termico al 90% (*Fixed heat efficiency approach*; IEA, 2017). I fattori di emissione fanno riferimento alla sola combustione di combustibili fossili e biogenici nelle centrali termiche del teleriscaldamento, e non includono le emissioni legate all'upstream dei combustibili stessi.

2.5 Consumi di calore indiretti

Con consumi di calore indiretti si intendono le perdite che avvengono lungo la rete di teleriscaldamento: per ogni kWh termico consumato deve quindi essere generato e immesso in rete un numero maggiore di kWh.

Il dato di attività è costituito dalle perdite che avvengono sulla rete del teleriscaldamento ed è stimato come percentuale dei consumi di calore fatturati alla Fondazione. Analizzando il bilancio energetico della rete di teleriscaldamento di Cremona (AIRU, 2017), si calcola che le perdite rappresentano il 24% del calore consegnato alle utenze.

Il dato di attività così ottenuto è poi moltiplicato per gli stessi fattori di emissione del calore generato discussi al paragrafo precedente.

2.6 Viaggi di lavoro

Dal 2009 la Fondazione Museo del Violino ha avviato il progetto "*friends of Stradivari*" per promuovere le proprie attività anche all'estero e consolidare la centralità di Cremona nel panorama mondiale della liuteria.

I dati di attività di questa fonte emissiva sono costituiti dai chilometri percorsi durante le missioni all'estero. Nel conteggio delle distanze si è tenuto conto solo delle trasferte (andata e ritorno) del personale e dei professionisti che si spostano in rappresentanza del Museo del Violino.

⁵ www.inemar.eu/xwiki/bin/view/FontiEmissioni/RicercaMSA?macid=1&setid=2. Fattori di emissione per le attività "1.2.3 Caldaie con potenza termica minore 50 MW metano"; "1.2.3 Caldaie con potenza termica minore 50 MW legna e similari"; "1.2.4 Turbine a gas metano".

⁶ www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/find_ef_id.php. Emission Factor Detail: CO₂ - ID 621666; CH₄ -ID: 621894; N₂O - ID: 621890. (Per il potere calorifico inferiore dei rifiuti è stato ipotizzato il valore di default indicato in IPCC 2006, pari a 10 GJ/t)

I dati di attività sono stati ottenuti tramite un questionario di raccolta dati in cui la Fondazione ha indicato, per ogni missione, il numero di partecipanti, la tipologia di veicoli utilizzati (taxi e aereo), la località di partenza e di arrivo di ogni segmento di viaggio, e la classe di volo per i viaggi aerei.

Per il taxi sono stati utilizzati i fattori di emissione da traffico stradale per tipo di veicolo e inquinante di fonte INEMAR - ARPA Lombardia (2018), assumendo un'alimentazione diesel.

Per i voli aerei sono stati utilizzati i fattori di emissione di fonte UK BEIS (2017) espressi come quantità di CO₂, CH₄ e N₂O per passeggero*km, distinguendo fra viaggi continentali (≤ 3700 km) e intercontinentali (> 3700 km), oltre che per classi di volo (Economy, Business).

2.7 Mobilità casa-lavoro del personale

I dati di attività sono costituiti dai chilometri percorsi durante gli spostamenti casa-lavoro (andata e ritorno) e sono stati ottenuti tramite un questionario somministrato dalla Fondazione a tutti i dipendenti. È stato ottenuto il 100% di risposte utili, raccogliendo così informazioni relative ai mezzi di trasporto utilizzati, alla località di partenza, alla frequenza settimanale degli spostamenti e alla fascia oraria lavorativa. In caso di utilizzo dell'auto sono stati ottenuti dati ulteriori relativi alla categoria del mezzo (utilitaria o minicar, media/medio-grande, alta gamma/SUV), al tipo di alimentazione, al periodo di immatricolazione e all'eventuale condivisione del viaggio con altri dipendenti (car pooling). Per finalizzare il calcolo delle distanze, si è assunto che ogni dipendente lavori in media 50 settimane all'anno.

Nel corso del 2017, il 15% dei dipendenti ha utilizzato l'auto come mezzo regolare per recarsi al lavoro, il 10% ha utilizzato il treno, e la quota restante si è recata al lavoro in bicicletta o a piedi.

Per i viaggi in auto sono stati utilizzati i fattori di emissione da traffico stradale di fonte INEMAR - ARPA Lombardia (2018) con il maggior livello di dettaglio (tipo legislativo, di alimentazione e cilindrata).

Per i viaggi in treno è stato ipotizzato un consumo specifico di elettricità pari a 0,16 kWh/pkm per i treni regionali (fonte Politecnico di Milano, 2015) e sono stati poi applicati gli stessi fattori di emissione dell'elettricità generata (paragrafo 2.2).

2.8 Vendita di articoli in carta al bookshop

Il dato di attività è costituito dal peso complessivo degli articoli in carta venduti nel corso dell'anno. Il dato è stato ottenuto dalle fatture del 2017 emesse dai fornitori che producono la pubblicitaria e i libri editi dal Museo del Violino.

I fattori di emissione sono stati calcolati assumendo inizialmente un consumo energetico specifico per la produzione di carte grafiche rappresentativo dell'industria cartaria europea, pari a 12,5 GJ/t di prodotto in termini di energia primaria (Laurijssen et al, 2013). Si è poi ipotizzato che tale energia sia ottenuta secondo il mix dei combustibili⁷ utilizzati nel settore della produzione di carta in Italia nel 2015, tratto dall'Inventario Nazionale delle Emissioni di Gas Serra (ISPRA, 2017).

⁷ Da Table1.A(a)s2 del *Common Reporting Format* per il settore "Pulp, paper and print": 97% gas; 2,8% combustibili liquidi; 0,2% biomassa.

2.9 Upstream dei combustibili

I dati di attività sono costituiti dalle quantità di combustibili consumati in ognuna delle fonti di emissione precedenti, mantenendo il dettaglio per tipo di combustibile. Sono state quindi stimate le quantità di:

- benzina e diesel consumati per il trasporto su strada (auto dei dipendenti, taxi);
- kerosene consumato per i voli aerei;
- combustibili fossili utilizzati in Italia e nei Paesi di import per generare l'elettricità consumata (consumi elettrici fatturati, perdite di rete, treno);
- gas consumato nell'impianto di teleriscaldamento per la produzione di calore (consumi di calore fatturati e perdite di rete);
- gas consumato per la produzione della carta.

Per stimare i dati di attività dei carburanti, sono stati ipotizzati gli stessi dati di consumo specifico (es. grammi di benzina al km) a cui si riferiscono i fattori di emissione della fase di combustione.

I fattori di emissione legati all'upstream di benzina, diesel e kerosene sono tratti da EXERGIA et al (2015) e rappresentano le emissioni WWT (*Well-to-Tank*, dal pozzo al serbatoio sul veicolo). Tali fattori rappresentano delle medie europee relative a carburanti 100% fossili, e sono stati corretti in base alla quota di biocarburanti presenti nella benzina e nel diesel in Italia⁸.

Per quanto riguarda il carbone utilizzato per la generazione elettrica, sono stati usati i fattori di emissione di CO₂ e CH₄ indicati nell'ILCD Handbook⁹, un database pubblico di fattori di emissione sviluppato dal Joint Research Center dell'Unione Europea per supportare studi di *Life Cycle Assessment*. Sono incluse le emissioni legate alle fasi di estrazione del carbone dalla miniera, upgrading, e trasporto dal luogo di produzione a quelli di consumo (tipicamente via nave e treno). I dati si riferiscono al carbone medio utilizzato nei Paesi EU27, e tengono conto del mix fra la produzione interna e le importazioni da Paesi extraEU. I fattori di emissione sono stati convertiti in grammi di CO₂ equivalente per MJ di carbone ipotizzando per il metano un GWP = 28 (IPCC, 2013) e un PCI = 25,8 MJ/t (IPCC, 2006).

Per i combustibili liquidi utilizzati nelle centrali elettriche, si è assunto lo stesso fattore di emissione del kerosene utilizzato nell'aviazione (la stessa ipotesi è adottata in UK BEIS, 2017).

Anche per il gas utilizzato nelle centrali elettriche si è fatto riferimento ai dati WWT inclusi nel rapporto EXERGIA et al (2015). Le emissioni legate all'upstream del gas consumato in Europa dipendono fortemente dal luogo di origine; il rapporto pubblica quindi fattori di emissione specifici per ogni singolo Paese dell'Unione, tenendo conto del mix di produzione interna e del mix delle importazioni di ciascuno Stato membro. In linea con la metodologia descritta per i consumi elettrici (par. 2.2), i fattori per l'upstream del gas sono ottenuti come media pesata dei fattori di emissione di ciascun Paese (Allegato 3), considerando le fasi di produzione, gas processing e

⁸ Percentuali ottenute dal bilancio energetico nazionale del 2016: 0,4% nella benzina e 4,5% nel diesel.

⁹ Data set: Hard Coal (03.00.000), *from underground and open pit mining; consumption mix, at power plant*. <http://eplca.jrc.ec.europa.eu/ELCD3/datasetdetail/process.xhtml?uuid=fd9db250-4998-11dd-ae16-0800200c9a66&version=03.00.000&stock=default>

trasporto via pipeline o nave (LNG). Sono state escluse le fasi legate alla distribuzione del gas poiché le centrali elettriche sono connesse alle reti nazionali di trasporto del gas ad alta pressione.

Le emissioni dalla rete di distribuzione sono state invece conteggiate nel caso del gas utilizzato per la produzione di calore nell'impianto di teleriscaldamento di Cremona, e per il consumo di gas associato alla produzione della carta.

2.10 Potenziali di riscaldamento globale

Le emissioni sono calcolate per singolo gas serra. Ciascuna quantità è stata poi convertita in tonnellate di CO₂ equivalente utilizzando i potenziali di riscaldamento globale (*Global Warming Potential*) forniti dall'IPCC. In linea con il GHG Protocol, sono stati scelti i GWP più recenti indicati nel *Fifth Assessment Report* (IPCC, 2013) e riportati in Tabella 2.

Tabella 2_ Potenziali di riscaldamento globale utilizzati nell'inventario.

Gas serra	GWP ₁₀₀
CO ₂	1
CH ₄	28
N ₂ O	265
SF ₆	23500

Si sottolinea, tuttavia, che i fattori di emissione legati all'upstream dei combustibili, nel rapporto EXERGIA et al (2015) sono espressi soltanto in CO₂e, senza dettagli relativi al contributo dei diversi gas serra. I GWP utilizzati in EXERGIA et al (2015), inoltre, si riferiscono al precedente rapporto di valutazione dell'IPCC del 2007¹⁰. Nonostante questa incoerenza, si è scelto di mantenere nell'inventario questa fonte di emissione volontaria, vista la sua importanza in termini di emissioni totali.

2.11 Valutazione dell'incertezza

L'incertezza associata all'inventario delle emissioni di GHG è valutata secondo la metodologia dell'IPCC che prevede di attribuire un livello di importanza ad ogni singola fonte di emissione, e di concentrare poi l'attenzione solo sulle fonti classificate come maggiori. I contributi emissivi classificabili come minori possono invece essere accettati senza l'aggiunta di ulteriori informazioni. Una fonte è stata ritenuta "maggior" se il contributo emissivo è superiore al 15% delle emissioni totali della categoria di appartenenza (Scope).

L'incertezza associata ad ogni fonte deve tenere conto dell'incertezza associata al fattore di emissione e dell'incertezza associata al dato di attività. E' stata creata una scala da 1 a 3 per associare un punteggio di incertezza ad ogni dato di attività (I_A, Tabella 3) e ad ogni fattore di emissione (I_F, Tabella 4).

Il calcolo dell'incertezza combinata (I) di una fonte si ottiene quindi come:

$$I = \sqrt{I_F^2 + I_A^2}$$

dove I_F e I_A sono le incertezze associate al fattore di emissione e al dato di attività.

¹⁰ GWP = 25 per il metano, GWP = 298 per il protossido di azoto.

Per ogni singola fonte di emissione, l'incertezza combinata è definita:

- "Bassa" se $1,41 \leq I \leq 2,24$
- "Media" se $2,25 \leq I \leq 3,16$
- "Alta" se $I \geq 3,17$.

Tabella 3_ Classificazione dell'incertezza associata ai dati di attività.

Classe	I _A	Descrizione
BASSA	1	Dati da fatture (es. elettricità, calore), o letture (es. conta km). Per le fonti di Scope 3, dati specifici (locali o nazionali) forniti (o calcolati da partire da dati forniti) da organizzazioni internazionali competenti.
MEDIA	2	Dati stimati tramite questionari (es. mobilità dipendenti) o a partire da proxy (es. ricarica di refrigerante).
ALTA	3	Scarsa reperibilità del dato o stima approssimativa.

Tabella 4_ Classificazione dell'incertezza associata ai fattori di emissione.

Classe	I _F	Descrizione
BASSA	1	Fattori per singolo GHG, sito-specifici (locali o medie nazionali), forniti da o calcolati da partire da dati forniti) organizzazioni nazionali o internazionali competenti.
MEDIA	2	Fattori a minore rappresentatività geografica (es. medie EU), oppure stimati tramite ipotesi di calcolo (es. consumo energetico per carte grafiche), oppure fattori altamente rappresentativi, ma forniti in CO ₂ e utilizzando un GWP diverso da IPCC AR5.
ALTA	3	Rappresentatività tecnologica e temporale non garantita.

3) Risultati

Nel 2017 le emissioni complessive di GHG sono state pari a 375 tonnellate di anidride carbonica equivalente (CO₂e), imputabili per il 68% a fonti di Scope 2.

Di seguito sono riportate i risultati dettagliati per fonte e per ogni gas serra.

Tabella 4_ Inventario delle emissioni di GHG per fonte e gas serra. Dati in CO₂ equivalente.

Scope	Fonte di emissione	Emissioni in tCO ₂ e					CO ₂ eq
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	SF ₆	HFCs	
1	Perdita di gas refrigeranti					0	0.0
2	Consumi elettrici	180.6	0.3	0.6			181.6
2	Consumi di calore	72.5	0.1	1.6			74.3
3	Perdite di rete	12.8	0.0	0.0	0.1		13.0
3	Perdite di calore (rete teleriscaldamento)	17.7	0.0	0.4			18.1
3	Missioni / taxi	0.1	0.0	0.0			0.1
	Missioni / aereo	4.1	0.0	0.0			4.1
3	Mobilità casa-lavoro / auto	7.5	0.0	0.1			7.6
	Mobilità casa-lavoro / treno	2.2	0.0	0.0			2.2
3	Carta (bookshop)	2.4	0.0	0.0			2.4
3	Upstream benzina e diesel per trasporti	n.d.	n.d.	n.d.			1.9
	Upstream kerosene per voli aerei	n.d.	n.d.	n.d.			0.9
	Upstream gas per elettricità	n.d.	n.d.	n.d.			30.3
	Upstream carbone per elettricità	n.d.	n.d.	n.d.			9.3
	Upstream olio combustibile per elettricità	n.d.	n.d.	n.d.			4.3
	Upstream gas per teleriscaldamento	n.d.	n.d.	n.d.			24.1
	Upstream gas per carta	n.d.	n.d.	n.d.			1.0
Totale							375

4) Analisi dell'incertezza

Nello Scope 2, sia i consumi elettrici che i consumi di calore sono fonti di emissione maggiori, rispettivamente con il 71% e il 29% delle emissioni totali della categoria.

Le fonti di Scope 3 che risultano in un contributo emissivo superiore al 15% della categoria sono:

- le perdite di calore dalla rete di teleriscaldamento (15%),
- l'upstream del gas consumato per la produzione dell'elettricità (25%)
- l'upstream del gas consumato per la produzione di calore sulla rete di teleriscaldamento (20%).

Queste fonti emissive maggiori sono riportate in Tabella 5, insieme agli indici di incertezza I_A e I_F associati.

Tabella 5_Fonti di emissione maggiori e valutazione dell'incertezza.

Fonte	Incertezza dato di attività		Incertezza fattore di emissione		Incertezza fonte di emissione	
	I_A	Note	I_F	Note	I	Valutazione
Consumi elettrici	1	Dati da fatture	1	FE calcolati specificatamente per l'Italia, a partire da dati Eurostat, IEA, IPCC.	1.41	Bassa
Consumi di calore	1	Dati da fatture	1	FE specifici per tecnologie e combustibili utilizzati nella rete locale di teleriscaldamento.	1.41	Bassa
Perdite di calore da rete teleriscaldamento	1	Dati sito-specifici ottenuti dal bilancio energetico della rete.	1	Cfr. FE consumi di calore.	1.41	Bassa
Upstream gas (elettricità)	1	Dati ottenuti dai bilanci energetici nazionali (Italia e singoli Paesi di import dell'elettricità).	2	FE calcolati a partire da valori nazionali (Italia e Paesi di import) tratti da uno studio commissionato dalla CE, che però non indica FE specifici per gas.	2.24	Bassa
Upstream gas (calore)	1	Dati da somma di consumi di calore diretti e indiretti.	2	Cfr. FE Upstream gas (elettricità)	2.24	Bassa

Si può quindi concludere che l'Inventario è stato calcolato con un alto grado di affidabilità.

Riferimenti

A2A (2017), *Rapporto di sostenibilità 2016. Bilancio Integrato 2016 – Supplemento*.

AIRU (2017), *Il riscaldamento urbano, annuario 2017*.

EXERGIA, E3M-Lab, COWI (2015), *Study on actual GHG data for diesel, petrol, kerosene and natural gas. Final Report*.

IEA (2017), *World CO₂ emission from fuel combustion (2017 edition). CO₂ emission factors: Documentation*.

INEMAR - ARPA Lombardia (2018), *INEMAR, Inventario Emissioni in Atmosfera: emissioni in Regione Lombardia nell'anno 2014 - dati finali*. ARPA Lombardia Settore Monitoraggi Ambientali.

IPCC (2006), *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Vol. 2: Energy; Ch. 2: Stationary Combustion, Table 2.2 www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html

IPCC (2013), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

ISO 14064-1:2006. *Greenhouse gases Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals*.

ISPRA (2017). *Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2015, National Inventory Report 2017. CRF Submission 2017 v4*.

ISPRA (2018), *Fattori di emissione per la produzione e il consumo di energia elettrica in Italia (aggiornamento al 2016 e stime preliminari per il 2017)*.

WBCSD/WRI (2004), *The Greenhouse Gas Protocol - A Corporate Accounting and Reporting Standard. Revised Edition*.

WRI (2015), *GHG Protocol - Scope 2 Guidance. An amendment to the GHG Protocol Corporate Standard*.

Jakob M., Volkart K., Widmer D. (2009), *Intensité CO₂ de l'électricité vendue aux consommateurs finaux en Suisse. Résumé du rapport final*.

Laurijssen J., Faaij A., Worrell E. (2013), *Benchmarking energy use in the paper industry: a benchmarking study on process unit level. Energy Efficiency (2013) 6:49–63. DOI 10.1007/s12053-012-9163-9*

Politecnico di Milano (2015). *Linee guida metodologiche per il calcolo dell'impronta climatica (o impronta di carbonio) del trasporto durante i grandi eventi*.

SNAM (2017), *Il gas naturale per la decarbonizzazione – Report di sostenibilità 2016*.

TERNA (2017a), *Dati statistici sull'energia elettrica in Italia - 2016*.

TERNA (2017b), *Rapporto di sostenibilità 2016*.

UK BEIS (2017), *Government GHG Conversion Factors for Company Reporting: Methodology Paper for Emission Factors*. UK Department of Business Energy & Industrial Strategy.
www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2017

Allegato 1

Tabella A1.1_Fattori di emissione per fonti di Scope 2

Scope	Fonte di emissione	UM	kgCO ₂ /UM	gCH ₄ /UM	gN ₂ O/UM
2	Consumi elettrici	MWh el	293.8	18.0	3.9
2	Consumi di calore	MWh th	171.9	12.6	14.7

Tabella A1.2_Fattori di emissione per fonti di Scope 3 – Mobilità e carta

Scope	Fonte di emissione	UM	gCO ₂ /UM	mgCH ₄ /UM	mgN ₂ O/UM
3	Voli aerei ≤ 3700 km, Economy class	pkm	83	0.4	2.7
3	Voli aerei > 3700 km, Economy class	pkm	79	0.4	2.5
3	Taxi (auto media, diesel)	vkm	160	0.9	7.9
3	Auto diesel 1,4-2 l, Euro IV	vkm	159	1	8
3	Auto benzina <1,4 l, Euro II	vkm	164	35	8
3	Auto benzina 1,4 - 2,0l, Euro IV	vkm	207	18	2
3	Treno regionale	pkm	47	2.9	0.6
3	Produzione carta	kg	721	14	13

Tabella A1.3_Fattori di emissione per fonti di Scope 3 – Upstream combustibili

Scope	Fonte di emissione	UM	gCO ₂ e/UM
3	Benzina	MJ	18.12
3	Diesel	MJ	16.62
3	kerosene	MJ	15.00
3	Gas per elettricità	MJ	18.29
3	Carbone per elettricità	MJ	12.71 (*)
3	Fuel oil per elettricità	MJ	15.00
3	Gas per teleriscaldamento	MJ	24.53
3	Gas per carta	MJ	24.53

(*) Calcolato con GWP IPCC (2013). Gli altri dati in Tabella A1.3 si riferiscono a GWP IPCC (2007)

Allegato 2

Tabella A2.1_ Fattori di emissione della generazione elettrica per area geografica di origine.

Provenienza	Peso %	kgCO ₂ /MWh	gCH ₄ /MWh	gN ₂ O/MWh
Italia	86.8%	321.3	19.0	4.1
Svizzera - produzione interna	4.3%	16.7	15.5	2.1
Svizzera - import da Austria	0.4%	136.1	19.0	2.8
Svizzera - import da Germania	1.1%	447.3	17.7	7.3
Svizzera - import da Francia	0.5%	51.2	6.7	1.1
Svizzera - import da Italia	0.1%	321.3	19.0	4.1
Francia	4.3%	51.2	6.7	1.1
Slovenia	2.0%	246.5	5.8	4.0
Austria	0.4%	136.1	19.0	2.8
Grecia	0.1%	514.0	8.8	5.9
Media pesata		293.8	18.0	3.9

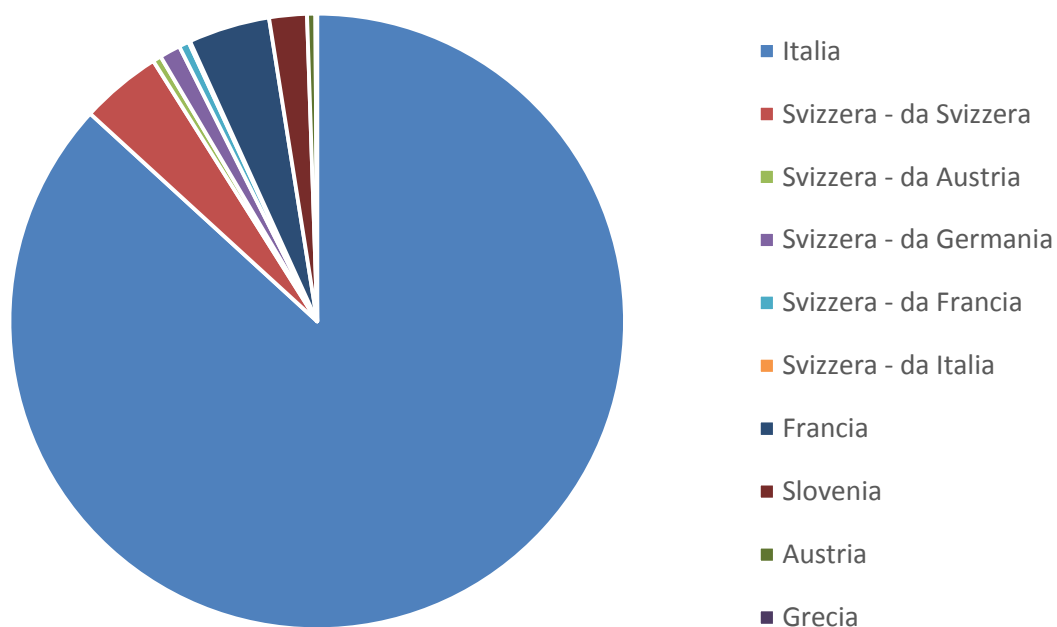


Figura A2.1_Area di provenienza dell'elettricità consumata in Italia nell'anno 2016.

Allegato 3

Tabella A3.1_Fattori di emissione associati all'upstream del gas consumato nelle centrali elettriche per area geografica di generazione dell'elettricità

Provenienza elettricità	Peso % (^a)	gCO ₂ e/MJ	Note
Italia	98.1%	18.33	Elaborazioni su EXERGIA et al (2015) (^b) (^c) EXERGIA et al (2015), Table da 5-17 a 5-20, = Total CNG - Downstream
Svizzera - produzione interna	0.1%	14.33	
Svizzera - import da Austria	0.2%	20.42	
Svizzera - import da Germania	0.4%	11.90	
Svizzera - import da Francia	0.1%	13.09	
Svizzera - import da Italia	0.1%	18.00	
Francia	0.7%	13.09	
Slovenia	0.1%	26.28	
Austria	0.2%	20.42	
Grecia	0.1%	31.48	
Media pesata		18.29	

(^a) I pesi sono diversi da quelli riportati in Allegato 2 perché il ruolo del gas nel mix di generazione varia da Paese a Paese.

(^b) Table 5-17, Italy = Total CNG – Downstream + perdite dalla rete nazionale di trasporto e stoccaggio (stimate da SNAM (2017) e ISPRA (2017))

(^c) Ipotesi: media di Italia, Germania e Francia.

Museo del Violino

Palazzo dell'Arte - Piazza Marconi 5

26100 Cremona

Tel (+ 39) 0372 801801

Fax (+39) 0372 801888

www.museodelviolino.org

info@museodelviolino.org

AitherCO2 SpA

Via Trivulzio 3

20146 Milano

Tel (+39) 02 36586600

Fax (+39) 02 36586604

www.aitherco2.com

info@aitherco2.com