

PROPONENTE



MASTER PLAN 2014-2029

AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI FIRENZE

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

CONSULENZA SPECIALISTICA AMBIENTALE



RESPONSABILE PROGETTO E COORDINATORE TECNICO:

Ing. Lorenzo TENERANI



NOME ELABORATO

Impatto potenzialmente generato sul clima e vulnerabilità del progetto al cambiamento climatico

SIA DLGS 104/2017 GEN 02 REL 001

Codice elaborato		SIA DLGS 104/2017 GEN 02 REL 001				Scala		
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato / Data
A		DICI - UniPi		DICI - UniPi		Tognotti		Tenerani



Università di Pisa, Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale

Descrizione degli impatti generati sul clima e sui fattori climatici in seguito ad emissioni di gas ad effetto serra, nonché vulnerabilità del progetto al cambiamento climatico in seguito all'esercizio del progetto di Masterplan 2014-2029

Pisa 15/09/2017

Prof. Ing. Leonardo Tognotti

Ing. Carlo Grassi –PhD
Ing. Anna Maria Monfeli

SOMMARIO

1	PREMESSA	3
1.1	Introduzione	3
1.2	Cambiamento climatico	3
1.3	Gas ad effetto serra (GHG).....	3
1.4	Individuazione delle fonti di emissione di GHG della struttura aeroportuale.....	4
2	Verifica ed elaborazione della Stima delle Emissioni	5
2.1	MODELLO EDMS.....	5
2.1.1	Gas a effetto serra	5
2.1.2	Scenari considerati e dati input	6
2.1.3	Attività Aeromobili.....	6
2.1.4	Mezzi a terra	10
2.1.5	Sorgenti stazionarie	10
2.2	VERIFICA DELLE EMISSIONI STIMATE DELL'ESERCIZIO DELL'AEROPORTO	11
2.2.1	Fase di Esercizio	12
2.3	Considerazioni su scala locale.....	14
3	LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA)	17
3.1	INTRODUZIONE	17
3.2	LA METODOLOGIA LCA APPLICATA AL MASTERPLAN DELL'AEROPORTO DI FIRENZE... 18	18
3.2.1	OBIETTIVO DELLO STUDIO	18
3.2.2	APPLICAZIONI PREVISTE.....	18
3.2.3	FUNZIONE DEL SISTEMA	18
3.2.4	UNITÀ FUNZIONALE	18
3.2.5	SISTEMA STUDIATO E CONFINI DEL SISTEMA.....	19
3.2.6	PROCEDIMENTO DI RACCOLTA DEI DATI PRIMARI	20
3.2.7	LIMITAZIONI E IPOTESI.....	20
3.3	ANALISI DI INVENTARIO (LCI)	20
3.3.1	Realizzazione delle infrastrutture aeroportuali e degli aeromobili.....	20
3.3.2	Emissioni degli aeromobili	21
3.3.3	Produzione di energia, gas naturale e carburanti.....	26
3.4	ANALISI DEGLI IMPATTI.....	28
3.4.1	Metodologia di valutazione degli impatti ambientali.....	28
3.4.2	Potenziale di Surriscaldamento Globale (GWP, Global Warming Potential):.....	28
3.5	VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI AMBIENTALI	29
3.6	CARBON SEQUESTRATION	33
3.7	IDENTIFICAZIONE DEI FATTORI SIGNIFICATIVI	34
3.8	Confronto con altri sistemi di contesto	35
3.9	Vulnerabilità del progetto al cambiamento climatico	37
3.10	CONCLUSIONI.....	39
3.10.1	Cambiamento climatico	39
3.10.2	Vulnerabilità del progetto.....	39
4	BIBLIOGRAFIA	40

1 PREMESSA

1.1 INTRODUZIONE

Il presente studio intende pervenire ad una valutazione degli effetti ambientali prodotti dalle emissioni di gas climalteranti correlate al previsto esercizio del futuro assetto dell'aeroporto di Firenze, così come definito dallo specifico Masterplan 2014-2029 oggetto di procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale.

Ai fini delle valutazioni di cui sopra risulta di prioritaria importanza la stima delle citate tipologie di emissioni, peraltro già sinteticamente presente all'interno della documentazione di Studio di Impatto Ambientale agli atti del procedimento VIA. In tal senso, quindi, all'interno della prima sezione del presente studio si è provveduto ad analizzare e verificare le stime numeriche delle emissioni riportate nel SIA, provvedendo, laddove ritenuto necessario e/o opportuno, a specifici approfondimenti di dettaglio, in modo da definire un organico e completo quadro conoscitivo. Vengono, pertanto, ripercorse le fasi analitiche di stima delle emissioni di gas climalteranti in parte già riportate nel SIA, da intendersi tutte adeguatamente verificate e analizzate dallo scrivente Dipartimento.

Con l'intento di pervenire ad una oggettiva quantificazione dell'impatto generato dal progetto sul fattore ambientale clima, si è successivamente provveduto all'applicazione diretta della consolidata e standardizzata procedura LCA. L'adozione di detto approccio viene dettagliata nella seconda sezione dello studio.

1.2 CAMBIAMENTO CLIMATICO

Il cambiamento climatico è già in atto ed è destinato a continuare: le temperature sono in aumento, l'andamento delle precipitazioni sta variando, ghiaccio e neve si stanno sciogliendo e il livello medio del mare si sta innalzando a livello globale.

È molto probabile che il riscaldamento sia, per la maggior parte, dovuto all'aumento delle concentrazioni di gas a effetto serra nell'atmosfera dovuto alle emissioni antropogeniche. Per mitigare il cambiamento climatico, dobbiamo ridurre o evitare queste emissioni.

[European Environmental Agency]

1.3 GAS AD EFFETTO SERRA (GHG)

I GHG possono essere di origine sia naturale che antropica. Il più importante gas a effetto serra, di origine naturale, presente nell'atmosfera è il vapore acqueo. Tuttavia, le attività umane rilasciano grandi quantità di altri gas a effetto serra, e aumentandone le concentrazioni atmosferiche, incrementano l'effetto serra e il riscaldamento climatico.

In conformità al Protocollo di Kyoto, i principali gas ad effetto serra sono: anidride carbonica (CO₂), metano (CH₄), protossido d'azoto (N₂O), idrofluorocarburi (HFCs), esafluoruro di zolfo (SF₆) e perfluorocarburi (PFCs).

La tCO₂e (tonnellata di CO₂ equivalente) permette di esprimere l'effetto serra prodotto da questi gas in riferimento all'effetto serra prodotto dalla CO₂, considerato pari a 1 (ad esempio il metano ha un potenziale serra 25 volte superiore rispetto alla CO₂, e per questo una tonnellata di metano viene contabilizzata come 25 tonnellate di CO₂e).

Le principali fonti antropiche di GHG sono:

- la combustione di carburanti fossili (carbone, petrolio e gas naturale) dovute alla generazione di energia elettrica, ai trasporti, al settore civile e industriale (CO₂);
- l'agricoltura (CH₄) e i cambiamenti nelle destinazioni del suolo, come ad esempio la deforestazione (CO₂);
- le discariche (CH₄);
- l'uso di gas fluorurati di origine industriale.

1.4 INDIVIDUAZIONE DELLE FONTI DI EMISSIONE DI GHG DELLA STRUTTURA AEROPORTUALE

Per valutare l'impatto della nuova configurazione dell'aeroporto Amerigo Vespucci di Firenze sulle emissioni di GHG sono state individuate le principali fonti di gas a effetto serra:

- Attività degli aeromobili
- Consumi di energia elettrica
- Combustione di metano per riscaldamento
- Stoccaggio carburanti
- Emissioni mezzi a terra

2 VERIFICA ED ELABORAZIONE DELLA STIMA DELLE EMISSIONI DI GAS CLIMALTERANTI

Per la stima delle emissioni sono stati utilizzati due approcci: dove possibile, in coerenza con quanto già riportato all'interno dello Studio di Impatto Ambientale agli atti del procedimento VIA, è stato utilizzato il modello EDMS 5.1.4.1 di simulazione delle emissioni. Per le fonti di GHG non modellizzate le emissioni sono state stimate a partire dai dati di consumo di energia e carburante.

Fonte emissione	GHG	Metodo stima emissioni
Attività degli aeromobili	CO ₂ e CH ₄	EDMS
Consumi di energia elettrica	CO ₂	EF su consumi totali
Combustione di metano (riscaldamento)	CO ₂	EF su consumi totali
Stoccaggio carburanti	CH ₄	EDMS
Emissioni mezzi a terra	CO ₂	EF su consumi totali
Emissioni mezzi a terra	CH ₄	EDMS

2.1 MODELLO EDMS

Il nuovo Masterplan Aeroportuale definisce gli interventi strutturali e funzionali necessari allo sviluppo e all'ammodernamento dell'intero sistema aeroportuale dell'aeroporto Amerigo Vespucci di Firenze.

Per valutare l'impatto della nuova configurazione sull'atmosfera, in sede di Studio di Impatto Ambientale è stato utilizzato EDMS 5.1.4.1 (Emissions and Dispersion Modeling System), un modello di simulazione utilizzabile per studiare il trasporto e la dispersione degli inquinanti in atmosfera realizzato all'inizio degli anni '90 dalla FAA (Federal Aviation Administration) in collaborazione con la USAF (U.S. Air Force).

La sua struttura prevede una serie di sottomodelli in grado di considerare e valutare le emissioni generate dalle sorgenti aeroportuali. Si possono distinguere due grossi moduli, uno relativo alla trattazione dei fenomeni di emissione (Emission Module) e l'altro relativo alla dispersione degli inquinanti in atmosfera (Dispersion Module). Nel primo modulo avviene la stima della quantità e delle tipologie di inquinanti immesse in atmosfera da ogni singola sorgente. Una volta determinata la quantità di inquinante in atmosfera, il secondo modulo considera i processi fisici legati alle condizioni meteorologiche a cui ciascun inquinante è sottoposto e effettua una stima delle concentrazioni degli inquinanti nei siti indicati come recettori.

Per applicare il modello è necessaria una dettagliata ricerca circa tutte le attività presenti all'interno del sedime aeroportuale che emettano particelle inquinanti, contribuendo in quantità più o meno significativa all'alterazione delle condizioni atmosferiche.

Utilizzando metodologie approvate dall'EPA, il primo modulo del programma fornisce, quindi, una panoramica delle emissioni prodotte dalle varie sorgenti presenti in una struttura aeroportuale, quali gli aeromobili e tutti i veicoli a motore, ed una serie di sorgenti stazionarie come le centrali termiche o i serbatoi di carburante.

Il secondo modulo del software viene utilizzato per stimare la dispersione degli inquinanti.

2.1.1 Gas a effetto serra

Il modello EDMS include nell'elaborazione diverse tipologie di inquinanti, tra questi i gas a effetto serra presenti nel modello e oggetto di puntuale verifica all'interno del presente studio sono i seguenti:

- Anidride Carbonica (CO₂)
- Metano (CH₄)

2.1.2 Scenari considerati e dati input

La simulazione è stata svolta, dapprima in sede di redazione dello Studio di Impatto Ambientale dagli estensori dello stesso, e ora verificata dallo scrivente Dipartimento, considerando tre diversi scenari:

1. scenario attuale 2014;
2. scenario al 2018: anno di entrata in esercizio della nuova pista di volo;
3. scenario al 2029: anno in cui si prevede il consolidamento dell'offerta aeroportuale.

All'interno del Masterplan sono stati individuati tre scenari possibili per la determinazione della domanda di traffico aereo nel periodo 2014-2029: "Scenario A) Alto", "Scenario B) Medio" e "Scenario C) Basso". Lo scenario adottato nel Masterplan per la pianificazione delle infrastrutture è lo "Scenario Medio (B)". Tale scenario è stato utilizzato anche in questo studio per la verifica e la modellizzazione delle strutture aeroportuali nei tre anni presi in considerazione.

Nel Masterplan vengono riportati, per gli anni relativi agli scenari considerati, i movimenti/anno degli aerei previsti:

Tabella 1 Movimenti aerei previsti nel periodo 2014 -2029

Scenario Medio (B)	Movimenti/anno	Passeggeri/anno
2014	32.774	2.112.435
2018	32.280	2.624.763
2029	48.430	4.493.238

Il modello EDMS richiede l'inserimento di alcuni dati riguardanti tutte le attività che si svolgono all'interno dell'aeroporto.

Tali dati riguardano la tipologia di aerei che utilizzano le piste ed i loro movimenti annui, il traffico stradale e l'utilizzo dei parcheggi, le sorgenti stazionarie eventualmente presenti nell'aeroporto, le operazioni di assistenza svolte dai mezzi a terra.

I dati richiesti sono stati ricavati, nell'ambito dello Studio di Impatto Ambientale, dal Masterplan e dalle indicazioni fornite dai responsabili della gestione aeroportuale. Nel caso in cui alcuni dati non fossero risultati disponibili, gli estensori del SIA hanno avanzato assunzioni (verificate nel presente studio e ritenute condivisibili) basandosi sullo scenario attuale e sulle ipotesi di crescita dell'attività aeroportuale conseguente alla realizzazione delle opere previste nel Masterplan.

Nei paragrafi seguenti vengono riportati i dati di input inseriti nel modello per ogni scenario analizzato.

2.1.3 Attività Aeromobili

Il modello richiede l'inserimento delle caratteristiche degli aeromobili considerati nella simulazione. Per ogni aereo EDMS richiede i seguenti input:

- Il modello, il tipo di aereo e il tipo di motore presente
- Il numero annuale di voli effettuato (cicli LTO – Landing-Takeoff)
- I profili operativi per ciascun quarto d'ora del giorno, per ogni giorno della settimana e per ogni mese dell'anno
- Il tempo richiesto per ogni fase operativa (Taxi Out, Takeoff, Climbout, Approach, Landing Roll, Taxi Inn)
- I mezzi a terra assegnati a ogni aeromobile

I dati relativi alle tipologie di aeromobile per lo stato attuale inseriti all'interno dello SIA sono stati forniti dal gestore aeroportuale, mentre per i dati relativi ai due scenari futuri sono stati ricavati dal Masterplan. Nelle tabelle seguenti sono riportate le tipologie di aereo per i tre scenari e i movimenti/anno, così come desumibili dalla documentazione di SIA agli atti del procedimento VIA:

Tabella 2 Numero annuale di voli effettuato per ogni tipologia di aereo nell'anno 2014

Tipologia di aeromobili inseriti nel modello EDMS per lo stato attuale su base dati 2014	Cicli LTO
A318	1251
A319	2744
A320	6
A321	
ATR 42-500	117
ATR 72-200	29
A109	122
B737	81
Augusta	6
Avro RJ85	5
B462	6
B463	4
B717	337
B721	4
BE36	5
BE40	18
BE58	4
Beechcraft 60 Duke	4
Beechcraft 90 King Air	34
BK17	4
Boing MD-87	4
BOMBARDIER 415	4
BOMBARDIER CRJ - 900	5
C10T	4
C172	172
C182	4
C210	4
C340	8
C441	4
C500	8
C525	271
C550	82
C559	15
C560	281
C650	13
C680	47
C750	14
Cessna 150	4
Cessna 340	4
Cessna 525	149
CL31	44
CL60	128
CRJ2	18
D328	9
DA40	4
DA42	5
DH8D	948

Tipologia di aeromobili inseriti nel modello EDMS per lo stato attuale su base dati 2014	Cicli LTO
E135	79
E145	4
E170	154
E175	582
E190	2601
E195	1203
EA50	4
EADS Socata TBM-700	16
EMB 120 Brasilia	56
F100	52
F900	192
FA10	4
FA100	16
FA20	5
FA50	21
FA7X	41
FK70	21
G100	4
G-1159A Gulfstream 3	6
G150	12
G-4 Gulfstream G400	64
G-5 Gulfstream 5	129
GALX	102
GLF6	19
Hawker 800	156
Hawker 900	7
Hawker Hunter	4
Hawker-Beechcraft 4000	7
LET L-420 Turbolet	8
LJ31	11
LJ35	9
LJ40	13
LJ45	24
LJ60	6
M20-K	62
MCR4	4
NH50	5
P180	78
P46T	44
PA28	9
PA31	5
PA-31T-620 Cheyenne 2	12
PA34	6
PC12	55
PN68	4
Raytheon Beech 1900 C	64
Raytheon King Air 100	5
Raytheon Premier I	14
Raytheon Super King Air 300	81
RJ85	2125

Tipologia di aeromobili inseriti nel modello EDMS per lo stato attuale su base dati 2014	Cicli LTO
Rockwell Commander 1121 Jet	21
Saab 340-B	440
SR20	6
SR22	15
SW4: Fairchild merlin III	8
TAMP	674
Totale complessivo	16403

Tabella - Numero annuale di voli previsti per tipologia di aereo nell'anno 2018 e 2029

Tipologia aeromobile	Cicli LTO	
	Anno 2018	Anno 2029
B737/800	2172	3503
A318	0	0
A319	6260	10098
A320	2172	3503
A321	1022	1648
B717	256	412
E175	0	0
E190	894	1442
E195	0	0
Challenger 600	673	722
Cessna 501	673	722
Cessna 560	673	722
HS-125	673	722
Piaggio P180	673	722
TOTALE	16141	24216

Per ogni aeromobile il SIA indica la pista di atterraggio e decollo ed i percorsi schematizzati per spostarsi dal gate alla pista e viceversa.

Per quanto concerne l'utilizzo della pista, secondo quanto indicato dal gestore aeroportuale, tale utilizzo è stato così formulato:

Stato attuale anno 2014

100% atterraggi per pista 05;

100% decolli per pista 23;

Capacità massima movimenti/ora: 15 arrivi e partenze

Scenario 2018

100% atterraggi per pista 12;

100% decolli per pista 30;

Capacità massima movimenti/ora: 21 arrivi e partenze

Scenario 2029

100% atterraggi per pista 12;

100% decolli per pista 30;

Capacità massima movimenti/ora: 21 arrivi e partenze

Per quanto riguarda i profili operativi e i tempi richiesti dalle varie fasi operative, si è accertato che lo Studio di Impatto Ambientale ha considerato i tempi calcolati da EDMS sulla base delle caratteristiche dell'aeromobile scelto e del tipo di pista. Tale impostazione risulta condivisibile.

2.1.4 Mezzi a terra

I mezzi GSE (Ground Support Equipment) sono i mezzi che affiancano l'aereo dal momento dell'atterraggio fino al successivo decollo, come i mezzi di trasporto per l'imbarco dei passeggeri, i mezzi adibiti al carico e scarico merci, i rimorchiatori degli aeromobili che li guidano negli spostamenti, i deicers ecc...

EDMS richiede l'inserimento della tipologia di mezzo, dei tempi di utilizzo, dei profili operativi e richiede l'assegnazione dei gates in cui i mezzi operano. Con tali informazioni, il software ripartisce le emissioni dei mezzi nei gates relativi, in base al tempo di funzionamento e ai profili operativi.

I dati richiesti per tutti e tre gli scenari analizzati nello Studio di Impatto Ambientale sono stati forniti dal gestore aeroportuale.

Di seguito sono riportate le ore/anno di utilizzo per ciascun mezzo per i tre scenari considerati:

Tabella - Ore di impiego all'anno di ogni mezzo a terra per ciascuno scenario in esame

Mezzi a terra (GSE)	2014	2018	2029
	Ore/anno	Ore/anno	Ore/anno
Mezzi interpista	8.194	8.070	12.108
Belt loader	2040	2.009	3.014
Baggage tractor	2040	2.009	3.014
Passenger stand	1.639	1.614	2.422
Cargo Loader	480	473	709
Air Start Unit	8	8	12
Aircraft Tractor	600	591	887
GPU	8.193	8.070	12107
Fuel truck	2.731	2.690	4.036
Cabin service truck	912	912	912
Catering	1.365	1.345	2.018
Water service	1.092	1.076	1.614
Deicing	17	17	17
Service truck	6.360	6.265	9.398
Service truck	1.680	1.655	2.482

2.1.5 Sorgenti stazionarie

Le sorgenti stazionarie presenti all'interno dell'area aeroportuale di Peretola, sono state identificate in sede di SIA nelle centrali termiche alimentate a metano e nei serbatoi di carburante. Per quanto riguarda lo stato attuale al 2014, sono state inserite sette centrali termiche, per lo scenario al 2018 ne sono state inserite dieci. Lo scenario al 2029 non contempla centrali termiche, in quanto il Masterplan prevede l'utilizzo del teleriscaldamento. I dati relativi al diametro e all'altezza dei camini esistenti e alla temperatura dei fumi sono stati dichiarati conformi allo stato effettivo. I dati inseriti nel modello relativi ai depositi di carburante sono stati invece ricavati dal Masterplan. I depositi presenti sono due, ubicati nell'area ovest dell'aeroporto, contengono rispettivamente carburante tipo AVGAS e tipo Jet1. Le caratteristiche dei depositi per ogni scenario sono riportate nella tabella seguente:

Tabella - Sorgenti stazionarie presenti all'interno dell'aeroporto Peretola

Edificio	Destinazione d'uso	Marca	Potenza Nominale (Kw)	Tipologia	Tiraggio	Combustibile	Tipologia Evacuazione Fumi
Ground Safety	Riscaldamento	Pensotti	27.5	Tradizionale		Metano G20	Camino Singolo
ENAC	Riscaldamento	Nd	200	Tradizionale	Forzato	Metano G20	Camino Singolo
VVFF	Riscaldamento	Nd	200	Tradizionale	Forzato	Metano G20	Camino Singolo
A. Partenze	Riscaldamento	RIELLO	151	Tradizionale	Forzato	Metano G20	Camino Singolo
A. Partenze	Riscaldamento	RIELLO	151	Tradizionale	Forzato	Metano G20	Camino Singolo
A. Arrivi/Partenze	Riscaldamento	ICI	400	Tradizionale	Forzato	Metano G20	Camino Singolo
A. Arrivi/Partenze	Riscaldamento	ICI	400	Tradizionale	Forzato	Metano G20	Camino Singolo
Nuova Aerostazione	Riscaldamento	ICI	511	Tradizionale	Forzato	Metano G20	Camino Singolo
Nuova Aerostazione	Riscaldamento	ICI	511	Tradizionale	Forzato	Metano G20	Camino Singolo
Nuova Aerostazione	Produzione ACS	ICI	50	Tradizionale	Forzato	Metano G20	Camino Singolo

Tabella - 3 Litri di carburante stoccato nei depositi ubicati nell'area ovest dell'aeroporto per i tre scenari

	Litri di carburante stoccati		
	2014	2018	2029
Serbatoio AVGAS	60.000	80.000	80.000
Serbatoio Jet1	500.000	1.300.000	1.300.000

2.2 VERIFICA DELLE EMISSIONI STIMATE DELL'ESERCIZIO AEROPORTUALE

La stima delle emissioni di GHG per le fonti non inserite nel modello EDMS sono state effettuate a partire dai dati di consumo registrati per il 2014 e riportati in tabella:

Fonte	Unità di misura	Quantità (2014)
Energia elettrica	kWh	7'268'000
Metano	m ³	160'000
Gasolio	kg	140'682
Benzina	kg	6'797

I dati di base sono stati verificati dallo scrivente Dipartimento anche in relazione agli anni 2015 e 2016, al fine di verificare la sussistenza di eventuali anomalie e validarne la rappresentatività. Sulla base degli input forniti dal Gestore Aeroportuale, se ne deduce la coerenza e rappresentatività.

I fattori di emissione utilizzati risultano quelli pubblicati dall'ISPRA:

- Le emissioni di anidride carbonica dovute alla combustione del gas naturale nella caldaia sono calcolate grazie al coefficiente di emissione di CO₂ riportato nella tabella parametri standard nazionali dell'inventario nazionale UNFCCC (media dei valori 2011-2013), pari a 1.956 tCO₂ per 1000 Sm³ (fonte dati ISPRA 2015).
- Le emissioni di anidride carbonica dovute alla combustione di benzina per autotrazione sono calcolate grazie al coefficiente di emissione di CO₂ riportato nella banca dati dei fattori di emissione medi per il parco circolante in Italia, pari a 3.137 tCO₂ per tonnellata (fonte dati ISPRA 2017).
- Le emissioni di anidride carbonica dovute alla combustione di gasolio per autotrazione sono calcolate grazie al coefficiente di emissione di CO₂ riportato nella banca dati dei fattori di emissione medi per il parco circolante in Italia, pari a 3.006 tCO₂ per tonnellata (fonte dati ISPRA 2017).
- Le emissioni di anidride carbonica dovute al consumo di energia elettrica sono pari a 0.352 kg di CO₂ equivalente, per ogni kilowattora consumato al contatore (Dati ISPRA, elaborazione ENEA, 2014).

2.2.1 Fase di Esercizio

In tabella sono riportate le emissioni aeroportuali stimate per l'aeroporto di Peretola, espresse in tonnellate/anno di CO₂e, per lo stato attuale di SIA (2014) e per i due scenari evolutivi di Masterplan, 2018 e 2029.

Tabella - Emissioni totali per gli scenari considerati

Emissioni di CO ₂ e [t/ anno]							
Anno	Mov/anno	Aeromobili	Energia elettrica	Combustione metano	Stoccaggio carburante	Mezzi a terra	TOTALE
2014	32'774	17'774	2'558	313	0.4	445	21'091
2018	32'280	21'022	2'520	447	0.7	294	24'283
2029	48'430	33'901	3'780	0	0.7	806	38'488

In totale coerenza con quanto riportato, tra l'altro, nel *Guidance Manual: Airport Greenhouse Gas Emissions Management* pubblicato da Airport Council International (2011), il contributo alle emissioni di GHG da parte delle strutture aeroportuali è da addebitarsi per quasi il 90% alle attività degli aeromobili.

Le emissioni riguardo ai consumi di energia elettrica negli due scenari futuri sono state stimate in rapporto ai movimenti annui.

Le emissioni da combustione di metano sono state stimate secondo il numero di centrali termiche previste.

Le emissioni dei GSE sono state stimate in base alle ore di lavoro previste.

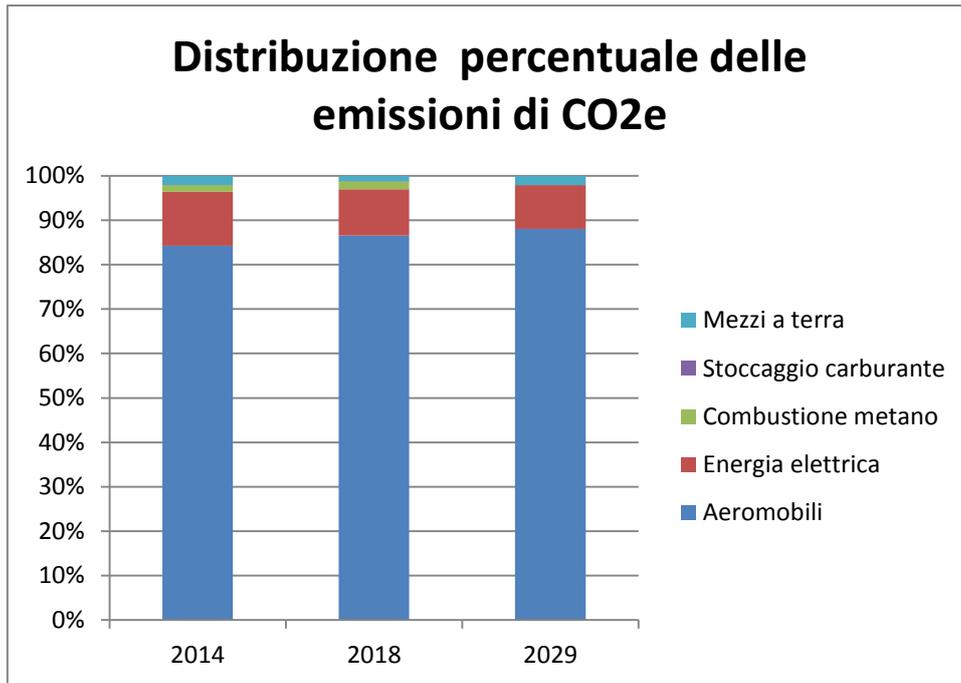


Figura 1 Distribuzione percentuale dei contributi delle emissioni di CO2e

2.3 CONSIDERAZIONI DI RAFFRONTO SU SCALA TERRITORIALE LOCALE E SOVRALocale

Una volta ultimata la verifica della quantificazione delle emissioni climalteranti prodotte dal progetto, così come stimate all'interno dello Studio di Impatto Ambientale, e accertata l'adeguatezza della relativa metodologia di calcolo, al fine di contestualizzare più opportunamente il contributo di detto quadro emissivo rispetto all'ambito territoriale di riferimento, si è provveduto ad elaborare l'analisi comparativa rispetto ai dati disponibili dall'IRSE (Inventario Regionale sulle Sorgenti di Emissione in aria ambiente IRSE - Emissioni inquinanti e gas serra. Aggiornamento anno 2010).

Ciò in quanto la stima "assoluta" delle emissioni non costituisce, di per sé, elemento di possibile valutazione di potenziali effetti ambientali, se non adeguatamente rapportata allo specifico contesto emissivo dell'area di intervento, ovvero se non riportata all'opportuna scala "relativa". Detta operazione, tra l'altro, rappresenta presupposto tecnico-scientifico indispensabile per poter supportare i decision-makers nell'ambito delle proprie scelte di pianificazione, programmazione ed interventi di riduzione o contenimento delle emissioni climalteranti.

Come di seguito rappresentato, la stima delle emissioni di GHG prodotte, su scala puntuale, dall'esercizio della nuova configurazione dell'aeroporto di Firenze è da considerarsi marginale rispetto alle valutazioni delle emissioni di GHG su scala locale. Attraverso l'elaborazione dei dati dell'IRSE è stato, infatti, possibile quantificare il contributo dell'aerostazione e dei relativi cicli LTO degli aeromobili rapportandolo al totale locale, sia su scala comunale, sia su scala di area vasta rappresentata dalla cosiddetta Piana Fiorentina.

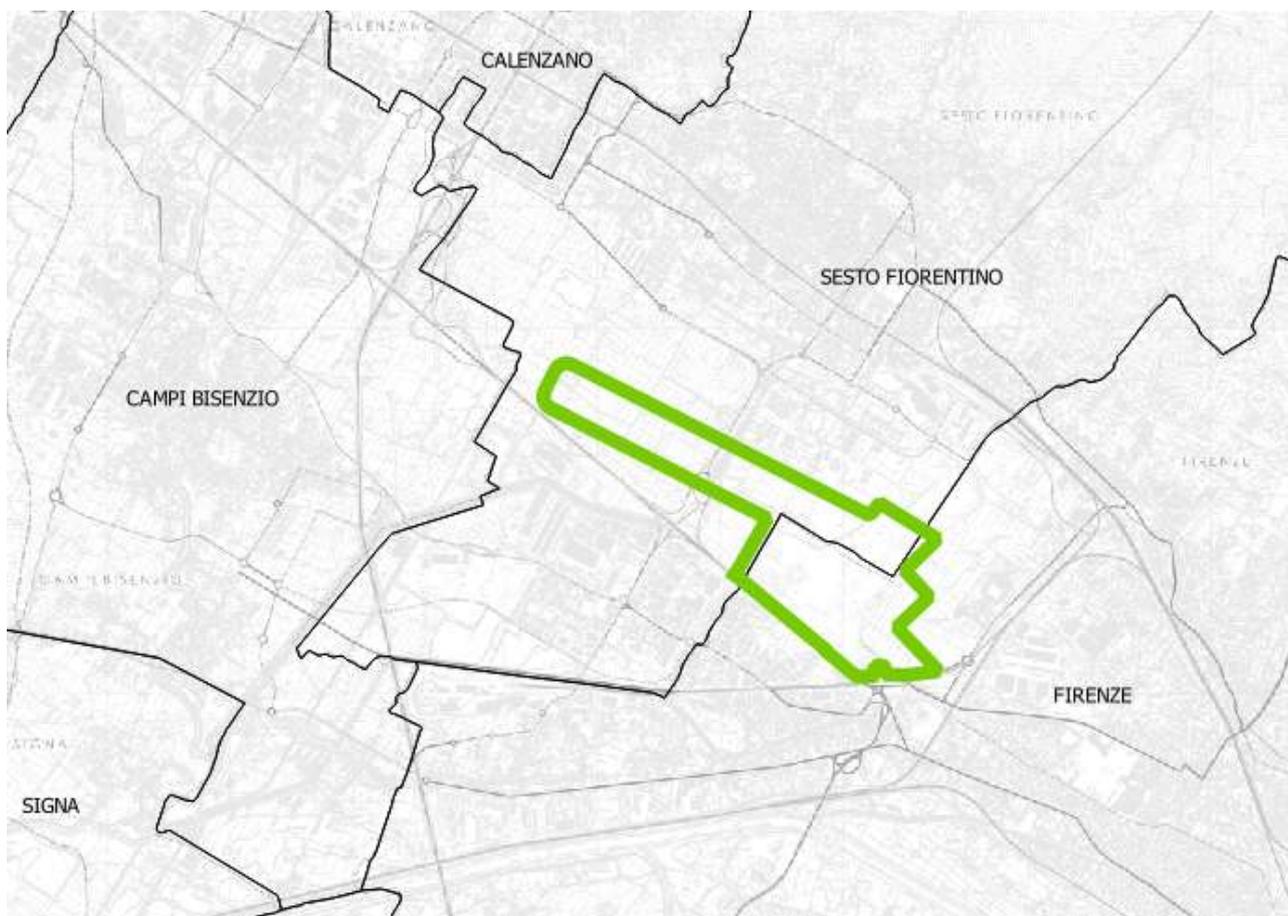


Figura 2 localizzazione della nuova pista di Peretola con evidenza dei Comuni confinanti.

Nelle seguenti tabelle e grafici si mostrano i dati desunti dall'IRSE per i gas GHG quali CO₂ e CH₄ per i comuni oggetto della presente valutazione.

Tabella 4 Emissioni di GHG per il Comune di Firenze – IRSE Regione Toscana.

Anno	Comune	CH ₄ (ton)	CO ₂ (ton)
------	--------	------------------------	------------------------

1995	048017 Firenze	3115,45	1321789,95
2000	048017 Firenze	2626,43	1246954,76
2003	048017 Firenze	2285,52	1341923,95
2005	048017 Firenze	1934,39	1340017,80
2007	048017 Firenze	1659,43	1283756,17
2010	048017 Firenze	1769,43	1168809,40

Tabella 5 Emissioni di GHG per il Comune di Sesto Fiorentino – IRSE Regione Toscana.

Anno	Comune	CH4 (ton)	CO2 (ton)
1995	048043 Sesto Fiorentino	2044,38	151300,21
2000	048043 Sesto Fiorentino	4531,25	157332,81
2003	048043 Sesto Fiorentino	5377,02	117407,87
2005	048043 Sesto Fiorentino	1684,72	126249,59
2007	048043 Sesto Fiorentino	1853,44	184164,13
2010	048043 Sesto Fiorentino	1891,42	210905,19

Tabella 6 Emissioni di GHG per il Comune di Campi Bisenzio – IRSE Regione Toscana.

Anno	Comune	CH4 (ton)	CO2 (ton)
1995	048006 Campi Bisenzio	264,90	147167,82
2000	048006 Campi Bisenzio	331,12	170533,03
2003	048006 Campi Bisenzio	161,45	155190,69
2005	048006 Campi Bisenzio	206,00	153840,30
2007	048006 Campi Bisenzio	286,66	197547,46
2010	048006 Campi Bisenzio	254,21	210467,97

Tabella 7 Emissioni di GHG per il Comune di Lastra a Signa – IRSE Regione Toscana.

Anno	Comune	CH4 (ton)	CO2 (ton)
1995	048024 Lastra a Signa	1593,84	66332,57
2000	048024 Lastra a Signa	1716,96	69296,66
2003	048024 Lastra a Signa	1453,22	72808,29
2005	048024 Lastra a Signa	1237,38	74898,06
2007	048024 Lastra a Signa	1062,12	76026,26
2010	048024 Lastra a Signa	879,49	72613,48

Tabella 8 Emissioni di GHG per il Comune di Signa – IRSE Regione Toscana.

Anno	Comune	CH4 (ton)	CO2 (ton)
1995	048044 Signa	53,65	43433,26
2000	048044 Signa	104,74	46419,45
2003	048044 Signa	91,99	48552,40
2005	048044 Signa	48,11	42216,03
2007	048044 Signa	85,86	53101,18
2010	048044 Signa	90,59	52163,29

Tabella 9 Emissioni di GHG per il Comune di Calenzano – IRSE Regione Toscana.

Anno	Comune	CH4 (ton)	CO2 (ton)
1995	048005 Calenzano	263,45	312481,56
2000	048005 Calenzano	220,01	314874,02
2003	048005 Calenzano	207,80	299608,76
2005	048005 Calenzano	97,38	276503,39
2007	048005 Calenzano	180,16	247562,87
2010	048005 Calenzano	185,52	170963,14

Il contributo delle emissioni totali di CO₂ dall'esercizio aeroportuale nelle configurazioni di Masterplan non superano mai il 2% per la proiezione al 2029 del totale delle emissioni dell'area vasta intercomunale, e ciò specificando che le emissioni di CO₂ considerate sono quelle associate non solo a tutti i cicli LTO degli aeromobili, ma anche all'operatività dell'aerostazione e alla percorrenza delle rotte aeree fino alla quota di 1.000 m sls.

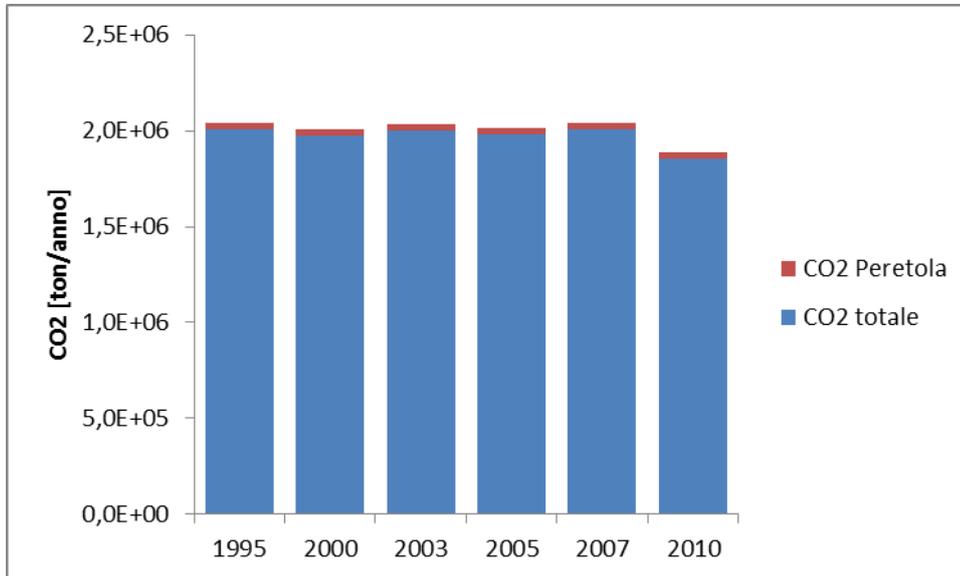


Figura 3 contributo relativo delle emissioni di CO₂ da Peretola e dall'area vasta Fiorentina.

3 APPLICAZIONE DELLA METODOLOGIA LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA)

3.1 INTRODUZIONE

Al fine di approfondire le valutazioni circa l'effettivo contributo delle emissioni climalteranti del progetto e circa i possibili correlati effetti ambientali, si è ritenuto di proseguire l'analisi di cui al presente studio attraverso l'applicazione di una specifica e standardizzata metodologia che potesse consentire più efficaci valutazioni comparative.

Negli ultimi anni è andata aumentando l'attenzione nei confronti di problematiche di carattere ambientale, e ciò ha sollecitato lo sviluppo di metodi e tecniche che permettano di comprendere, valutare e conseguentemente ridurre i possibili impatti sia di prodotti e servizi e che allo stesso tempo permettano una comunicazione efficace delle loro performance ambientali.

La valutazione del ciclo di vita (Life Cycle Assessment) di un prodotto o servizio è uno strumento che risponde a molte di queste necessità.

La valutazione del ciclo di vita nacque negli anni Sessanta in ambito industriale, al fine di valutare l'impatto ambientale relativo alla produzione; ma cominciò solo negli anni Settanta a essere utilizzata al di fuori del settore industriale e presto divenne evidente la necessità di una metodologia univoca e standardizzata. Il dibattito scientifico fu portato avanti sotto il patrocinio della SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry), e uno dei risultati più importanti fu la pubblicazione di un quadro di riferimento internazionale:

“Una LCA è un procedimento oggettivo che permette di valutare gli impatti ambientali associati ad un prodotto, un processo o un'attività, effettuato attraverso l'identificazione e la quantificazione dei consumi di materia, energia ed emissioni nell'ambiente, e l'identificazione e la valutazione delle opportunità per diminuire questi impatti. L'analisi riguarda l'intero ciclo di vita del prodotto (“dalla culla alla tomba”): dall'estrazione e trattamento delle materie prime, alla produzione, trasporto e distribuzione del prodotto, al suo uso, riuso e manutenzione, fino al riciclo e allo smaltimento finale.” [SETAC, 1993]

In uno studio LCA, quindi, un prodotto va seguito e analizzato in ogni fase della sua vita, dalla culla alla tomba, da quando è prodotto a quando è smaltito, in quanto ogni azione associata ad una fase può avere riflessi su quelle precedenti o successive. Il sistema industriale è separato dal sistema ambientale da confini fisici ben definiti ed è a esso collegato grazie allo scambio di input ed output.

In quest'ottica, l'ambiente non è quindi quello naturale definito dall'ecologia, ma è tutto ciò che sta all'esterno del sistema considerato.

In un modello LCA risulta chiaro come gli input del sistema siano parametri che intervengono nel dibattito sui problemi di risparmio delle risorse, mentre gli output riguardano i problemi di inquinamento.

Ne consegue che più che descrivere il prodotto, l'analisi LCA descrive il sistema che lo genera. La metodologia LCA, quindi, è fondamentalmente una tecnica quantitativa che permette di determinare i fattori in ingresso (materie prime, uso di risorse, energia, acqua) e in uscita (consumi energetici, scarichi idrici, produzione di rifiuti, emissioni inquinanti) dal ciclo di vita di ciascun prodotto valutandone i conseguenti impatti ambientali.

La metodologia LCA valuta i potenziali impatti ambientali di produzione/sistema/servizio relativi alla salute umana, alla qualità dell'ecosistema e all'impoverimento delle risorse. Con lo scopo di definire un quadro delle interazioni di un prodotto o di un servizio con l'ambiente che lo circonda, al fine di comprendere le conseguenze ambientali causate direttamente o indirettamente e di fornire le informazioni necessarie a valutare i comportamenti e gli effetti ambientali di una attività e a identificare le opportunità di miglioramento e di gestione di prodotti e servizi, al fine di raggiungere le migliori soluzioni per intervenire sulle condizioni ambientali.

Lo studio LCA ha anche il vantaggio di poter individuare facilmente le fasi e i sottoprocessi che rappresentano le maggiori criticità dell'intero sistema e quindi di fornire le informazioni necessarie ad indirizzare gli interventi di mitigazione e miglioramento della performance ambientale.

Infine, è evidente che l'approccio LCA si afferma come strumento adatto a comparare due o più prodotti, sistemi o servizi alternativi, al fine di consentirne un'efficace valutazione comparativa anche in termini di impatto ambientale.

3.2 LA METODOLOGIA LCA APPLICATA AL MASTERPLAN DELL'AEROPORTO DI FIRENZE

3.2.1 Obiettivo dello studio

L'obiettivo dello studio è la valutazione degli impatti sul cambiamento climatico potenzialmente generati dal progetto di Masterplan 2014-2029 dell'aeroporto di Firenze utilizzando la metodologia scientifica dell'analisi del ciclo di vita o Life Cycle Assessment (LCA).

Per l'elaborazione dello studio LCA sono state seguite le indicazioni riportate nelle *"Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories"* (IPCC, 2006) e nel *"Guidebook on Preparing Airport Greenhouse Gas Emissions Inventories"* (Airport Cooperative Research Program ACRP, 2009).

Il sistema studiato include la produzione di energia elettrica, gas naturale e carburanti utilizzati, le emissioni dirette legate alla combustione di metano e carburante sia all'interno dell'aeroporto che durante i voli, una stima delle emissioni legate alla realizzazione delle infrastrutture e dei velivoli.

3.2.2 Applicazioni previste

Il presente studio LCA, oltre a fornire gli strumenti di monitoraggio interno delle prestazioni ambientali, costituisce una base di confronto tra le diverse configurazioni del progetto di Masterplan 2014-2029 dell'Aeroporto di Firenze e offre la possibilità di confronto con servizi di trasporto alternativi.

3.2.3 Funzione del sistema

La funzione del sistema è il trasporto di passeggeri per via aerea con partenza dall'Aeroporto di Firenze.

3.2.4 Unità funzionale

Lo studio LCA è articolato con più unità funzionali. Vengono riportate le performance ambientali dei 3 scenari del Masterplan (relativi agli anni 2014, 2018 e 2029) per il totale annuo di passeggeri trasportati e per singolo passeggero (valore medio).

3.2.5 Sistema studiato e confini del sistema

Dato che gli effetti delle emissioni di gas ad effetto serra (GHG) hanno una natura globale, non ci sono confini del sistema aeroportuale geograficamente definiti come per altri inquinanti (ad effetto locale). Le emissioni di GHG dalle fonti individuate e comprese all'interno dello studio sono state, quindi, considerate indipendentemente da dove avvengono.

Per quanto riguarda gli aeromobili, le linee guida IPCC raccomandano di prendere in considerazione le emissioni dell'intero volo (*gate to gate*). In particolare, le emissioni del volo sono attribuite all'aeroporto di partenza, in modo da non incorrere in doppi conteggi tra più aeroporti.

Il sistema studiato comprende le emissioni generate dalle seguenti fonti:

Fonte di emissione	Tipologia	Metodo di calcolo
Realizzazione delle infrastrutture aeroportuali	Consumo di energia e produzione materie prime	EI 3.3
Costruzione degli aeromobili utilizzati	Consumo di energia e produzione materie prime	EI 3.3
Aeromobili durante il ciclo LTO	Combustione	IPCC
Aeromobili durante il volo (<i>gate to gate</i> solamente dei velivoli in partenza da Aeroporto di Firenze)	Combustione	IPCC
Produzione di energia elettrica, gas naturale, carburanti consumati da AdF	Consumo di energia e produzione materie prime	EI 3.3
Combustione gas naturale all'interno di AdF	Combustione	EI 3.3
Stoccaggio carburanti	Perdite di CH ₄	EDMS 5.1.4.1
GSE	Combustione	EDMS 5.1.4.1/EI 3.3

Le emissioni di GHG del settore dei trasporti aerei sono in gran parte dovuti alla combustione di jet fuel. Le emissioni dei motori degli aeromobili sono composte per circa il 70% da CO₂, poco meno del 30% da H₂O e meno del 1% da NO_x, CO, SO_x, NMVOC, particolato e altri componenti in tracce.

Le emissioni di protossido d'azoto (N₂O) dai motori di recente generazione sono marginali o del tutto assenti, così come quelle di metano (CH₄). [IPCC, 1999]

Le emissioni dipendono dal numero e tipo di operazioni dei velivoli, dalla loro efficienza, dal carburante utilizzato, dalla lunghezza del volo e dalla potenza dei motori utilizzata, dal tempo impiegato nelle varie fasi di volo e, in minor misura, dall'altitudine a cui i gas esausti vengono rilasciati.

Per i fini di questo studio le operazioni degli aeromobili sono divise in:

- 1- Landing/Take-Off cycle (LTO)
- 2- Climb – Cruise – Descent (CCD)

Generalmente circa il 10% delle emissioni dei velivoli, fatta eccezione per gli idrocarburi e il monossido di carbonio (CO), avvengono durante le operazioni a terra e i cicli LTO. Il restante 90% avviene invece durante il volo. [FAA, 2004]

3.2.6 Procedimento di raccolta dei dati primari

In conformità con le indicazioni della normativa di riferimento, la fonte principale di informazioni per l'elaborazione del presente studio LCA è costituita da dati specifici relativi alle emissioni e ai consumi riguardanti i processi sui quali Aeroporto di Firenze può esercitare un'influenza diretta.

La raccolta dei dati primari è stata realizzata nel periodo giugno – agosto 2017 e, per coerenza rispetto allo Studio di Impatto Ambientale agli atti del procedimento, è riferita all'anno solare 2014. Per gli scenari riguardanti gli anni 2018 e 2029 sono state effettuate stime a partire dai dati in possesso.

I dati per la rappresentazione delle forniture a monte del sistema, per la produzione di infrastrutture e mezzi sono dati secondari di banca dati Ecoinvent 3.3.

3.2.7 Limitazioni e ipotesi/assunzioni

Il presente studio LCA, trattandosi di un modello scientifico, rappresenta la semplificazione della realtà di un sistema fisico complesso, da cui per intrinseca definizione non si può ottenere una precisa e completa raffigurazione di ogni effetto sull'ambiente.

Le limitazioni propriamente tecniche, indicate dalla stessa ISO 14040, sono riferite allo sviluppo limitato dei modelli di caratterizzazione che induce a fare una scelta tra quelli disponibili nella comunità scientifica; all'impostazione dei confini del sistema che non contemplano tutti possibili processi unitari per il sistema di prodotto o che non includono tutti gli elementi in ingresso e in uscita a causa di esclusioni o dati mancanti; e alla mancanza della dimensione spaziale e temporale nei risultati LCI.

I risultati e i valori di impatto ambientale del LCIA restano comunque espressioni "relative" e non prevedono impatti sulle finalità di categoria, superamenti di soglie, margini di sicurezza o rischi, e non incidono sulle funzioni prestazionali di un prodotto rispetto ad un altro.

I dati che non è stato possibile inserire nel modello sono stati ritenuti avere un impatto marginale rispetto alle finalità del presente studio.

3.3 ANALISI DI INVENTARIO (LCI)

3.3.1 Realizzazione delle infrastrutture aeroportuali e degli aeromobili

Nel modello LCA è stato utilizzato il processo di banca dati Ecoinvent 3.3 "*airport construction | airport | APOS, U*" per la modellizzazione degli impatti relativi alle infrastrutture aeroportuali.

Il dataset copre gli impatti relativi alla costruzione, manutenzione, uso del suolo e dismissione delle infrastrutture di un intero aeroporto.

L'aeroporto di riferimento del dataset è quello di Zurigo, e riporta gli impatti di un anno di attività utilizzando le prestazioni annuali dell'aeroporto (41'500'000'000 pkm/a). Ad ogni passeggero è attribuito un peso totale imbarcato di 100 kg. [BAZL/BFS, 2002]

La vita utile stimata dell'aeroporto è di 100 anni per le fondazioni e 33.3 anni per tutte le altre componenti.

Il processo inizia con la produzione dei principali materiali da costruzione (calcestruzzo, inerti, acciaio), e la trasformazione/occupazione del suolo. L'attività termina con la costruzione, mantenimento, uso del suolo e dismissione dell'intero aeroporto.

Il processo di costruzione comprende il consumo di materiali da costruzione, i consumi di energia (diesel e energia elettrica), gli scavi e la costruzione dei principali edifici.

Gli impatti relativi alla costruzione dei velivoli sono stati calcolati a partire dal processo di banca dati Ecoinvent 3.3 *"aircraft production, medium haul | aircraft, medium haul | APOS, U"*.

Il dataset rappresenta la produzione di un velivolo da trasporto a medio raggio, del tipo Airbus A 320 con un peso massimo a serbatoi vuoti di 61 t e 150 posti a disposizione.

Sono valutati gli impatti relativi ai principali materiali impiegati (alluminio e polietilene), energia (gas naturale, energia elettrica, gasolio), acqua e trattamento dei reflui.

Le principali fasi di lavorazione sono: lavorazione delle parti metalliche, finitura e trattamento delle superfici, assemblaggio delle componenti, assemblaggio del prodotto finito.

Le emissioni dell'aeromobile sono allocate nel presente studio secondo la distanza totale percorsa dagli stessi durante la loro vita utile (valutata pari a $5.59E+7$ km) e la loro performance di trasporto (150 passeggeri/unità). [Maibach et al. 1999]

3.3.2 Emissioni degli aeromobili

Gran parte delle emissioni di gas ad effetto serra del settore dei trasporti aerei è legato alla combustione di carburante nei motori degli aeromobili.

In questo studio le operazioni degli aeromobili sono state divise in Landing/Take-off (LTO) cycle e Climb Cruise Descent (CCD), come descritte nelle linee guida EMEP/EEA 2016.

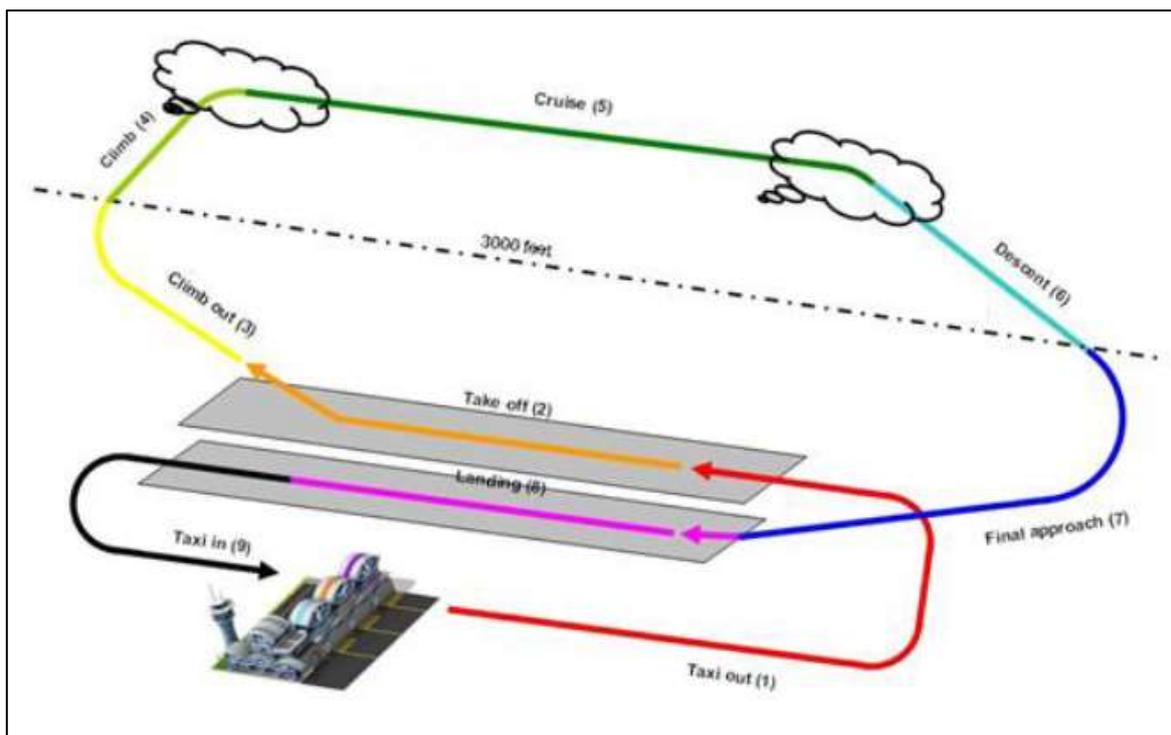


Figura 4 rappresentazione schematica del ciclo LTO.

Dato il contributo rilevante delle emissioni di GHG di questa fase, la stima delle emissioni è stata realizzata seguendo un approccio bottom-up basato sul registro dei singoli voli come richiesto dal Tier 3A delle linee guida IPCC 2006. La metodologia del Tier 3A prende in considerazione le emissioni della fase CCD per differenti distanze di percorrenza, di conseguenza è stato necessario raccogliere dati riguardanti le distanze degli aeroporti raggiunti e i modelli di aeromobile utilizzati.

Con questo metodo viene tenuto in considerazione che le emissioni generate differiscono nelle varie fasi di volo e per differenti modelli di aeromobili, inoltre il consumo di carburante è legato alla distanza percorsa nel singolo volo, in quanto i consumi della fase LTO incidono maggiormente sui voli a più corto raggio.

Dal registro dei voli del 2014 sono state ricavate le distanze medie percorse dagli aeromobili divisi per modello. Per ogni modello è quindi stato possibile ricavare il consumo di cherosene e le emissioni derivate di CO₂ per le due fasi di LTO e CCD.

Anno	FUEL CCD TOT (kg)	FUEL LTO TOT (kg)	CO2 CCD	CO2 LTO	paxkm
2014	2.95E+07	8.79E+06	9.28E+07	2.77E+07	1.19E+09
2018	3.55E+07	1.03E+07	1.12E+08	3.25E+07	1.34E+09
2029	5.60E+07	1.63E+07	1.77E+08	5.13E+07	2.15E+09

I valori per gli scenari 2018 e 2029 sono stati ricavati a partire dal numero di movimenti divisi per modello di aeromobile previsti nel Masterplan e dalle percorrenze medie per modello del 2014 aumentate del 30% in considerazione delle possibili nuove destinazioni che sarà possibile raggiungere con il nuovo assetto infrastrutturale dell'aeroporto.

Per la valutazione dei consumi e delle emissioni è stato utilizzato il foglio di calcolo *“1.A.3.a Aviation - Annex 5 - Master emissions calculator 2016”* annesso alla EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016.

Esempio di calcolo delle emissioni e del carburante consumato con il foglio di calcolo "1.A.3.a Aviation - Annex 5 - Master emissions calculator 2016" (Aeromobile A-320, 400 nm di volo).

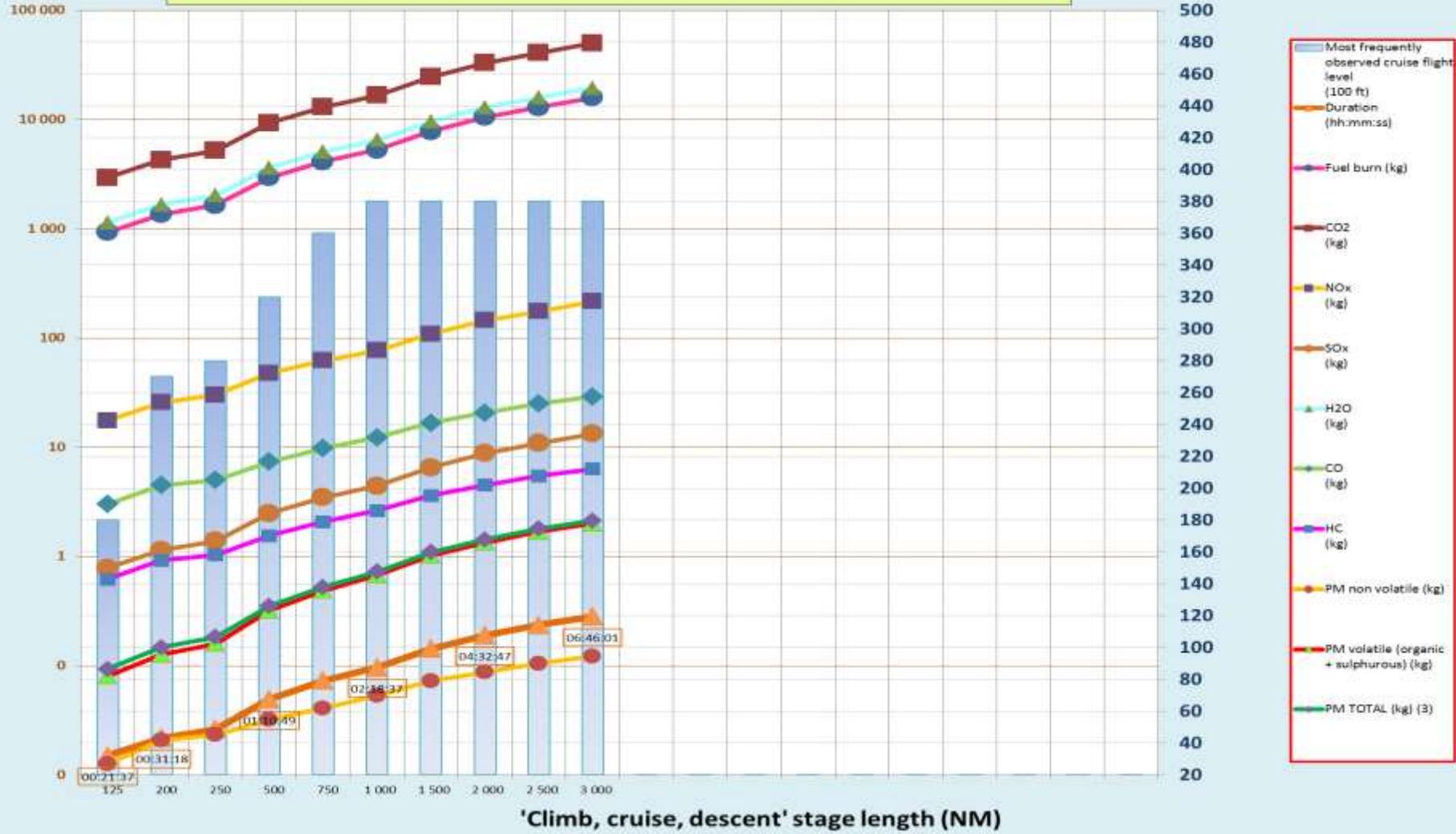
Aircraft code - designators provided in separate worksheet		Manufacturer	AIRBUS INDUSTRIE	Engine type	Jet	Default LTO (1) cycle (hh:mm:ss)								
SELECT	A320	One of the models associated with this aircraft type	A320 233	The most common engine ID in 2015 used for modelling this aircraft type	3CM026	Phases	ICAO default	Default for a busy European airport, year 2015						
		Category	Landplane	Number of engines	2	Taxi	00:26:00	00:20:06						
						Take off	00:00:42	00:00:42						
						Climb out	00:02:12	00:02:12						
						Approach	00:04:00	00:04:00						
						TOTAL	00:32:54	00:27:00						
Estimated parameters (based on year 2015)														
Aircraft type	A320	Most frequently observed cruise flight level (100 ft)	Duration (hh:mm:ss)	Fuel burn (kg)	CO ₂ (kg)	NO _x (kg)	SO _x (kg)	H ₂ O (kg)	CO (kg)	HC (kg)	PM non volatile (kg)	PM volatile (organic + sulphurous) (kg)	PM TOTAL (kg) (3)	
Default LTO (1) cycle	Default for a busy European airport, year 2015		00:27:00	742.54	2 338.99	10.97	0.62	913.32	6.52	1.30	0.0066	0.0536	0.0602	
	ICAO default		00:32:54	816.17	2 570.93	11.28	0.69	1 003.89	8.25	1.64	0.0067	0.0593	0.0661	
ENTER	Enter a CCD (2) stage length (NM)	400	280	00:57:35	2 426.55	7 643.64	40.57	2.04	2 984.66	6.42	1.34	0.0286	0.2552	0.2838
	TOTAL LTO + CCD 400 nm.		01:30:29	3 242.72	10 214.57	51.85	2.72	3 988.55	14.66	2.98	0.0353	0.3145	0.3498	
(1) LTO	Landing and Take-Off flight phases													
(2) CCD	Climb/Cruise/Descent flight phases													
(3) PM TOTAL	Total particulate matter emitted. As practically all PM emitted by modern transport aircraft has an aerodynamic diameter of less than 0.1 microns, this method considers that the masses of PM0.1, PM2.5, PM10 and total PM are identical.													

Climb, cruise, descent:
Fuel burn and
emissions (kg)
(logarithmic scale,
base 10)

A320

Estimated fuel burnt, emissions and flight level during CCD flight phases,
based on year 2015 data

Climb, cruise,
descent
Optimum cruise
flight level (100
ft)



3.3.3 Produzione di energia, gas naturale e carburanti

Energia elettrica

L'energia elettrica consumata all'interno delle strutture aeroportuali è stata rilevata per l'anno 2014. I dati di consumo previsti per gli scenari 2018 e 2029 sono ricavati dal dato 2014 moltiplicato per un fattore di scala legato ai movimenti/anno previsti.

Anno	Movimenti/anno	Energia elettrica [MWh]
2014	32'774	7'268
2018	32'280	7'158
2029	48'430	10'740

Per la valutazione delle emissioni legate alla produzione e trasporto dell'energia elettrica è stato utilizzato un processo di banca dati Ecoinvent 3.3 denominato *"market for electricity, low voltage | electricity, low voltage | APOS, U – IT"*.

Il processo utilizzato comprende le emissioni relative all'intero ciclo di vita di produzione del mix elettrico a basso voltaggio per la rete di distribuzione italiana, le perdite per la trasmissione e trasformazione e la produzione e le perdite di esafluoruro di zolfo (SF₆) ad esso collegate.

Gas naturale

Il consumo di gas naturale utilizzato per il riscaldamento delle strutture aeroportuali per l'anno 2014 è stato pari a 160'000 m³. I dati di consumo per gli scenari 2018 e 2029 sono stimati a partire dal dato 2014 moltiplicato per un fattore di scala legato al numero di centrali termiche previste.

Anno	Centrali termiche	Gas naturale [m ³]
2014	7	160'000
2018	10	228'571
2029	0	0

Lo scenario 2018 prevede che siano installate 10 centrali termiche a fronte delle 7 attuali, mentre lo scenario al 2029 non contempla centrali termiche, in quanto verrà utilizzato il teleriscaldamento.

Il processo di banca dati utilizzato per la modellizzazione delle emissioni è *"heat production, natural gas, at boiler condensing modulating <100kW | heat, central or small-scale, natural gas"*. Gli impatti sono relativi alla produzione e trasporto del gas naturale, produzione delle centrali termiche, produzione di energia elettrica consumata dai servizi ausiliari delle centrali stesse e emissioni da combustione del gas.

Gasolio e benzina per GSE

La quantità di carburanti (gasolio e benzina) consumata dai mezzi di terra (GSE) per le operazioni aeroportuali è stata rilevata per l'anno 2014. I dati di consumo previsti per gli scenari 2018 e 2029 sono ricavati dal dato 2014 moltiplicato per un fattore di scala legato ai movimenti/anno previsti.

Anno	Movimenti/anno	Gasolio [litri]	Benzina [litri]
2014	32'774	168'481	9'996
2018	32'280	165'941	9'845
2029	48'430	245'211	14'548

Per la valutazione delle emissioni legate alla produzione e trasporto del gasolio è stato utilizzato un processo di banca dati Ecoinvent 3.3 denominato *"market group for diesel, low-sulfur | diesel, low-sulfur | APOS, U - RER"*, mentre per la benzina è stato utilizzato *"market for petrol, unleaded | petrol, unleaded | APOS, U - RER"*.

I processi utilizzati comprendono le emissioni relative all'intero ciclo di vita di produzione dei due carburanti, il loro trasporto e lo smaltimento dei rifiuti generati dal ciclo produttivo.

Le emissioni legate alla combustione dei detti carburanti è calcolata utilizzando i fattori di emissione pubblicati da ISPRA per il parco medio circolante, paria a 3.137 tCO₂ per tonnellata di benzina e 3.006 tCO₂ per tonnellata di gasolio. [ISPRA 2017]

3.4 ANALISI DEGLI IMPATTI

I risultati della analisi LCIA qui riportati costituiscono informazioni relative; il loro scopo principale è la reciproca comparazione dei diversi scenari del Masterplan 2014-2029 dell'Aeroporto di Firenze e il confronto dei dati relativi al Masterplan in esama con dati di letteratura e relativi ad altri servizi analoghi.

3.4.1 Metodologia di valutazione degli impatti ambientali

Scopo dello studio LCA è la quantificazione del potenziale di riscaldamento globale degli scenari modellizzati.

La metodologia di quantificazione degli impatti utilizzata si attiene al modello GWP100, CML 2001 baseline v4.8 (IPCC, 2013).

I fattori di caratterizzazione utilizzati sono presi da CML-IA versione 4.8, rilasciata ad agosto 2016 dall'Institute of Environmental Sciences della Leiden University.

L'analisi degli impatti è stata effettuata utilizzando il software OpenLCA versione 1.6.1, sviluppato da Green Delta.

Il software utilizzato contiene al suo interno il database Ecoinvent sviluppato dallo Swiss Centre for Life Cycle Assessment, considerato uno dei database più completi e autorevoli per l'Europa (Ecoinvent, 2007). La versione del database Ecoinvent utilizzata per questo studio è la v 3.3.

3.4.2 Potenziale di Surriscaldamento Globale (GWP, Global Warming Potential):

Il meccanismo noto come "effetto serra" è causato dalla capacità di assorbimento della radiazione infrarossa riemessa dal suolo terrestre da parte dei gas atmosferici, chiamati anche gas serra. Questo comportamento provoca il surriscaldamento di tutto il globo terrestre a causa dell'aumento di temperatura che si verifica negli strati più bassi dell'atmosfera.

I gas serra prodotti dalle attività antropiche possono provocare scompensi nel sistema naturale se le quantità emesse e la velocità con cui cresce la loro concentrazione superano determinati limiti. Il gas serra che desta maggiori preoccupazioni è l'anidride carbonica (CO₂), poiché il suo continuo aumento di concentrazione deriva principalmente dalla combustione dei combustibili fossili e dalla massiccia distruzione della foresta pluviale tropicale, con conseguente riduzione della capacità di assorbimento di CO₂ da parte della copertura vegetale del pianeta.

Altri gas serra sono il metano (CH₄), l'ozono troposferico, il vapore acqueo, il protossido di azoto (N₂O), i clorofluorocarburi (CFC), gli idrofluorocarburi (HFC) e i gas correlati (idroclorofluorocarburi, HCFC).

L'indicatore utilizzato è il potenziale di surriscaldamento globale GWP, calcolato considerando sia l'attitudine del gas serra ad assorbire radiazioni infrarosse, sia il tempo di permanenza del gas in atmosfera. Il GWP è quindi un indice, basato sulla concentrazione e sul periodo di esposizione, che esprime quanto un gas contribuisce all'effetto serra basandosi su una scala relativa che confronta la sostanza considerata con la quantità equivalente di CO₂, il cui valore convenzionale di GWP è per definizione pari a 1.

I quantitativi di gas serra oggetto dell'analisi vengono normalmente espressi in kg di CO₂ equivalenti (kg CO₂eq), attraverso un'operazione di standardizzazione basata sui potenziali di riscaldamento globale. Ogni

valore di GWP è calcolato per uno specifico intervallo di tempo indicato a pedice, normalmente pari a 20, 100, 200 o 500 anni per tener conto del fatto che le varie sostanze si decompongono e inattivano in periodi di tempo molto lunghi.

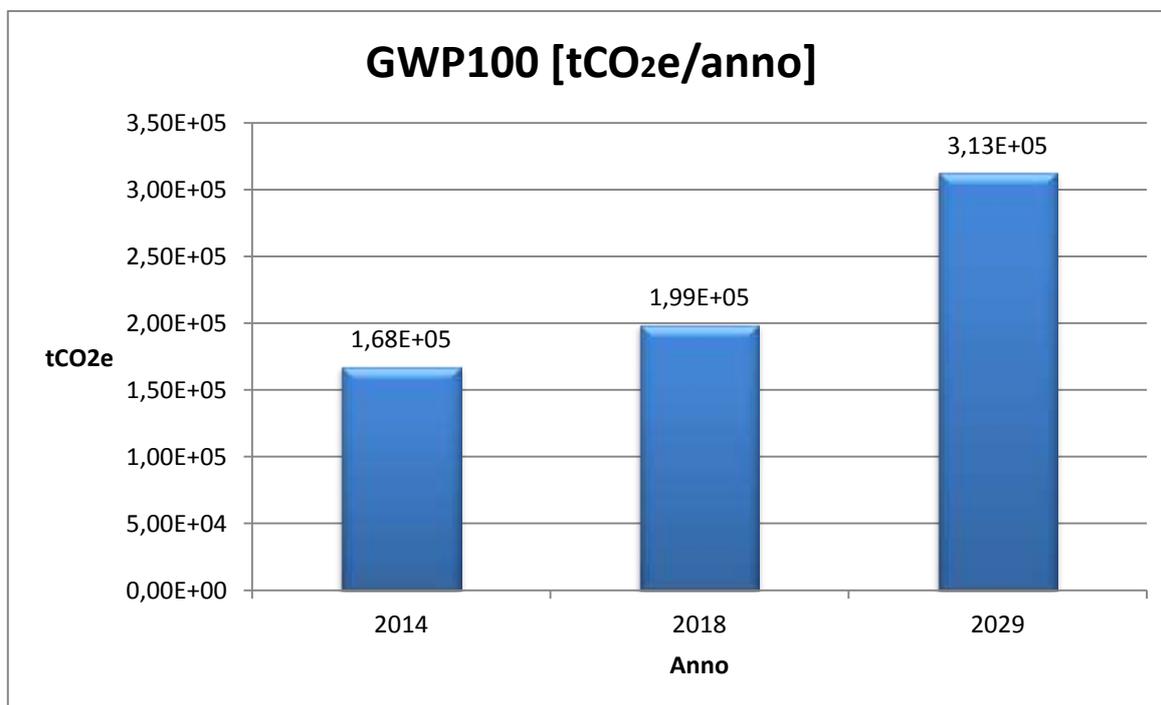
Nel presente studio è stato utilizzato un orizzonte temporale pari a 100 anni (GWP_{100}).

3.5 VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI SUL CLIMA

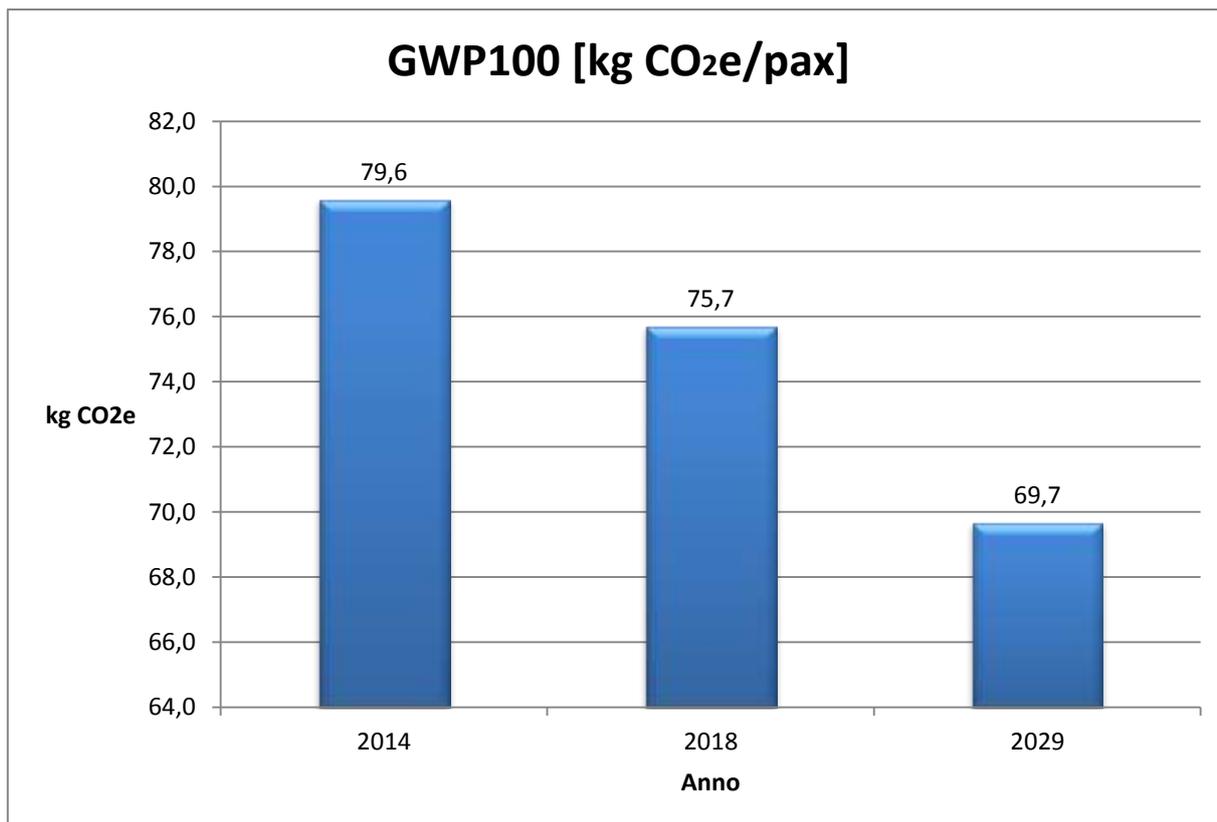
I risultati della performance ambientale dei tre scenari sono riportati in tabella. I valori di emissione sono relativi a tutte le fonti riportate nell'inventario per l'anno solare considerato.

ANNO	GWP [kg CO ₂ e]	PAX	CO ₂ e/PAX
2014	1.68E+08	2.11E+06	79.6
2018	1.99E+08	2.62E+06	75.7
2029	3.13E+08	4.49E+06	69.7

Il Global Warming Potential di un anno di attività dell'aeroporto è destinato a crescere, dato il previsto aumento del numero di movimenti e le presumibili maggiori distanze complessivamente percorse.



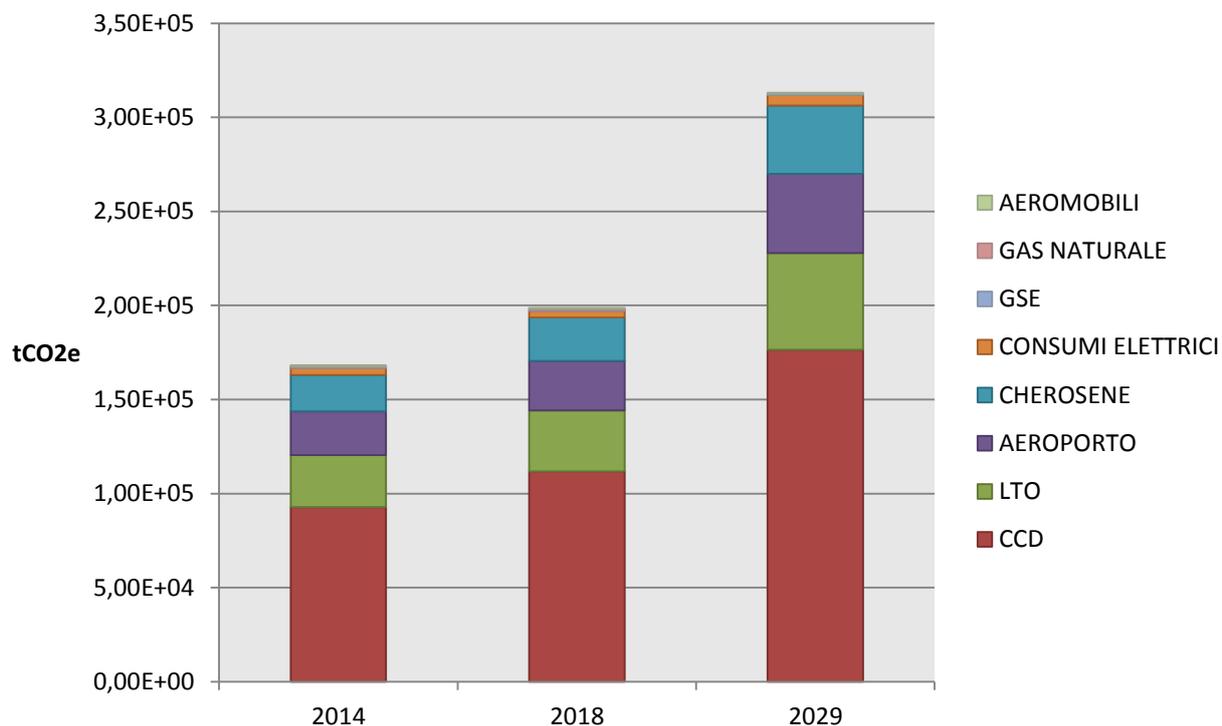
Se però le emissioni vengono rapportate al numero di passeggeri trasportati per anno, il GWP degli scenari previsti dal Masterplan risulta sensibilmente minore rispetto allo stato attuale (2014).



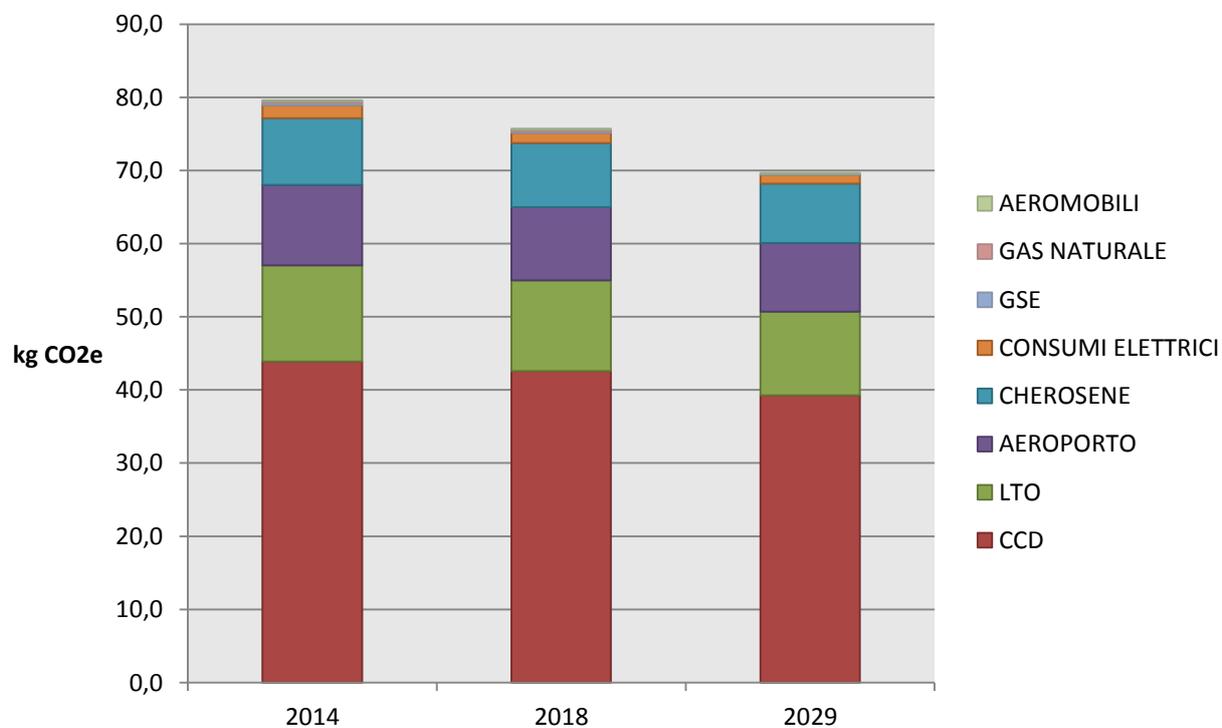
Il bilancio delle emissioni è stato quindi analizzato dividendo le fonti di emissione in 8 sub processi:

1. CCD – Emissioni da combustione del cherosene durante la fase Climb-Cruise-Descent;
2. LTO – Emissioni da combustione del cherosene durante la fase Landing-Take Off;
3. AEROPORTO – Emissioni dovute alla realizzazione, manutenzione e dismissione delle infrastrutture aeroportuali;
4. CHEROSENE – Emissioni legate alla produzione e trasporto del cherosene;
5. CONSUMI ELETTRICI – Emissioni per la produzione dell’energia elettrica consumata;
6. GSE – Emissioni dei mezzi a terra;
7. GAS NATURALE – Emissioni da produzione, trasporto e combustione del gas naturale consumato;
8. AEROMOBILI – Emissioni legate alla produzione, manutenzione e dismissione degli aeromobili utilizzati.

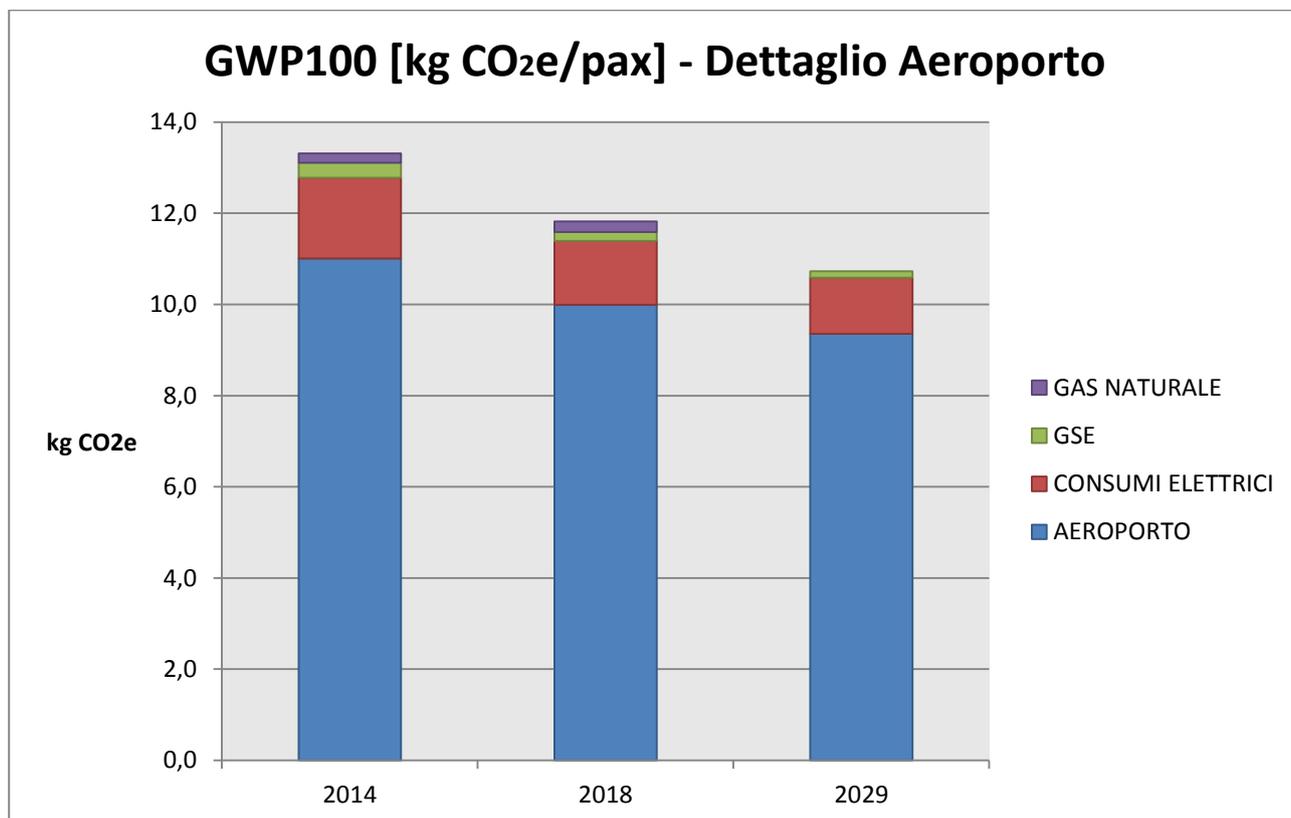
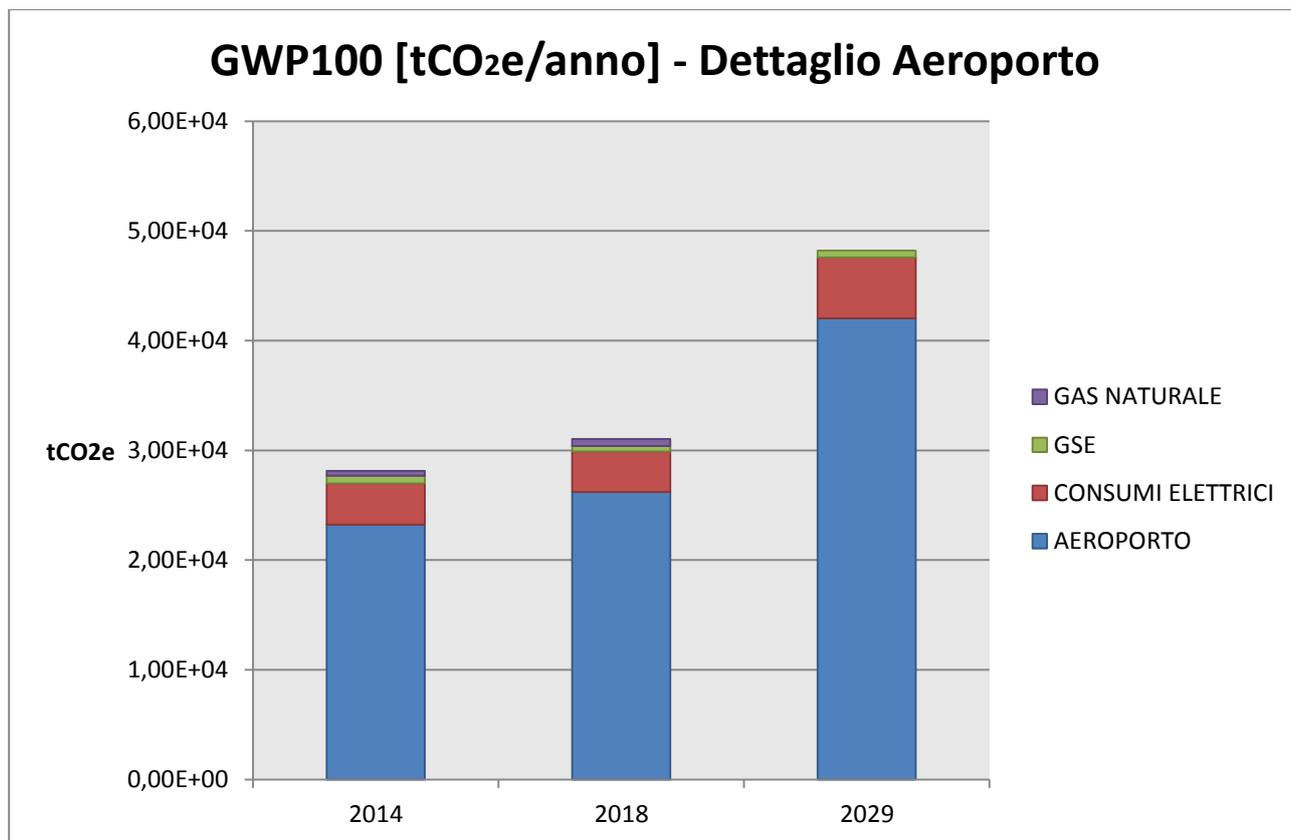
GWP100 [tCO₂e/anno] - Dettaglio



GWP100 [kg CO₂e/pax] - Dettaglio



Infine sono state escluse le emissioni relative agli aeromobili per meglio evidenziare i contributi delle fonti direttamente collegate all'ambito aeroportuale.



3.6 CARBON SEQUESTRATION

Le opere di compensazione ambientale previste nel Masterplan prevedono, indirettamente, lo stoccaggio di CO₂ mediante la fissazione di carbonio in specie arboree durante la loro fase di crescita. Questo carbonio viene fissato dalla pianta sottraendo CO₂ all'atmosfera.

Gli interventi previsti sono:

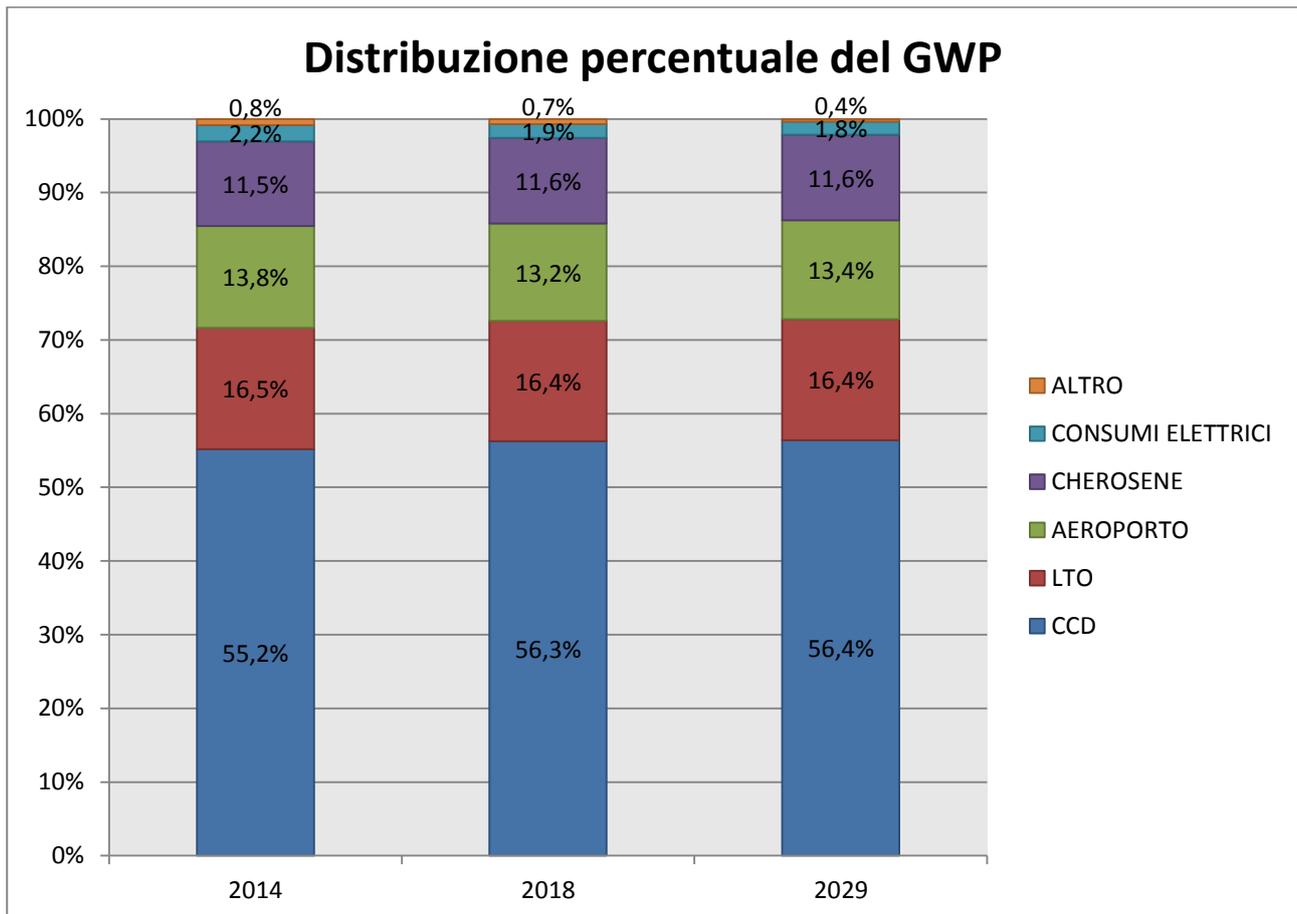
- Conversione di 40 ettari di terreno agricolo in territorio boscato (Forest Land)
- Conversione di 25 ettari di terreno agricolo/incolto in territorio verde (Grass Land)

Queste opere determinano una capacità di consumo di CO₂ pari a quanto è stimabile utilizzando la metodologia prevista da IPPC (tramite l'approccio TIER 1) di seguito riepilogata.

La conversione prevista determina uno stoccaggio stimato di circa 73 ton/anno di CO₂.

3.7 IDENTIFICAZIONE DEI FATTORI SIGNIFICATIVI

L'analisi LCA ha permesso di identificare il contributo delle fonti di emissione di GHG modellizzate. La distribuzione percentuale del GWP rappresentata in figura evidenzia come più dell'80% delle emissioni di CO₂e sono collegate alla fase di volo (CCD+LTO+CHEROSENE), come confermato da dati di letteratura (IPCC 1999, EEA 2016).



Il contributo alle emissioni della fase CCD sono risultate leggermente maggiori nei due scenari 2018, 2029 in cui si prevedono maggiori distanze coperte dai voli, effetto che non si ripercuote sulle emissioni da LTO.

Il contributo relativo alle infrastrutture aeroportuali è invece in diminuzione per l'aumento dell'efficienza del fattore di trasporto (maggior numero di passeggeri trasportati e maggiori distanze coperte).

3.8 CONFRONTO CON ALTRI SISTEMI DI CONTESTO

Lo studio LCA approntato non consente, come ovvio, l'immediata e diretta comparazione dei risultati qui ottenuti con le Carbon Footprint prodotte e pubblicate da altre strutture aeroportuali, in quanto si deve inevitabilmente scontare il diverso approccio utilizzato e, soprattutto, i differenti confini al sistema previsti (e non noti a priori).

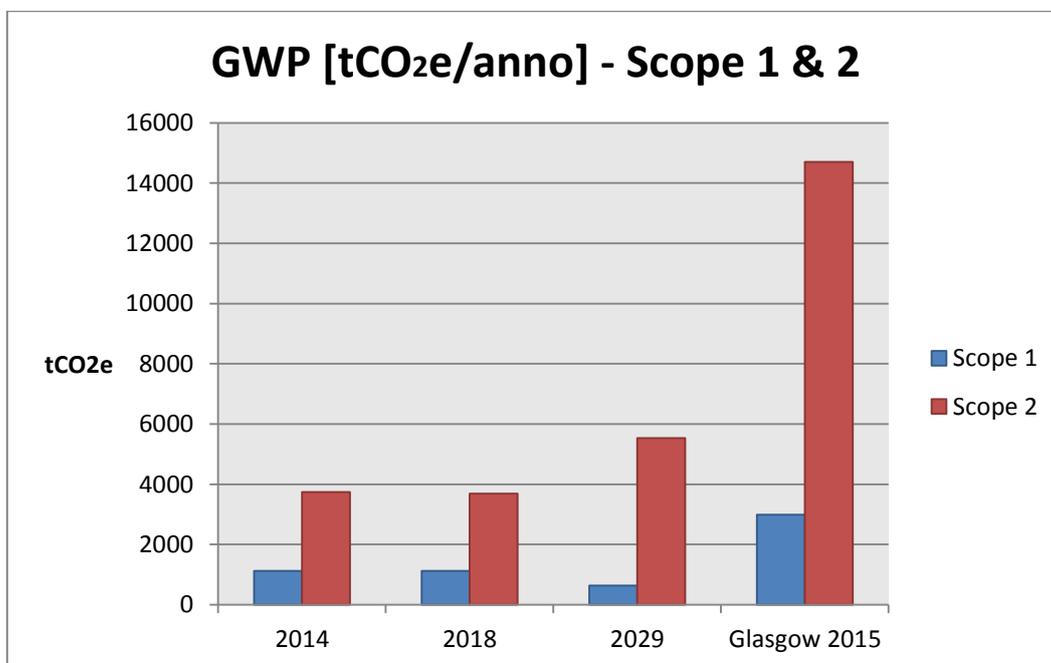
Tuttavia, allo scopo di poter confrontare alcune fonti di emissione, vengono di seguito riportati i risultati parziali dello studio, suddivisi in *Scope 1* e *Scope 2*, così come definiti nelle linee guida per la realizzazione della Carbon Footprint.

Lo *Scope 1* comprende le emissioni dirette di competenza della struttura aeroportuale, le cui fonti sono la combustione di gas naturale per riscaldamento, le emissioni dei mezzi di terra alimentati a gasolio e benzina.

Lo *Scope 2* comprende le emissioni indirette legate alla produzione e trasmissione dell'energia elettrica consumata all'interno dell'aeroporto.

Si riportano, a solo titolo indicativo, i valori di emissione (*Scope 1* e *2*) riportati nel rapporto "Glasgow Airport Carbon Footprint 2015".

Anno	Aeroporto di Firenze			Glasgow
	2014	2018	2029	2015
Scope 1 (tCO ₂ e)	1128	1124	631	2990
Scope 2 (tCO ₂ e)	3745	3688	5534	14706

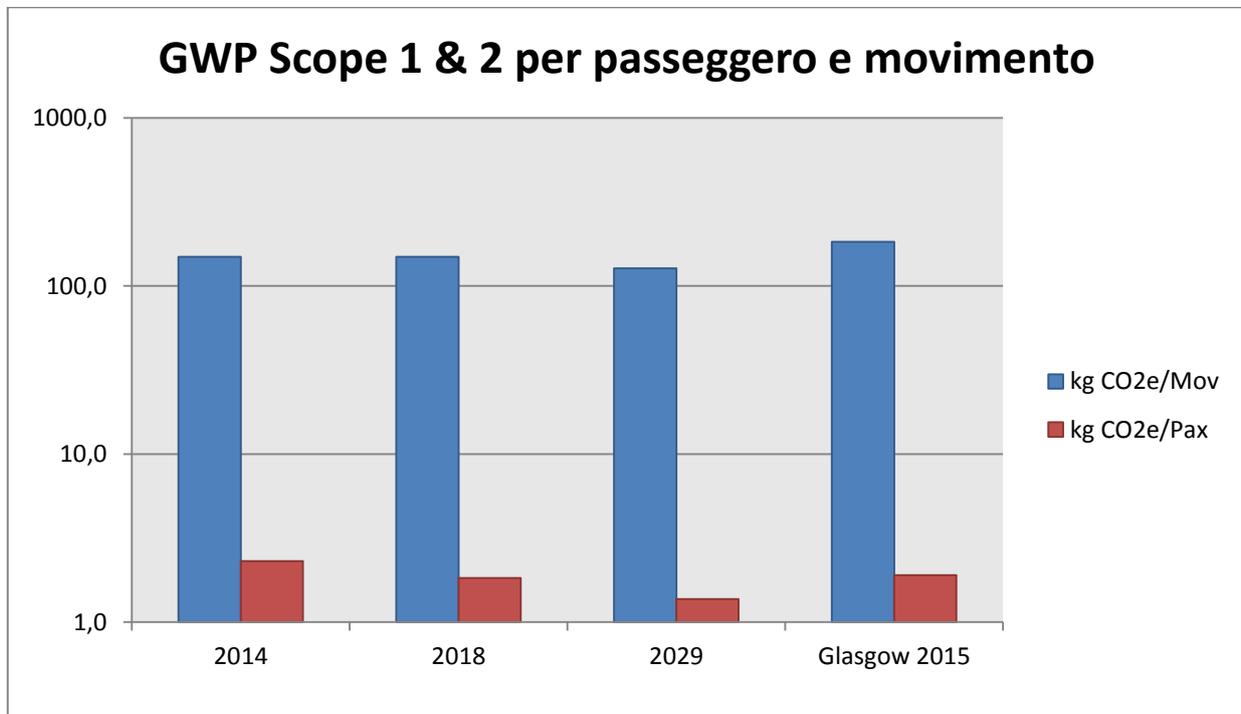


Le differenze di emissione riscontrabili tra i due aeroporti, in valore assoluto, sono da attribuire alla diversa taglia/dimensione delle due attività. La metodologia applicata consente, tuttavia, il superamento di detto fattore di scala e di pervenire alla definizione di indicatori standardizzati confrontabili.

Per rendere i valori di emissione confrontabili tra aeroporti di dimensioni differenti vengono, quindi, riportati i valori di GWP espressi in kg di CO₂ equivalente scalati sul numero di passeggeri trasportati e sui movimenti annui degli aeromobili.

I valori sono aggregati in Scope 1 + Scope 2.

Anno	Aeroporto di Firenze			Glasgow
	2014	2018	2029	2015
kg CO ₂ e/Mov	148	149	127	183
kg CO ₂ e/Pax	2.3	1.8	1.4	1.9



4 VULNERABILITÀ DEL PROGETTO AL CAMBIAMENTO CLIMATICO

Nel *Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2014) è stata valutata la vulnerabilità delle attività antropiche e delle infrastrutture al cambiamento climatico.

Per quanto riguarda il settore del trasporto aereo sono state individuate le seguenti criticità:

- Il riscaldamento medio dell'aria ne diminuisce la densità. Nei mesi estivi, in particolar modo negli aeroporti in alta quota, può portare ad una diminuzione della capacità di carico dei velivoli, a valutazioni rispetto alla sicurezza, e a ritardi legati alle condizioni meteorologiche, a meno di interventi di allungamento delle piste. [National Research Council, 2008; Pejovic et al., 2009]
- Aumento del numero di eventi di precipitazione e vento ad alta intensità. In particolare gli aeroporti situati in zone costiere potranno avere un aumento nel numero di voli in ritardo o annullati per condizioni meteo non favorevoli [Pejovic et al., 2009; Lemmen and Warren, 2010] e delle spese di manutenzione e riparazione delle infrastrutture. [Gusmao, 2010]
- Aumento delle turbolenze nel corridoio Atlantico. Aumento dei tempi di volo e delle turbolenze incontrate. [Williams and Joshi, 2013]
- Aumento delle temperature e dell'intensità delle precipitazioni potranno portare ad una degradazione più rapida delle piste [DOT, 2002; Allard et al., 2007], con rischi per le strutture connesse. [Pejovic et al., 2009]

Fattore	Vulnerabilità	Note
Diminuzione densità dell'aria	BASSA	L'aeroporto si trova a circa 40 m s.l.m. e il Masterplan prevede l'allungamento della pista.
Aumento degli eventi meteorologici intensi	MEDIO/BASSA	L'aeroporto non è situato in zona costiera, da valutare l'aumento degli eventi estremi locali. La diversa giacitura della pista risulta strumento efficace per far fronte alle attuali significative limitazioni operative dello scalo.
Aumento delle turbolenze	BASSA	Non riguarda direttamente la struttura aeroportuale.
Degradazione delle piste	MEDIO/BASSA	La pista di volo 12-30 sarà realizzata ex-novo e, pertanto, si prevede un limitato degrado della stessa.
Degradazione delle mitigazioni a verde	MEDIO/BASSA	Le opere di compensazione previste dal Masterplan saranno oggetto di costante monitoraggio e gestione controllata.

Per quanto riguarda invece le opere di mitigazione a verde, nell'area Mediterranea sono state individuate le seguenti criticità legate al cambiamento climatico:

- Aumento delle temperature estreme.
- Diminuzione delle precipitazioni e del livello dei fiumi.
- Aumento del rischio di siccità.

- Aumento del rischio di perdita di biodiversità.
- Aumento del rischio incendi.
- Espansione dell'habitat di agenti patogeni.

A tal proposito si evidenzia che il Masterplan prevede il costante monitoraggio dell'efficacia ecologica degli interventi di nuova piantumazione e creazione di nuovi habitat, nonché una gestione controllata dei nuovi ambienti ricreati atti a consentire, laddove necessario, l'attuazione di interventi correttivi e integrativi.

4.1 CONCLUSIONI

4.1.1 Cambiamento climatico

Sebbene il progetto di Masterplan 2014-2019 preveda l'ampliamento del traffico annuo dell'Aeroporto di Firenze, con un conseguente aumento, in termini assoluti, delle emissioni totali di GHG, si è verificato che la prevista migliore efficienza di trasporto (legata ad una maggior capienza degli aeromobili) porterà ad una diminuzione delle emissioni per passeggero trasportato.

Il contributo alla emissione di GHG dei vari scenari del Masterplan si pone in linea con la carbon footprint della struttura aeroportuale presa come riferimento per il confronto, e già dal primo anno di entrata in esercizio della nuova pista di volo, i valori relativi all'aeroporto di Firenze si mostrano più performanti rispetto a quelli di raffronto.

4.1.2 Vulnerabilità del progetto

L'esercizio del progetto di Masterplan 2014-2029 dell'Aeroporto di Firenze al momento non presenta vulnerabilità rilevanti alle pressioni ambientali derivate dai cambiamenti climatici globali.

Non esistono al momento sufficienti basi scientifiche per quantificare un possibile aumento degli eventi meteorologici estremi sull'area interessata; è di conseguenza difficile stimare gli eventuali impatti che questi potranno esercitare sulla degradazione delle infrastrutture (in particolare le piste) e sulla qualità del servizio (ritardi e annullamenti dei voli). A tal proposito, tuttavia, dalla consultazione del Masterplan e del relativo Studio di Impatto Ambientale risulta del tutto evidente come la diversa giacitura della pista di volo potrà contribuire in misura significativa a contrastare e superare le attuali sensibili limitazioni operative dello scalo (ritardi, dirottamenti, cancellazioni dei voli). La nuova pista di volo 12/30 sarà, inoltre, realizzata con le più innovative tecniche e tecnologie e, pertanto, appare ragionevole ipotizzare una sua adeguatezza, almeno per il primo periodo di esercizio, a far efficacemente fronte ai fattori di degradazione.

5 BIBLIOGRAFIA

- [1] Airbus (2002) The Airbus Way Environment (Environmental Report). pdf. Download of 06.20 from <http://www.airbus.com/media/environment.asp>.
- [2] Allard, M., A. Fortier, D. Sarrazin, F. Calmels, D. Fortier, D. Chaumont, J.P. Savard, and Tarussov A., 2007: L'Impact du Réchauffement Climatique sur les Aéroports du Nunavik: Caractéristiques du Pergélisol et Caractérisation des Processus de Dégradation des Pistes. Ressources naturelles Canada (Natural Resources Canada), Ottawa, ON, Canada, 184 pp.
- [3] BAZL/BFS (2002) Schweizerische Zivilluftfahrt. Bundesamt für Zivilluftfahrt und Bundesamt für Statistik, Neuchatel
- [4] DOT, 2002: The Potential Impacts of Climate Change on Transportation. Federal Research Partnership Workshop October 1-2, 2002 held at the Brookings Institution, Washington, DC, USA, Summary and Discussion Papers, U.S. Department of Transportation Center for Climate Change and Environmental Forecasting (DOT), Washington, DC, USA, 263 pp.
- [5] EEA, 2016, EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook, European Environment Agency (<http://www.eea.europa.eu/themes/air/emep-eea-air-pollutant-emission-inventory-guidebook>).
- [6] FAA (2004). 'Aviation emissions: a primer.' Federal Aviation Administration, USA, 2004.
- [7] FAA (2004) 'Emissions and dispersion modelling system'. (EDMS) User's Manual FAA-AEE-04-02 (Rev. 1 –10/28/04) Federal Aviation Administration Office of Environment and Energy, Washington, DC September 2004. Additional information is available from the FAA web site: www.faa.gov.
- [8] Gusmao, D., 2010: Case-study 2: European airports and sea level rise. In: "Challenges of Growth" – Environmental Update Study: Climate Adaptation Case Studies [Thomas, C. and A.J. Drew (eds.)]. European Organisation for the Safety of Air Navigation (EUROCONTROL), Brussels, Belgium, pp. 71-91.
- [9] IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- [10] IPCC (1999). 'Aviation and the global atmosphere.' Eds: Penner, J.E., Lister, D.H., Griggs, D.J., Dokken, D.J., MsFarland, M., Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press 1999.
- [11] IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry, ISBN 4-88788-003-0.
- [12] Lemmen, D. and F. Warren, 2010: Climate Change Impacts and Adaptation: A Canadian Perspective [Lemmen, D. and F. Warren (eds.)]. Government of Canada, Climate Change Impacts and Adaptation Directorate, Natural Resources Canada, Ottawa, ON, Canada, 174 pp.
- [13] Maibach M., Peter D. and Seiler B. (1999) Ökoinventar Transporte: Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Transportsystemen und den Einbezug von Transportsystemen in Ökobilanzen. Technischer
- [14] National Research Council, 2008: Potential Impacts of Climate Change on U.S. Transportation. Transportation Research Board Special Report 290. Committee on Climate Change and U.S. Transportation, Transportation Research Board (TRB) and Division on Earth and Life Studies, National Research Council of the National Academies, TRB, Washington, DC, USA, 280 pp.
- [15] Pejovic, Tamara & A. Williams, Victoria & Noland, Robert & Toumi, Ralf. (2009). Factors Affecting the Frequency and Severity of Airport Weather Delays and the Implications of Climate Change for Future Delays. Transportation Research Record. 2139. 97-106. 10.3141/2139-12.
- [16] Williams, P.D. and M.M. Joshi, 2013: Intensification of winter transatlantic aviation turbulence in response to climate change. Nature Climate Change, 3, 644-648.