UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE CHIMICHE

DIPARTIMENTO DI AGRONOMIA, ANIMALI, ALIMENTI, RISORSE NATURALI E AMBIENTE

CORSO DI LAUREA IN SCIENZE E TECNOLOGIE PER L'AMBIENTE

VALUTAZIONE DELLE EMISSIONI DI GAS SERRA DI UN EVENTO SPORTIVO INTERNAZIONALE: IL CASO DEL "PALIO CITTA' DELLA QUERCIA"

Relatore: Prof. Marco Schiavon

Laureanda: Aurora Lulli
Numero matricola: 1195017

Anno accademico: 2024/2025

A mia madre, la donna più forte
che io conosca.

INDICE

1. Introduzione pag. 3

2. Materiali e metodi pag. 6

2.1 Il “Palio Città della Quercia” pag. 6

2.2 Questionari sulla mobilità di atleti e spettatori pag. 7

2.3 Fattori di emissione utilizzati pag. 11

2.3.1 Definizione e contesto pag. 11

2.3.2 Fonti dei fattori di emissione pag. 11

2.3.3 Applicazione ai dati del caso studio pag. 12

2.3.3.1 Trasporto atleti pag. 13

2.3.3.2 Trasporto spettatori pag. 14

2.4 Ipotesi semplificative adottate pag. 14

3. Risultati e discussione pag. 17

3.1 Emissioni di gas serra dal settore dei trasporti pag. 17

3.1.1 Emissioni atleti pag. 17

3.1.2 Emissioni pubblico pag. 23

3.1.3 Emissioni complessive pag. 27

3.2 Confronto con altri eventi sportivi pag. 28

3.3 Proposte di miglioramento e sviluppi futuri pag. 29

4. Conclusioni pag. 31

Bibliografia pag. 33

Ringraziamenti pag. 35

1. INTRODUZIONE

Il cambiamento climatico costituisce una delle sfide più importanti e urgenti del ventunesimo secolo (Crecchi et al., 2024). Si tratta di un cambiamento persistente nel tempo delle condizioni climatiche medie del nostro pianeta, con particolare riguardo all'innalzamento della temperatura globale. Sebbene il clima del nostro pianeta abbia sempre sperimentato variazione naturali, l'attuale periodo di riscaldamento globale è ampiamente considerato dalla comunità scientifica come causato dalle azioni umani, in particolare per le emissioni di gas serra.

I principali gas serra (GHG) emessi dalle attività umane includono l'anidride carbonica (CO_2), il metano (CH_4) e il protossido di azoto (N_2O).

La crescente conoscenza riguardo alla crisi climatica ha motivato l'Unione Europea e diversi Stati membri delle Nazioni Unite a stabilire un obiettivo condiviso: conseguire la neutralità climatica entro il 2050 (European Climate Law, 2025). Questo comporta raggiungere emissioni nette di gas serra uguali a zero, mediante la diminuzione delle emissioni, l'investimento in tecnologie ecologiche e la protezione degli ecosistemi. Per conseguire questo obiettivo, sarà indispensabile un cambiamento significativo in tutti i settori economici, incluso il settore dei trasporti, che necessiteranno di interventi mirati alla diminuzione delle emissioni.

Il contributo dell'essere umano è chiaramente visibile in questo settore, che a livello mondiale costituisce circa il 23% delle emissioni di CO_2 associate all'energia (Jaramillo et al., 2022). In Europa, tale percentuale aumenta a circa il 29% (Transport and mobility, 2025) facendo del trasporto uno degli ambiti principali nelle strategie di riduzione delle emissioni di carbonio.

In Italia, secondo le informazioni più aggiornate rilasciate dall'ISPRA (2025), nel 2022 il settore dei trasporti ha avuto un'incidenza del 28,3% sulle emissioni complessive di gas serra (Bernetti et al., 2025). La componente principale è costituita dal trasporto su strada, che è responsabile di oltre il 90% delle emissioni del settore.

Il settore dei trasporti ha un forte impatto sulle emissioni di gas serra, aggravando il cambiamento climatico e aumentando l'intensità di fenomeni meteorologici estremi. Le emissioni mondiali di gas serra continueranno a crescere, principalmente a causa dell'uso di combustibili fossili, ampiamente diffuso in

questo ambito.

L'interesse per le questioni ambientali e la sostenibilità hanno avuto rilevanza anche nel campo dello sport, impattando i metodi di programmazione, organizzazione e realizzazione degli eventi.

Le associazioni sportive, sempre più informate riguardo all'impatto ambientale delle loro manifestazioni, comprendono la responsabilità legata alle emissioni di gas serra e sostengono iniziative destinate a ridurre gli effetti, adottando strategie di gestione ambientale più consapevoli.

Pur essendo lo sport soggetto agli effetti del cambiamento climatico – come eventi meteorologici estremi che possono causare il rinvio o l'annullamento di competizioni all'aperto, o temperature elevate che influiscono sulle prestazioni degli atleti – esso rappresenta comunque una fonte significativa di emissioni di gas climalteranti.

In particolare, le manifestazioni sportive producono notevoli quantità di gas serra, principalmente a causa dei viaggi degli atleti e degli spettatori da e verso i luoghi dell'evento.

Uno degli scopi di questo studio è eseguire un'analisi approfondita dei KPI (*Key Performance Indicator*) riguardanti la sostenibilità ambientale dell'evento sportivo "Palio Città della Quercia", un'importante manifestazione nel contesto atletico italiano.

La ricerca si focalizza, in modo specifico, sulla misurazione delle emissioni di anidride carbonica (CO_2) prodotte dai viaggi di atleti e spettatori, poiché costituiscono una delle fonti maggiori di impatto ambientale associato all'organizzazione di manifestazioni sportive.

Lo studio esamina un periodo di quattro anni, dal 2021 al 2024, con l'obiettivo di analizzare l'andamento delle emissioni nel tempo e di considerare possibili variazioni nei comportamenti legati alla mobilità.

L'analisi sarà eseguita utilizzando strumenti metodologici e scientifici che siano rigorosi, con l'intento di conseguire stime precise e comparabili.

I risultati previsti hanno l'obiettivo di offrire una solida base di conoscenza non solo per analizzare l'impatto ambientale passato e attuale dell'evento, ma anche per guidare l'organizzazione verso pratiche più sostenibili, in accordo con gli obiettivi

di riduzione delle emissioni di carbonio e con l'aumento dell'attenzione alla responsabilità ambientale nel campo sportivo.

2. MATERIALI E METODI

2.1 Il "Palio Città della Quercia"

Il "Palio Città della Quercia" (Palio Città della Quercia, 2025) è una società sportiva responsabile dell'organizzazione dell'omonimo evento internazionale di atletica leggera, che si svolge annualmente a Rovereto, in provincia di Trento.

Fondato nel 1965, il meeting rappresenta l'evento di atletica leggera più antico in Italia e, nel corso degli anni, ha ottenuto un'importanza e una notorietà sempre maggiori, diventando un riferimento sia per il contesto sportivo nazionale sia per quello internazionale.

L'incontro è famoso per la sua capacità di attrarre sportivi di elevato calibro, favorendo la diffusione della cultura sportiva e l'apprezzamento del territorio del Trentino. Nel 2020, il Palio è stato ufficialmente inserito nel circuito *World Athletics Continental Tour Silver*, un riconoscimento che conferma non solo il suo valore atletico, ma anche l'alto standard organizzativo e l'impegno verso pratiche più sostenibili.

In accordo con questa prospettiva, l'ente organizzatore ha progressivamente integrato l'attenzione per le tematiche ambientali nei processi decisionali, distinguendosi per un metodo attivo nella sostenibilità degli eventi.

Negli ultimi anni, è stato avviato un percorso strutturato di monitoraggio dell'impatto ambientale dell'evento, ponendo particolare attenzione alla logistica e, in particolare, alle emissioni di GHG derivanti dal trasporto di atleti e spettatori. Questo metodo mette in luce una crescente attenzione al contributo del settore sportivo nelle strategie di mitigazione del cambiamento climatico, e costituisce un esempio concreto di integrazione tra organizzazione di eventi sportivi e criteri di sensibilità ambientale.

Nell'ambito di questo percorso di monitoraggio ambientale, l'analisi quantitativa dei flussi di partecipazione costituisce un elemento essenziale per la valutazione dell'impatto ambientale. In particolare, i dati relativi al numero di atleti e spettatori presenti nelle diverse edizioni, rappresentano un elemento chiave per la stima delle emissioni associate alla mobilità e consentono di valutare in maniera più accurata le emissioni di GHG.

La tabella seguente riporta i dati raccolti per il periodo 2021 – 2024, distinguendo tra atleti e spettatori partecipanti all'evento, con lo scopo di fornire una base dati per le successive analisi quantitative.

Tabella 2.1: numero di atleti e spettatori partecipanti all'evento (2021 – 2024)

	Atleti	Spettatori
Anno 2021	264	1498
Anno 2022	264	1325
Anno 2023	257	1345
Anno 2024	287	2318

2.2 Questionari sulla mobilità di atleti e spettatori

All'interno del presente progetto, particolare attenzione è rivolta allo studio delle modalità di trasporto adottate dai partecipanti al "Palio Città della Quercia", considerando sia gli atleti sia gli spettatori; di conseguenza, la loro analisi e quantificazione rappresentano un passaggio fondamentale per stimare l'impatto ambientale complessivo dell'iniziativa.

Per raccogliere dati utili all'analisi, il comitato organizzatore ha somministrato, in ciascuna edizione del periodo considerato (2021 – 2024), dei questionari rivolti ai partecipanti. Le domande erano finalizzate a ottenere informazioni sul mezzo di trasporto utilizzato e sulla provenienza geografica. Le risposte sono state successivamente elaborate e aggregate, in modo da restituire una rappresentazione delle diverse tipologie di trasporto adottate.

Per rendere i risultati più chiari e facilmente interpretabili, i dati sono stati presentati attraverso grafici a torta, che permettono di visualizzare in modo immediato la distribuzione delle diverse modalità di trasporto. Questa forma di rappresentazione non solo facilita le analisi successive, finalizzate alla stima delle emissioni complessive di CO_2 generate dagli spostamenti, ma offre anche indicazioni utili per individuare strategie di mitigazione e possibili interventi volti a ridurre l'impatto ambientale delle edizioni future.

Nei grafici seguenti (Figure 1 – 4) sono riportate le percentuali relative alle modalità

di trasporto utilizzate dagli atleti partecipanti all'evento dal 2021 al 2024.

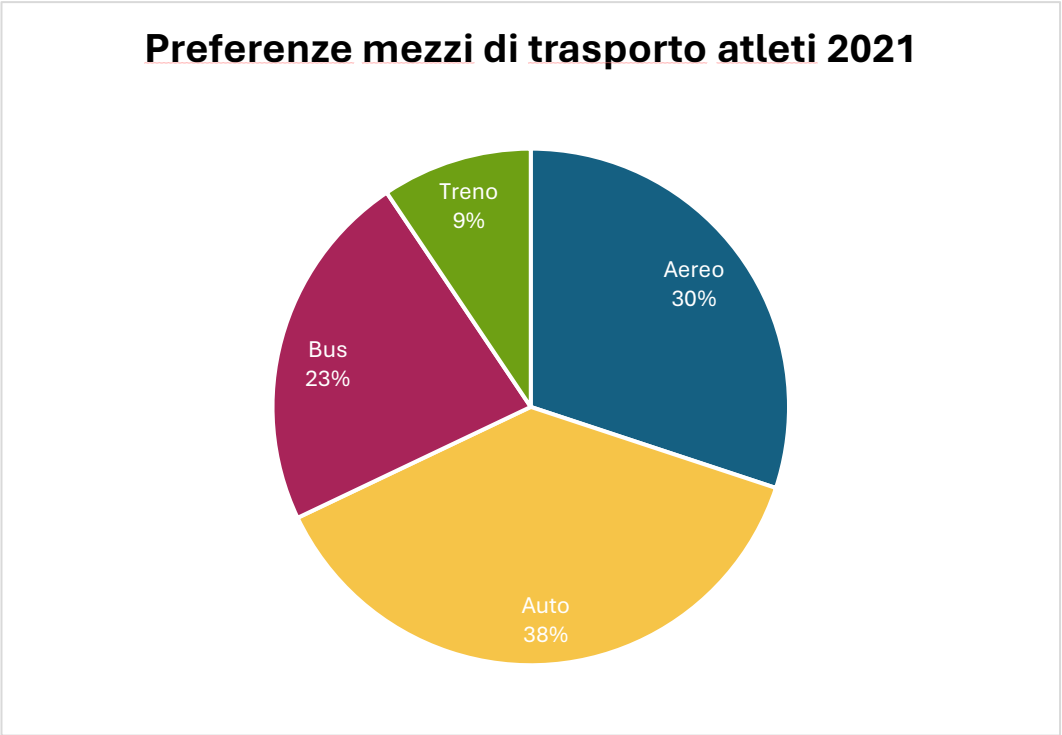

Figura 1: Preferenze mezzi di trasporto atleti 202

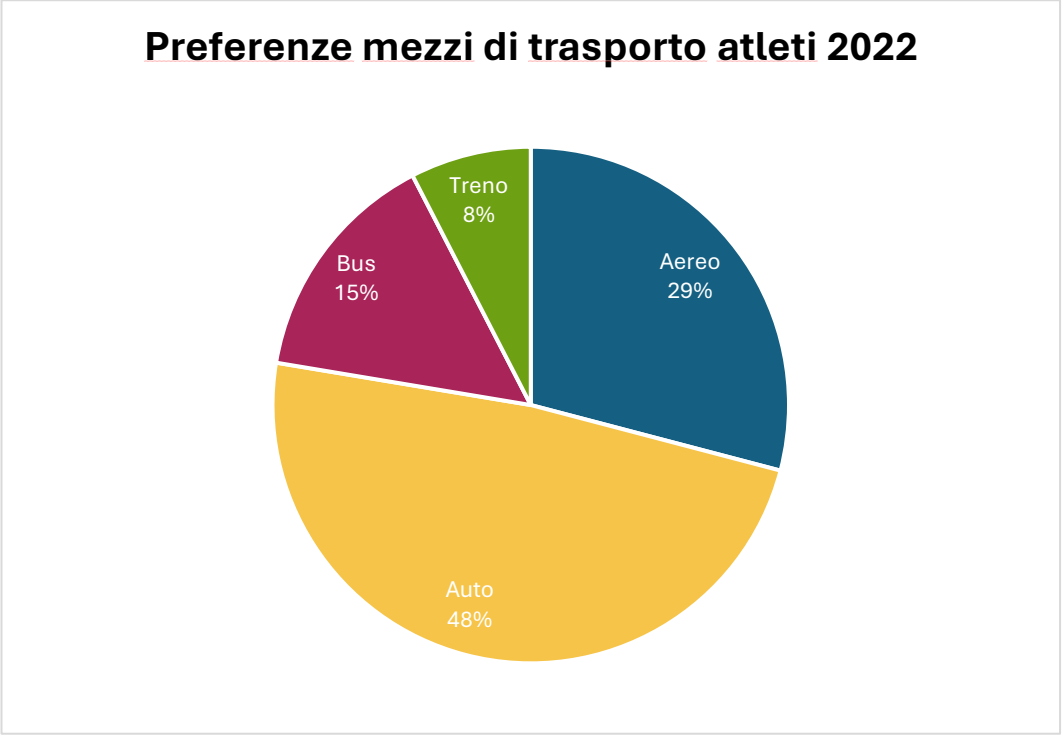

Figura 2: Preferenze mezzi di trasporto atleti 2022

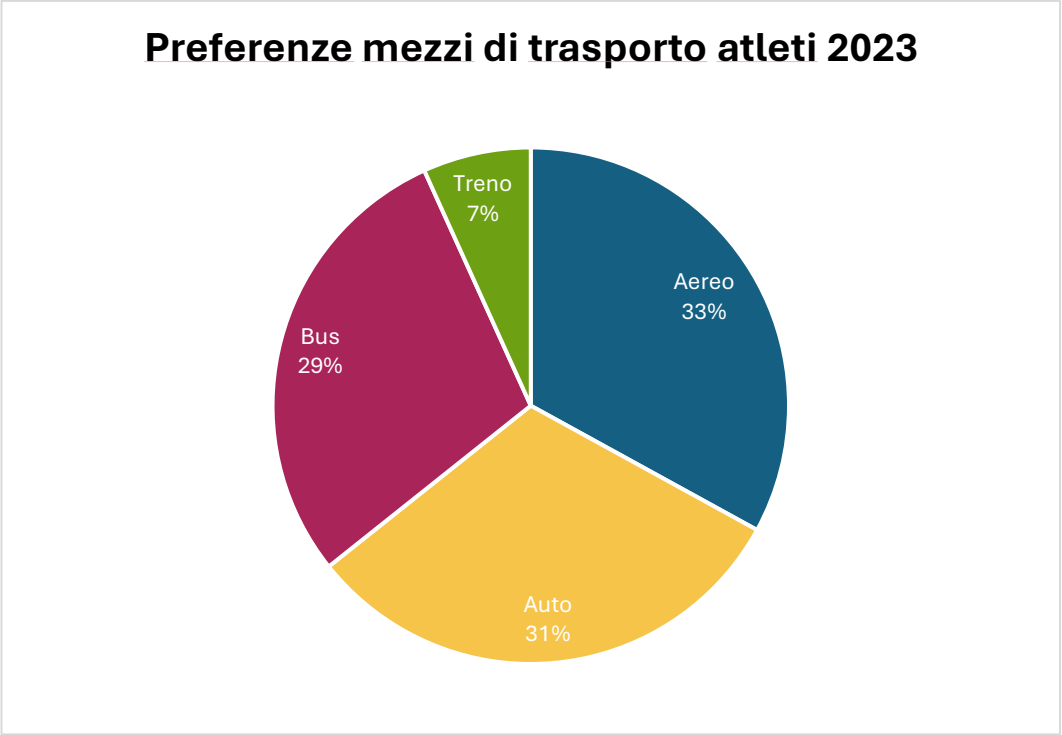

Figura 3: Preferenze mezzi di trasporto atleti 2023

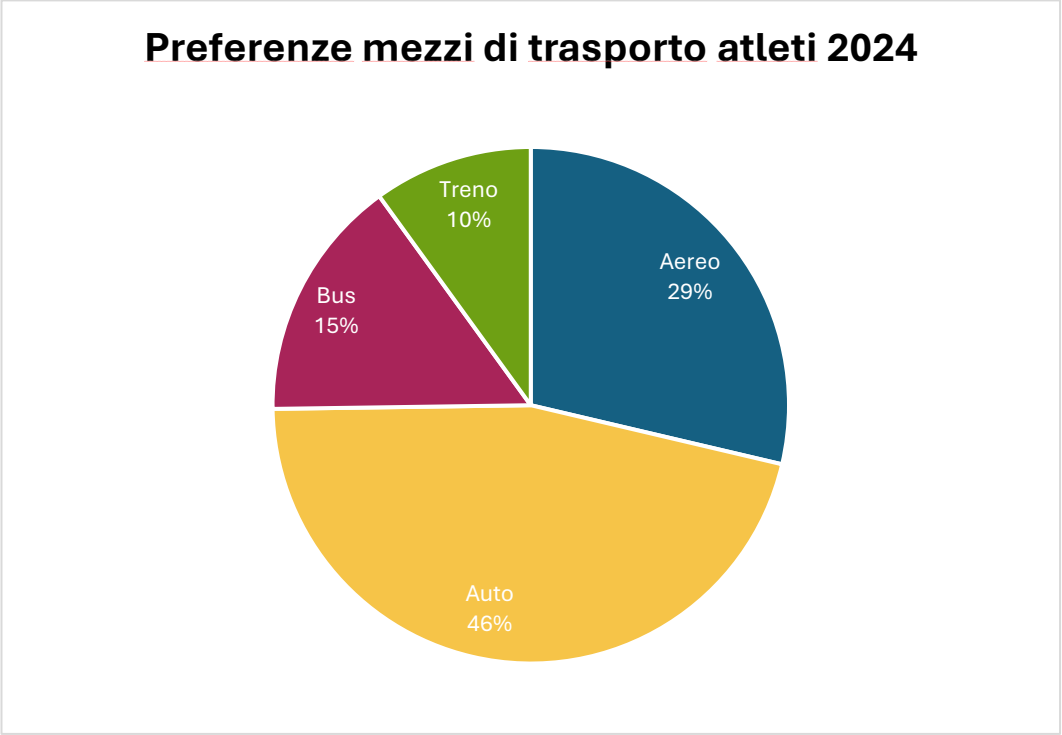

Figura 4: Preferenze mezzi di trasporto atleti 2024

Per quanto riguarda il pubblico, i dati sono disponibili solo per gli anni 2022 e 2024 in quanto il questionario sulle modalità di trasporto è stato somministrato agli

spettatori solo in tali edizioni. Le Figure 5 e 6 illustrano la distribuzione percentuale dei mezzi di trasporto utilizzati.

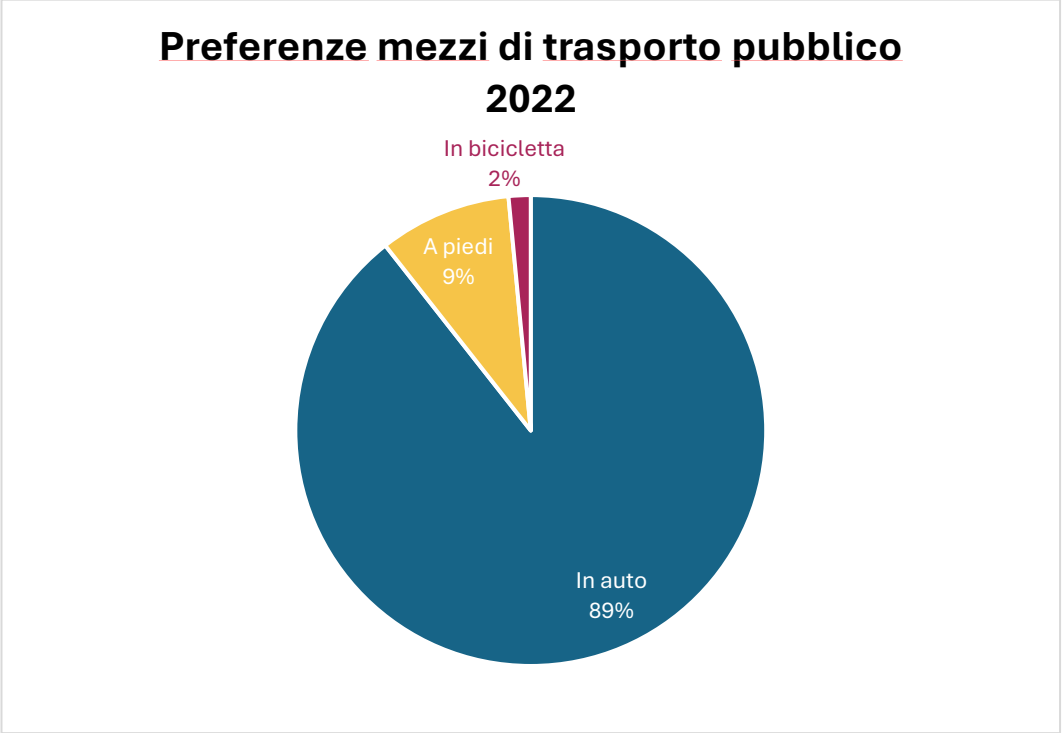

Figura 5: Preferenze mezzi di trasporto del pubblico 2022

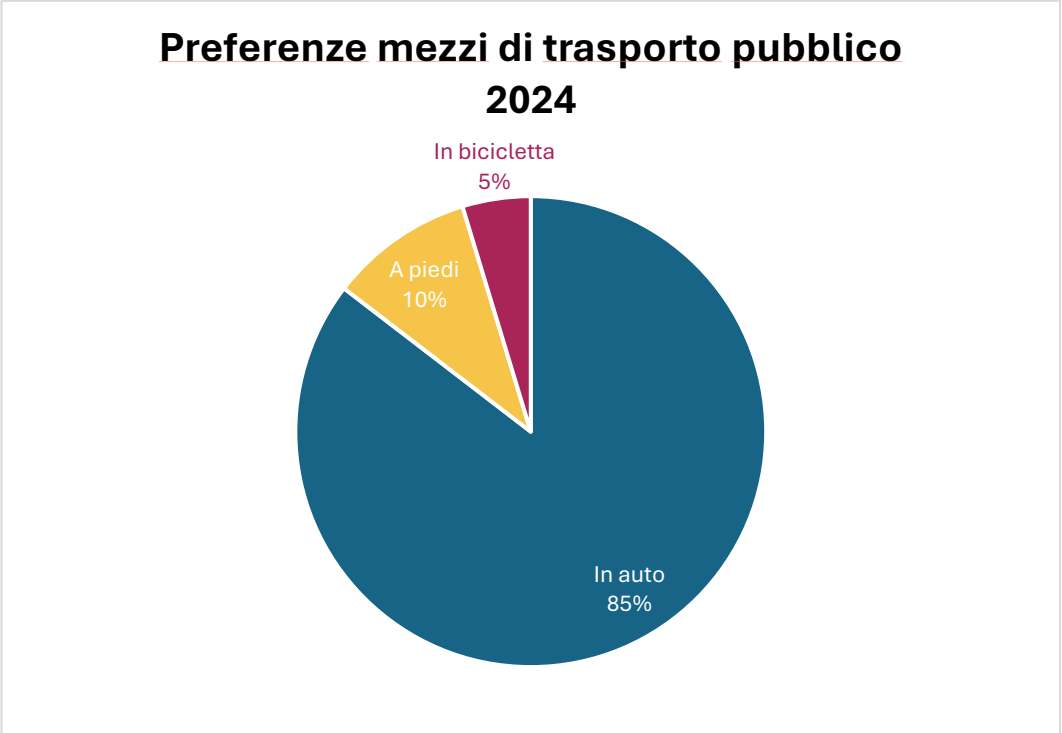

Figura 6: Preferenze mezzi di trasporto del pubblico 2024

2.3 Fattori di emissione utilizzati

2.3.1 Definizione e contesto

Nel contesto della valutazione dell'impatto ambientale dei trasporti, i fattori di emissione costituiscono un aspetto fondamentale che mette in relazione la quantità di un determinato inquinante rilasciato in atmosfera con una specifica unità di attività. Si tratta di valori che indicano la quantità media di anidride carbonica equivalente (CO_{2eq}) emessa per unità di misura specifica, ad esempio passeggero – chilometro, in funzione della tipologia di mezzo di trasporto preso in considerazione.

L'utilizzo dei fattori di emissione consente di confrontare le distanze percorse e il numero di passeggeri con l'impatto ambientale, fornendo un parametro che risulta confrontabile sia nel tempo sia tra diverse modalità di trasporto.

Nel presente studio, tali valori costituiscono la base per stimare le emissioni derivanti dagli spostamenti degli atleti e del pubblico del "Palio Città della Quercia", consentendo di trasformare i dati raccolti tramite i questionari in una stima quantitativa delle emissioni complessive associate alla mobilità dell'evento.

2.3.2 Fonti dei fattori di emissione

Ai fini della stima delle emissioni di gas a effetto serra associate alla mobilità dei partecipanti all'evento, è stato necessario individuare fonti e metodologie di calcolo riconosciute a livello internazionale, al fine di garantire la solidità dei risultati.

Per quanto riguarda gli spostamenti degli atleti, i fattori di emissione relativi al trasporto aereo sono stati ricavati dal documento *Emission Factors for Greenhouse Gas Inventories*, pubblicato dall'*Environmental Protection Agency* (US EPA, 2025), con specifico riferimento alla Tabella 8 – *Business Travel and Employee Commuting*.

In particolare, si è fatto riferimento ai fattori di emissione espressi in kg di CO_{2eq} per passeggero-km, differenziati in base alla tipologia di volo (breve, media e lunga percorrenza).

Per i trasporti ferroviari e automobilistici il calcolo si è basato su valori forniti dalla piattaforma EcoPassenger (EcoPassenger, 2025) tramite una dettagliata

metodologia (EcoPassenger, 2016), che permette di stimare valori di emissione tenendo conto di specifici parametri personalizzabili. Nel caso dei treni, è stato possibile selezionare il fattore di carico. Per quanto riguarda i trasporti in auto sono stati considerati diversi elementi: il numero di passeggeri a bordo, la classe del veicolo e il tipo di motore.

Per la determinazione dei fattori di emissione, per i treni la metodologia fa riferimento a *UIC CO_2 and Energy Database*, mentre, per le auto le informazioni sono ricavate da *COPERT 4* e altre fonti (*HBEFA 3.2* e *TREMOD*).

Per il trasporto in autobus, il fattore di emissione di CO_2 equivalente è stato determinato facendo riferimento al database *COPERT – Computer Programme to calculate Emissions from Road Transport* (EMISIA, 2025), uno strumento ampiamente riconosciuto e utilizzato a livello europeo per la stima delle emissioni derivanti dal trasporto su strada.

Per quanto concerne la mobilità del pubblico, l'analisi si è concentrata esclusivamente sugli spettatori che si sonno spostati in auto, suddivisi in tre categorie in base alla provenienza. Per le brevi percorrenze, è stato utilizzato il valore fornito *dall'EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook* (EMEP/EEA, 2024), adottando il livello di stima *Tier 1*. In questo caso, il fattore di emissione è stato determinato considerando congiuntamente la CO_2 emessa dalla combustione del carburante e dell'olio motore, nonché le emissioni di N_2O e CH_4, ponderate in base ai rispettivi potenziali di riscaldamento globale (Global Warming Potential, GWP), pari a 265 e 28 (Greenhouse Gas Protocol, 2016).

2.3.3 Applicazione ai dati del caso studio

Dopo aver definito i fattori di emissione per ciascun mezzo di trasporto e per le diverse categorie di partecipanti, tali valori sono stati applicati ai dati raccolti dal comitato organizzatore del "Palio Città della Quercia" nelle edizioni dal 2021 al 2024.

Per la stima delle emissioni di gas a effetto serra, l'analisi è stata sviluppata in due fasi principali: la prima ha riguardato gli atleti, la seconda il pubblico.

2.3.3.1 Trasporto atleti

Per quanto riguarda gli atleti partecipanti, l'analisi ha preso in considerazione diverse modalità di trasporto, distinguendo tra viaggio aereo, ferroviario, in autobus e in auto. Una volta aver suddiviso i partecipanti in base al mezzo di trasporto utilizzato, è stata effettuata la stima delle distanze percorse e, infine, è stato eseguito il calcolo delle emissioni di CO_{2eq} associate a ciascuna modalità di trasporto.
Per i trasporti aerei, le distanze tra gli aeroporti di partenza e di arrivo sono state determinate utilizzando il sito Distance.to (Distance.to, 2025), che consente di ottenere con precisione la distanza in linea d'aria tra due località.
Sulla base dei chilometri rilevati, i voli sono stati classificati in tre categorie:

- Breve percorrenza, per distanze fino a 483 km,
- Media percorrenza, per distanze comprese tra 484 e 3700 km.
- Lunga percorrenza, per distanze superiori a 3701 km.

Ciascuna categoria è stata associata a un fattore di emissione specifico, espresso in $kgCO_{2eq}$ per passeggero – km, come indicato dalla fonte di riferimento.
Successivamente, per ogni tratto di viaggio, le emissioni sono state stimate moltiplicando la distanza percorsa per il corrispondente fattore di emissione, ottenendo così il valore complessivo di CO_{2eq} per ciascuna tipologia di percorrenza.

Per quanto riguarda il trasporto ferroviario, la stima delle distanze percorse e le emissioni di CO_{2eq} sono state determinate dalla piattaforma EcoPassenger.
Inserendo la stazione di partenza e quella di arrivo, è stato possibile ottenere una stima immediata delle emissioni associate a ciascun viaggio, tenendo conto di parametri quali il fattore di carico medio. Questo approccio ha permesso di disporre di valori già calcolati e coerenti con le altre modalità di trasporto considerate, senza la necessità di ulteriori calcoli.

Allo stesso modo, anche per gli spostamenti in auto, le emissioni di CO_{2eq} sono state stimate utilizzando la piattaforma EcoPassenger. Sono state inserite le città di partenza e di arrivo di ciascun atleta e il sistema ha fornito direttamente i valori delle emissioni, tenendo conto di parametri quali il numero di passeggeri a bordo, la tipologia di veicolo e di motore.

Per quanto riguarda gli spostamenti in autobus, la stima delle emissioni di CO_{2eq} è stata effettuata facendo riferimento al database COPERT. In particolare, per i pullman utilizzati dagli atleti, è stato considerato il fattore di emissione relativo a veicoli diesel EURO VI. Moltiplicando tale fattore alle distanze percorse, determinate in base alla città di partenza e di arrivo, è stato possibile stimare il contributo emissivo derivante dai trasporti collettivi in autobus.

2.3.3.2 Trasporto spettatori

Per quanto riguarda il pubblico, l'analisi si è basata sui dati disponibili per le edizioni del 2022 e del 2024, dal momento che il questionario sulle modalità di trasporto degli spettatori è stato somministrato esclusivamente in quegli anni. L'attenzione si è concentrata sugli spostamenti effettuati in automobile, distinguendo tre categorie di provenienza: fuori provincia, altre parti del Trentino e zone limitrofe.

Per la categoria "fuori provincia", le emissioni di CO_{2eq} sono state stimate utilizzando direttamente la piattaforma EcoPassenger.

Per le categorie "altre parti del Trentino" e "zone limitrofe" invece, il calcolo delle emissioni è stato effettuato attraverso un approccio differente: partendo da una distanza media stimata per ciascun gruppo di spettatori, le emissioni complessive sono state determinate moltiplicando i chilometri percorsi per il relativo fattore di emissione. Quest'ultimo è stato definito sulla base delle indicazioni contenute nell'EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook (EMEP/EEA, 2024), integrato dai valori di potenziale di riscaldamento globale (Greenhouse Gas Protocol, 2016).

2.4 Ipotesi semplificative adottate

Nel corso dell'analisi è stato necessario introdurre alcune ipotesi semplificative, al fine di colmare alcune lacune presenti nei dati raccolti e garantire l'omogeneità dei risultati. Tali assunzioni hanno riguardato principalmente le distanze percorse e le caratteristiche dei mezzi di trasporto. In particolare, per gli atleti sono state definite ipotesi specifiche a seconda della modalità di trasporto (aereo, ferroviario e automobilistico), così da poter procedere con una stima delle emissioni coerente

con i dati disponibili.
Per quanto riguarda il trasporto aereo, per le tratte non riportate nella fase di raccolta dati, è stata adottata una distanza media di 1000 km, assunta come valore rappresentativo di una percorrenza tipica per gli spostamenti nazionali ed europei di medio raggio. Tale distanza è stata poi moltiplicata per il corrispondente fattore di emissione in modo da ottenere una stima delle emissioni di CO_{2eq} associate.
Per i viaggi in treno, in caso di informazioni mancanti sulla tratta, è stata effettuata una suddivisione ipotizzando che metà degli atleti avessero percorso la tratta Roma – Rovereto e l'altra metà la tratta Firenze – Rovereto. Nel calcolo delle emissioni, svolto tramite la piattaforma EcoPassenger, è stato selezionato il grado di occupazione "normalmente affollato", corrispondente a una percentuale media di riempimento del 75%. Tale assunzione è stata ritenuta coerente con il livello di utilizzo delle linee ferroviarie nazionali e interregionali.
Per gli spostamenti in auto, in assenza di indicazioni sulla città di partenza, è stata ipotizzata come tratta di riferimento Padova – Rovereto, ritenuta rappresentativa di una distanza media per gli spostamenti degli atleti. Sempre tramite Ecopassenger, sono stati impostati i seguenti parametri: due passeggeri per veicolo (atleta e allenatore), classe media per il veicolo e motore diesel Euro 6. La scelta di tale configurazione è giustificata sulla base della composizione del parco veicolare dell'Italia nord – orientale, ricavata dalle statistiche fornite dall'Automobile Club d'Italia (ACI, 2025).

Analogamente a quanto fatto per gli atleti, anche per gli spettatori si è reso necessario introdurre alcune ipotesi semplificative per la stima delle emissioni legate alla mobilità.
In primo luogo, gli spettatori sono stati suddivisi in tre categorie in base alla provenienza; per ciascuna categoria è stata definita una distanza media di percorrenza, utilizzata come riferimento per le successive stime emissive:

- Fuori provincia: 100 km;
- Altre parti del Trentino: 50 km;
- Zone limitrofe: 10 km.

Un'ulteriore ipotesi ha riguardato il numero di occupanti per veicolo. Sulla base

delle risposte raccolte tramite il questionario, sono stati distinti tre casi:

- Viaggio individuale (da soli, 1 passeggero);
- Viaggio in coppia (con partner, 2 passeggeri);
- Viaggio in gruppo (con amici o famiglia, 3 passeggeri).

L'influenza di tale variabile è stata trattata in maniera differente: per gli spostamenti "Fuori provincia" il numero di passeggeri è stato inserito come parametro all'interno della piattaforma EcoPassenger, che ha restituito direttamente le emissioni associate a ciascun scenario (1, 2 o 3 occupanti); per le categorie "altre parti del Trentino" e "zone limitrofe", invece, non è stato possibile variare tale parametro poiché il calcolo è stato effettuato applicando il fattore di emissione fornito dall'EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook (EMEP/EEA, 2024).

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

3.1 Emissioni di gas serra nel settore dei trasporti

L'esame dei dati disponibili permette di calcolare in modo preciso le emissioni di gas a effetto serra prodotte dalla mobilità legata al "Palio Città della Quercia" nelle edizioni dal 2021 al 2024.

Lo scopo è determinare le emissioni di CO_{2eq} derivate dal settore dei trasporti in relazione all'evento, separando le valutazioni tra atleti e spettatori e prendendo in considerazione sia le emissioni totali calcolare per ciascuna categoria di partecipanti, sia quelle pro-capite, evidenziando così sia il contributo globale che l'impatto medio di ogni singolo individuo.

Per facilitare la comprensione dei dati e mettere in luce le differenze tra le categorie e i mezzi utilizzati, i risultati sono stati presentati in forma grafica.

La discussione dei dati si sviluppa in diverse fasi: inizialmente verranno illustrati i valori relativi agli atleti; successivamente, verranno esaminate le emissioni legate al pubblico per le edizioni per cui sono stati acquisiti i dati (2022 e 2024). Infine, sarà presentata una panoramica generale delle emissioni totali, per sottolineare il contributo che ciascuna categoria di partecipanti e l'andamento delle emissioni nel corso delle varie edizioni.

3.1.1 Emissioni atleti

Le Figure 7, 8, 9 e 10 riportano rispettivamente le emissioni complessive degli atleti nei diversi anni. I voli a breve, media e lunga percorrenza sono indicati rispettivamente dalle etichette "VoloS", VoloM" e "VoloL".

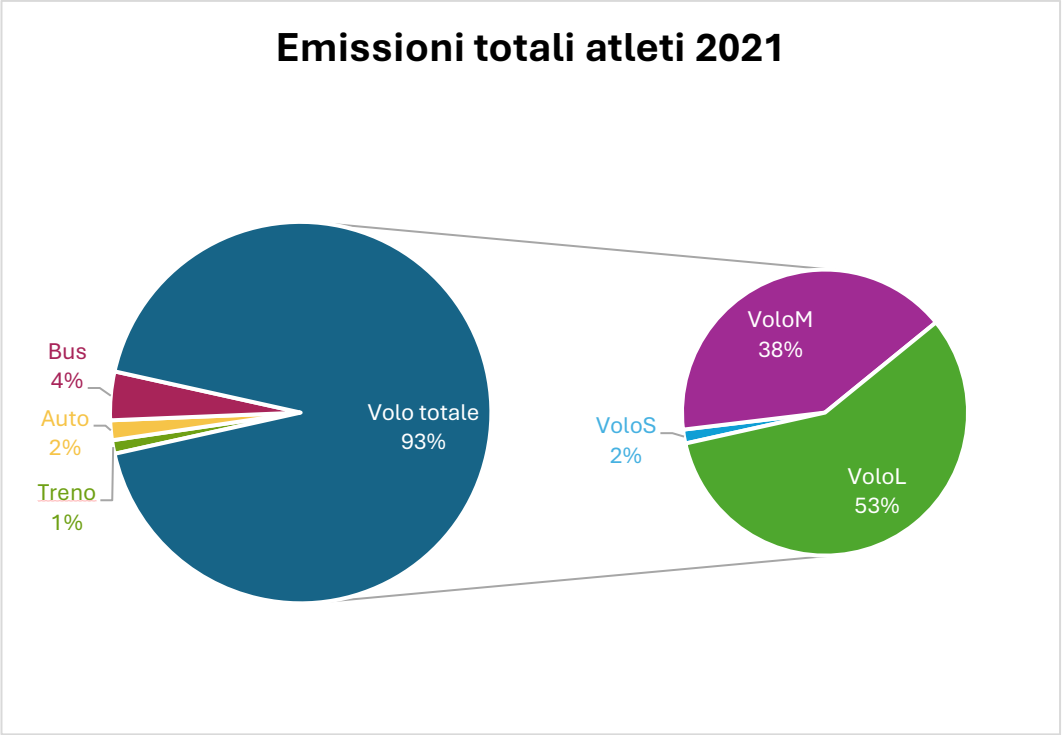

Figura 7: Emissioni totali atleti 2021

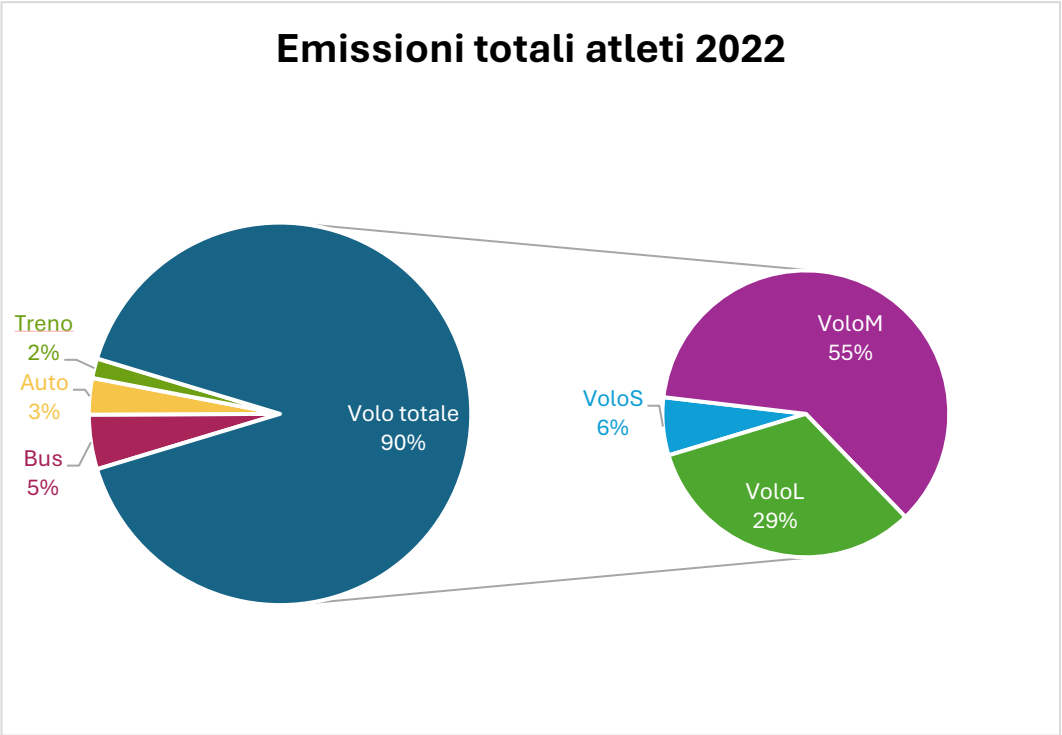

Figura 8: Emissioni totali atleti 2022

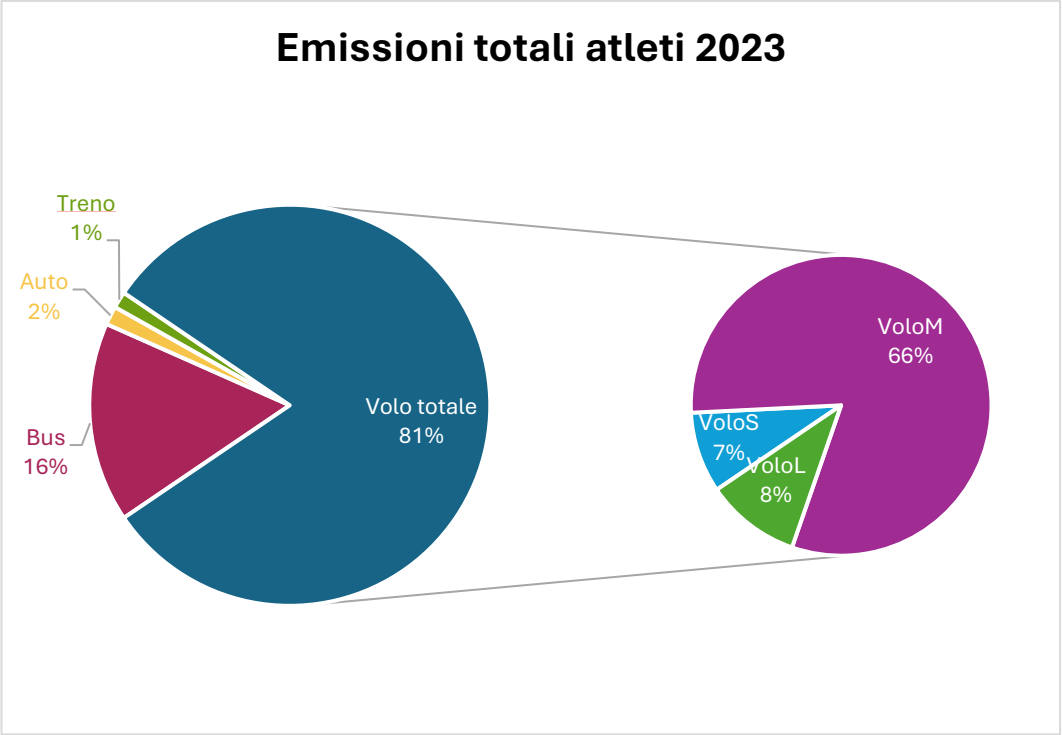

Figura 9: Emissioni totali atleti 2023

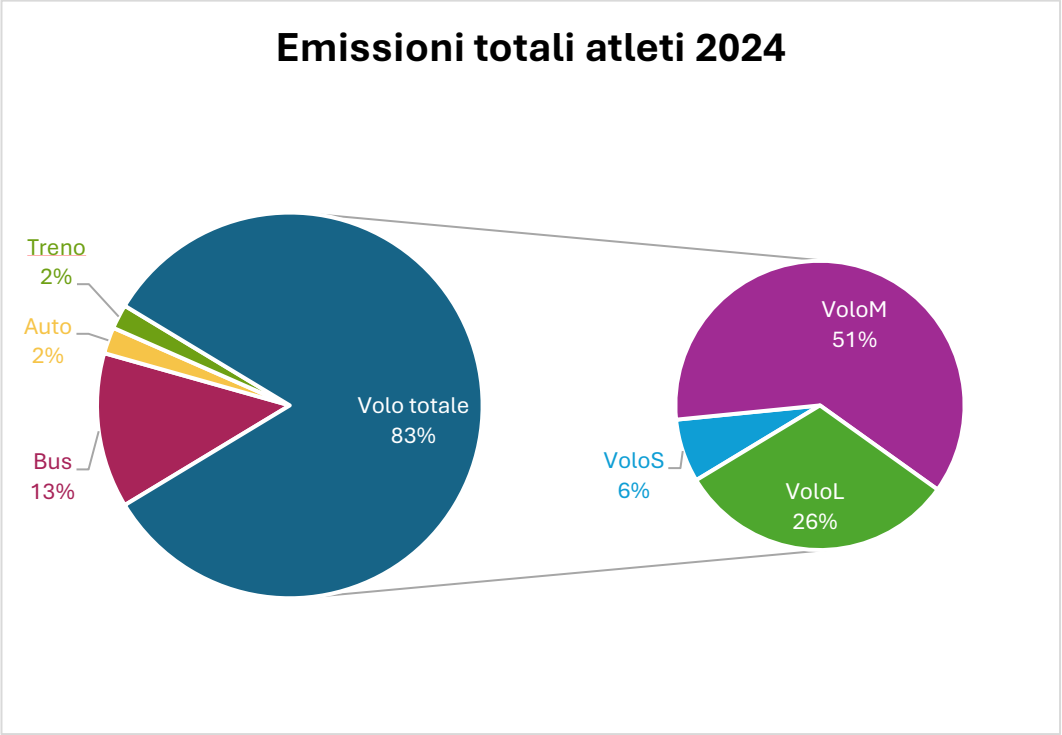

Figura 10: Emissioni totali atleti 2024

Per fornire una versione complessiva dell'andamento delle emissioni generate dagli atleti, la figura successiva riporta i valori totali stimati per ciascun anno, distinguendo all'interno di ogni colonna il contributo delle diverse modalità di trasporto.

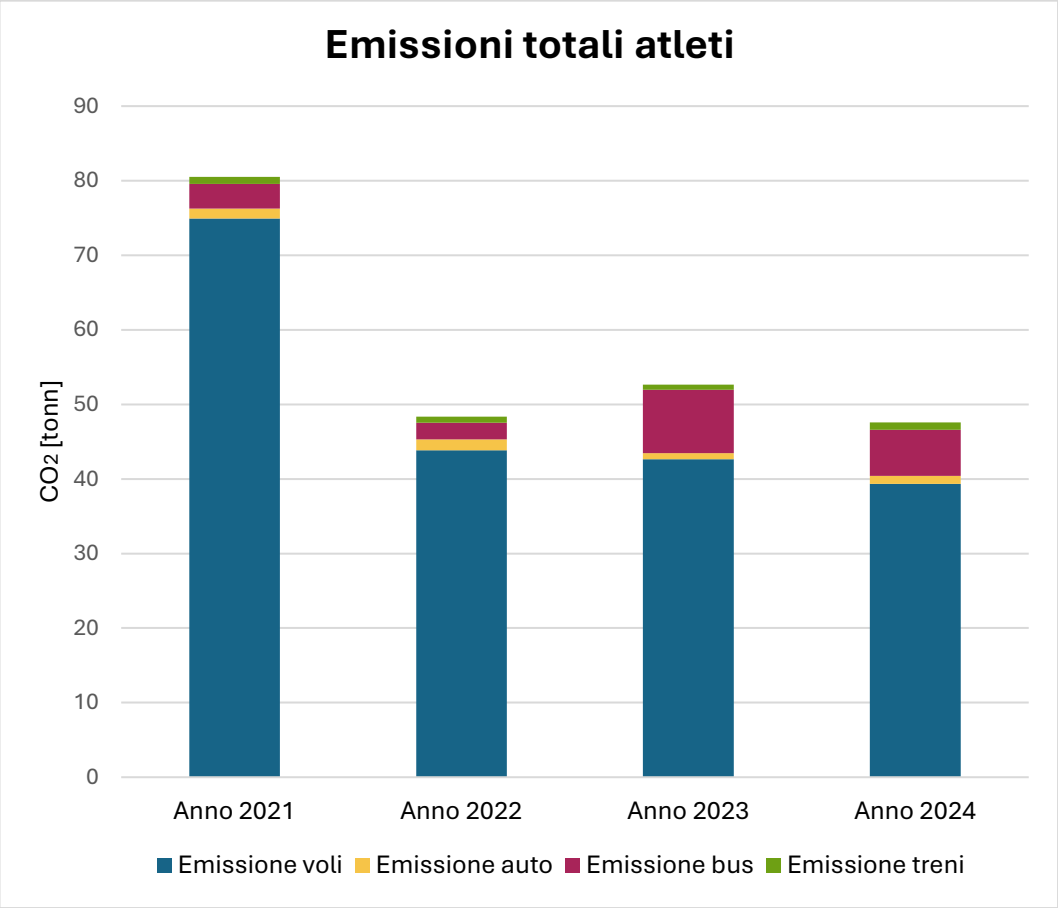

Figura 11: Emissioni totali atleti

Dal 2021 al 2024 si osserva una netta diminuzione delle emissioni totali. La componente principale è rappresentata dal trasporto aereo anche se, nel corso degli anni, si è assistito a una progressiva riduzione della sua incidenza.
I trasporti via terra sono ancora poco sfruttati sebbene dal 2023 il trasporto tramite autobus risulta essere utilizzato di più.

Le Figure seguenti (12, 13, 14 e 15) riportano la ripartizione percentuale delle emissioni pro-capite tra le principali categorie di trasporto.

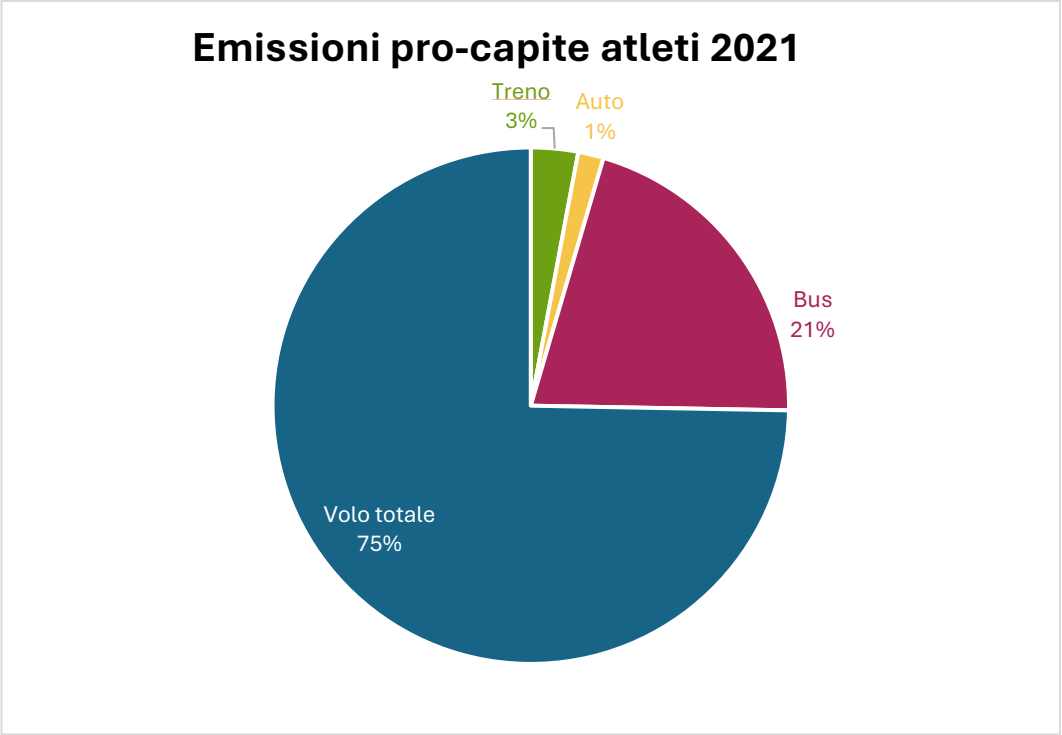

Figura 12: Emissioni pro-capite atleti 2021

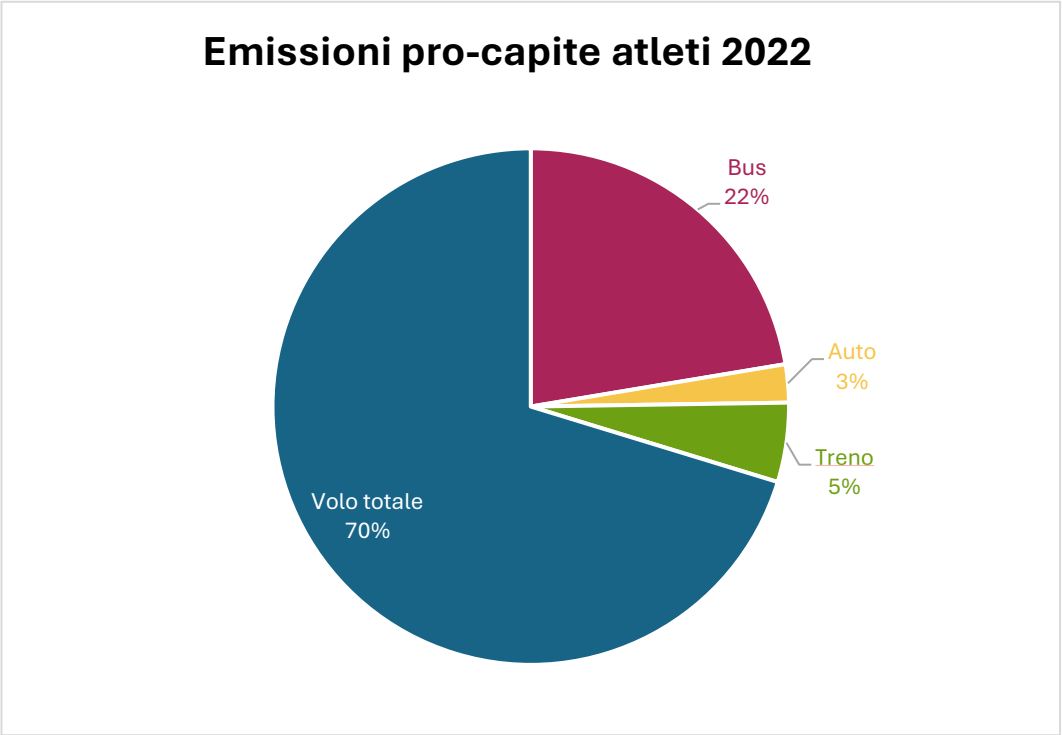

Figura 13: Emissioni pro-capite atleti 2022

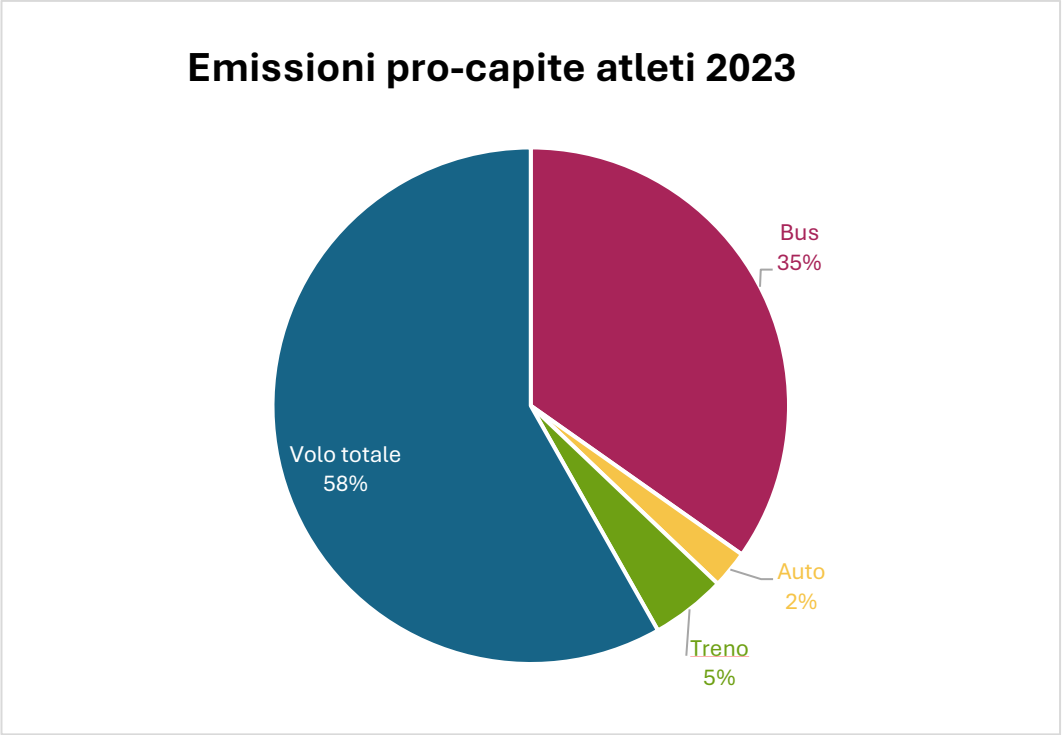

Figura 14: Emissioni pro-capite atleti 2023

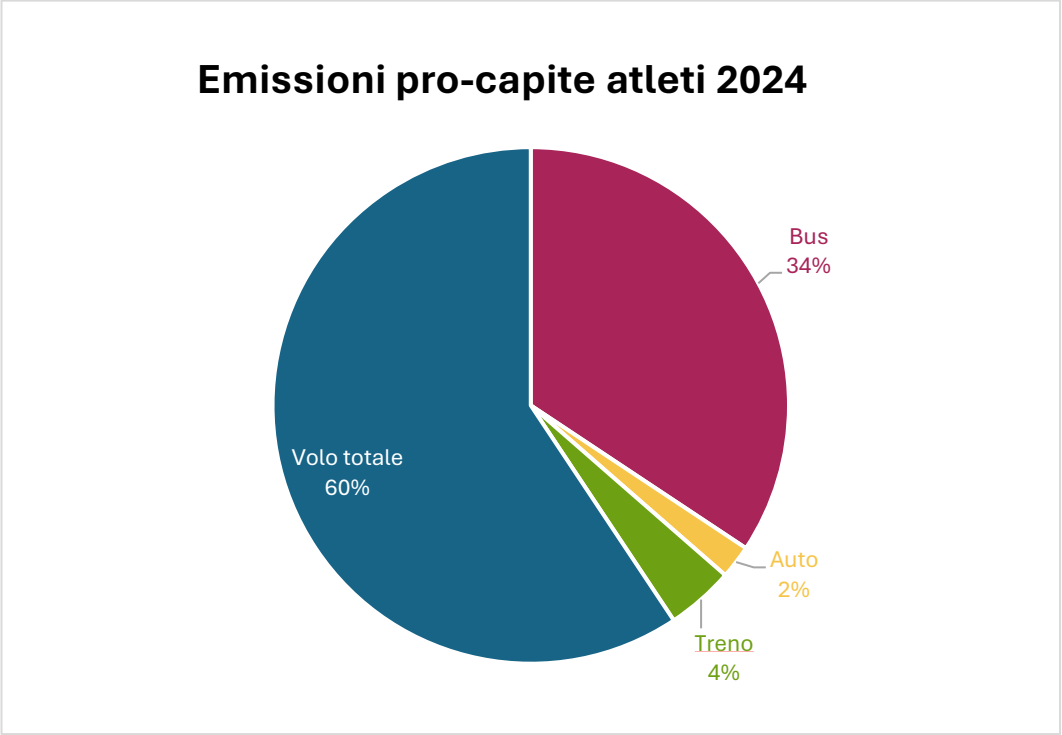

Figura 15: Emissioni pro-capite atleti 2024

La figura successiva presenta i valori di emissioni pro-capite, distinti per tipologia di trasporto. Per ciascun anno (2021 – 2024) sono rappresentati i contributi derivanti da voli, auto, autobus e treni, insieme al valore medio complessivo. Quest'ultimo ci consente di effettuare un rapido confronto tra le diverse edizioni dell'evento.

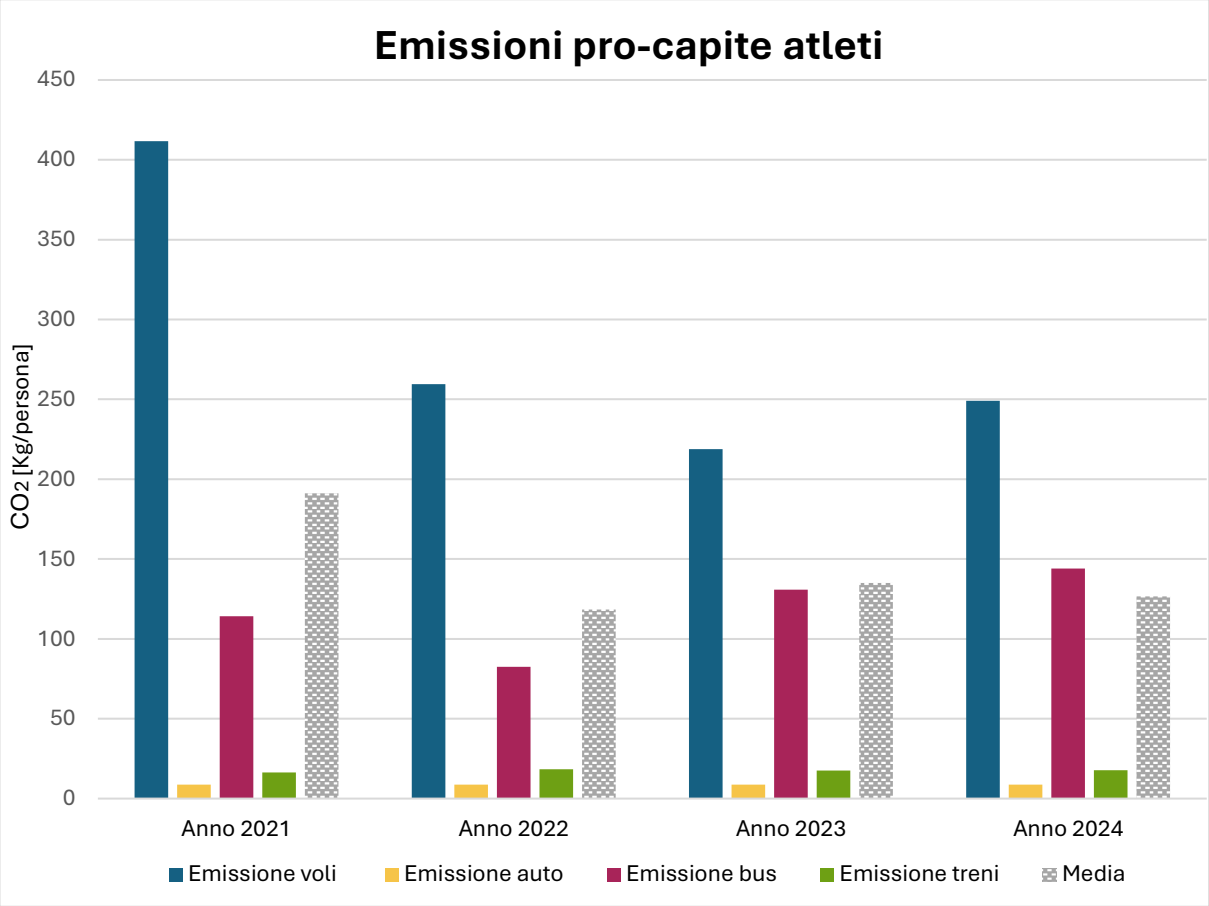

Figura 16: Emissioni pro-capite atleti

Anche in termini pro-capite si osserva una riduzione generale delle emissioni. Il trasporto aereo rappresenta la fonte principale di emissioni; tuttavia, si nota un trend in graduale diminuzione delle emissioni da voli a favore di una maggiore incidenza del trasporto su strada, in particolare quello da autobus.

3.1.2 Emissioni pubblico

Per quanto riguarda gli spettatori, le emissioni sono state stimate considerando gli spostamenti effettuati in automobile, distinti in tre categorie in funzione della

distanza percorsa: “Fuori provincia”, “Altre parti del Trentino” e “Zone limitrofe”. Le figure seguenti riportano la distribuzione percentuale delle emissioni attribuibili a ciascuna categoria di provenienza degli spettatori.

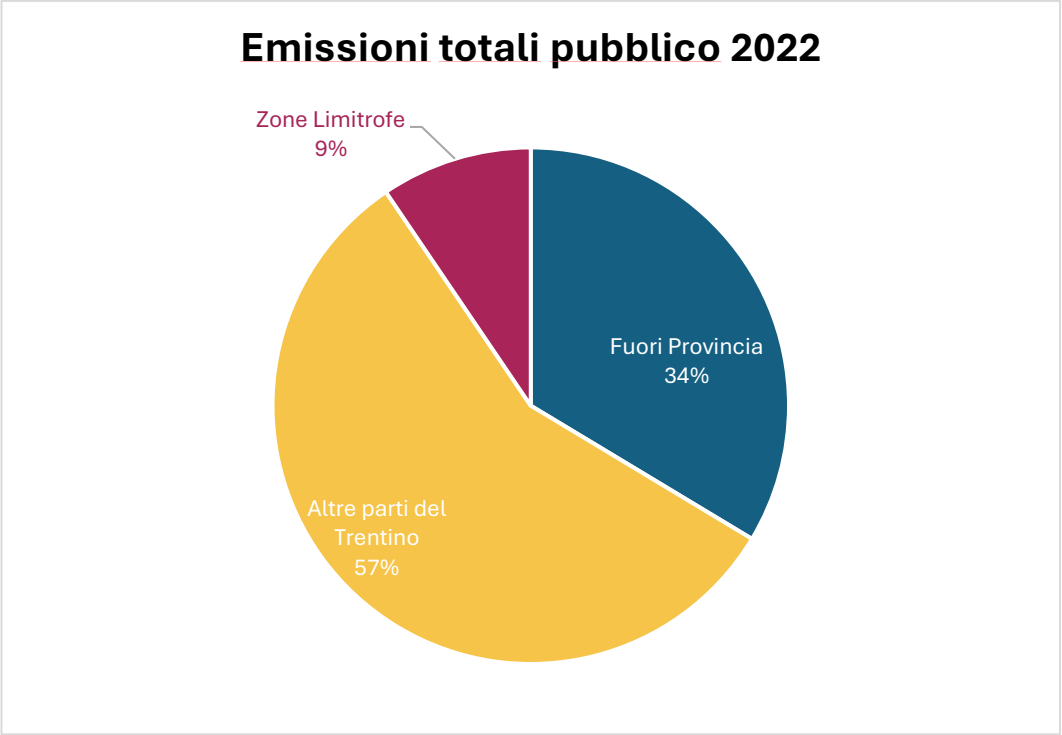

Figura 17: Emissioni totali pubblico 2022

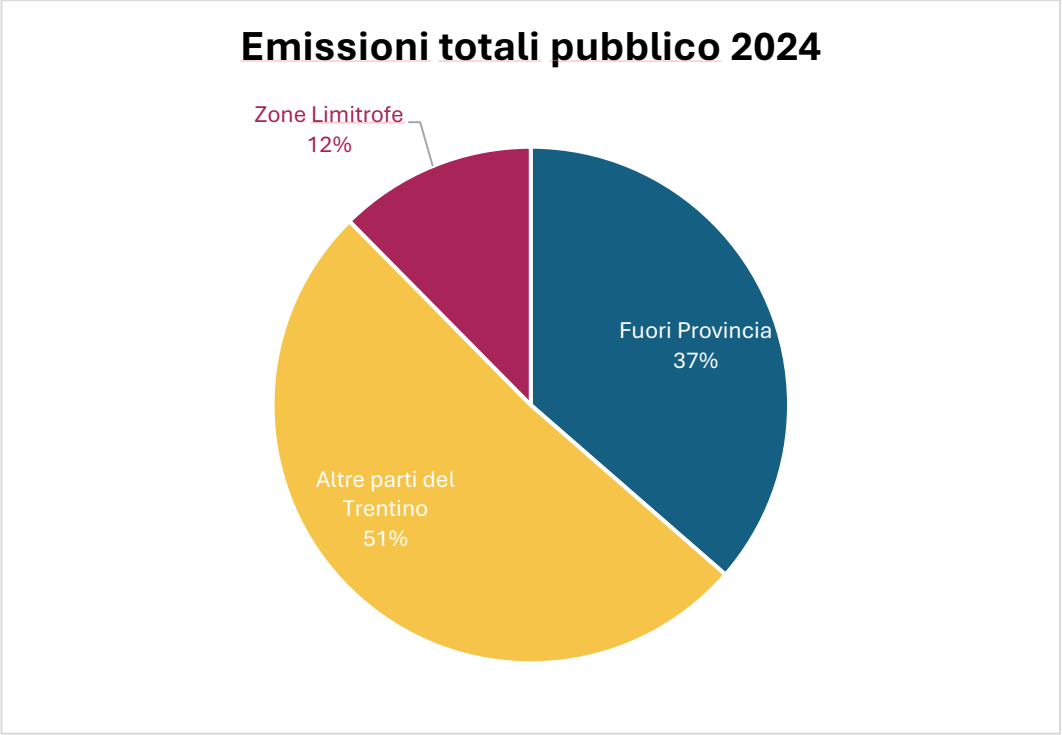

Figura 18: Emissioni totali pubblico 2024

La prossima figura riporta i valori totali stimati per ciascun anno, distinguendo all'interno di ogni colonna il contributo di ciascuna categoria di provenienza.

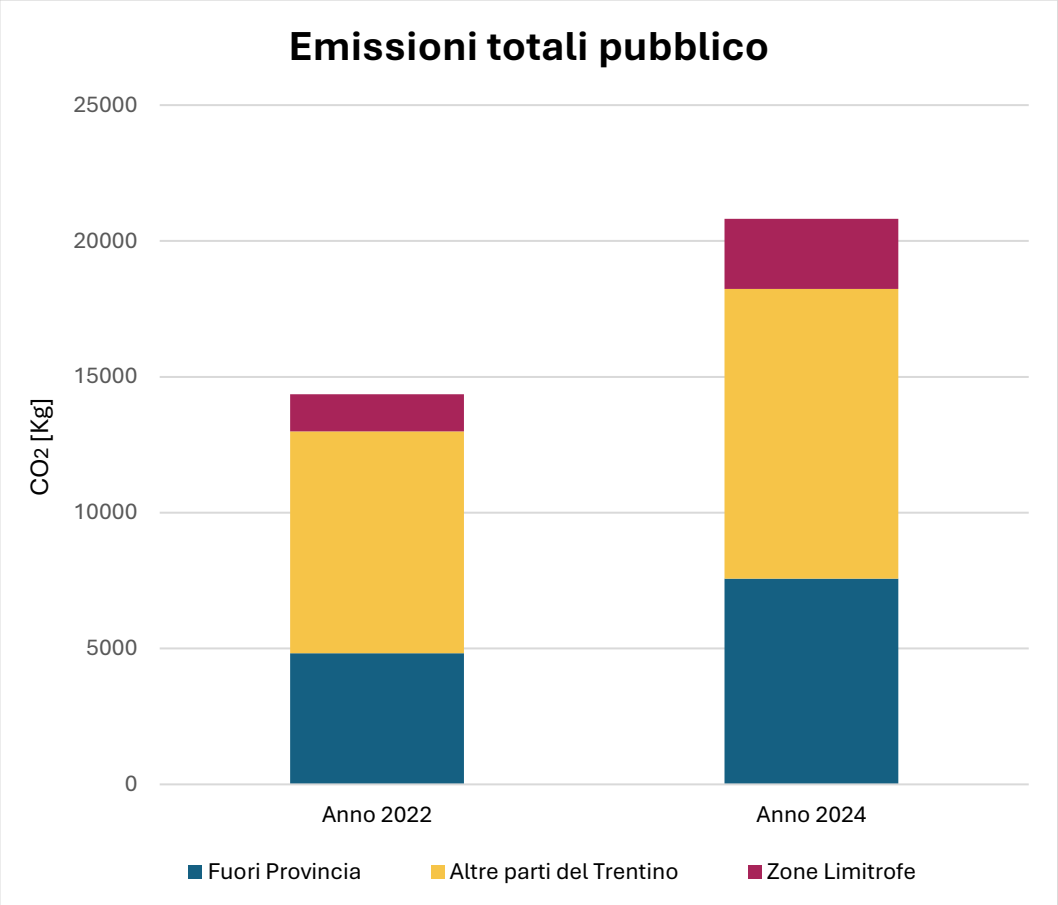

Figura 19: Emissioni totali pubblico

Nel 2024 le emissioni totali risultano sensibilmente superiori rispetto al 2022, condizione dovuta a una maggiore affluenza.
In entrambe le edizioni la componente più impattante è rappresentata dagli spettatori provenienti da "Altre parti del Trentino".

Le Figure successive (20 e 21) riportano la ripartizione percentuale delle emissioni pro-capite:

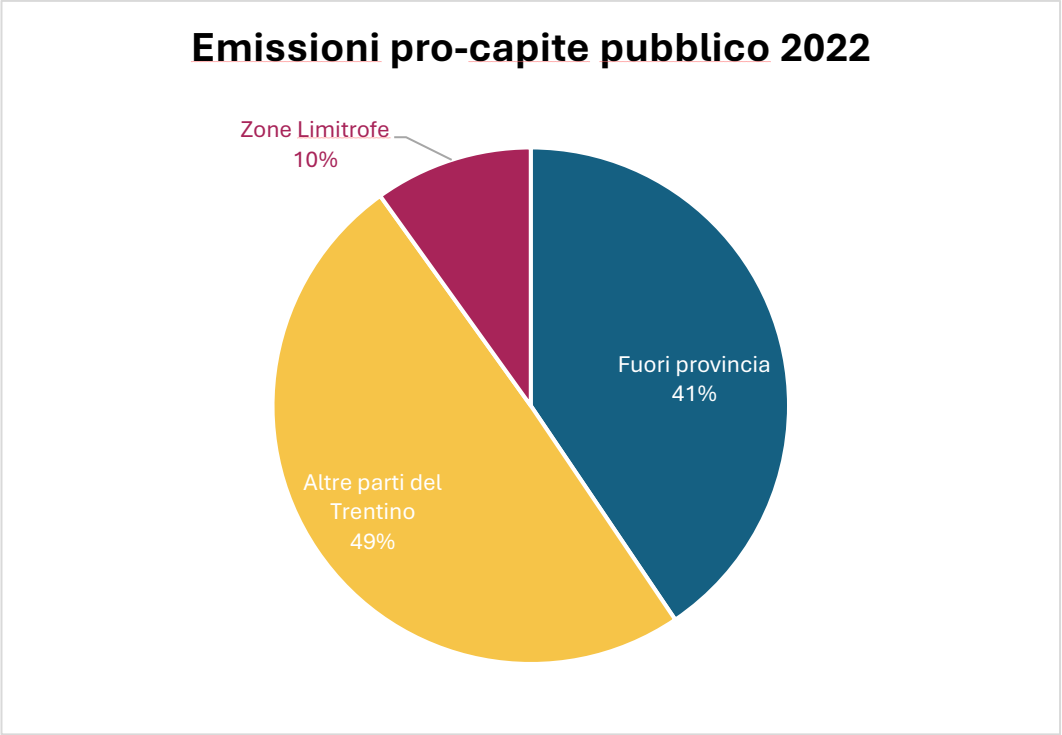

Figura 20: Emissioni pro-capite pubblico 2022

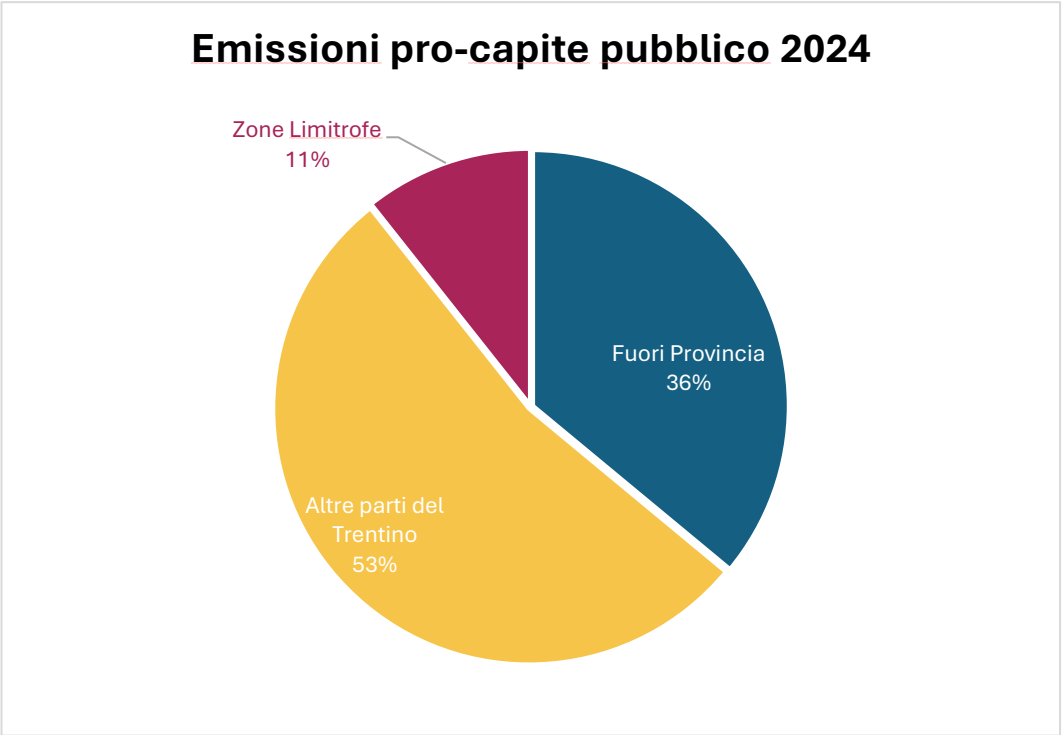

Figura 21: Emissioni pro-capite pubblico 2024

La figura successiva presenta i valori di emissioni pro-capite, distinti per luogo di provenienza. Anche in questo caso è rappresentato un valore medio che ci consente di effettuare un rapido confronto tra le diverse edizioni dell'evento.

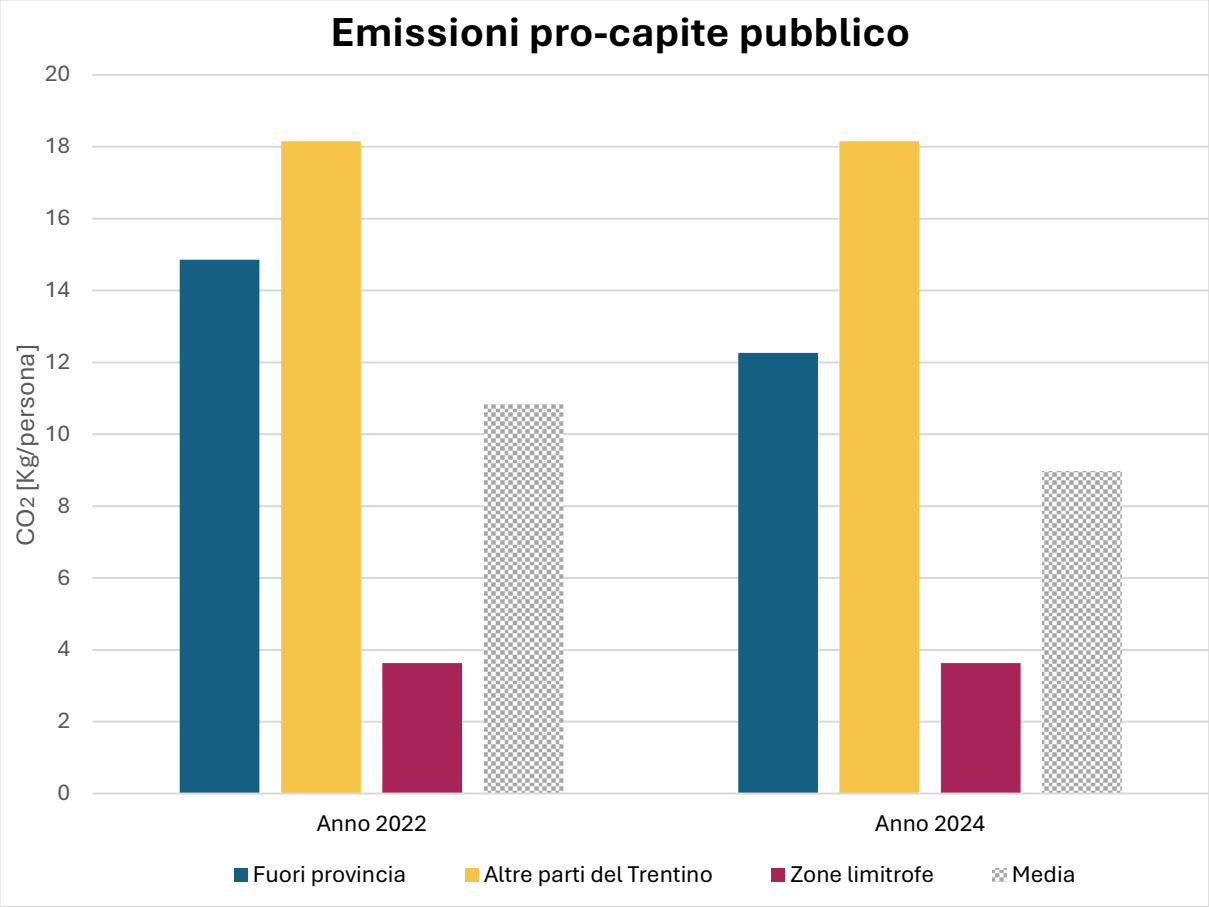

Figura 22: Emissioni pro-capite pubblico

Nel 2024 si registra un miglioramento in termini di impatto ambientale per singolo spettatore; come evidenzia il grafico, la media complessiva pro-capite risulta inferiore nonostante l'aumento delle emissioni totali.

3.1.3 Emissioni complessive

Il seguente grafico mostra le emissioni complessive di CO_2 relative alle edizioni 2022 e 2024, distinguendo tra la parte attribuibile agli atleti e quella generata dagli spettatori. Questa rappresentazione consente di osservare come si ripartiscono i contributi delle due categorie e di confrontare le variazioni tra le due edizioni.

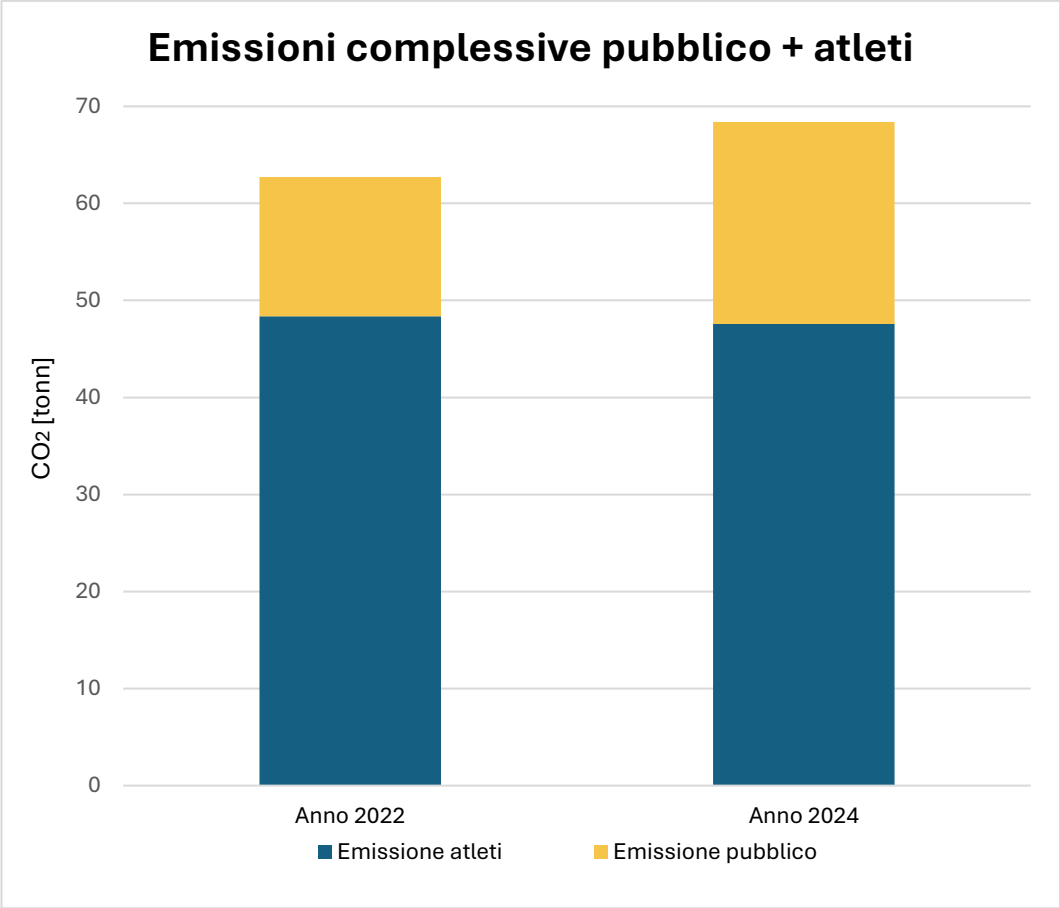

Figura 23: Emissioni complessive pubblico + atleti

L'aumento complessivo delle emissioni del 2024 è attribuibile alla componente relativa al pubblico, mentre le emissioni associate agli atleti risultano stabili nei due anni analizzati.

Questa variazione può essere correlata a un aumento della partecipazione del pubblico o a un maggiore impatto medio degli spostamenti effettuati.

3.2 Confronto con altri eventi sportivi

Per comprendere meglio i risultati dall'analisi del Palio Città della Quercia, sono stati confrontati con quelli di altri eventi sportivi. Così facendo, si cerca di inserire le stime delle emissioni del Palio in un contesto più ampio, per valutare se i dati ottenuti siano simili, superiori o inferiori.

A tale scopo, sono stati considerati due studi scientifici che esaminano le emissioni

di CO_2 derivanti dagli spostamenti di atleti e spettatori.
Il primo studio esaminato (Herold et al., 2024) analizza l'impatto ambientale delle scelte di trasporto degli spettatori durante partite di calcio professionistico in Austria. In questo studio, le emissioni di CO_2 per spettatore sono stimate a circa 6 kg. Per il Palio, le emissioni medie pro-capite degli spettatori si sono rivelate superiori, con 10,8 kg per persona nell'edizione del 2022 e 8,98 kg nel 2024. Anche se si evidenzia una diminuzione tra le due edizioni, i valori rimangono più alti rispetto a quelli riscontrati nell'evento studiato in Austria.
Il secondo studio esaminato (Piccerillo et al., 2023), considera l'impatto ambientale di un evento sportivo universitario che ha avuto luogo all'Università di Cassino e nel Lazio Meridionale nel 2022. Da questa analisi risulta che le emissioni legate al trasporto degli atleti variano a seconda del mezzo di trasporto: un atleta che usa l'autobus produce, in media, circa 14 kg di CO_2, mente chi utilizza l'aereo raggiunge circa 136 kg. L'emissione media per atleta, tenendo conto di tutte le modalità di trasporto, è stata calcolata in circa 43 kg. I risultati del Palio mostrano valori molto diversi: per i trasporti in autobus, le emissioni pro-capite vanno da 2,54 kg nel 2021 a 3,2 kg nel 2024; per il trasporto aereo, invece, le emissioni sono più alte, oscillando tra 411,6 kg nel 2021 e 249 kg nel 2024. Complessivamente, l'emissione media per atleta nel Palio è stata di 191 kg nel 2021 e 126,5 kg nel 2024. Questi valori risultano notevolmente superiori rispetto a quelli dello studio dell'evento universitario. La differenza può essere spiegata con l'importanza dei trasporti aerei nel totale delle emissioni.

3.3 Proposte di miglioramento e sviluppi futuri

Dall'analisi effettuata emergono diversi elementi che potrebbero essere migliorati tanto nella raccolta delle informazioni quanto nelle politiche per diminuire le emissioni derivanti dagli spostamenti.
Relativamente alla qualità dei dati raccolti, sarebbe vantaggioso integrare nei questionari rivoli al pubblico, domande più specifiche, come il comune di partenza e il numero reale di passeggero a bordo. Queste modifiche permetterebbero di limitare le approssimazioni utilizzate nelle stime di calcolo.

Per quanto concerne la diminuzione delle emissioni, si potrebbero adottare alcune misure che incentivino comportamenti più ecologici, come bonus per atleti e spettatori che optano per mezzi di trasporto con impatto ambientale ridotto, come treno e autobus. Questi incentivi potrebbero comportare riduzioni sul costo dei biglietti o su iscrizioni future degli sportivi. Per i voli aerei, si potrebbe promuovere l'acquisto di misure compensative per le emissioni, in modo da limitare l'impatto ambientale globale.

Un altro aspetto da considerare riguarda la gestione del trasporto pubblico, che potrebbe offrire servizi anche nelle ore serali o essere supportato da navette dedicate all'evento.

Infine, pensando agli sviluppi futuri, sarebbe utile allargare l'analisi per includere altri fattori legati all'evento, come le sistemazioni per atleti o i consumi nel settore della ristorazione. Considerare questi aspetti consentirebbe di ottenere un quadro più dettagliato sull'impatto ambientale del Palio e di identificare strategie di riduzione più efficaci.

4. CONCLUSIONI

Il presente lavoro di tesi è stato realizzato con l'obiettivo principale di valutare e analizzare l'impatto ambientale legato ai movimenti in occasione del Palio Città della Quercia, un importante evento sportivo di fama internazionale che si svolge ogni anno a Rovereto.

L'intento iniziale era di misurare le emissioni di CO_{2eq} generate dagli spostamenti di atleti e visitatori in quatto edizioni consecutive della manifestazione, dal 2021 al 2024, per creare una base di dati utile a comprendere come l'impatto si modifichi nel corso del tempo e a identificare potenziali strategie di miglioramento in una prospettiva di sostenibilità.

Il progetto mirava anche a offrire suggerimenti e raccomandazioni per rendere le future edizioni più sostenibili.

Per realizzare l'analisi, sono stati utilizzati dati forniti dall'organizzazione dell'evento, successivamente accompagnati da ulteriori banche dati e strumenti online per il calcolo delle emissioni. In particolare, i dati ricevuti riguardavano i diversi mezzi di trasporto usati, il numero di partecipanti e la loro origine geografica. Utilizzando queste informazioni, è stato possibile risalire alle distanze percorse e calcolare le emissioni collegate a ciascuna tipologia di spostamento.

Particolare attenzione è stata dedicata alla scelta delle fonti utilizzate per il calcolo delle emissioni. Per il trasporto aereo, l'analisi ha fatto riferimento ai fattori di emissioni contenuti nelle linee guida dell'inventario delle emissioni EMEP/EEA, distinguendo tra voli di corto, medio e lungo raggio. Per i trasporti terrestri, invece, si è utilizzando il portale EcoPassenger, che fornisce stime attendibili delle emissioni per viaggi in auto, autobus e treno, tenendo conto di fattori aggiuntivi come il tipo di veicolo, il numero di passeggeri o il grado di occupazione dei mezzi. Nel caso degli autobus, sono stati utilizzati valori di occupazione medi basati sul database COPERT, mentre per le automobili sono state considerate caratteristiche standard relative alla motorizzazione e alla categoria del veicolo, in conformità con la reale composizione del parco auto in Italia.

Le analisi iniziali si sono concentrate sugli spostamenti degli atleti, suddivisi per modalità di trasporto e per anno; successivamente, si sono estese agli spettatori per le edizioni del 2022 e 2024, anni per i quali erano disponibili dati adeguati.

Per quanto riguarda il pubblico, è stata posta particolare attenzione a coloro che hanno raggiunto l'evento in auto, differenziando tra tre categorie di provenienza geografica (fuori provincia, altre zone del Trentino e aree limitrofe).

I risultati sono stati presentati attraverso grafici, che hanno facilitato una chiara visualizzazione delle emissioni durante il periodo esaminato, rendendo la lettura dei dati immediata. È emerso, ad esempio, come il trasporto aereo abbia un impatto significativo sul totale delle emissioni degli atleti, nonostante il numero di persone coinvolte sia inferiore rispetto ad altri mezzi di trasporto. Per quanto riguarda gli spettatori, si è osservato che l'origine geografica e la distanza percorsa abbiano un ruolo cruciale, con marcate differenze tra residenti in zone vicine e chi viaggia da regioni più lontane.

È stato effettuato un confronto con altre ricerche scientifiche che hanno studiato l'effetto ambientale di eventi sportivi. Questa comparazione ha messo in luce come l'effetto ambientale di una manifestazione sportiva sia notevolmente condizionato da fattori specifici come il tipo di evento, il gruppo di pubblico, la provenienza dei partecipanti e la disponibilità di mezzi di trasporto alternativi.

Oltre all'analisi, il presente lavoro ha consentito di proporre alcune idee per migliorare e diminuire le emissioni future. Tra queste vi è la possibilità di raccogliere informazioni più dettagliate durante le rilevazioni, come richiedere al pubblico di indicare il comune di partenza e il numero di passeggeri per veicolo, per ottimizzare la qualità di stime. Si sono anche suggerite misure incentivanti, come sconti o agevolazioni per chi opta per mezzi di trasporto meno inquinanti, e l'espansione dei servizi di trasporto pubblico durante le ore serali, magari introducendo navette dedicate. In una prospettiva futura, sarebbe vantaggioso considerare anche altre fonti di emissione collegate all'evento, come la sistemazione e la ristorazione, per ottenere un inventario più esaustivo dell'impatto di carbonio totale.

Le informazioni emerse rappresentano una base preziosa per future riflessioni e approfondimenti, ma soprattutto sottolineano che ridurre l'impatto ambientale richiede scelte consapevoli e comuni, coinvolgendo sia gli organizzatori che i partecipanti.

BIBLIOGRAFIA

ACI, 2025. Consistenza Parco Veicoli 2022. https://www.aci.it/fileadmin/documenti/studi_e_ricerche/dati_statistiche/autoritratto2022/Consistenza_Parco_veicoli_2022.zip

Crecchi, T., 2024. Il cambiamento climatico: cause e soluzioni - Lenergy. Lenergy. https://www.lenergy.it/sostenibilita/il-cambiamento-climatico-cause-e-soluzioni/

Distance.to, 2025. Calcolatore di distanza. https://it.distance.to/

EcoPassenger, 2016. EcoPassenger – Environmental Methodology and Data, Update 2016. https://uic.hafas.cloud/hafas-res/download/Ecopassenger_Methodology_Data.pdf

EcoPassenger, 2025. EcoPassenger. https://ecopassenger.org/

EMEP/EEA, 2024. Emission Inventory Guidebook https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2023/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-b-i/@@download/file

EMISIA, 2025. COPERT – Calculation of emissions from road transport, https://copert.emisia.com

European Climate Law. Climate Action. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/european-climate-law_en

Greenhouse Gas Protocol, 2016. Global Warming Potential Values. https://ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf

Herold, D.M., Breitbarth, T., Hergesell, A., Schulenkorf, N., 2024. Sport events and the environment: Assessing the carbon footprint of spectators' modal choices at professional football games in Austria. Journal of Cleaner Production, 452, 142259. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142259

ISPRA, 2025. GREENHOUSE GAS EMISSIONS FROM TRANSPORT | Indicatori ambientali.

https://indicatoriambientali.isprambiente.it/en/transport/greenhouse-gas-emissions-transport

Jaramillo, P., Ribeiro, S.K., Newman, P., Dhar, S., Diemuodeke, O.E., Kajino, T., Lee, D.S., Nugroho, S.B., Ou, X., Hammer Strømman, A., Whitehead, J., 2022. Transport. In IPCC, 2022: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/chapter/chapter-10/

Palio Città della Quercia, 2025. Palio Città della Quercia | Meeting internazionale di atletica leggera. Palio Della Quercia. https://paliocittadellaquercia.it/

Piccerillo, L. Misiti, F. Digennaro, S, 2023. Assessing the Environmental Impact of a University Sport Event: The Case of the 75th Italian National University Championships. Sustainability, 15, 2267. https://doi.org/10.3390/su15032267

Transport and mobility, 2025. European Environment Agency's Home Page. https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/transport-and-mobility?activeTab=07e50b68-8bf2-4641-ba6b-eda1afd544be

US EPA, 2025. GHG Emission Factors Hub. https://www.epa.gov/climateleadership/ghg-emission-factors-hub

RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare il mio relatore, il Professor Marco Schiavon, per avermi seguito con costante disponibilità e pazienza durante questo lavoro, accompagnandomi anche nell'esperienza di tirocinio con preziosi consigli e indicazioni. Un sentito ringraziamento va anche a Matteo Planchestainer e Alessandro Barbetti, del comitato Palio Città della Quercia, per la loro disponibilità e supporto concreto, che hanno reso il tirocinio un'esperienza formativa e stimolante.

Ringrazio i miei colleghi Alessia, Giulia, Ilaria, Kalina e Pietro. Grazie a voi le ore di lezione sono state più leggere e gli esami un po' meno spaventosi.

Un ringraziamento speciale va a casa Vascellari, che negli anni è stata molto più di un semplice appartamento.
Grazie a Chiara, Francesca, Margherita, Marisa e Stefany, senza di voi questo percorso non sarebbe stato lo stesso.
Ma soprattutto grazie a voi, Marta e Irene. In questi anni siete state molto più che coinquiline. Con voi ho imparato che la vera amicizia è fatta di ascolti, silenzi, di confidenze custodite senza giudizio, di risate che alleggeriscono le fatiche. La vostra presenza è stata per me un dono che custodirò sempre come una delle parti più belle di questo percorso.

Il ringraziamento più grande va alla mia famiglia: a mia mamma, a mio papà e a mia sorella. Nonostante le difficoltà e gli anni che ci hanno separati in modi diversi, non mi avete mai fatto mancare il vostro amore. Mi avete dato fiducia anche quando io stessa faticavo a crederci. Nell'ultimo anno mi avete insegnato che la famiglia non si misura dall'assenza di ostacoli, ma dalla capacità di restare vicini e sostenersi a vicenda.