



CISMA Srl - Società di Ingegneria

sede legale e operativa - NOI Techpark
via Ipazia 2 - 39100 Bolzano
+39 0471.1727086

P. IVA 02453250215

www.cisma.it - info@cisma.it

sede operativa - Palazzo Stella
via A. Degasperi 77 - 38123 Trento
+39 0461.1637648

cisma@pec.cisma.bz.it

Stima delle concentrazioni medie annue di NO₂ e PM10 da fonti lineari sulla città di Bressanone

Confronto tra lo stato attuale e gli scenari derivanti dal PUMS

Committente		Descrizione
Provincia Autonoma di Bolzano Agenzia provinciale per l'ambiente e la tutela del clima.		Stima delle concentrazioni medie annue di NO ₂ e PM10 sulla città di Bressanone con particolare attenzione al contributo del traffico veicolare sul reticolo viario principale/comunale - confronto tra stato attuale e scenari derivanti dal PUMS.
Documento	Data	Autori
2017_AMB_20D	11/11/2021	Ing. Marco Falocchi Ing. Elena Tomasi Ing. Gianluca Antonacci
Responsabile		
Ing. Gianluca Antonacci		

Indice dei contenuti

1. Introduzione.....	1
1.1. Il PUMS di Bressanone in funzione del presente studio di screening.....	2
1.2. Descrizione della procedura di screening.....	3
2. Scenari PUMS per le emissioni da traffico nel comune di Bressanone.....	5
2.1. Scenario attuale (2019).....	5
2.2. Scenario futuro (2023).....	5
3. Metodologia.....	7
3.1. Fonti di dati.....	7
3.1.1. Traffico urbano.....	7
3.1.2. Traffico autostradale.....	7
3.1.3. Dati di qualità dell'aria.....	8
3.1.4. Dati meteorologici.....	8
3.2. Caratterizzazione del traffico urbano.....	9
3.2.1. Traffico giornaliero medio urbano.....	9
3.2.2. Classi veicolari in ambito urbano.....	12
3.2.3. Parco circolante nell'area urbana di Bressanone.....	13
3.3. Caratterizzazione del traffico autostradale.....	16
3.3.1. Traffico giornaliero medio in sede autostradale.....	16
3.3.2. Parco circolante in sede autostradale.....	19
3.4. Determinazione del grafo stradale per le simulazioni di screening.....	22
3.5. Stima dei fattori di emissione da traffico veicolare.....	25
3.6. Stima delle emissioni di inquinanti da altre sorgenti: modello CALPUFF a scala locale.....	28
4. Simulazioni di dispersione.....	29
4.1. Dispersione degli inquinanti da traffico lungo le strade principali: modello R-LINE per "screening".....	29
4.2. Dominio di calcolo.....	30
4.3. Dati meteorologici.....	30
4.4. Dati di qualità dell'aria.....	30
4.5. Calibrazione.....	31
5. Risultati.....	33
5.1. Concentrazioni medie annue di NO ₂ e PM ₁₀ da sorgenti lineari lungo le strade comunali principali.....	33
5.2. Concentrazioni medie annue di NO ₂ e PM ₁₀ da sorgenti lineari lungo l'asse autostradale.....	35
5.3. Concentrazioni medie annue di NO ₂ e PM ₁₀ da altre sorgenti.....	38
5.4. Concentrazioni medie annue totali di NO ₂ e PM ₁₀	39
5.5. Confronto delle concentrazioni di NO ₂ tra gli scenari.....	39
6. Conclusioni.....	43
7. Elenco delle Tavole.....	45

Indice delle Tabelle

Tabella 1: Valori medi annui del traffico orario medio nell'ora di punta serale (TOMmax) e del traffico giornaliero medio (TGM) per ciascuna stazione contatraffico selezionata e per ciascun anno dal 2016 al 2020 (fonte dati ASTAT).....	11
Tabella 2: Parco circolante nell'area urbana di Bressanone in corrispondenza dello scenario attuale (2019) e futuro (2023). Oltre alle distribuzioni percentuali in funzione della classe Euro si riporta la differenza (Diff.) tra i due scenari.....	14
Tabella 3: Dati di traffico giornaliero medio dal 2017 al 2020 per le tratte Bressanone-Bressanone ZI e Bressanone ZI - Chiusa. In tabella si riportano inoltre i valori di TGM proiettati al 2023 secondo la procedura descritta in Sezione 3.3.1. I valori in grassetto caratterizzano i TGM negli scenari di screening. (*): valori esclusi dalle analisi.....	17
Tabella 4: Valori di TGM complessivamente transitati nel periodo 2017-2019 lungo le	

tratte di A22 comprese tra Bressanone e Chiusa (fonte dati: Autobrennero) e loro variazioni annue.....	18
Tabella 5: TGM lungo le tratte di A22 investigate utilizzati a caratterizzare il traffico autostradale negli scenari di screening attuale (2019) e futuro (2023). Si riporta inoltre la variazione percentuale sul periodo considerato.....	18
Tabella 6: Parco circolante delle automobili (classe A) in A22 in corrispondenza dello scenario attuale (2019) e futuro (2023). Si riporta la differenza (Diff.) tra i due scenari...	20
Tabella 7: Parco circolante di furgoni e mezzi pesanti in A22 in corrispondenza dello scenario attuale (2019) e futuro (2023). Si riporta la differenza (Diff.) tra i due scenari. Per queste classi veicolari si ipotizza un'alimentazione a gasolio.....	20
Tabella 8: Grafo stradale selezionato per le simulazioni di screening. Si riportano per ciascuna strada e ciascuno scenario (attuale 2019 e futuro 2023) i valori medi giornalieri di TGM, velocità, fattore di emissione [g/km/veh] ed emissione [g/km/d] di NO ₂ e PM10..	26
Tabella 9: Concentrazioni medie annue di biossido di azoto (NO ₂) e di polveri sottili (PM10) relative all'anno 2019. Le concentrazioni sono misurate presso i punti di monitoraggio (stazioni di qualità dell'aria e campionatori passivi "FERM") dislocati dall'interno dell'area di studio e gestiti da APPABZ. Fonte dati: "Valutazione della qualità dell'aria 2017-2020" (APPABZ).....	31
Tabella 10: Massime concentrazioni medie annue di NO ₂ e PM10 simulate per ciascuno scenario di screening e generate dal traffico lungo le principali strade del tessuto urbano di Bressanone. Si riportano inoltre i valori medi (con deviazione standard) delle concentrazioni simulate all'interno dell'area di calcolo di ciascuno scenario.....	34
Tabella 11: Massime concentrazioni medie annue di NO ₂ e PM10 simulate per ciascuno scenario di screening e generate dalle sole emissioni di traffico autostradale. Si riportano inoltre i valori medi (con deviazione standard) delle concentrazioni simulate all'interno dell'area di calcolo di ciascuno scenario.....	36
Tabella 12: Variazione percentuale media sull'area di calcolo delle concentrazioni di NO ₂ e di PM10 simulate nello scenario futuro (2023) rispetto alle corrispondenti concentrazioni simulate nello scenario attuale (2019) al variare della tipologia di sorgente emissiva....	40
Tabella 13: Concentrazioni medie annue di NO ₂ misurate nell'anno 2019 (scenario attuale) dalla rete di monitoraggio e stimate per l'anno 2023 (scenario futuro). Si riporta inoltre la variazione delle concentrazioni tra i due scenari rispetto quelle dello scenario attuale.....	44

Indice delle Figure

Figura 1: Evoluzione giornaliera del Traffico Orario Medio (TOM) presso le stazioni contatraffico considerate. I cicli riportati sono ottenuti mediando i valori di TOM (fonte dati: ASTAT) nel periodo 2016-2020.....	9
Figura 2: Confronto tra TOM nell'ora di punta e TGM osservati presso ciascuna stazione contatraffico considerata e per ciascun anno nel periodo 2016-2020. Il confronto ha permesso di ottenere il fattore di conversione cercato.....	10
Figura 3: Distribuzione percentuali delle classi di veicoli circolanti nell'area urbana di Bressanone. I valori percentuali sono stati ottenuti elaborando i dati forniti da ASTAT sul periodo 2016-2019.....	11
Figura 4: Distribuzione delle classi Euro per i mezzi pesanti nello scenario attuale e futuro nel grafo urbano.....	14
Figura 5: Distribuzione delle classi Euro per i mezzi leggeri totali (benzina e gasolio) nello scenario attuale e futuro nel grafo urbano.....	15
Figura 6: Distribuzione delle classi Euro per i mezzi leggeri a benzina e a gasolio nello scenario attuale e futuro nel grafo urbano.....	15
Figura 7: Distribuzione delle classi Euro adottata per il parco circolante delle automobili lungo l'A22 suddiviso per tipologia di carburante nello scenario attuale e futuro.....	21
Figura 8: Distribuzione delle classi Euro adottata per il parco circolante dei furgoni lungo l'A22 nello scenario attuale e futuro.....	21
Figura 9: Distribuzione delle classi Euro adottata per il parco circolante dei mezzi pesanti lungo l'A22 nello scenario attuale e futuro.....	22
Figura 10: Mappa del grafo stradale selezionato come sorgente emissiva lineare per la simulazione dello scenario attuale (2019) e futuro (2023).....	23

Figura 11: Mappa del TGM nello scenario attuale (2019) lungo il grafo stradale selezionato per le simulazioni di screening.....	24
Figura 12: Mappa delle concentrazioni di NO ₂ simulate con il modello CALPUFF e derivanti da altre fonti emissive diverse dalla rete stradale principale di Bressanone e dall'autostrada.....	41
Figura 13: Mappa delle concentrazioni di PM10 simulate con il modello CALPUFF e derivanti da altre fonti emissive diverse dalla rete stradale principale di Bressanone e dall'autostrada.....	42

1. Introduzione

Il presente studio ha lo scopo di valutare l'impatto dell'inquinamento da traffico sulla città di Bressanone ponendo l'attenzione sulle emissioni veicolari e la conseguente dispersione degli inquinanti immessi all'interno della struttura urbana. L'impatto dell'inquinamento è stato valutato in corrispondenza di due scenari: (i) attuale, riferito all'anno 2019 e (ii) futuro, riferito al 2023.

Al fine di contestualizzare e delineare le motivazioni che lo hanno stimolato lo studio è necessario effettuare una premessa di carattere generale relativa alle emissioni da traffico.

Le emissioni veicolari hanno origine al livello del suolo, all'interno della cosiddetta "canopy urbana", al contrario delle emissioni industriali e da riscaldamento che, invece, sono immesse in atmosfera a quote superiori, tipicamente al di sopra della linea dei tetti. All'interno della canopy urbana, infatti, la presenza di edifici ai lati della strada determina un "effetto canyon" che riduce la capacità di ricircolo e di diluizione degli inquinanti contenuti nella massa d'aria presente in sede stradale. Questo effetto non è invece presente per le emissioni poste al di sopra della città, il cui fato è più direttamente controllato dalle condizioni meteorologiche locali (in particolare vento e temperatura). Ne consegue quindi che gli edifici posti fronte strada si configurano come recettori (abitanti) posti in diretta prossimità degli emettitori (traffico veicolare). Inoltre, l'inquinamento da traffico è caratterizzato, tra le altre sostanze, da emissioni di ossidi di azoto (NO e NO₂). In particolare, le emissioni di biossido di azoto attualmente costituiscono uno dei temi principali per quanto riguarda l'impatto sulla qualità dell'aria in area urbana.

Le attività modellistiche condotte all'interno dello studio si accompagnano a dati raccolti durante la campagna di misura estensiva intrapresa dall'Agenzia provinciale per l'ambiente e la tutela del clima della Provincia autonoma di Bolzano (APPABZ). Durante questa campagna si è fatto uso di campionatori passivi di NO₂ ("FERM") installati lungo le strade a maggior traffico di Bressanone. La disponibilità di ulteriori punti di misura, che si aggiungono all'informazione fornita dalle centraline di qualità dell'aria già operanti, consente infatti di raggiungere una maggiore definizione spaziale e quindi una maggiore conoscenza della dispersione degli NO₂ nell'area urbana della città.

La fusione di modelli di calcolo e di misure dirette rappresenta lo "*state-of-the-art*" della valutazione di qualità dell'aria. Infatti, il dato misurato rappresenta localmente un dato "certo" (o comunque un riferimento affidabile), mentre un modello di calcolo consente di ottenere una estensione nello spazio e nel tempo dello stato dell'inquinamento ambientale. Per questo studio i dati di misura di NO₂ sono quindi stati utilizzati per la calibrazione del modello di calcolo, ottenendo un miglioramento della prestazione. Oltre all'inquinante di riferimento NO₂, il calcolo è stato effettuato anche per le polveri (PM₁₀).

Il presente studio si propone quindi di approfondire la conoscenza dello stato di inquinamento lungo i principali assi viari nel Comune di Bressanone, al fine di programmare interventi futuri basati su valutazioni spazialmente accurate.

1.1. Il PUMS di Bressanone in funzione del presente studio di screening

Nell'agosto 2021 il Comune di Bressanone ha adottato il nuovo Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (PUMS) redatto per quanto riguarda la parte tecnica da Netmobility Srl.

Il PUMS si configura come uno strumento di pianificazione strategica del sistema della mobilità urbana con validità di 10 anni. Come riportato dalla delibera di Giunta di adozione del PUMS¹, il piano persegue “l’obiettivo prioritario di migliorare l’accessibilità alle aree urbane dando attuazione ad un sistema dei trasporti sostenibile che garantisca adeguata accessibilità dei posti di lavoro e dei servizi, migliori la sicurezza, riduca inquinamento, emissioni di gas serra e consumo di energia, aumenti efficienza ed economicità del trasporto di persone e merci nonché l’attrattività e la qualità dell’ambiente urbano”. Inoltre, vista “l’attuale situazione ed il futuro sviluppo nell’ambito della mobilità nonché l’inquinamento dell’aria da biossido di azoto, il Comune di Bressanone ha comunque deciso di elaborare un Piano Urbano di Mobilità Sostenibile coinvolgendo nel progetto anche il Comune di Varna”.

Il PUMS si concentra su sei strategie tra loro integrate. Nell’ambito del presente studio, le strategie e gli obiettivi che ci si attende possano agire in direzione del contenimento e/o della riduzione gli impatti derivanti della mobilità sulla salute umana e sull’ambiente sono:

1. il “disegno strategico dell’accessibilità motorizzata” che prevede la “riduzione della congestione del traffico sulla viabilità principale” ed “il miglioramento dell’accessibilità al centro e ai principali poli attrattori di servizi”;
2. gli “interventi per una città a misura d’uomo: Bressanone a 30 km/h” che oltre al “miglioramento dell’accessibilità al centro e ai principali poli attrattori di servizi” prevedono un “aumento delle aree con traffico motorizzato nullo, basso o moderato e della qualità urbana”;
3. le “misure per un centro storico a prevalenza pedonale” in cui si prevede un “aumento delle aree con traffico motorizzato nullo, basso o moderato e della qualità urbana”.

All’interno della delibera si sottolineano inoltre le azioni chiave o progetti che risultano essere strategici per il Comune di Bressanone. Nell’ambito delle emissioni veicolari si inseriscono:

1. Delibera della Giunta Comunale di Bressanone Nr. 324 del 25/08/2021

- il già citato progetto Bressanone “Città 30”;
- il ridimensionamento e riqualificazione progressiva dell’asse della ex S.S.12 e ricucitura Rosslauf – centro;
- l'accessibilità al centro - più persone con meno auto in centro: sosta, ZTL, ciclo-posteggi;
- il progetto Bressanone città pedonale.

Il PUMS delinea tutti gli interventi da implementare nell'arco della sua validità, ossia dall'adozione per i successivi 10 anni. Oltre allo scenario attuale, che permette di definire il punto di partenza (o *baseline*), il PUMS contiene anche scenari futuri che di costituiscono in corrispondenza di diversi intervalli temporali (breve, medio e lungo termine) a seguito dell'implementazione delle politiche e degli interventi previsti dal piano. Come dettagliato in Sezione 2, il presente studio di screening è condotto utilizzando lo scenario attuale PUMS, riferito al 2019, e lo scenario futuro PUMS a breve termine (BT_MD) riferito al 2023.

I due scenari selezionati (2019 e 2023) si pongono di fatto all'inizio e alla fine del “Programma per la riduzione dell'inquinamento da NO₂ 2018-2023”² intrapreso da APPABZ nell'ambito della pianificazione della qualità dell'aria.

1.2. Descrizione della procedura di screening

La procedura di screening implementata nel presente studio si articola nelle seguenti fasi:

1. Identificazione degli scenari presenti all’interno del PUMS da utilizzare come scenari di screening per la simulazione della dispersione degli inquinanti da emissioni veicolari (Sezione 2).
2. Caratterizzazione del traffico veicolare all’interno del tessuto urbano della città di Bressanone (Sezione 3.2) e lungo il tratto di Autostrada del Brennero compreso tra i caselli di Bressanone e Chiusa (Sezione 3.3). In questa fase, per ciascuno scenario di screening, si procede a determinare il traffico giornaliero medio e ad identificare una classificazione dei veicoli sulla base delle caratteristiche del parco circolante.
3. Sulla base delle informazioni ricavate al punto precedente è possibile procedere a:
 - a) definire le caratteristiche del grafo stradale da utilizzare come sorgente lineare nelle simulazioni di screening (Sezione 3.4, Tavola 1, Tavola 2 e

2. Il programma è stato approvato dalla Giunta provinciale il 31 luglio 2018 e prevede una serie di misure, da attuare a livello provinciale e dai comuni di Bolzano, Merano, Bressanone e Laives al fine di garantire il rispetto del valore limite dell’NO₂. Il programma prevede anche le misure da attuare al fine di ridurre le emissioni causate dal traffico circolante sulla A22.

Tavola 3);

- b) calcolare tramite modello Copert V i fattori di emissione e le emissioni di inquinanti generate dal traffico atteso lungo ciascun arco appartenente al grafo stradale selezionato (Sezione 3.5, da Tavola 4 a Tavola 7).
4. Applicazione del modello di screening (Sezione 4). Il modello di screening selezionato è denominato R-LINE ed è descritto in Sezione 4.1. L'applicazione del modello richiede la definizione del dominio di calcolo (Sezione 4.2 e Figura 11) e di un input meteorologico sufficientemente rappresentativo per l'area investigata (Sezione 4.3). Infatti, le peculiarità dei fenomeni meteorologici che intercorrono alla scala locale rappresentano la principale forzante che controlla i processi di trasporto e di dispersione degli inquinanti. Al fine di garantire la confrontabilità degli scenari simulati e quindi attribuire le differenze tra gli scenari alla sola variazione delle emissioni da traffico, si è proceduto utilizzando la medesima forzante meteorologica per ogni scenario di screening.
5. Per ottenere una mappatura realistica delle concentrazioni di inquinanti, il modello di calcolo è stato calibrato (Sezione 4.5) sulla base dei dati di qualità dell'aria (Sezione 3.1.3 e Sezione 4.4) misurati all'interno dell'area di calcolo.
6. Una volta calibrato, il modello è stato utilizzato per simulare la dispersione degli inquinanti in corrispondenza di ciascuno scenario di screening individuato. Come riportato in Sezione 5, per ciascuno scenario sono state mappate all'interno dell'area di calcolo le concentrazioni medie annue di NO₂ e di PM10 (da Tavola 8a Tavola 19) generate da:
- a) tutte le sorgenti lineari;
 - b) solo traffico autostradale;
 - c) tutte le fonti presenti nell'area di calcolo (sorgenti lineari e diffuse e fondo ambientale).
- Sono inoltre state prodotte mappe che mostrano:
- a) il peso percentuale delle sorgenti lineari e del solo traffico autostradale rispetto alle concentrazioni totali;
 - b) la variazione percentuale delle concentrazioni di NO₂ e PM10 tra lo scenario futuro (2023) e lo scenario attuale (2019).

2. Scenari PUMS per le emissioni da traffico nel comune di Bressanone

All'interno del PUMS si delinea uno scenario di progetto comprensivo di tutti gli interventi e su tutte le componenti di mobilità e di traffico. Questo scenario parte dallo stato attuale, riferito all'anno 2019, e si protrae nel futuro coprendo un arco temporale di 10 anni. Nel presente studio di screening sono stati derivati dal PUMS due scenari:

- lo scenario attuale
- lo scenario futuro a breve termine (BT_MD) riferito all'anno 2023, nel seguito indicato semplicemente come scenario futuro.

Questi scenari sono dettagliati nel seguito.

2.1. Scenario attuale (2019)

Lo scenario attuale (stato attuale del PUMS) rappresenta la situazione di partenza riferita al 2019, rispetto cui sono calcolate tutte le variazioni di concentrazione di inquinante in aria ambiente che si verificano per effetto dell'implementazione delle strategie delineate nello scenario futuro selezionato. Punti di partenza sono:

1. l'analisi del traffico circolante sul complesso grafo stradale comunale descritto in Sezione 3.2 e ottenuto partendo dai dati del PUMS;
2. il calcolo delle relative emissioni sulla rete viaria principale tramite metodologia COPERT³ riportate in Sezione 3.5. Tali emissioni sono funzione del parco circolante nell'anno 2019 per il quale è stata condotta una analisi specifica.

Conseguentemente, tramite il modello di dispersione descritto in Sezione 4.1 è possibile procedere alla calibrazione del modello (Sezione 4.5) utilizzando le concentrazioni medie annue di NO₂ misurate presso i punti di monitoraggio di APPABZ (campionatori "FERM" e stazioni di qualità dell'aria, Sezione 4.4). In questo modo si ottiene una mappatura realistica delle concentrazioni medie annue di NO₂ e PM10 nella zona di studio, caratterizzando così lo scenario 0.

2.2. Scenario futuro (2023)

Lo scenario futuro selezionato per lo studio di screening fa riferimento allo scenario di progetto a breve termine riportato nel PUMS con l'acronimo BT_MD.

3. COPERT è la metodologia consigliata dall'Agenzia Europea per l'Ambiente come strumento per la valutazione delle emissioni da trasporto stradale nell'ambito della metodologia standard CORINAIR.

Questo scenario ha come orizzonte temporale l'anno 2023, anno di chiusura del “Programma per la riduzione dell'inquinamento da NO₂ 2018-2023” promosso da APPABZ e contempla:

1. la variazione della domanda nel breve termine legata ad operazioni urbanistiche;
2. variazioni di sviluppo demografico ed economico;
3. la realizzazione di infrastrutture programmate;
4. interventi di progetto sulla rete stradale;
5. variazioni di domanda dovute all'aumento dei modi sostenibili promossi dal PUMS.

A seguito dell'implementazione delle politiche e delle strategie sopra indicate, il PUMS prevede per questo scenario una riduzione delle emissioni veicolari che, rispetto allo scenario attuale, si attestano attorno al 14% per l'NO₂ e al 17% per il PM10.

Analogamente a quanto descritto per lo scenario attuale (Sezione 2.1), i dati di traffico riferiti allo scenario futuro sono stati elaborati (Sezione 3.5) al fine di stimare i corrispondenti fattori di emissione tramite la metodologia COPERT. Tali valori sono funzione del parco circolante atteso per l'anno 2023 e per il quale è stata condotta una analisi specifica, si (Sezione 3.2.3). Successivamente, il modello di calcolo calibrato (Sezione 4.5) è stato utilizzato per simulare la dispersione degli inquinanti fornendo così le mappe delle concentrazioni medie annua di NO₂ e PM10 attese per lo scenario futuro.

3. Metodologia

3.1. Fonti di dati

Nell'ambito dello studio di screening si è fatto uso di diverse tipologie di dato, reperite da diverse fonti.

3.1.1. Traffico urbano

La caratterizzazione del traffico circolante nell'area urbana di Bressanone è stata condotta utilizzando i seguenti dati:

1. I dati di velocità media e di traffico orario medio nell'ora di punta all'interno della rete stradale della città di Bressanone contenuti nel PUMS. In particolare, i dati di traffico risultano suddivisi tra veicoli leggeri e pesanti e sono stati forniti per ciascuno dei due scenari investigati (attuale e futuro).
2. I dati di traffico orario medio e di traffico giornaliero medio misurati dalle stazioni contatraffico collocate nell'area di studio e rappresentativi del traffico urbano sono stati acquisiti attraverso l'interfaccia web messa a disposizione dall'Istituto provinciale di statistica della Provincia autonoma di Bolzano ASTAT⁴. Come dettagliato nel seguito (Sezione 3.2.1), questi dati sono stati utilizzati per effettuare la conversione del traffico orario medio nell'ora di punta in traffico giornaliero medio e per ottenere la classificazione percentuale dei veicoli circolanti.
3. La caratterizzazione del parco circolante nell'area urbana di Bressanone nello scenario attuale e futuro è stata effettuata utilizzando le tabelle prodotte dalla ditta Cisma s.r.l. durante la redazione del PUMS. Tali dati sono stati ottenuti partendo dalle banche dati ACI 2019 riferite al territorio della Provincia autonoma di Bolzano.

3.1.2. Traffico autostradale

La caratterizzazione del traffico circolante lungo il tratto di Autostrada del Brennero (nel seguito A22) compreso tra i caselli di Bressanone - Bressanone Z. I. e di Bressanone Z. I. - Chiusa è stata condotta utilizzando:

1. I dati di sintesi relativi al traffico giornaliero medio suddiviso per carreggiata e tipologia di veicolo misurati lungo le tratte di A22 sopra indicate nel periodo 2017-2020. Questi dati sono stati forniti da Autobrennero in occasione del presente studio.

4. I rilevati dalle contatraffico e pre-elaborati dall'Istituto provinciale di statistica ASTAT sono liberamente accessibili al link: <https://astat.provincia.bz.it>

2. Il parco mezzi circolante è stato caratterizzato per lo scenario attuale e futuro partendo dalle elaborazioni condotte nell'ambito del Progetto Life BrennerLEC⁵ e riportate nella documentazione ufficiale prodotta durante il progetto.
3. I dati di traffico giornaliero medio rappresentativo per ciascuna tratta considerata, ossia senza distinzione tra carreggiata e tipologia di veicoli nel periodo 2011-2016 sono stati estratti dall'"Annuario statistico della Provincia di Bolzano 2020" redatto da ASTAT⁶. Questi dati sono stati utilizzati solamente per visualizzare l'evoluzione del TGM e confrontarlo con il valore proiettato al 2023 per lo scenario futuro.

3.1.3. Dati di qualità dell'aria

La calibrazione del modello di dispersione nello scenario attuale è stata condotta utilizzando le concentrazioni medie annue di biossido di azoto (NO₂) e di particolato atmosferico (PM10) misurate per l'anno 2019 dalle stazioni di qualità dell'aria gestite da APPABZ.

Le stazioni di qualità dell'aria selezionate sono collocate:

- nell'area urbana di Bressanone, presso Villa Adele (Viale Ratisbona);
- lungo l'Autostrada del Brennero, nella zona industriale di Bressanone.

A queste osservazioni si aggiungono le concentrazioni medie annue rilevate presso 4 ulteriori punti di misura in cui è stata condotta da APPABZ una campagna di misure con campionatori passivi di NO₂ "FERM".

I valori numerici dei dati utilizzati sono stati estratti dal rapporto "Valutazione della qualità dell'aria 2017-2020"⁷ redatto da APPABZ.

3.1.4. Dati meteorologici

I dati meteorologici in input al modello applicato per la stima della dispersione degli inquinanti derivano dai risultati ottenuti nell'analisi "Elaborazione dei campi meteorologici nei sottodomini urbani/comprendoriali 1A, 1B, 1C, 2A e 2C", corrispondente all'attività 3a nell'ambito del contratto "Attività specialistica di consulenza nella valutazione della qualità dell'aria". In tale analisi sono stati prodotti dati meteorologici mediante una catena modellistica WRF-CALMET, raggiungendo una risoluzione di 100 m, per l'intero anno 2013 (considerato un anno meteorologicamente rappresentativo). Sulla base delle informazioni e del

5. La documentazione ufficiale prodotta nell'ambito del Progetto Life BrennerLEC è liberamente fruibile accedendo al link: <https://brennerlec.life/technical-details>.

6. L'Annuario statistico della Provincia di Bolzano relativo all'anno 2020 è liberamente accessibile al link: <https://astat.provincia.bz.it>

7. Il rapporto relativo alla valutazione pluriennale della qualità dell'aria all'interno della Provincia di Bolzano è liberamente accessibile al link: https://ambiente.provincia.bz.it/aria/valutazione-pluriennale-qualita-aria.asp?publ_action=4&publ_article_id=163949

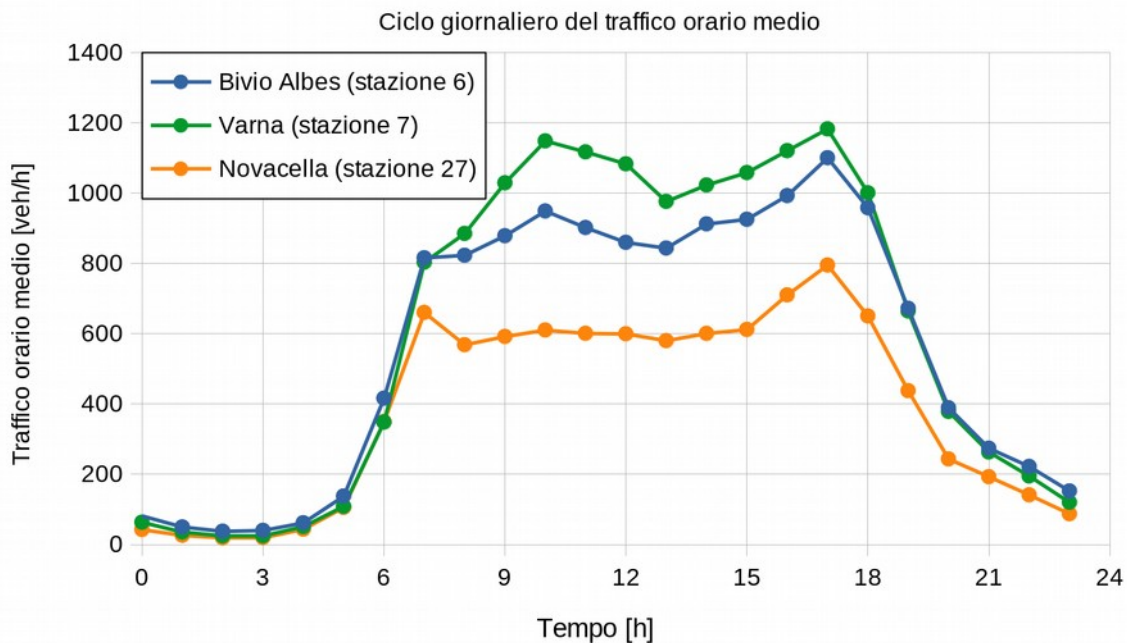


Figura 1: Evoluzione giornaliera del Traffico Orario Medio (TOM) presso le stazioni contatraffico considerate. I cicli riportati sono ottenuti mediando i valori di TOM (fonte dati: ASTAT) nel periodo 2016-2020.

formato richiesti dal modello, è stata effettuata un'opportuna estrazione di dati dal database per rendere possibili le simulazioni. In particolare ad ogni strada è stata associata la rosa dei venti corrispondente al centro cella più prossimo della simulazione WRF-CALMET.

3.2. Caratterizzazione del traffico urbano

3.2.1. Traffico giornaliero medio urbano

Come anticipato in Sezione 3.1.1, i dati di traffico (transiti e velocità) utili a caratterizzare la viabilità all'interno della rete stradale di Bressanone sia nello scenario attuale e nello scenario futuro sono quelli contenuti nel PUMS della città. Tali dati sono però rappresentativi del Traffico Orario Medio (TOM) nell'ora di punta (TOM_{max}), mentre all'interno dello studio di screening è necessario disporre del valore di Traffico Giornaliero Medio (TGM). Si è così reso necessario stimare per ogni arco stradale un valore di TGM partendo dal TOM_{max} .

Tipicamente questa operazione è effettuata moltiplicando il traffico orario nell'ora di punta mattutina per un coefficiente che assume un valore pari a 7.5. Infatti, i cicli giornalieri del TOM mostrano un massimo principale in corrispondenza dell'ora di punta mattutina ed un picco di secondario nell'ora di punta serale.

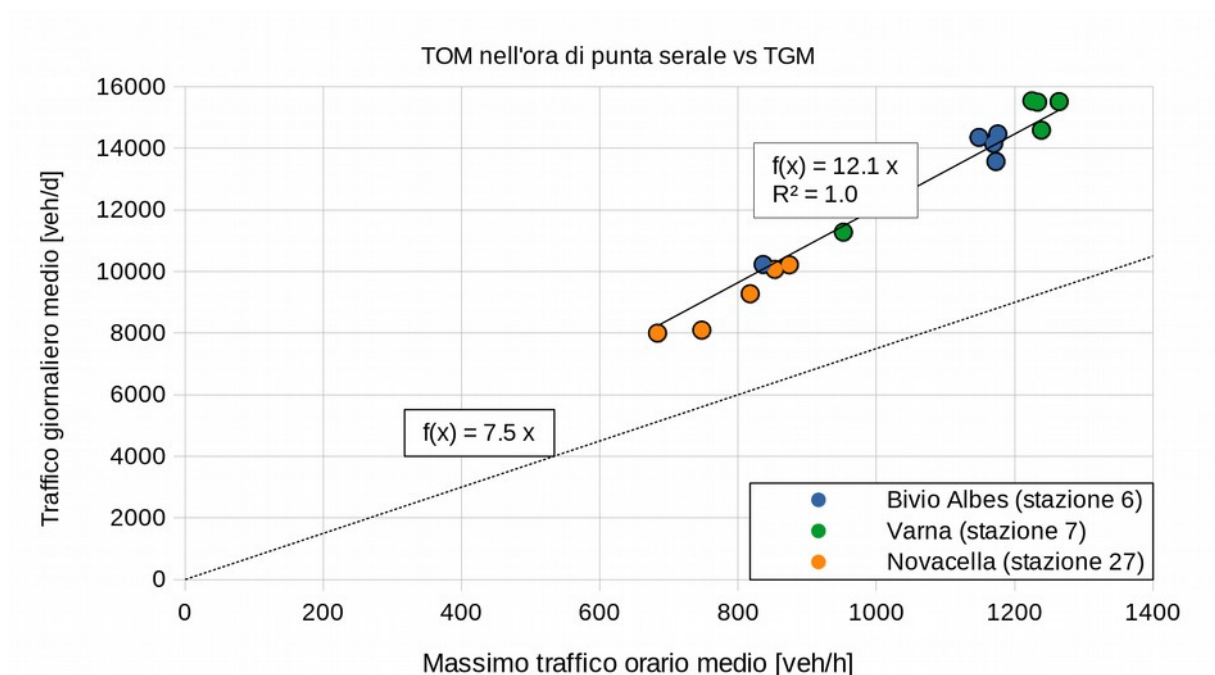


Figura 2: Confronto tra TOM nell'ora di punta e TGM osservati presso ciascuna stazione contatraffico considerata e per ciascun anno nel periodo 2016-2020. Il confronto ha permesso di ottenere il fattore di conversione cercato.

Nell'ambito del presente studio, si è proceduto alla verifica delle precedenti condizioni prima di effettuare la conversione da TOM a TGM utilizzando il coefficiente di letteratura pari a 7.5 in modo da avere una rappresentazione più realistica del traffico circolante a Bressanone.

I dati di traffico⁸ misurati dalle stazioni contatraffico (Figura 11) installate presso:

- bivio Albes sulla S.S.12 (codice stazione 6) a sud di Bressanone;
- Varna sulla S.S.12 (codice stazione 7) a nord di Bressanone;
- Novacella sulla S.S.49 (codice stazione 27) a nord di Bressanone;

sono stati analizzati al fine di estrarre i cicli giornalieri del TOM ed i valori di TGM, rappresentativi per ciascun anno dal 2016 al 2020.

I cicli giornalieri del TOM, riportati in Figura 2, mostrano che per la città di Bressanone il picco principale si osserva nelle ore serali (TOM_{max}), mentre il picco secondario nelle ore mattutine. Si precisa che gli andamenti in Figura 2 sono stati ottenuti mediando i cicli giornalieri del TOM dal 2016 al 2020 e quindi hanno solo scopo illustrativo per mostrare l'evoluzione media del traffico durante la giornata in corrispondenza delle tre stazioni contatraffico considerate. Per le elaborazioni

8. Fonte dati: Istituto provinciale di statistica ASTAT (<https://astat.provincia.bz.it>)



Figura 3: Distribuzione percentuali delle classi di veicoli circolanti nell'area urbana di Bressanone. I valori percentuali sono stati ottenuti elaborando i dati forniti da ASTAT sul periodo 2016-2019.

di seguito descritte, invece, sono stati utilizzati singolarmente i cicli del TOM medi annui.

Per ciascuna stazione contatraffico sono quindi stati estratti i valori di TOM medi annui nell'ora di punta serale (TOM_{max}) ed i corrispondenti valori medi annui del TGM. In Tabella 1 si riportano i valori ottenuti unitamente con il numero di giorni per cui ciascuna stazione contatraffico ha restituito valori attendibili.

Tabella 1: Valori medi annui del traffico orario medio nell'ora di punta serale (TOM_{max}) e del traffico giornaliero medio (TGM) per ciascuna stazione contatraffico selezionata e per ciascun anno dal 2016 al 2020 (fonte dati ASTAT).

Anno	Bivio Albes (stazione 6)			Varna (stazione 7)			Novacella (stazione 27)		
	Num	TOM_{max} [veh/h]	TGM [veh/d]	Num	TOM_{max} [veh/h]	TGM [veh/d]	Num	TOM_{max} [veh/h]	TGM [veh/d]
2016	366	1170	14154	366	1265	15515	152	818	9274
2017	365	1173	13570	365	1239	14587	53	748	8093
2018	365	1176	14465	365	1233	15497	365	874	10214
2019	339	1149	14352	311	1225	15540	300	853	10067
2020	344	836	10225	331	952	11274	298	684	7996

La determinazione del coefficiente di conversione è stata condotta utilizzando i soli dati per cui si hanno a disposizione almeno 180 giorni di osservazioni. Il confronto tra TOM_{max} e TGM è riportato in Figura 3 e mostra che per il caso studio

di Bressanone un coefficiente di conversione pari a 12.1 risulta essere più adeguato, rispetto al valore di letteratura comunemente utilizzato. Coerentemente con questo risultato, per ciascun arco stradale si è proceduto a:

- sommare i valori di traffico orario medio nell'ora di punta relativi ai veicoli leggeri e pesanti, al fine di ottenere un valore TOM_{max} totale o complessivo;
- stimare i valori di TGM nello scenario attuale e in quello futuro, moltiplicando i valori di TOM_{max} totale per il coefficiente di conversione precedentemente determinato.

3.2.2. Classi veicolari in ambito urbano

Il calcolo delle emissioni da traffico richiede la conoscenza della distribuzione percentuale delle tipologie di veicoli che transitano all'interno del tessuto urbano.

Attraverso la banca dati ASTAT è stato possibile estrarre per le tre stazioni contatraffico selezionate i valori di TGM dal 2016 al 2019 suddivisi tra:

- motocicli;
- autovetture e piccoli veicoli senza/con rimorchio;
- furgoni e minibus;
- autocarri leggeri/pesanti;
- autocarri con rimorchio e autotreni;
- autoarticolati;
- pullman.

Al fine di ridurre la casistica ed ottenere una classificazione più omogenea, i dati disponibili sono stati elaborati sulla base delle seguenti ipotesi:

1. Motocicli, autovetture e piccoli veicoli con/senza rimorchio sono accorpati in un'unica classe che identifica l'insieme dei mezzi leggeri per il trasporto di persone. In particolare, per i motocicli non si dispone di una classificazione EURO e quindi si ipotizza che le loro emissioni siano assimilabili a quelle delle automobili.
2. Autocarri leggeri, pesanti, con rimorchio, autotreni ed autoarticolati sono accorpati nella classe dei mezzi pesanti per il trasporto di beni.

I dati disponibili sono quindi stati elaborati sulla base delle precedenti ipotesi, ottenendo la distribuzione rappresentata in Figura 4. Si osserva che all'interno dell'area urbana il trasporto di persone (90.4%) è preponderante rispetto al

trasporto di merci (9.6%). In particolare, il trasporto di persone è costituito per l'89.7% da mezzi leggeri (automobili e furgoni) e lo 0.7% da mezzi pesanti (camion, autoarticolati e pullman). Il trasporto di merci, invece, tende a distribuirsi in modo simile tra mezzi leggeri (furgoni, 5.3%) e mezzi pesanti (4.3%).

La distribuzione ottenuta è stata utilizzata per ripartire i valori di TGM lungo ciascun arco stradale nello scenario attuale e si è ipotizzato che possa essere rappresentativa anche per caratterizzare il traffico nel tessuto urbano dello scenario futuro.

3.2.3. Parco circolante nell'area urbana di Bressanone

Partendo dai dati dei veicoli immatricolati in Provincia di Bolzano si è proceduto a ricostruire il parco circolante medio provinciale. Come prima azione, il numero di autovetture provinciali è stato corretto per tenere conto dell'aumentato significativo del numero di veicoli immatricolati in Provincia di Bolzano da parte di ditte di autonoleggio che però operano a livello nazionale. Si è valutato di correggere la base dati dalla quota parte di veicoli classificati come "a noleggio" per non distorcere le percentuali del parco macchine effettivamente circolante.

Il parco circolante all'interno del complesso grafo urbano di Bressanone è stato caratterizzato partendo dalle elaborazioni condotte per la realizzazione del PUMS. I veicoli sono stati inizialmente suddivisi in due macro-classi: veicoli leggeri (automobili e furgoni) e veicoli pesanti (camion, autoarticolati e pullman).

I veicoli leggeri sono stati a loro volta suddivisi in sottoclassi in base alla tipologia di carburante (benzina o gasolio), mentre per i mezzi pesanti si è ipotizzata la sola alimentazione a gasolio. In Tabella 2 e in Figura 4, Figura 5 e Figura 6 si riportano per ciascuno scenario di screening le distribuzioni percentuali dei veicoli all'interno del parco mezzi in funzione della classe Euro. Si osserva che:

1. In entrambi gli scenari la distribuzione dei veicoli di classe Euro 0, 1 e 2 resta pressoché invariata, mentre variazioni più significative si osservano per le classi Euro superiori.
2. Nello scenario futuro tutti i veicoli di classe Euro 3, 4 e 5 diminuiscono, mentre aumenta significativamente la percentuale di veicoli di classe Euro 6, ad indicare un atteso ricircolo del parco circolante.
3. In entrambi gli scenari, i veicoli leggeri di classe Euro 4 o superiore alimentati a gasolio tendono ad essere più numerosi rispetto ai corrispondenti veicoli leggeri alimentati a benzina.

Come descritto in Sezione 3.1.1, i valori riportati in Tabella 2 sono stati utilizzati per distribuire in modo oggettivo le classi veicolari associate ai valori di TGM e quindi stimare un valore rappresentativo dei fattori di emissione.

Tabella 2: Parco circolante nell'area urbana di Bressanone in corrispondenza dello scenario attuale (2019) e futuro (2023). Oltre alle distribuzioni percentuali in funzione della classe Euro si riporta la differenza (Diff.) tra i due scenari.

	Mezzi pesanti [%]			Mezzi leggeri a benzina [%]			Mezzi leggeri a gasolio [%]		
	Attuale (2019)	Futuro (2023)	Diff.	Attuale (2019)	Futuro (2023)	Diff.	Attuale (2019)	Futuro (2023)	Diff.
Euro 0	2.63	2.50	-0.13	4.77	4.50	-0.27	0.57	0.50	-0.07
Euro 1	2.47	2.20	-0.27	1.63	1.50	-0.13	0.30	0.30	0.00
Euro 2	3.97	3.30	-0.67	6.03	4.90	-1.13	2.57	2.10	-0.47
Euro 3	13.50	5.10	-8.40	3.60	1.40	-2.20	6.87	2.60	-4.27
Euro 4	23.33	9.00	-14.33	13.83	5.30	-8.53	12.57	4.90	-7.67
Euro 5	21.23	15.50	-5.73	7.57	5.50	-2.07	15.06	11.00	-4.06
Euro 6	32.87	62.40	29.53	10.77	25.10	14.33	13.86	30.40	16.54

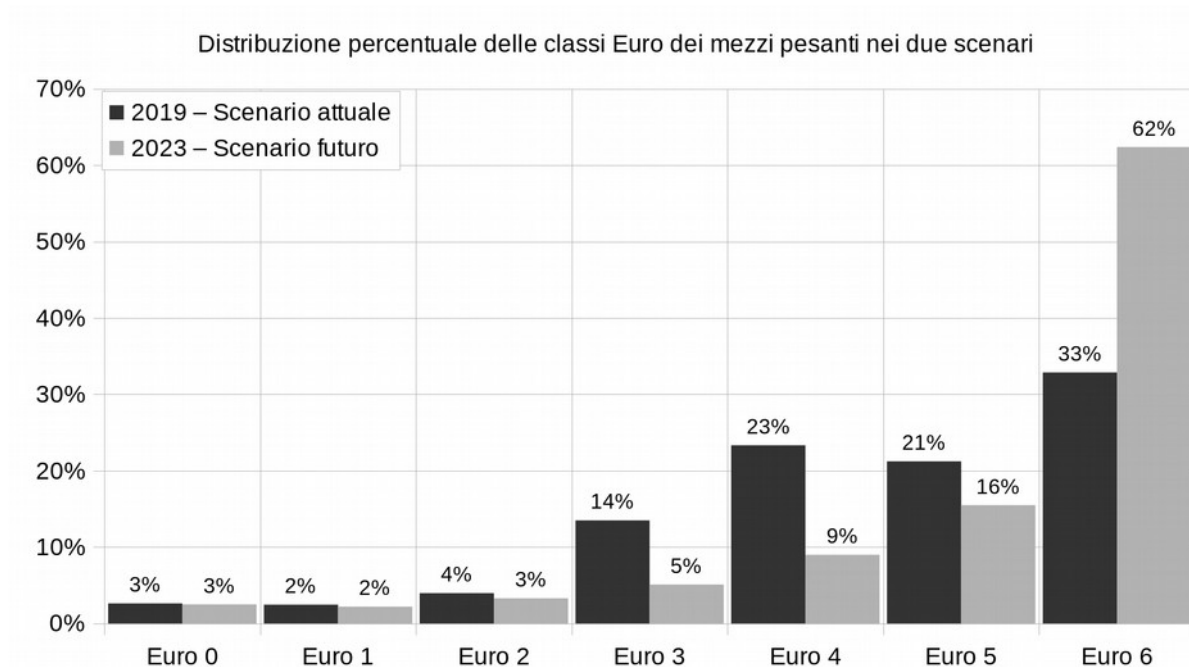


Figura 4: Distribuzione delle classi Euro per i mezzi pesanti nello scenario attuale e futuro nel grafo urbano.

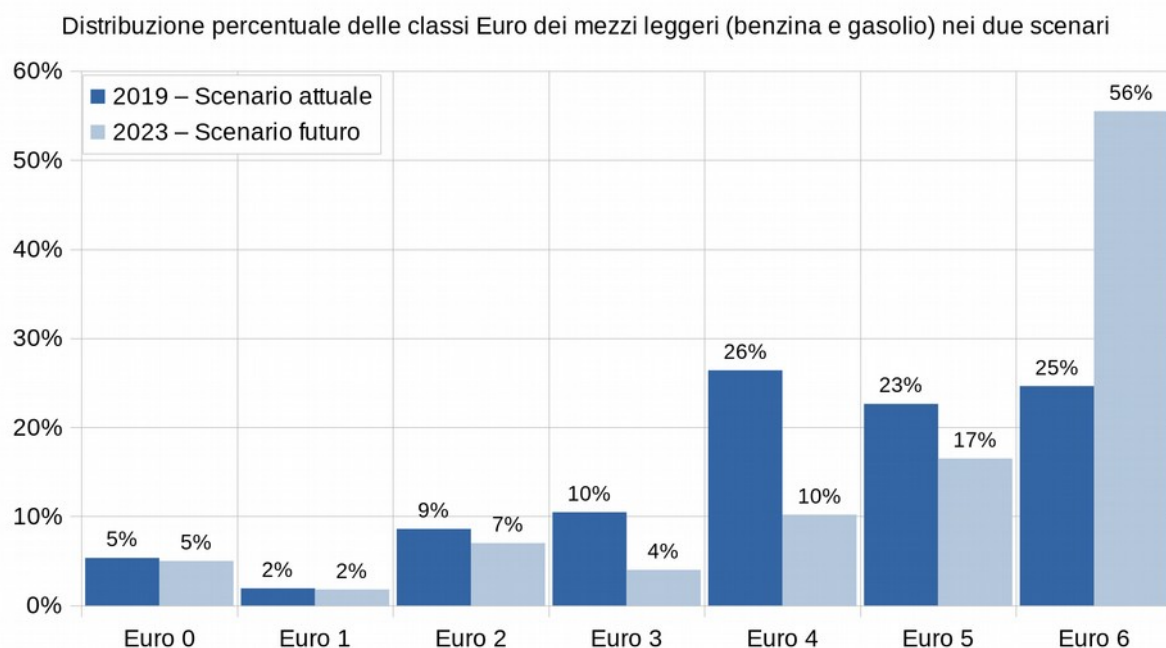


Figura 5: Distribuzione delle classi Euro per i mezzi leggeri totali (benzina e gasolio) nello scenario attuale e futuro nel grafo urbano.

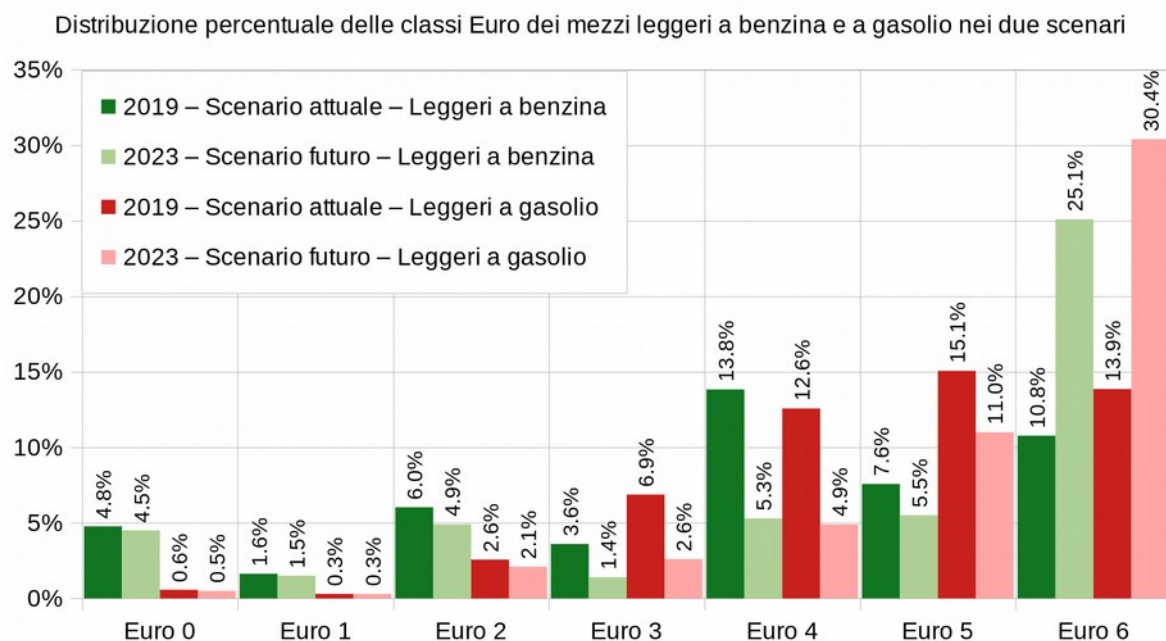


Figura 6: Distribuzione delle classi Euro per i mezzi leggeri a benzina e a gasolio nello scenario attuale e futuro nel grafo urbano.

3.3. Caratterizzazione del traffico autostradale

La presenza dell'area investigata del tratto di Autostrada del Brennero compreso tra i caselli di Bressanone e Chiusa, impone che negli scenari di screening si considerino anche le emissioni da traffico autostradale.

3.3.1. Traffico giornaliero medio in sede autostradale

Come descritto in Sezione 3.1.2, i dati messi a disposizione sono costituiti dai valori di TGM (medi annui) misurati lungo le tratte autostradali di interesse dal 2017 al 2020 e sono suddivisi in due macro-classi:

1. veicoli di classe A;
2. veicoli di classe B+3+4+5.

I veicoli di classe A comprendono di fatto le sole automobili, mentre la macro-classe B+3+4+5 comprende i furgoni (classe B) e tutti i mezzi pesanti (camion, autoarticolati e pullman, classi 3+4+5). In Tabella 3 si riportano i valori di TGM.

Nell'ambito del presente studio i dati osservati durante l'anno 2020 non sono stati presi in considerazione. Infatti, le restrizioni introdotte per il contenimento della pandemia covid-19 hanno alterato profondamente il regime dei flussi veicolari, dunque l'anno 2020 risulta anomalo dal punto di vista dei transiti. La determinazione del TGM nei due scenari è quindi stata condotta utilizzando l'informazione disponibile sul periodo 2017-2019.

I valori di TGM necessari a caratterizzare lo scenario di screening riferito allo stato attuale coincidono con quelli osservati nell'anno 2019. Al fine di ricondursi alla classificazione dei veicoli utilizzata per la rete stradale urbana (Sezione 3.2) si è reso necessario scorporare il TGM dei furgoni (veicoli di classe B) da quello dei mezzi pesanti (veicoli di classe 3+4+5). Questa operazione è stata condotta utilizzando uno dei risultati ottenuti durante il Progetto Life BrennerLEC da cui è emerso che il TGM dei furgoni occupa circa il 7.5% del TGM complessivamente transitante lungo le tratte di A22 interessate dallo studio. In Tabella 5 si sintetizzano i valori ottenuti.

I valori di TGM necessari a caratterizzare il traffico veicolare nello scenario futuro (anno 2023) sono invece stati ottenuti moltiplicando i TGM osservati nel 2019 per dei tassi di crescita medio annui stimati sulla base dei dati disponibili. Si puntualizza che la stima dei tassi di crescita e la proiezione al 2023 sono state condotte utilizzando i valori di TGM forniti, ossia suddivisi in macro-classi (A e B+3+4+5). Solo alla fine del calcolo si è proceduto a scorporare i furgoni dai mezzi pesanti. Questo approccio equivale ad ipotizzare che il TGM dei furgoni cresca nel tempo con lo stesso tasso di crescita dei mezzi pesanti, mentre resta invariata la frazione dei furgoni rispetto al TGM complessivo.

Come mostrato in Tabella 4, la stima dei tassi di crescita dei TGM è stata

condotta calcolando per ciascuna macro-classe di veicoli e per ciascuna tratta la variazione percentuale annua del TGM (2017-2018 e 2018-2019). Quindi, mediando i tassi stimati appartenenti alla medesima macro-classe di veicoli sono stati stimati i tassi di crescita medio annui.

Tabella 3: Dati di traffico giornaliero medio dal 2017 al 2020 per le tratte Bressanone-Bressanone ZI e Bressanone ZI - Chiusa. In tabella si riportano inoltre i valori di TGM proiettati al 2023 secondo la procedura descritta in Sezione 3.3.1. I valori in grassetto caratterizzano i TGM negli scenari di screening. (): valori esclusi dalle analisi.*

Tratta	Tipologia di veicolo	TGM [veh/d]				
		2017	2018	2019	2020(*)	2023
Bressanone - Bressanone Z.I.	Carreggiata SUD					
	Automobili (classe A)	11901	11930	11934	7332	11934
	Furgoni (classe B) e pesanti (classi 3+4+5)	5859	6120	6265	5224	7134
	Totale	17760	18050	18199	12556	19068
	Carreggiata NORD					
	Automobili (classe A)	11934	11981	11889	7402	11889
	Furgoni (classe B) e pesanti (classi 3+4+5)	6131	6414	6529	5420	7434
	Totale	18065	18395	18418	12822	19323
	Carreggiata NORD + SUD					
	Automobili (classe A)	23835	23911	23823	14734	23823
	Furgoni (classe B) e pesanti (classi 3+4+5)	11990	12534	12794	10644	14568
	Totale	35825	36445	36617	25378	38391
Bressanone Z.I. - Chiusa	Carreggiata SUD					
	Automobili (classe A)	11502	11511	11437	6980	11437
	Furgoni (classe B) e pesanti (classi 3+4+5)	5585	5835	5986	4999	6816
	Totale	17087	17346	17423	11979	18253
	Carreggiata NORD					
	Automobili (classe A)	11638	11651	11509	7123	11509
	Furgoni (classe B) e pesanti (classi 3+4+5)	5935	6205	6323	5249	7200
	Totale	17573	17856	17832	12372	18709
	Carreggiata NORD + SUD					
	Automobili (classe A)	23140	23162	22946	14103	22946
	Furgoni (classe B) e pesanti (classi 3+4+5)	11520	12040	12309	10248	14016
	Totale	34660	35202	35255	24351	36962

I valori numerici riportati in Tabella 4 descrivono uno scenario in cui si prospetta un aumento pressoché nullo del traffico leggero da automobili (-0.2% annuo), a cui si contrappone un significativo aumento del traffico connesso a furgoni e mezzi pesanti (camion, autoarticolati e pullman) pari allo 3.2% annuo. Sulla base

di questi risultati si è deciso di mantenere invariato il TGM delle automobili (classe A) e di proiettare al 2023 il solo TGM dei veicoli appartenenti alle classi B+3+4+5 con un tasso di crescita pari al 3.2% annuo. I valori di TGM ottenuti sono riportati in Tabella 3. Infine, il TGM dei furgoni è stato scorporato da quello dei mezzi pesanti utilizzando il criterio già applicato in precedenza per lo scenario attuale.

Tabella 4: Valori di TGM complessivamente transitati nel periodo 2017-2019 lungo le tratte di A22 comprese tra Bressanone e Chiusa (fonte dati: Autobrennero) e loro variazioni annue.

	TGM [veh/d]			Variazione [%]	
Tratta	2017	2018	2019	2017-2018	2018-2019
Automobili (classe A)					
Bressanone - Bressanone ZI	23835	23911	23823	0.3	-0.4
Bressanone ZI - Chiusa	23140	23162	22946	0.1	-0.9
Tasso di crescita medio annuo				-0.2 %	
Furgoni (classe B) e mezzi pesanti (classi 3+4+5)					
Bressanone - Bressanone ZI	11990	12534	12974	4.5	2.1
Bressanone ZI - Chiusa	11520	12040	12309	4.5	2.2
Tasso di crescita medio annuo				3.2 %	

La proiezione al 2023 dei TGM disponibili per l'anno 2019 mostra un aumento complessivo del traffico in A22 pari al 4.8% e annuo pari al 1.2%. Tale valore risulta essere compatibile con quello adottato durante lo studio di screening per la città di Bolzano pari all'1,4% annuo.

Tabella 5: TGM lungo le tratte di A22 investigate utilizzati a caratterizzare il traffico autostradale negli scenari di screening attuale (2019) e futuro (2023). Si riporta inoltre la variazione percentuale sul periodo considerato.

Tipologia di veicoli	Bressanone - Bressanone Z.I.			Bressanone Z.I. - Chiusa		
	TGM 2019 [veh/d]	TGM 2023 [veh/d]	Var. [%]	2019 [veh/d]	TGM 2023 [veh/d]	Var. [%]
Automobili (classe A)	23823	23823	-	22946	22946	-
Furgoni (classe B)	2746	2879	4.8	2644	2772	4.8
Mezzi leggeri (classe A+B)	26569	26702	0.5	25590	25718	0.5
Mezzi pesanti (classi 3+4+5)	10048	11689	16.3	9665	11244	16.3
Totale	36617	38391	4.8	35255	36962	4.8

3.3.2. Parco circolante in sede autostradale

La caratterizzazione del parco circolante lungo l'A22 è stata condotta partendo dalla classificazione ottenuta per l'anno 2019 (scenario attuale di screening) nell'ambito del Progetto Life BrennerLEC, e basata sull'elaborazione delle basi di dati ACI. Similmente alle elaborazioni descritte in Sezione 3.2.3 per il traffico urbano, anche il parco circolante in autostrada è stato ottenuto aggregando le diverse tipologie di veicoli in classi:

- Le automobili sono state aggregate in tre classi, ciascuna rappresentativa di una tipologia di carburante: benzina, gasolio e altri carburanti (metano, GPL, etc.).
- I mezzi pesanti, sono stati suddivisi in mezzi per il trasporto di merci (camion, autoarticolati) e in mezzi per il trasporto di persone (autobus e pullman). Per questi mezzi, e anche per i furgoni, non è stata introdotta alcuna classificazione sulla tipologia di carburante in quanto si ipotizza che essi siano tutti alimentati a gasolio.

Applicando questi criteri si è potuto determinare il parco circolante in corrispondenza dello scenario attuale (anno 2019). In Tabella 6 e in Tabella 7 si riportano le distribuzioni ottenute in funzione della classe Euro rispettivamente per automobili e furgoni e mezzi pesanti.

Nell'ambito del Progetto Life BrennerLEC si è osservato che all'interno del parco circolante in autostrada, i veicoli di classe Euro 6 tendono ad aumentare con un tasso annuo del 3%. Questo dato è quindi stato utilizzato per proiettare al 2023 (scenario futuro di screening) il parco circolante ottenuto per l'anno 2019. In particolare, per ciascun anno tra il 2019 ed il 2023 e per ciascuna classe di veicolo si proceduto a:

1. incrementare del 3% i veicoli di classe Euro 6;
2. ridurre del 3% i veicoli appartenenti alle classi Euro inferiori, partendo dalla classe Euro 0.

In questo modo si impone un progressivo rinnovo del parco circolante in cui vengono progressivamente ad annullarsi i veicoli con classi Euro inferiori. In Tabella 6 e in Tabella 7 si riportano le distribuzioni ottenute per il parco circolante nello scenario futuro di screening in funzione della classe Euro rispettivamente per automobili e furgoni e mezzi pesanti.

L'algoritmo implementato restituisce uno scenario futuro in cui: (i) le automobili alimentate a benzina sono di classe Euro 5 o superiore; (ii) le automobili alimentate a gasolio, i furgoni e tutti i mezzi pesanti per il trasporto di merci sono di classe Euro 4 o superiore e (iii) le automobili alimentate con altri carburanti ed i pullman sono tutti di classe Euro 6.

Tabella 6: Parco circolante delle automobili (classe A) in A22 in corrispondenza dello scenario attuale (2019) e futuro (2023). Si riporta la differenza (Diff.) tra i due scenari.

	Mezzi a benzina [%]			Mezzi a gasolio [%]			Altri carburanti [%]		
	Attuale (2019)	Futuro (2023)	Diff.	Attuale (2019)	Futuro (2023)	Diff.	Attuale (2019)	Futuro (2023)	Diff.
Euro 0	0.06	0.00	-0.06	0.01	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00
Euro 1	0.07	0.00	-0.07	0.01	0.00	-0.01	0.01	0.00	-0.01
Euro 2	0.67	0.00	-0.67	0.44	0.00	-0.44	0.05	0.00	-0.05
Euro 3	1.12	0.00	-1.12	3.58	0.00	-3.58	0.08	0.00	-0.08
Euro 4	6.81	0.00	-6.81	12.81	6.01	-6.80	0.51	0.00	-0.51
Euro 5	5.36	2.59	-2.77	22.22	27.54	5.32	0.40	0.00	-0.40
Euro 6	9.96	13.91	3.95	35.08	48.92	13.84	0.75	1.03	0.28

Tabella 7: Parco circolante di furgoni e mezzi pesanti in A22 in corrispondenza dello scenario attuale (2019) e futuro (2023). Si riporta la differenza (Diff.) tra i due scenari. Per queste classi veicolari si ipotizza un'alimentazione a gasolio.

	Furgoni [%]			Camion e autoarticolati [%]			Pullman [%]		
	Attuale (2019)	Futuro (2023)	Diff.	Attuale (2019)	Futuro (2023)	Diff.	Attuale (2019)	Futuro (2023)	Diff.
Euro 0	0.16	0.00	-0.16	0.03	0.00	-0.03	0.00	0.00	0.00
Euro 1	0.24	0.00	-0.24	0.72	0.00	-0.72	0.01	0.00	-0.01
Euro 2	1.70	0.00	-1.70	1.10	0.00	-1.10	0.01	0.00	-0.01
Euro 3	7.11	0.00	-7.11	6.51	0.00	-6.51	0.07	0.00	-0.07
Euro 4	16.03	14.14	-1.89	3.78	0.15	-3.63	0.04	0.00	-0.04
Euro 5	29.93	31.97	2.04	20.10	20.91	0.81	0.20	0.00	-0.20
Euro 6	44.83	53.89	9.06	66.76	78.16	11.40	0.67	0.78	0.11

I grafici in Figura 7 Figura 8 e in Figura 9 mostrano gli andamenti delle distribuzioni delle classi Euro adottate per caratterizzare nei due scenari il parco circolante di automobili, furgoni e mezzi pesanti lungo le tratte di A22 considerate nello studio.

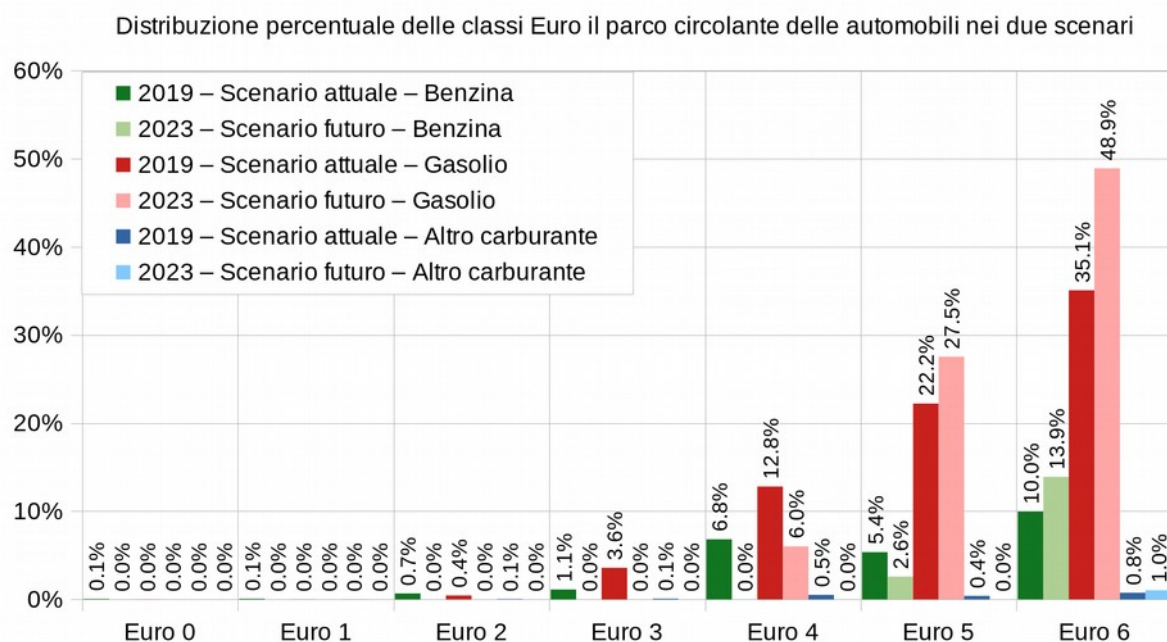


Figura 7: Distribuzione delle classi Euro adottata per il parco circolante delle automobili lungo l'A22 suddiviso per tipologia di carburante nello scenario attuale e futuro.

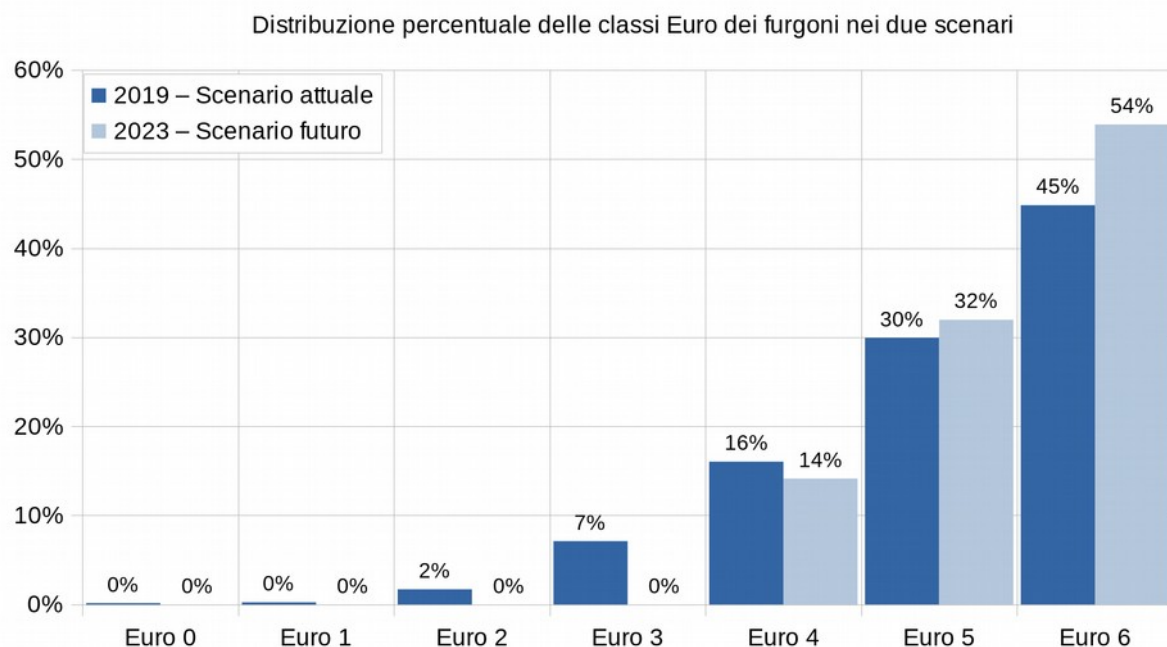


Figura 8: Distribuzione delle classi Euro adottata per il parco circolante dei furgoni lungo l'A22 nello scenario attuale e futuro.

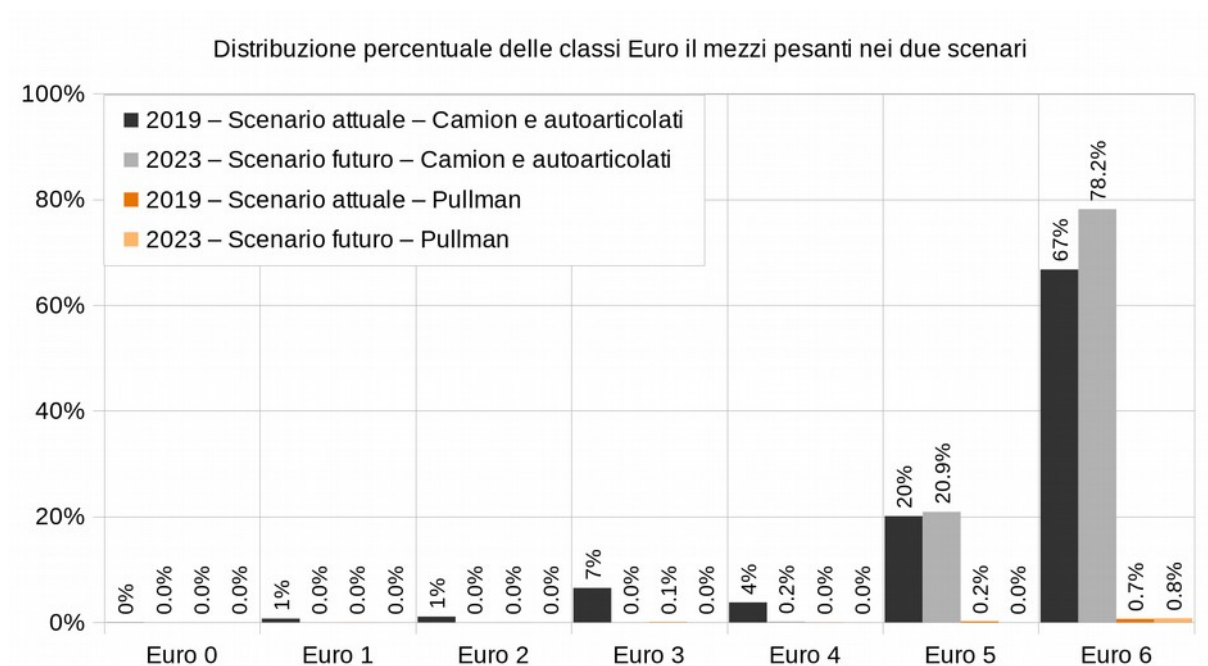


Figura 9: Distribuzione delle classi Euro adottata per il parco circolante dei mezzi pesanti lungo l'A22 nello scenario attuale e futuro.

3.4. Determinazione del grafo stradale per le simulazioni di screening

L'elaborazione dei valori di TGM ha permesso di evidenziare le strade maggiormente interessate da traffico veicolare. Al fine di semplificare il grafo da modellare, senza però perdere in rappresentatività, si è deciso di utilizzare un valore soglia di TGM pari a 3000 veh/d per distinguere le strade più trafficate da quelle con meno traffico. Archi stradali con un TGM inferiore al valore soglia sono comunque stati introdotti laddove necessario per garantire:

1. la continuità del tratto stradale;
2. la presenza del medesimo arco stradale nel grafo dello scenario attuale e in quello dello scenario futuro.

Infine, sul grafo stradale determinato, e riportato in Figura 10, sono stati identificati gli archi che si sviluppano in trincea, su viadotto o in galleria al fine di simulare correttamente la dispersione degli inquinanti. A titolo di esempio, in Figura 11 si riporta la mappa del TGM ottenuto per lo scenario attuale. Le mappe dei TGM per ciascuno scenario sono riportate rispettivamente in Tavola 2 e in Tavola 3.

In Tabella 8 sono elencati per ciascuna strada selezionata i valori medi di TGM e di velocità nei due scenari.

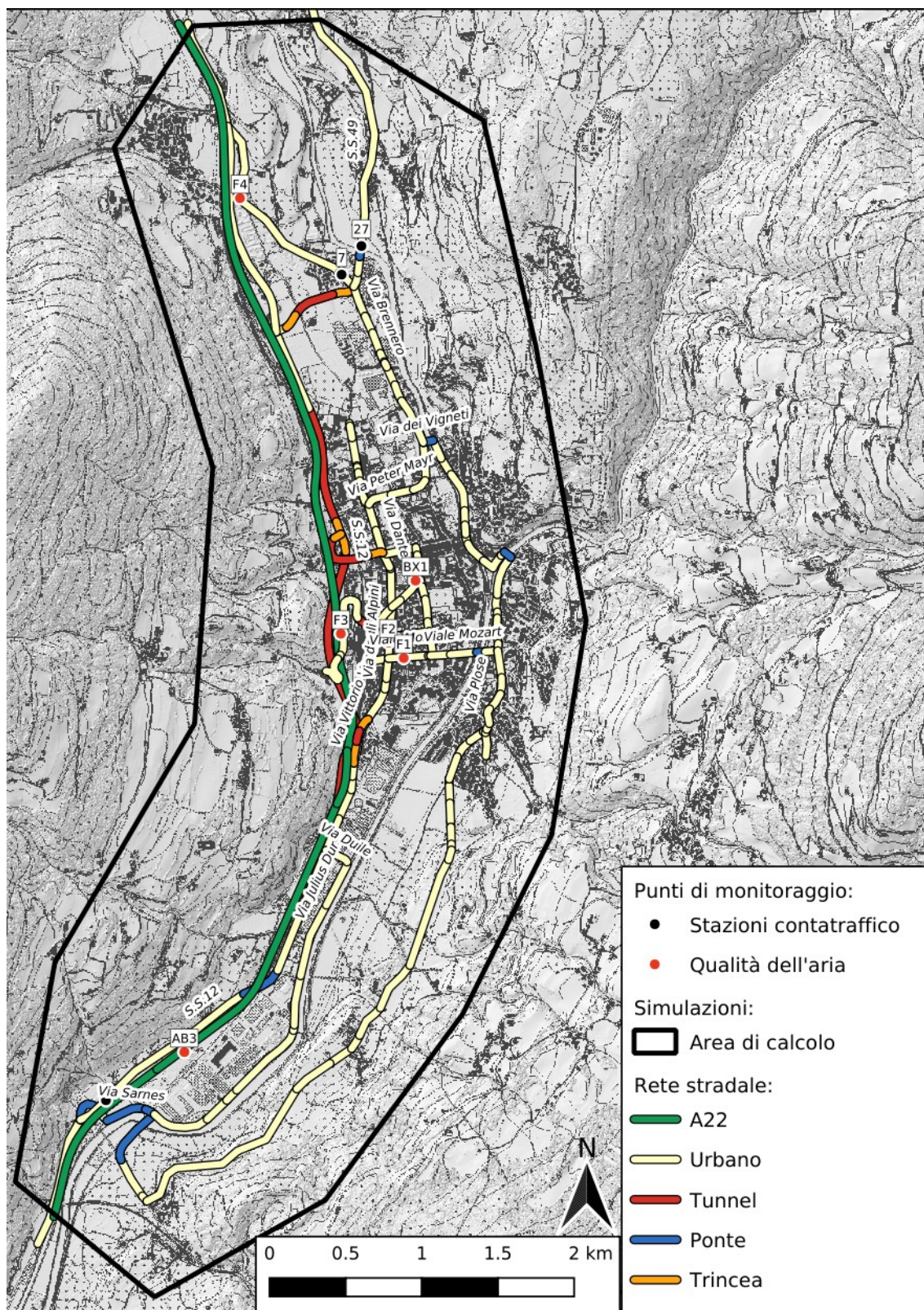


Figura 10: Mappa del grafo stradale selezionato come sorgente emissiva lineare per la simulazione dello scenario attuale (2019) e futuro (2023).

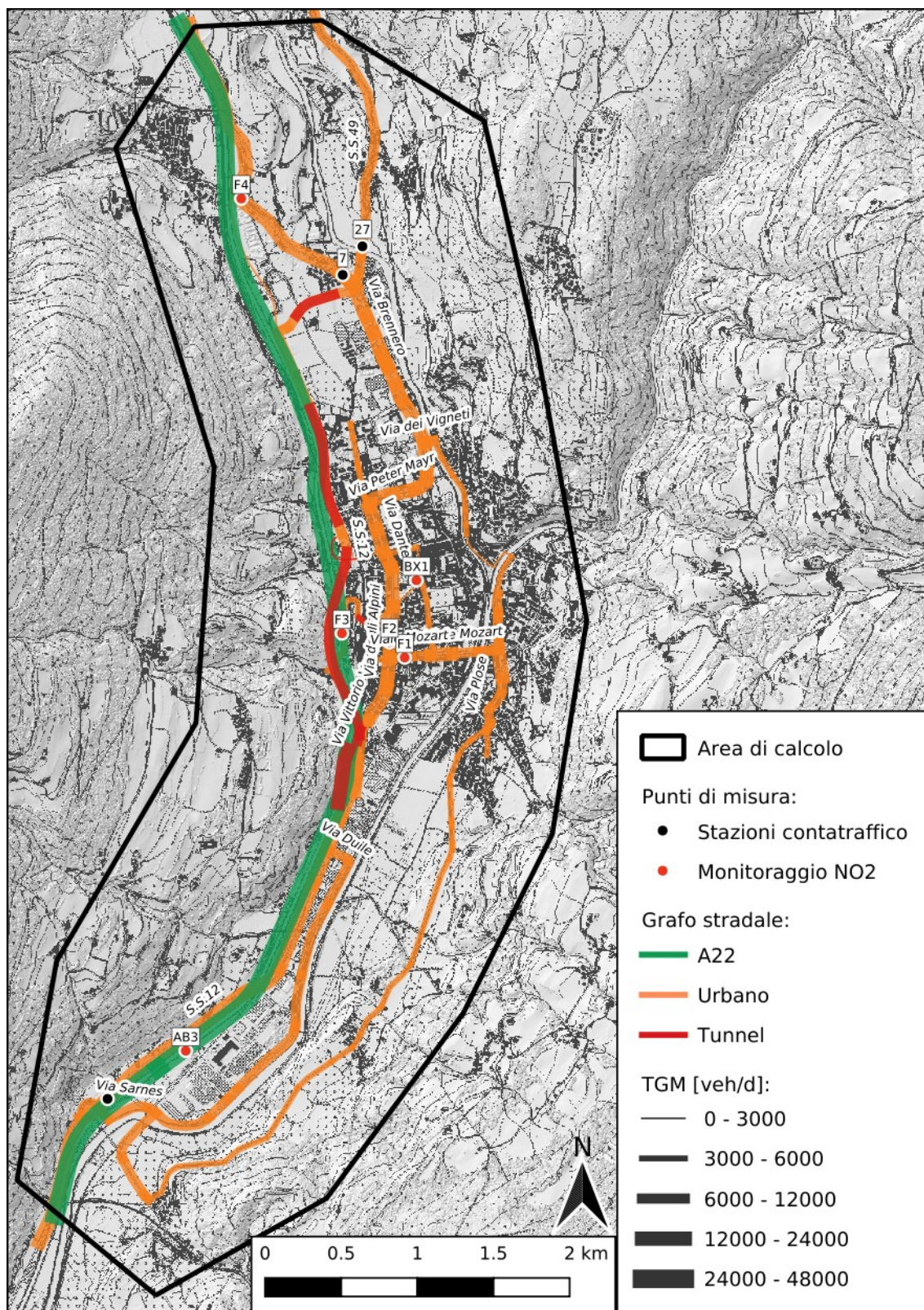


Figura 11: Mappa del TGM nello scenario attuale (2019) lungo il grafo stradale selezionato per le simulazioni di screening.

3.5. Stima dei fattori di emissione da traffico veicolare

I fattori di emissione sono stati calcolati utilizzando l'algoritmo del modello di calcolo COPERT V, con riferimento agli inquinanti NO_x e PM10. L'algoritmo (Eq. 1) permette di calcolare i fattori di emissione (EF [g veh⁻¹ km⁻¹]) come funzione cubica della velocità dei veicoli (v [km h⁻¹]), parametrizzando la tipologia di inquinante, il tipo di veicolo e la classe Euro mediante il set di parametri tabulati (α , β , γ , δ , ϵ , ζ , η). In Eq. 1 si riporta la formulazione matematica della curva emissiva:

$$EF = \frac{\alpha v^2 + \beta v + \gamma + \delta/v}{\epsilon v^2 + \zeta v + \eta} \quad [1]$$

Nota quindi la velocità dei transiti lungo un arco stradale e le classi veicolari che compongono il parco circolante, è possibile calcolare i fattori di emissione per ciascuna classe. Si ricorda che la classe veicolare accorpa tutti quei veicoli dello stesso tipo, alimentati dal medesimo carburante e caratterizzati dalla medesima classe EURO.

Il calcolo dell'emissione specifica (E [g h⁻¹ km⁻¹]), ossia dell'emissione di inquinante immessa in atmosfera per unità di strada percorsa dai veicoli circolanti è ottenibile implementando l'Eq. 2 attraverso i seguenti step:

1. fissata la classe EURO (i), si calcola il prodotto tra i fattori di emissione (EF_i [g veh⁻¹ km⁻¹]) ottenuti per ciascuna classe veicolare (per tipo di veicolo e carburante) e la corrispondente percentuale di veicoli (p_i [%]) che ricade in quella classe, calcolata rispetto la totalità dei veicoli presenti del parco immatricolato;
2. si sommano i contributi appartenenti alla medesima classe EURO e quindi i contributi derivanti da tutte le classi EURO, al fine di ottenere un fattore di emissione globale per il tratto stradale considerato;
3. infine, il prodotto tra l'emissione globale ed TGM [veh/h] lungo il tratto stradale considerato, restituisce l'emissione specifica (E [g h⁻¹ km⁻¹]) di interesse.

$$E = TGM \cdot \sum_{i=EURO0}^{EURO6} EF_i p_i \quad [2]$$

In Tabella 8 si riporta l'elenco degli assi stradali unitamente ai valori medi per ciascuna strada dei fattori di emissione e di emissione di NO_x e di PM10 ottenuti per entrambi gli scenari mediante l'applicazione della procedura descritta. Le mappe delle emissioni lungo il grafo stradale definito in Sezione 3.4 nei due scenari di screening sono invece riportate in Tavola 4 e 5 per gli NO_x e in Tavola 6 e 7 per i PM10.

Tabella 8: Grafo stradale selezionato per le simulazioni di screening. Si riportano per ciascuna strada e ciascuno scenario (attuale 2019 e futuro 2023) i valori medi giornalieri di TGM, velocità, fattore di emissione [g/km/veh] ed emissione [g/km/d] di NO₂ e PM10

Strada	TGM	Velocità	Fattore di emissione [g/(km veh)]		Emissione [g/(km d)]	
	[veh/d]	[km/h]	NO _x	PM10	NO _x	PM10
Via Bastioni Minori - Kleiner Graben						
Scenario attuale	2353.5	26.5	0.6846	0.0154	1611.1	36.2
Scenario futuro	31.3	3.3	1.7359	0.0257	54.4	0.8
Via Brennero - Brenner Strasse						
Scenario attuale	16206.6	40.9	0.5693	0.0124	9226.8	201.6
Scenario futuro	10901.8	48.2	0.4191	0.0073	4568.7	79.3
Via Cesare Battisti - Battististrasse						
Scenario attuale	4832.3	38.8	0.5816	0.0128	2810.7	61.7
Scenario futuro	5354.4	38.2	0.4557	0.0082	2440.2	43.7
Via Dante - Dantestrasse						
Scenario attuale	9029.9	31.0	0.4951	0.0109	4470.9	98.5
Scenario futuro	8480.0	39.7	0.4555	0.0081	3862.4	69.1
Via degli Alpini - Alpin Strasse						
Scenario attuale	13796.6	45.8	0.5455	0.0118	7525.9	162.9
Scenario futuro	9989.0	35.7	0.4688	0.0085	4682.9	84.7
Via Duile - Duilestrasse						
Scenario attuale	8605.1	68.0	0.4947	0.0105	4257.1	90.6
Scenario futuro	8954.6	50.0	0.4141	0.0072	3708.5	64.1
Via Elvas - Elvaser Strasse						
Scenario attuale	2993.6	26.8	0.6822	0.0153	2042.1	45.9
Scenario futuro	3830.9	24.4	0.5485	0.0103	2101.4	39.5
Via Goethe - Goethestrasse						
Scenario attuale	1264.6	29.9	0.6495	0.0145	821.3	18.4
Scenario futuro	3630.3	28.7	0.5123	0.0095	1859.7	34.4
Via Julius Durst - Julius-Durst Str.						
Scenario attuale	6696.6	60.4	0.5098	0.0109	3413.7	73.0
Scenario futuro	5692.3	50.0	0.4141	0.0072	2357.5	40.7
Via Peter Mayr - Peter Mayr Strasse						
Scenario attuale	16099.9	40.9	0.5691	0.0124	9162.6	200.2
Scenario futuro	11098.2	47.8	0.4200	0.0073	4661.8	81.0

... continua

... continua Tabella 8

	TGM	Velocità	Fattore di emissione [g/(km veh)]		Emissione [g/(km d)]	
Strada	[veh/d]	[km/h]	NO _x	PM10	NO _x	PM10
Via Plose - Plosestrasse						
Scenario attuale	8411.9	45.3	0.5495	0.0119	4622.1	100.2
Scenario futuro	8689.1	44.6	0.4313	0.0076	3748.0	65.8
Via Roma - Romstrasse						
Scenario attuale	3619.5	27.9	0.6691	0.0150	2421.6	54.3
Scenario futuro	1022.7	29.9	0.5036	0.0093	515.0	9.5
Via S.Cassiano - Kassianstrasse						
Scenario attuale	4455.0	28.1	0.6679	0.0150	2975.5	66.7
Scenario futuro	1338.7	29.5	0.5068	0.0094	678.4	12.5
Via Sarnes - Sarnserstrasse						
Scenario attuale	5653.1	52.7	0.5289	0.0114	2990.0	64.3
Scenario futuro	5473.1	53.0	0.4135	0.0071	2263.1	39.0
Via Terzo di Sotto - Unterdrittelgasse						
Scenario attuale	2971.9	33.6	0.6175	0.0137	1835.1	40.7
Scenario futuro	3773.1	32.6	0.4859	0.0089	1833.2	33.5
Via Velturmo - FeldthurnerStrasse						
Scenario attuale	3517.9	39.7	0.5758	0.0126	2025.6	44.4
Scenario futuro	3592.1	39.7	0.4489	0.0080	1612.5	28.7
Via Vittorio Veneto - Vittorio VenetoStrasse						
Scenario attuale	10166.2	44.5	0.5513	0.0120	5604.4	121.6
Scenario futuro	5699.2	44.6	0.4329	0.0076	2467.2	43.4
Viale Mozart - Mozartallee						
Scenario attuale	9970.4	43.5	0.5575	0.0121	5558.0	120.9
Scenario futuro	9202.6	37.4	0.4627	0.0083	4258.3	76.6
Viale Ratisbona - Regensburger Allee						
Scenario attuale	1763.0	32.6	0.6285	0.0140	1108.1	24.6
Scenario futuro	425.4	23.3	0.8095	0.0134	344.3	5.7
Viale Stazione - Bahnhofstrasse						
Scenario attuale	4828.6	49.2	0.5321	0.0114	2569.1	55.3
Scenario futuro	3082.6	28.3	0.5158	0.0096	1590.0	29.5
Giardini Pubblici - Rappanlagen						
Scenario attuale	2401.5	23.4	0.7342	0.0165	1763.3	39.7
Scenario futuro	3308.7	21.6	0.5855	0.0111	1937.1	36.6

... continua

... continua Tabella 8

Strada	TGM	Velocità	Fattore di emissione [g/(km veh)]		Emissione [g/(km d)]	
	[veh/d]	[km/h]	NO _x	PM10	NO _x	PM10
Lungo Rienza - Rienzdamm						
Scenario attuale	5709.1	48.2	0.5356	0.0115	3058.1	65.9
Scenario futuro	6262.8	47.4	0.4214	0.0073	2639.0	45.9
Piazzale Parroco Kneipp - Pfarrer Kneipp Platz						
Scenario attuale	2123.5	34.2	0.6128	0.0136	1301.2	28.8
Scenario futuro	3042.9	33.1	0.4830	0.0088	1469.8	26.8
S.S.12 - Westumfahrgsstrasse						
Scenario attuale	14169.3	49.5	0.5330	0.0116	7551.7	163.8
Scenario futuro	13248.0	52.5	0.4257	0.0074	5639.1	98.1
S.S.49 - Pustertaler Staatsstrasse						
Scenario attuale	10649.3	62.6	0.5053	0.0108	5381.1	114.8
Scenario futuro	5341.0	64.9	0.3953	0.0067	2111.0	35.6
Autostrada del Brennero - Brennerautobahn						
Scenario attuale	29021.2	101.3	0.6625	0.0121	19227.5	352.0
Scenario futuro	30487.5	100.6	0.4367	0.0047	13312.5	144.5

3.6. Stima delle emissioni di inquinanti da altre sorgenti: modello CALPUFF a scala locale

Oltre alle emissioni derivanti dalle sorgenti lineari collocate lungo i grafi stradali è necessario stimare anche il contributo delle emissioni di NO_x e PM10 derivanti da altre sorgenti. L'impatto delle emissioni da queste fonti è stato derivato direttamente dal calcolo eseguito tramite il modello CALPUFF sulla zona di Bressanone condotta nell'ambito dello studio "Calcolo delle concentrazioni nel sottodominio urbano / comprensoriale 3E", corrispondente all'attività 6c nell'ambito del contratto "Attività specialistica di consulenza nella valutazione della qualità dell'aria". Le mappe simulate mediante il modello CALPUFF forniscono quindi informazioni circa la distribuzione spaziale delle concentrazioni di inquinanti relative a: traffico diffuso (strade secondarie), riscaldamento, industria, artigianato e fondo ambientale, incluso il trasporto dall'esterno.

4. Simulazioni di dispersione

4.1. Dispersione degli inquinanti da traffico lungo le strade principali: modello R-LINE per “screening”

Il calcolo della dispersione degli inquinanti in area urbana è stato effettuato utilizzando un modello di “screening”, ovvero un metodo computazionalmente semplificato tale da essere applicato in maniera speditiva ma con elevato dettaglio spaziale. La scelta di questo approccio è dovuto ai seguenti vincoli e requisiti:

- Necessità di avere una risoluzione spaziale molto raffinata con griglia di 25 m per poter vedere il dettaglio all'interno della sede stradale. Modelli di calcolo con risoluzione inferiore, infatti, non sono in grado di esplicitare l'effetto barriera degli edifici quando essi hanno dimensione molto inferiore alla griglia di calcolo. Maggiore risoluzione significa però un costo computazionale significativamente maggiore, da cui la scelta di un algoritmo che sia più accurato nel campo vicino della dispersione (dove è il focus del lavoro) e semplificato altrove.
- Possibilità di rapida creazione di scenari emissivi e mappe di concentrazione.
- Volontà di mantenere compatibilità con le mappe di concentrazione prodotte con modello generalmente più raffinato ma meno definito spazialmente. Si fa in particolare riferimento ai risultati delle simulazioni di dispersione di inquinanti ottenute per il comune di Bressanone per mezzo del modello CALPUFF nel lavoro “Calcolo delle concentrazioni nel sottodominio urbano / comprensoriale 3E”;
- Possibilità di interfacciamento del modello di calcolo con un software GIS in maniera da valutare in maniera efficace la spazializzazione dei campi di concentrazione anche dal punto di vista visivo.

Il modello di screening adottato è basato sul software R-LINE, sviluppato appositamente per lo studio di emissione e ricaduta di inquinanti da traffico veicolare, con una modifica esclusivamente per la parte di input/output e definizione delle tipologie stradali basato su modello CALINE (al fine di rendere più semplice l'immissione di dati e la visualizzazione dei risultati).

Si ricorda che il calcolo con il modello di screening è riferito alle sole emissioni generate dalle sorgenti lineari principali, identificate convenzionalmente come quelle strade con traffico giornaliero medio superiore a 3000 veh/d. Le mappe prodotte fanno riferimento sempre alla concentrazione media annua di NO₂ e PM10 da traffico.

Come anticipato, il modello di calcolo non è dotato di schema chimico, quindi le

simulazioni sono state effettuate disperdendo NO_x dalle fonti lineari e ottenendo come risultato la distribuzione di concentrazione degli ossidi di azoto totali. Per passare alla più rilevante informazione della distribuzione di NO_2 , è stata applicata ai risultati la formula di Romberg⁹, che consente di ottenere, per mezzo di una parametrizzazione, la distribuzione del biossido di azoto, NO_2 .

Per ottenere il totale di concentrazione di NO_2 e PM_{10} sulla città di Bressanone sono stati sommati ai risultati ottenuti, gli scenari contenenti le concentrazioni di background simulati con il modello CALPUFF. Questi scenari sono stati prodotti durante lo studio “Calcolo delle concentrazioni nel sottodominio urbano / comprensoriale 3E”, corrispondente all’attività 6c nell’ambito del contratto “Attività specialistica di consulenza nella valutazione della qualità dell’aria”.

4.2. Dominio di calcolo

Il dominio di calcolo (linea nera in Figura 10) utilizzato per le simulazioni è stato impostato in relazione al reticolo emissivo selezionato ed ha quindi forma irregolare. Per la città di Bressanone, il dominio è di circa 19 km², e si estende per un massimo di circa 8.5 km in direzione nord-sud e per un massimo di circa 2.5 km in direzione est-ovest.

4.3. Dati meteorologici

I dati meteorologici in input al modello applicato per la stima della dispersione degli inquinanti derivano dai risultati ottenuti nell’analisi “Elaborazione dei campi meteorologici nei sottodomini urbani/comprensoriali 1A, 1B, 1C, 2A e 2C”, corrispondente all’attività 3a nell’ambito del contratto “Attività specialistica di consulenza nella valutazione della qualità dell’aria”. In tale analisi sono stati prodotti dati meteorologici mediante una catena modellistica WRF-CALMET, raggiungendo una risoluzione di 100 m, per l’intero anno 2013 (considerato un anno meteorologicamente rappresentativo). Sulla base delle informazioni e del formato richiesti dal modello, è stata effettuata un’opportuna estrazione di dati dal database per rendere possibili le simulazioni. In particolare ad ogni strada è stata associata la rosa dei venti corrispondente al centro cella più prossimo della simulazione WRF-CALMET.

4.4. Dati di qualità dell'aria

La disponibilità di dati di medie annue di NO_2 e di PM_{10} misurati all’interno del dominio di calcolo consente di calibrare il modello di dispersione in corrispondenza dello scenario attuale e quindi ottenere mappe di concentrazioni realistiche anche per lo scenario futuro. Come riportato in Sezione 3.1.3, all’interno del presente studio i dati di qualità dell’aria sono stati estratti dal

9. Romberg, E., Böfinger, R., Lohmeyer, A., Ruhnke, R. & Röth, R., NO-NO₂-Umwandlung für die Anwendung bei Immissionsprognosen für Kfz-Abgase – Gefahrstoffe. Reinhaltung der Luft, 56, pp. 215-218, 1996.

rapporto “Valutazione della qualità dell’aria 2017-2020” pubblicato dall’Agenzia provinciale per l’ambiente e la tutela del clima. In particolare, sono state utilizzate le concentrazioni medie annue di NO₂ e di PM10 misurate presso le stazioni di qualità dell’aria situate nell’area urbana di Bressanone (BX1) e lungo il tratto di A22 che costeggia la zona industriale della città (AB3). Inoltre, ulteriori concentrazioni medie annue di NO₂ sono state misurate presso i campionatori passivi “FERM” collocati a Bressanone (F1, F2 e F3) e a Varna (F4). In Tabella 9 si riportano i valori di concentrazioni utilizzate. Da questi dati si osserva come le maggiori concentrazioni di NO₂ si registrano in prossimità dell’asse autostradale (AB3 e F4) e delle strade ad alto scorrimento (F2 e F3). All’interno del tessuto urbano, invece, le concentrazioni assumono valori inferiori.

Tabella 9: Concentrazioni medie annue di biossido di azoto (NO₂) e di polveri sottili (PM10) relative all’anno 2019. Le concentrazioni sono misurate presso i punti di monitoraggio (stazioni di qualità dell’aria e campionatori passivi “FERM”) dislocati dall’interno dell’area di studio e gestiti da APPABZ. Fonte dati: “Valutazione della qualità dell’aria 2017-2020” (APPABZ)

ID	Collocazione	NO ₂ [µg/m ³]	PM10 [µg/m ³]
Stazioni di rilevamento			
BX1	Villa Adele, Regensburger Str. / V.le Ratisbona	27	15
AB3	A22 Brixen / A22 Bressanone	54	18
Campionatori passivi FERM			
F1	Via Mozart 14 / Mozartstrasse 14	36	-
F2	Via degli Alpini 14 / Alpinistrasse 14	42	-
F3	Via Velturmo 26 / Feldthurnerstrasse 26	41	-
F4	Varna - Via Brennero 90 / Vahrn - Brennerstrasse 90	47	-

4.5. Calibrazione

La calibrazione del modello di screening è stata condotta sulla base dei dati di concentrazione media annua di NO₂ misurati da APPABZ tramite i campionatori passivi (FERM) e le centraline fisse di qualità dell’aria riportate in Tabella 9. La calibrazione è avvenuta in modalità iterativa, partendo con una simulazione di primo tentativo per il solo traffico lineare e aggiustando via via alcuni parametri, nel seguito riportati, fino ad ottenere localmente una buona corrispondenza tra dati misurati e modellati.

I parametri che influenzano la dispersione degli inquinanti sono stati divisi tra fissi e variabili ai fini della calibrazione. Sono stati considerati come fissi:

- i parametri meteorologici (tabelle di occorrenza delle combinazioni velocità del vento, direzione del vento, stabilità atmosferica), derivati dal modello CALMET;

- le mappe di concentrazione delle altre sorgenti che emettono fuori dalla canopy urbana (con esclusione quindi del traffico diffuso), dal momento che era principalmente richiesta una buona rispondenza dei risultati a livello del suolo (ai bordi della sede stradale) dove il fattore dominante è il traffico;
- il traffico giornaliero medio.

Sono stati considerati come parametri di taratura:

- il fattore di emissione (ivi inclusa la velocità di percorrenza)
- i fattori geometrici della strada nella forma del rapporto larghezza / altezza degli edifici adiacenti all'arco stradale, che di fatto indica quanto una strada è a canyon piuttosto che in campo libero.

Il processo ha richiesto alcune iterazioni in cui il parametro di taratura dominante – come prevedibile – è stato proprio quello relativo alla geometria della strada, fattore che nella dispersione di campo vicino risulta dominante. Alcuni aggiustamenti secondari sono stati fatti localmente con piccole variazioni della velocità media di percorrenza (su cui probabilmente c'è incertezza e variabilità anche in funzione delle diverse fasce orarie) e ripartizione fra mezzi pesanti e leggeri.

5. Risultati

Il reticolo emissivo, così come modellato nel presente lavoro (Sezione 3.4, Figura 10 e Tavola 1-3), ha permesso di ottenere la mappatura delle concentrazioni medie annue di NO₂ e PM10 descritte nelle seguenti sezioni. Per ognuno dei due scenari studiati (attuale - 2019 e futuro - 2023) si è proceduto a valutare la dispersione degli inquinanti emessi da diverse tipologie di sorgenti così classificate:

- traffico da strade principali del tessuto urbano di Bressanone;
- traffico generato lungo il tratto di A22 all'interno del dominio di calcolo;
- altre sorgenti: artigianato e industria, riscaldamento, traffico diffuso, fondo ambientale e trasporto da aree esterne al dominio di calcolo;
- totale delle sorgenti.

La sorgente emissiva dell'autostrada A22, che lambisce la città di Bressanone, è stata introdotta all'interno dello studio di screening in quanto le emissioni prodotte dal traffico transitante sono completamente svincolata dalle politiche di pianificazione locali relative alla viabilità e alla mobilità cittadina. Invece, le emissioni autostradali sono connesse all'implementazione di politiche nazionali o sovranazionali relative allo spostamento di merci e alle scelte di mercato. Pertanto, pur essendo una sorgente di emissioni dovuta al traffico, è stata considerata separatamente rispetto al reticolo delle strade comunali ed extra-comunali. In questi ultimi due casi, invece, le politiche ed i programmi di viabilità e mobilità incidono direttamente sulla viabilità comunale, ed in maniera indiretta sulla viabilità extra-comunale dove vengono particolarmente condizionati gli spostamenti dei flussi pendolari e turistici. Le emissioni derivanti dall'asse autostradale sono state calcolate partendo dalle elaborazioni sviluppate all'interno del Progetto Life BrennerLEC¹⁰.

Di seguito si riportano e commentano i risultati ottenuti. In particolare, si analizzano nel dettaglio i risultati di dispersione per l'inquinante NO₂, che rispetto al PM10 risulta essere più impattante.

5.1. Concentrazioni medie annue di NO₂ e PM10 da sorgenti lineari lungo le strade comunali principali

Il reticolo emissivo delle principali strade della città di Bressanone (Tavole 4-7) ha permesso di ottenere le mappe di NO₂ e di PM10 riportate nelle Tavole 8-19.

La caratterizzazione del traffico nel tessuto urbano di Bressanone e la

10. La documentazione ufficiale prodotta nell'ambito del Progetto Life BrennerLEC è liberamente fruibile accedendo al link: <https://brennerlec.life/technical-details>.

determinazione del grafo per le simulazioni di screening nei due scenari (attuale e futuro) sono stati ottenuti partendo dai dati di traffico orario medio nell'ora di punta (Sezione 3.1.1). Utilizzando i dati misurati da 3 stazioni contatraffico poste alla periferia della città (Sezione 3.1.1) è stato possibile ottenere:

1. un coefficiente dal valore numerico di 12.1 che consente la conversione dei dati di transito da TOM nell'ora di punta a TGM (Sezione 3.2.1);
2. la composizione del traffico circolante nella rete urbana della città (Sezione 3.2.2).

Ipotizzando che il coefficiente di conversione e la composizione del traffico possano essere considerati rappresentativi della rete stradale della città sia per scenario attuale (2019), sia per quello futuro (2023) si è proceduto a caratterizzare i transiti. In particolare, si è adottato un valore soglia del TGM pari a 3000 veh/d per identificare il grafo della rete stradale principale su cui condurre lo studio (Sezione 3.4). Una volta caratterizzato il parco circolante, mediante l'applicazione della metodologia COPERT V (Sezione 3.2.3) si è infine proceduto con il calcolo delle emissioni di NO_x (Tavole 4 e 5) e di PM10 (Tavole 6 e 7) al fine di caratterizzare le sorgenti lineari che costituiscono l'input al modello di dispersione (Sezione 4).

Le emissioni stimate sulla base della procedura descritta hanno permesso di generare per entrambi gli scenari di screening le mappe riportate in Tavola 8 e 9 per gli NO₂ e in Tavola 14 e 15 per le PM10. In Tabella 10 si riportano per ciascun inquinante e per ciascuno scenario di screening la massima concentrazione media annua simulata (Sezione 4.2) ed il valor medio delle concentrazioni all'interno dell'area di calcolo.

Tabella 10: Massime concentrazioni medie annue di NO₂ e PM10 simulate per ciascuno scenario di screening e generate dal traffico lungo le principali strade del tessuto urbano di Bressanone. Si riportano inoltre i valori medi (con deviazione standard) delle concentrazioni simulate all'interno dell'area di calcolo di ciascuno scenario.

Inquinante	Scenario attuale (2019)		Scenario futuro (2023)	
	Conc. massima [µg/m ³]	Conc. media [µg/m ³]	Conc. massima [µg/m ³]	Conc. media [µg/m ³]
NO ₂	47.00	2.50 ± 2.0	53.00	1.90 ± 1.59
PM10	4.03	0.06 ± 0.07	3.76	0.03 ± 0.05

Il confronto tra il valor medio delle concentrazioni simulate per lo scenario attuale (Tabella 10) con le concentrazioni medie annue misurate presso la stazione di qualità dell'aria situata in centro a Bressanone (BX1, Tabella 9) permette di valutare quale sia l'inquinante più impattante nell'area investigate. Si osserva che il contributo del traffico veicolare lungo le strade principali della città è circa il 9.3% di quello misurato per l'NO₂ e lo 0.4% per il PM10. Da ciò si può concludere l'impatto del PM10 generato dal traffico urbano principale sulla

qualità dell'aria è di fatto trascurabile rispetto a quello dell'NO₂.

Nello scenario attuale (2019) la tratta più congestionata e quindi più critica anche per la qualità dell'aria risulta essere l'asse via Brennero - via Mayr - via Dante - via degli Alpini - Via Vittorio Veneto e la S.S.12, lungo il quale le concentrazioni medie di NO₂ dovute al traffico lineare risultano a tratti superiori a 20 µg/m³. Gli incroci stradali con concentrazioni modellate che superano i 20 µg/m³ sono: l'incrocio fra via degli Alpini, via Veneto e via Mozart, a Bressanone; e la rotonda di raccordo tra la Statale 49, via Brennero e la Tangenziale Ovest. Si riscontrano altri punti critici in corrispondenza degli sbocchi delle gallerie della Tangenziale Ovest, dove le concentrazioni modellate risultano particolarmente elevate (anche superiori a 40 µg/m³). Lungo questi tratti le concentrazioni simulate sono superiori al 30% delle concentrazioni totali all'interno dell'area di calcolo (Tavola 20).

Nello scenario futuro (2023) la tratta maggiormente congestionata coincide con quella osservata nello scenario attuale anche in termini di concentrazioni di inquinanti lungo la strada stessa. Tuttavia si osserva una significativa riduzione delle concentrazioni di NO₂ soprattutto nel centro di Bressanone. Le tratte maggiormente impattate sono localizzate nell'intorno di Viale Mozart e dei raccordi della Tangenziale Ovest (S.S. 12) con via Dante e Via Vittorio Veneto. In questo scenario si osserva inoltre la diminuzione delle emissioni lungo il tratto di via Brennero compreso tra la rotonda con la S.S. 49 e la S.S. 12. Questo effetto è dovuto all'apertura del tratto di S.S. 12 che costeggia l'A22. Lungo questi tratti le concentrazioni simulate sono superiori al 30% delle concentrazioni totali all'interno dell'area di calcolo (Tavola 21).

Mediamente, sull'area investigata, l'impatto delle emissioni di NO₂ connesse al traffico lungo la rete stradale principale della città rispetto alle concentrazioni totali (Sezione 5.4) pesa per il 9.0% (± 5.2%) nello scenario attuale (2019) e per il 7.2% (± 4.3%) nello scenario futuro.

5.2. Concentrazioni medie annue di NO₂ e PM10 da sorgenti lineari lungo l'asse autostradale

Le Tavole 10 e 11 mappano le concentrazioni di NO₂ derivanti dal traffico autostradale rispettivamente nello scenario attuale (2019) e in quello futuro (2023). Le corrispondenti mappe per le concentrazioni di PM10, invece, non sono state riportate in quanto, come discusso in seguito, il contributo di questo inquinante dal traffico autostradale è di fatto trascurabile.

La caratterizzazione dei transiti e del parco circolante relativi all'anno 2019, necessari per definire l'input emissivo dello scenario attuale, è stata condotta partendo da una base dati osservativa già disponibile (fonte: Progetto Life BrennerLEC) o resa disponibile in occasione il presente studio (fonte: Autobrennero, Sezione 3.1.2).

I valori ottenuti per lo scenario attuale rappresentano, inoltre, il punto di partenza

per caratterizzare le emissioni dello scenario futuro. La proiezione dei dati del 2019 al 2023 è stata condotta sulla base delle seguenti ipotesi, formulate partendo dai dati disponibili:

- il TGM delle automobili rimane invariato dal 2019 al 2023, mentre il TGM di furgoni e mezzi pesanti (camion, autoarticolati e autobus) aumenta con un tasso del 3.2% annuo (Sezione 3.3.1);
- il TGM dei furgoni costituisce (in entrambi gli scenari) il 7.5% del TGM totale (Sezione 3.3.1);
- il progressivo rinnovo del parco circolante è previsto imponendo, per tutte le tipologie di veicolo, un aumento delle classi Euro 6 pari al 3% annuo ed una contestuale diminuzione partendo dalle classi Euro 0 (Sezione 3.3.2).

Le emissioni stimate con tali ipotesi generano mappe in cui le concentrazioni gli inquinanti investigati assumono i valori massimi e medi su ciascuno scenario riportati in Tabella 11. Tali valori indicano che all'interno del dominio di calcolo, il traffico autostradale incide sulle concentrazioni di NO₂ mentre è trascurabile per quanto riguarda le concentrazioni di PM10. Infatti, la concentrazione media sullo scenario attuale di NO₂ è circa il 22% della concentrazione media annua misurata dalla stazione di qualità dell'aria BX1 (nell'area urbana di Bressanone, Tabella 9), mentre per il PM10 il confronto si attesta attorno allo 0.73%.

Tabella 11: Massime concentrazioni medie annue di NO₂ e PM10 simulate per ciascuno scenario di screening e generate dalle sole emissioni di traffico autostradale. Si riportano inoltre i valori medi (con deviazione standard) delle concentrazioni simulate all'interno dell'area di calcolo di ciascuno scenario.

Inquinante	Scenario attuale (2019)			Scenario futuro (2023)		
	Emissione [g/(km d)]	Conc. massima [µg/m ³]	Conc. media [µg/m ³]	Emissione [g/(km d)]	Conc. massima [µg/m ³]	Conc. media [µg/m ³]
NO ₂	19227.5	53.58	5.93 ± 3.58	13312.5	47.56	5.24 ± 3.06
PM10	352.0	3.10	0.11 ± 0.12	144.5	2.40	0.09 ± 0.10

Concentrandosi quindi sulle mappe di concentrazioni di NO₂ riportate in Tavola 10 (scenario attuale) e in Tavola 11 (scenario futuro) si osserva che:

1. Le concentrazioni lungo le due carreggiate assumono valori medi di circa 25 µg/m³ che aumentano in corrispondenza delle bocche della galleria in cui transita la carreggiata sud. Qui si osservano concentrazioni di NO₂ pari a 30 µg/m³ in corrispondenza della bocca sud e di circa 50 µg/m³ in corrispondenza della bocca nord;
2. Le concentrazioni si attenuano rapidamente allontanandosi dall'autostrada. A 50 m circa dall'asse autostradale le concentrazioni di NO₂ assumono valori compresi tra 10 e 15 µg/m³, mentre a 100 m circa le

concentrazioni di NO₂ calano tra 5 e 10 µg/m³.

Nelle Tavole 22 e 23 sono mappati i pesi percentuali delle concentrazioni di NO₂ emesse dal traffico autostradale rispetto alle corrispondenti concentrazioni totali (Sezione 5.4) simulate nell'area di calcolo per ciascuno scenario. Dall'analisi dei pattern ottenuti si osserva che:

1. In sede autostradale le emissioni di NO₂ sono circa il 50% delle concentrazioni totali osservate. Questo rapporto decresce fino a valori compresi tra il 20-30% a circa 100 m dall'asse autostradale, mentre l'impatto del traffico autostradale sull'area urbanizzata di Bressanone è circa il 10-20% delle concentrazioni totali osservate. Le percentuali riportate tendono a restare invariate tra i due scenari.
2. Le concentrazioni di NO₂ generate in sede autostradale sono minori sull'area urbana di Bressanone (10-20%) e superiori nella parte occidentale del dominio di calcolo (20-30%). Questa distribuzione può essere interpretata come un effetto dei fenomeni meteorologici alla scala locale sui processi di trasporto degli inquinanti.

L'irraggiamento delle superfici da parte della radiazione solare riscalda il suolo e le masse d'aria che vi giacciono. In ambienti a terreno complesso, come nel caso studio, il riscaldamento differenziale delle superfici dovuto principalmente alla presenza dell'orografia, innesca gradienti termici paralleli alla superficie che mobilitano le masse d'aria in prossimità del suolo. In assenza di significative forzanti sinottiche, i venti a regime di brezza che si sviluppano tendono a risalire le superfici riscaldate (correnti anabatiche) e a discendere quelle in ombra (correnti catabatiche). I venti che spirano lungo il fondovalle sono denominati venti di valle, mentre quelli lungo i pendii sono noti come venti di versante. I venti che risalgono i versanti si sviluppano dall'alba al tramonto e trasportano gli inquinanti dal fondovalle all'atmosfera libera (sopra la linea delle creste), garantendo così il ricircolo dell'aria all'interno della valle e la diluizione degli inquinanti. Viceversa, nelle ore notturne, le masse d'aria collocate sui pendii si raffreddano e per gravità scivolano convergendo lungo il fondovalle, generando venti di pendio in discesa. In corrispondenza di questi venti si assiste ad un accumulo di masse d'aria fredda sui fondovalle con un conseguente ristagno degli inquinanti.

La Val d'Isarco, in corrispondenza della città di Bressanone, ha un orientamento Nord-Sud. Pertanto, la dinamica dei venti di pendio può essere schematizzata come segue:

1. Durante mattinata, il progressivo riscaldamento dei versanti esposti ad Est permette lo sviluppo di corrente ascensionali, mentre lungo i versanti in ombra continuano a spirare venti in discesa. Sul fondovalle persiste una condizione di stabilità con un potenziale ristagno degli inquinanti fino all'arrivo della radiazione solare.

2. Durante le ore centrali della giornata la radiazione solare irraggia entrambi i pendii ed il fondovalle, garantendo lo sviluppo di correnti ascensionali che risalgono i versanti della valle. Il riscaldamento del fondovalle, invece, produce la formazione di moti convettivi, che miscelano l'atmosfera.
3. Durante il pomeriggio la dinamica dei venti è simmetrica rispetto a quella mattutina: sui versanti esposti ad Ovest continuano a spirare le correnti ascensionali, mentre il progressivo raffreddamento dei versanti esposti ad Est permette lo sviluppo di correnti che spirano verso il fondovalle. L'atmosfera sul fondovalle da una condizione instabile passa ad una configurazione più stabile con la diminuzione della radiazione solare.
4. Durante le ore notturne entrambi i versanti sono interessati da correnti d'aria che discendono i pendii e convergono sul fondovalle stabilizzando l'atmosfera ed inibendo i processi di diluizione degli inquinanti.

All'interno di questa configurazione appare chiaro che è la posizione della sorgente emissiva ed in particolare la sua asimmetria rispetto all'asse della valle a determinare la collocazione del pattern delle concentrazioni in aria al livello del suolo. Nel caso in esame, l'A22 è collocata sul versante esposto ad Est, dunque già dalla prima mattinata (quando il traffico è più sostenuto, ma la dispersione favorita dalle condizioni di insolazione) gli inquinanti emessi dai veicoli sono trasportati a quote superiori dai venti che risalgono il pendio. Tale configurazione persiste fino al pomeriggio, quando il versante va in ombra. Nelle ore serali e notturne (quando il traffico diminuisce, ma le condizioni meteorologiche sono tendenzialmente stabili) i venti che discendono il versante trasportano gli inquinanti emessi dai veicoli verso il fondovalle. Questo è un effetto più evidente in corrispondenza degli avvallamenti laterali in cui le brezze discensionali con uno spessore d'aria contenuto tendono a portare gli inquinanti verso il basso e quindi verso il lato est della A22.

Mediamente, sull'area investigata, l'impatto delle concentrazioni di NO₂ connesse al traffico autostradale rispetto alle concentrazioni totali (Sezione 5.4) pesa per il 21.3% ($\pm$ 7.2%) nello scenario attuale (2019) e per il 19.8% ($\pm$ 6.6%) nello scenario futuro.

5.3. Concentrazioni medie annue di NO₂ e PM10 da altre sorgenti

La concentrazione totale di NO₂ e PM10 sulla città di Bressanone risulta essere costituita dalle concentrazioni emesse dalle fonti lineari esplicitate in questa analisi (rete urbana principale e autostrada) a cui vanno sommati i contributi dovuti a tutte le altre sorgenti diffuse (riscaldamento, attività produttive, traffico diffuso) puntuali e il fondo ambientale. Il contributo di tali sorgenti emissive (denominate "altre sorgenti" a seguire) è stato ottenuto dai risultati del lavoro "Calcolo delle concentrazioni nel sottodominio urbano / comprensoriale 3E", corrispondente all'attività 6c nell'ambito del contratto "Attività specialistica di

consulenza nella valutazione della qualità dell'aria", con il quale le concentrazioni medie annue di NO₂ e PM10 sono state ricavate mediante il modello di dispersione CALPUFF.

Le concentrazioni di NO₂ dovute alle altre sorgenti sono riportate in Figura 12. In Figura si osserva che le concentrazioni maggiori, superiori a 30 µg/m³, si riscontrano lungo l'asse dell'A22. Concentrazioni superiori a 25 µg/m³ sono inoltre osservate nel tessuto urbano di Bressanone, a causa del traffico diffuso e del riscaldamento domestico, e in zona industriale (a sud della città) dove a pesare oltre al traffico diffuso vi sono le attività produttive.

Le concentrazioni di PM10 dovute alle altre sorgenti sono riportate in Figura 13. In Figura si osserva che le concentrazioni maggiori, superiori a 20 µg/m³, si riscontrano quasi esclusivamente in corrispondenza dei centri abitati, mentre lungo l'asse autostradale e in zona industriale le concentrazioni restano nell'intervallo compreso tra 5-10 µg/m³. Ciò indica che per il PM10 a pesare maggiormente sono le emissioni legate al riscaldamento domestico rispetto al traffico principale o diffuso.

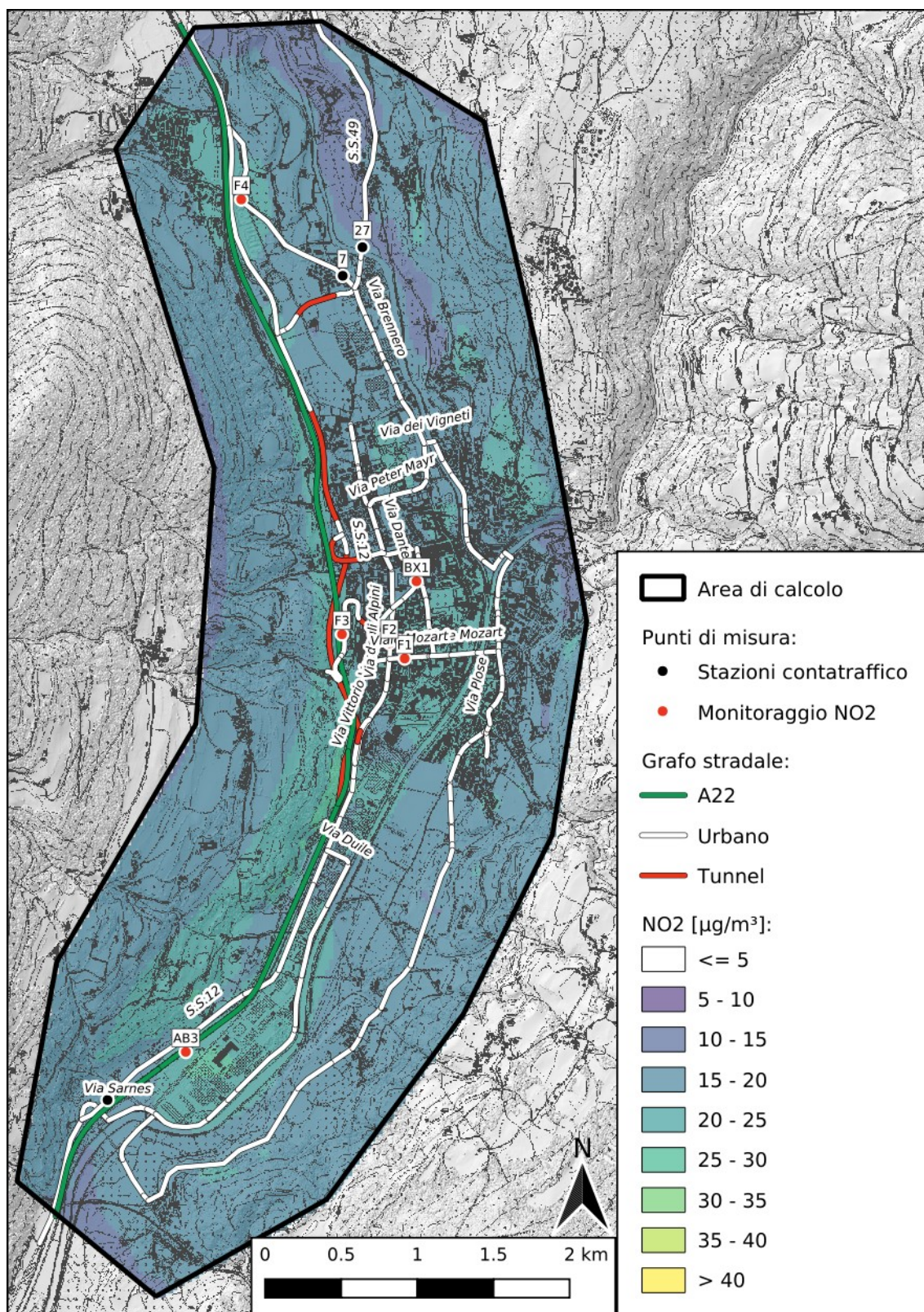


Figura 12: Mappa delle concentrazioni di NO₂ simulate con il modello CALPUFF e derivanti da altre fonti emissive diverse dalla rete stradale principale di Bressanone e dall'autostrada.

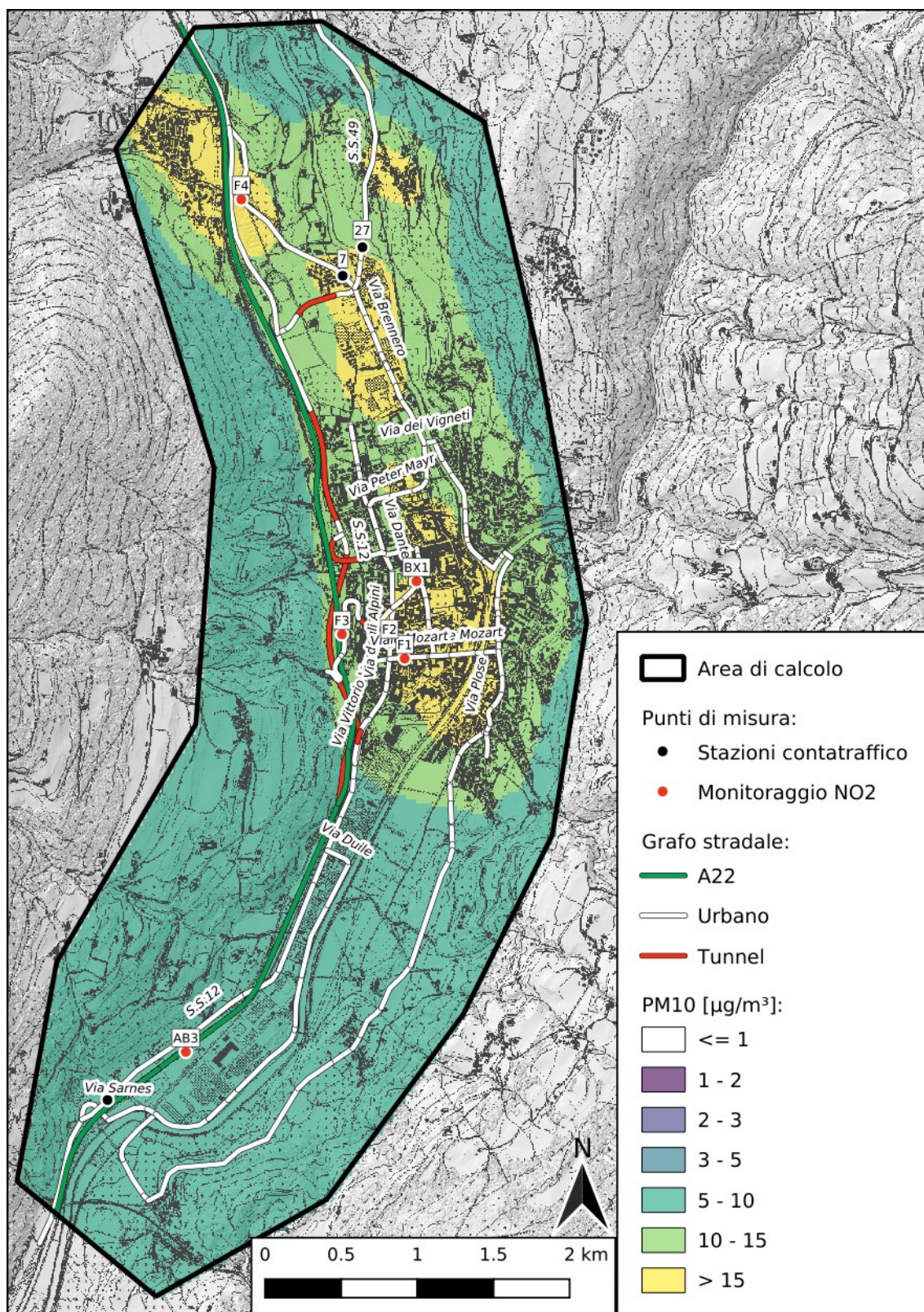


Figura 13: Mappa delle concentrazioni di PM10 simulate con il modello CALPUFF e derivanti da altre fonti emissive diverse dalla rete stradale principale di Bressanone e dall'autostrada.

5.4. Concentrazioni medie annue totali di NO₂ e PM10

Le concentrazioni medie annue totali di NO₂ e PM10 si ottengono dalla somma di tutti i contributi generati dalle diverse fonti emissive: traffico lineare principale, traffico A22 e altre sorgenti.

Nelle Tavole 14 e 15 si riportano le mappe delle concentrazioni di NO₂ nei due scenari, mentre nelle Tavole 18 e 19 si riportano le corrispondenti mappe per le concentrazioni di PM10. Come già osservato in precedenza il contributo del traffico veicolare sulle concentrazioni di PM10 risulta essere pressoché trascurabile rispetto al contributo derivante da altre fonti, quindi nel seguito l'attenzione è focalizzata sulle concentrazioni di NO₂ che invece impattano maggiormente la qualità dell'aria.

Le Tavole 14 e 15 mostrano che le concentrazioni di NO₂ risultano essere molto elevate (superiori a 40 µg/m³) in corrispondenza di numerose sedi stradali ma risultano essere critiche anche al di fuori delle sorgenti stesse. Tale occorrenza si verifica principalmente, nel caso di Bressanone, dove l'autostrada del Brennero affianca via Velturino, e lungo l'asse via Mayr - via Dante - via degli Alpini - via Mozart. Le aree residenziali più esposte risultano essere quindi quelle si affacciano su queste tratte stradali, dove le concentrazioni assumono valori medi annui superiori a 40 µg/m³.

5.5. Confronto delle concentrazioni di NO₂ tra gli scenari

Al fine di facilitare il confronto tra gli scenari di screening simulati, sono state prodotte mappe in cui si riporta la variazione percentuale delle concentrazioni di NO₂ (Tavole 26-28) e di PM10 (Tavole 29 e 30) ottenute nello scenario futuro (2023) rispetto allo scenario attuale (2019). In queste mappe le variazioni percentuali sono state classificate in 8 intervalli che spaziano da situazioni con un elevato miglioramento della qualità dell'aria (< -15%) a situazioni con un peggioramento elevato della qualità dell'aria (> 15%). In Tabella 12, invece, si riportano le variazioni percentuali di NO₂ e PM10 medie sull'area di calcolo tra i due scenari al variare della tipologia di sorgente emissiva.

Tabella 12: Variazione percentuale media sull'area di calcolo delle concentrazioni di NO₂ e di PM10 simulate nello scenario futuro (2023) rispetto alle corrispondenti concentrazioni simulate nello scenario attuale (2019) al variare della tipologia di sorgente emissiva.

Sorgente	Variazione media [%]	
	NO ₂	PM10
Traffico (da sorgenti lineari)	-14.98 (± 5.12)	-13.80 (± 9.06)
Traffico autostradale	-11.04 (± 2.16)	-21.14 (± 1.39)
Totale	-4.61 (± 2.49)	-0.22 (± 0.26)

Le mappe delle variazioni percentuali mostrano una sensibile riduzione delle concentrazioni di NO₂ e di PM10 nell'area di studio. Si osserva che:

1. L'implementazione delle politiche e degli interventi previsti nel PUMS lungo la rete viaria principale del comune di Bressanone, unitamente al rinnovo del parco circolante soprattutto a livello autostradale porterà ad una significativa riduzione delle concentrazioni di NO₂ e di PM10 in tutta l'area investigata. Il confronto tra i due scenari di screening che hanno come sorgente emissiva le sole fonti lineari (Tavola 26 per NO₂ e Tavola 29 per PM10) restituisce una riduzione delle concentrazioni di entrambi gli inquinanti anche superiore al 15% sull'area urbana della città.
2. L'evoluzione del solo traffico circolante in autostrada (Tavola 27) contribuirà ad una riduzione delle concentrazioni di NO₂ pari al 10-15% di quelle emesse nello scenario attuale, non solo lungo l'A22 ma in gran parte dell'area investigata, compreso il centro urbano di Bressanone.
3. Globalmente (sorgenti lineari e altre sorgenti, Tavola 28 per NO₂ e Tavola 30 per PM10), le simulazioni condotte restituiscono un miglioramento generalizzato della qualità dell'aria soprattutto sulla città di Bressanone e lungo la rete viaria principale (autostrada, S.S. 12 e S.S. 49) che si attesta attorno al 5-10% rispetto allo scenario attuale per gli NO₂ e fino al 5% per le PM10.
4. Peggioramenti della qualità dell'aria, sia in termini di NO₂ sia di PM10, restano localizzati in corrispondenza di via Goethe e delle tratte stradali che entreranno in funzione nel 2023, ossia il raccordo tra Via Dante e la S.S. 12 ed il prolungamento della S.S. 12 a fianco dell'A22 fino a Varna.

Come prevedibile maggiori saranno gli interventi previsti dal PUMS messi in atto nei prossimi anni maggiori saranno i benefici a livello di impatto degli inquinanti sulla qualità dell'aria.

6. Conclusioni

Il presente studio di screening è stato condotto per valutare l'impatto sulla qualità dell'aria degli interventi previsti all'interno del Piano Urbanistico della Mobilità Sostenibile (PUMS) del Comune di Bressanone nel breve periodo (2019-2023). A tal fine sono stati presi in considerazione due scenari: lo stato attuale, riferito all'anno 2019 (Sezione 2.1), e lo scenario futuro di breve termine del PUMS, riferito al 2023 (Sezione 2.2). L'analisi si è concentrata principalmente su due punti:

1. Calcolo delle emissioni di biossido di azoto (NO₂) e di polveri sottili (PM10) derivanti dal traffico nello scenario attuale e loro proiezione per caratterizzare lo scenario futuro (Sezione 3).
2. Simulazione numerica della dispersione in atmosfera delle emissioni veicolari all'interno della "*canopy*" urbana della città mediante il modello R-LINE al fine di determinare mappe di concentrazione di NO₂ e di PM10 in aria al livello del suolo (Sezione 4).

La presenza dell'autostrada del Brennero (A22), che lambisce la città di Bressanone (Sezione 3.3), è stata considerata separatamente rispetto al reticolo delle strade comunali ed extra-comunali appartenenti al reticolo stradale principale della città (Sezione 3.2). Infatti, le emissioni prodotte dal traffico autostradale sono completamente svincolata delle politiche di pianificazione locali relative alla viabilità e alla mobilità cittadina e sono connesse all'implementazione di politiche nazionali o sovranazionali relative allo spostamento di merci e alle scelte di mercato.

Le analisi condotte, discusse in Sezione 5, conducono alle seguenti conclusioni:

1. L'impatto sulla qualità dell'aria delle emissioni veicolari di PM10 è pressoché trascurabile rispetto al contributo dell'NO₂ (Tavole 14-15 e 18-19). Le maggiori concentrazioni di PM10 derivano da altre fonti emmissive, diverse da quelle veicolari e principalmente legate agli impianti di riscaldamento.
2. L'implementazione delle politiche e degli interventi previsti dal PUMS porterà ad un miglioramento generalizzato della qualità dell'aria nell'area di Bressanone pari al 4.61% per gli NO₂ (Tavola 28) e allo 0.22% per le PM10 (Tavola 30).
3. In riferimento alle sole emissioni da sorgenti lineari (strade principali e A22), l'implementazione del PUMS ed il rinnovo del parco circolante determinerà una riduzione delle concentrazioni rispetto allo scenario attuale del 14.98% per gli NO₂ (Tavola 26) e del 13.80% per le PM10 (Tavola 29).

4. Il solo rinnovo del parco circolante in A22 determina una riduzione delle concentrazioni di inquinanti rispetto allo scenario attuale pari al 11.04% per gli NO₂ (Tavola 25).
5. Nei confronti tra scenario futuro (2023) e attuale (2019) si osservano dei peggioramenti localizzati della qualità dell'aria per entrambi gli inquinanti investigati. Tali peggioramenti sono localizzati in corrispondenza di Via Goethe e delle tratte stradali che entreranno in funzione nel 2023, ossia il raccordo tra Via Dante e la S.S. 12 ed il prolungamento della S.S. 12 a fianco dell'A22 fino a Varna.

La variazione locale delle concentrazioni medie annue di NO₂ tra i due scenari in corrispondenza di punti monitorati (Tabella 13) mostra una sostanziale riduzione delle concentrazioni in tutti i punti investigati. All'interno del centro della città (BX1, F1 e F2) l'implementazione delle politiche previste all'interno del PUMS porterà ad un miglioramento della qualità dell'aria soprattutto lungo Via Mozart e Via degli Alpini. Un miglioramento della qualità dell'aria è inoltre previsto anche in corrispondenza dei punti di monitoraggio in prossimità dell'A22 (F3, F4 e AB3). Risulta particolarmente interessante la riduzione delle concentrazioni di NO₂ in corrispondenza della stazione di qualità dell'aria AB3, che è collocata lungo l'A22 e lontana da altre fonti emissive. Questa riduzione è quindi riconducibile principalmente al progressivo rinnovo del parco circolante (Sezione 3.3.2).

Tabella 13: Concentrazioni medie annue di NO₂ misurate nell'anno 2019 (scenario attuale) dalla rete di monitoraggio e stimate per l'anno 2023 (scenario futuro). Si riporta inoltre la variazione delle concentrazioni tra i due scenari rispetto quelle dello scenario attuale.

ID	Collocazione	NO ₂ [µg/m ³]		Variazione 2023-2019 [%]
		2019	2023	
Stazioni di rilevamento				
BX1	Villa Adele, Regensburger Str. / V.le Ratisbona	27	24.6	-8.8%
AB3	A22 Brixen / A22 Bressanone	54	50.4	-6.7%
Campionatori passivi FERM				
F1	Via Mozart 14 / Mozartstrasse 14	36	31.0	-13.9%
F2	Via degli Alpini 14 / Alpinistrasse 14	42	36.9	-12.1%
F3	Via Velturmo 26 / Feldthurnerstrasse 26	41	38.0	-7.3%
F4	Varna - Via Brennero 90 / Vahrn - Brennerstrasse 90	47	36.0	-23.4%

7. Elenco delle Tavole

Mappa di inquadramento:

Tavola 01 - Dominio di calcolo, reticolo stradale emissivo di Bressanone

Mappe del Traffico Giornaliero Medio:

Tavola 02 - Traffico Giornaliero Medio - Scenario attuale (2019)

Tavola 03 - Traffico Giornaliero Medio - Scenario futuro (2023)

Mappe delle emissioni di NO_x e PM10:

Tavola 04 - Emissioni da traffico di NO_x - Scenario attuale (2019)

Tavola 05 - Emissioni da traffico di NO_x - Scenario futuro (2023)

Tavola 06 - Emissioni da traffico di PM10 - Scenario attuale (2019)

Tavola 07 - Emissioni da traffico di PM10 - Scenario futuro (2023)

Mappe delle concentrazioni medie annue di NO₂ e PM10:

Tavola 08 - Concentrazioni di NO₂ - Scenario attuale (2019) - Traffico

Tavola 09 - Concentrazioni di NO₂ - Scenario futuro (2023) - Traffico

Tavola 10 - Concentrazioni di NO₂ - Scenario attuale (2019) - Traffico A22

Tavola 11 - Concentrazioni di NO₂ - Scenario futuro (2023) - Traffico A22

Tavola 12 - Concentrazioni di NO₂ - Scenario futuro (2023) - Altre sorgenti

Tavola 13 - Concentrazioni di NO₂ - Scenario futuro (2023) - Altre sorgenti

Tavola 14 - Concentrazioni di NO₂ - Scenario attuale (2019) - Totale

Tavola 15 - Concentrazioni di NO₂ - Scenario futuro (2023) - Totale

Tavola 16 - Concentrazioni di PM10 - Scenario attuale (2019) - Traffico

Tavola 17 - Concentrazioni di PM10 - Scenario futuro (2023) - Traffico

Tavola 18 - Concentrazioni di PM10 - Scenario attuale (2019) - Totale

Tavola 19 - Concentrazioni di PM10 - Scenario futuro (2023) - Totale

Pesi percentuali delle concentrazioni medie annue di NO₂ e PM10 generate dalle diverse sorgenti rispetto le corrispondenti concentrazioni totali:

Tavola 20 - Concentrazioni di NO₂ - Scenario attuale (2019) - Traffico Urbano vs Totali

Tavola 21 - Concentrazioni di NO₂ - Scenario futuro (2023) - Traffico Urbano vs Totali

- Tavola 22 - Concentrazioni di NO₂ - Scenario attuale (2019) - Traffico vs Totali
- Tavola 23 - Concentrazioni di NO₂ - Scenario futuro (2023) - Traffico vs Totali
- Tavola 24 - Concentrazioni di NO₂ - Scenario attuale (2019) - Traffico A22 vs Totali
- Tavola 25 - Concentrazioni di NO₂ - Scenario futuro (2023) - Traffico A22 vs Totali

Mappe delle variazioni tra scenari delle concentrazioni medie annue di NO₂ e PM10:

- Tavola 26 - Variazione delle concentrazioni medie annue di NO₂ nello scenario futuro (2023) rispetto allo scenario attuale (2019) - Traffico
- Tavola 27 - Variazione delle concentrazioni medie annue di NO₂ nello scenario futuro (2023) rispetto allo scenario attuale (2019) - Traffico A22
- Tavola 28 - Variazione delle concentrazioni medie annue di NO₂ nello scenario futuro (2023) rispetto allo scenario attuale (2019) - Totale
- Tavola 29 - Variazione delle concentrazioni medie annue di PM10 nello scenario futuro (2023) rispetto allo scenario attuale (2019) - Traffico
- Tavola 30 - Variazione delle concentrazioni medie annue di PM10 nello scenario futuro (2023) rispetto allo scenario attuale (2019) - Totale