

**CISMA Srl**

via Siemens 19, I-39100 Bolzano
c/o TIS innovation park
via Malpaga 8, I-38100 Trento
Tel: 0471-068295/068281; 0461-222014
Fax: 0471-068197; 0461-522545
Web: <http://www.cisma.bz.it>
Mail: info@cisma.bz.it



**Attività di simulazione di qualità dell'aria ai fini della
revisione del Piano di risanamento
(parte 3 – territorio del Comune di Bressanone)**

Committente	Descrizione
 Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente - Provincia autonoma di Bolzano	Simulazione qualità dell'aria sulla Provincia di Bolzano – parte 3

Documento n°:	Data:	Autori:
2010/APPABZ/04c	20/01/2010	Ing. Ilaria Todeschini Ing. Gianluca Antonacci Ing. Andrea Cemin
		Responsabile:
		Ing. Gianluca Antonacci

Indice generale

1	Introduzione.....	3
2	Applicazione dei modelli di dispersione sulla città di Bressanone.....	3
2.1	Dati di input.....	6
2.1.1	Valutazione delle emissioni.....	6
2.1.1.1	Emissioni da traffico.....	7
2.1.1.2	Stima delle variazioni di traffico e delle vendite di combustibili.....	8
2.1.1.3	Evoluzione del parco circolante.....	8
2.1.1.4	Stima dei fattori di emissione.....	9
2.1.1.5	Calcolo delle emissioni totali da traffico.....	9
2.1.1.6	Emissioni diffuse.....	17
2.1.1.7	Emissioni da sorgenti puntuali.....	18
2.1.1.8	Emissioni totali.....	19
2.1.2	Applicazione del modello di dispersione CALPUFF.....	25
2.1.3	Risultati del modello di dispersione CALPUFF.....	26
2.1.4	Applicazione del modello di dispersione AUSTAL2000.....	33
2.1.4.1	Domini di calcolo.....	33
2.1.4.2	Dati di input.....	35
2.1.4.3	Risultati.....	39
2.2	Considerazioni conclusive.....	46

1 Introduzione

Si è effettuata una valutazione della qualità dell'aria nella città di Bressanone, con particolare riferimento all'inquinante NO₂. La motivazione risiede nella necessità, da parte della Provincia di Bolzano e degli enti comunali per quanto di loro specifica competenza, di predisporre un "piano di rientro" con orizzonte temporale all'anno 2015 con riferimento, appunto, all'inquinante NO₂.

L'obbligo è derivante da quanto contenuto nel D. Lgs. 155/2010, in recepimento della direttiva europea 2008/50/CE. Viene qui richiesto di valutare le condizioni di inquinamento attuale (compito assolto dall'APPA tramite la misurazione in continuo nei punti di misura di riferimento (centraline di qualità dell'aria), stimare i contributi delle sorgenti, nonché predisporre un piano di rientro entro l'anno 2015 che riporti, il valore medio annuo di NO₂ sotto la soglia di 40 µg/m³, ove essa sia superata.

I fenomeni atmosferici su scala locale (dell'ordine dei km) che interessano la zona oggetto dello studio sono da attribuire alla peculiare conformazione orografica e alla presenza di un sistema di brezze di valle. Tali condizioni meteorologiche locali sono dunque condizionanti sia per il manifestarsi degli episodi di inquinamento acuto, sia per la caratterizzazione a lungo termine della qualità dell'aria nella zona.

Diversamente da quanto avviene nel caso più semplice di territorio pianeggiante, nel caso in esame è cruciale poter disporre di uno strumento matematico in grado di caratterizzare con sufficiente dettaglio un campo di moto spiccatamente tridimensionale che varia nello spazio con relativa rapidità. In fase di implementazione del modello è necessario precisare, insieme alle schematizzazioni fisiche e agli strumenti di calcolo, l'insieme delle informazioni necessarie (variabili di ingresso e dati al contorno): a tale proposito va sottolineato come la qualità dei risultati ottenuti sia strettamente connessa con la quantità e qualità delle informazioni a disposizione, per cui spesso non risulta praticabile la scelta di una modellazione numerica sofisticata perché i dati in ingresso a disposizione sono carenti. Per colmare tale lacuna nell'ambito dello studio. Nel caso specifico è stato possibile ottenere risultati accurati proprio grazie alla disponibilità di informazioni relative alle emissioni e alle condizioni meteorologiche.

2 Applicazione dei modelli di dispersione sulla città di Bressanone

Il motivo per cui si è scelto di utilizzare modelli differenti a diverse scale spaziali è correlato al fatto che la scelta dell'algoritmo è imposta da diversi fattori, fra cui la risoluzione spazio-temporale della simulazione e il tipo di fenomeno che si vuole indagare. La scelta di operare con un modello fotochimico (CAMx) a scala regionale e con risoluzione orizzontale di 500 m è imposta dal fatto che da un lato è necessario valutare la chimica atmosferica, che riveste una certa importanza a scala regionale, e dall'altro la necessità di cogliere le peculiarità del territorio della Provincia di Bolzano (si veda la parte 1). Infatti l'orografia complessa non solo ha una grande importanza sulla meteorologia e quindi sui fenomeni di trasporto, ma è anche la motivazione per spiega l'aggregazione delle emissioni lungo il fondo delle valli, ovvero le aree antropizzate. Quest'ultima considerazione porta a capire il motivo per cui uno strumento che tenda eccessivamente a "spalmare" il contaminante già nella fase di emissione, si rivelerebbe poco efficace per la previsione della qualità dell'aria in quest'area.

Lo studio delle caratteristiche meteorologiche è essenziale ai fini della valutazione delle modalità di diluizione delle emissioni prodotte dall'insediamento urbano di Bressanone. Nel caso in esame i fenomeni di avvezione e diffusione degli inquinanti sono infatti prevalentemente determinati dalle condizioni meteorologiche locali, che comprendono sia il regime dei venti, sia le condizioni di stabilità atmosferica.

Il presente lavoro si integra dal punto di vista metodologico con quanto svolto in parallelo a scala più ampia sul territorio provinciale. All'interno di quest'ultima analisi si è valutato di porre un focus particolare sulle aree particolarmente critiche, quali la città di Bolzano (si veda la parte 2 del presente studio), quella di Bressanone e la fascia autostradale che attraversa la Provincia da Nord a Sud.

La mappa relativa alla concentrazione media annua di NO₂ sull'intero territorio provinciale è riportata in Fig. 1. La criticità della zona della conca di Bressanone appare evidente dall'analisi della mappa ed è confermata anche dalle osservazioni effettuate dall'APPA nel corso del 2009. Con particolare riferimento alla città (area abitata) di Bressanone va notato che le attuali misurazioni effettuate dall'APPA non evidenziano invece un superamento della soglia per quanto riguarda l'NO₂. La localizzazione della stazione "BX1" (Villa Adele) ha fatto tuttavia ritenere che, benché rappresentativa della condizione media della qualità dell'aria, non sia in grado di cogliere gli aspetti più critici. Infatti la stazione di misura "AB1", localizzata fuori dal centro urbano di Bressanone in prossimità dell'autostrada evidenzia infatti per l'anno 2009 un valore medio dell'NO₂ pari a 68 µg/m³, superiore quindi alla soglia di legge addizionata del valore di tolleranza. Si è pertanto scelto di indagare in maniera più approfondita tramite l'utilizzo di modelli matematici.

Di seguito vengono quindi presentati i risultati degli approfondimenti in termini di qualità dell'aria sulla conca di Bressanone, successivi all'analisi eseguita a scala provinciale e contenuta nella parte 1 del presente lavoro.

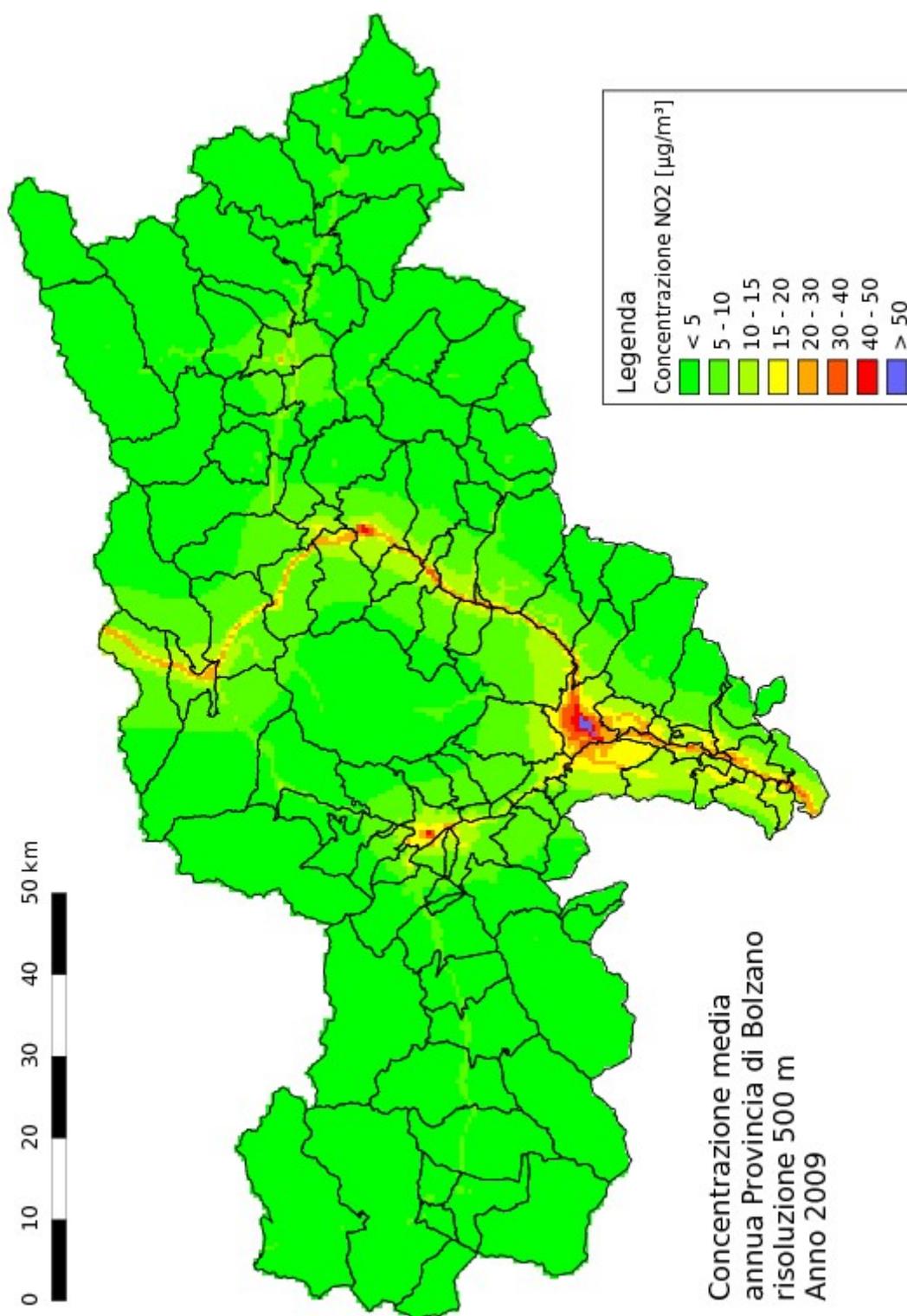


Fig. 1 - Concentrazione media annua di NO₂ sull'intero territorio provinciale, relativa all'anno 2009 e ottenuta attraverso il modello di dispersione CAMx.

Di seguito vengono presentati i risultati degli approfondimenti in termini di qualità dell'aria sul territorio del Comune di Bressanone, successivi all'analisi eseguita a scala provinciale e contenuta nella parte 1 del presente lavoro.

2.1 Dati di input

Per poter applicare i modelli di dispersione sono state effettuate delle valutazioni sui trend di evoluzione delle emissioni relativamente all'intero comune di Bressanone, sulla base dei risultati presentati nella parte 1.

2.1.1 Valutazione delle emissioni

Questo studio costituisce un approfondimento sul tema della qualità dell'aria e in particolare della concentrazione di biossido di azoto (NO_2) nell'area del comune di Bressanone. Per poter efficacemente stimare le concentrazioni di questo inquinante sull'intero territorio comunale, è necessario effettuare delle valutazioni sulle emissioni in atmosfera dovute alle diverse sorgenti presenti sul territorio.

Le sorgenti di inquinante sono state aggregate in tre settori principali, industriale, riscaldamento e traffico.

Si è qui tenuto conto del fatto che le emissioni di ossidi di azoto sono ricavabili, e comunque regolamentate, in termini di NO_x (ovvero ossidi totali), mentre l'immissione è regolamentata in termini di solo NO_2 (biossido di azoto). La conversione di NO (monossido) a NO_2 (biossido) è tenuta in conto in tutta la trattazione seguente.

Le sorgenti industriali sono le attività produttive che scaricano in atmosfera attraverso camini; le caratteristiche principali di queste emissioni sono quelle di essere localizzate in un punto individuabile e di realizzarsi a un'altezza significativa dal suolo. Gli inquinanti emessi in questo modo vengono quindi dispersi negli strati elevati e ricadono al suolo solo dopo aver subito un processo di diluizione. Pertanto il loro impatto al suolo è mitigato dal processo di diffusione, anche in presenza di flussi emissivi considerevoli.

Le sorgenti dovute al traffico sono state suddivise a loro volta in tre componenti. La prima raggruppa le emissioni provenienti dal traffico che percorre l'autostrada del Brennero, la seconda raggruppa le principali arterie stradali cittadine, lungo le quali si concentra la maggior parte del traffico. Entrambe queste sorgenti sono state schematizzate come sorgenti lineari, cioè ipotizzando che l'inquinante venga emesso lungo l'asse stradale. La terza componente raggruppa il traffico che si realizza lungo le strade minori, che collegano quelle principali alle abitazioni e agli edifici sedi di servizi di vario tipo. Questa parte del traffico, che è distribuita sul territorio lungo tutte le strade e i passaggi minori è stata schematizzata come sorgente diffusa.

Le sorgenti stradali, localizzate a bassa quota, hanno un'area di impatto molto prossima alla sorgente medesima.

Le sorgenti dovute al riscaldamento sono state schematizzate e distribuite sul territorio comunale considerando i dati relativi alla popolazione residente disponibile per tutte le sezioni di censimento del comune. In questo modo le emissioni del riscaldamento risultano essere maggiori laddove è maggiore la densità della popolazione residente. All'interno delle emissioni dovute al riscaldamento sono state conteggiate anche quelle imputabili al settore terziario (uffici, servizi).

Per la stima delle emissioni provenienti dalle diverse sorgenti si è fatto riferimento all'Inventario delle Emissioni del 2007, in cui sono identificati i Macrosettori cui è imputabile

la maggiore emissione di NO_x. A tal proposito si faccia riferimento, per i dettagli, alla parte 1 del presente lavoro.

A livello europeo il modello di riferimento per la stima degli scenari emissivi futuri è il modello GAINS (*Greenhouse Gas – Air Pollution Interactions and Synergies*), che si basa su una complessa serie di ipotesi sui trend energetici ed economici, sulle strategie politiche di controllo delle emissioni e sull'evoluzione delle normative europee e nazionali.

Attualmente è possibile accedere solo ai risultati del progetto “GAINS Europe” che elabora scenari emissivi per ciascun Stato Europeo (<http://gains.iiasa.ac.at/gains/docu.EUR/index.menu>).

Il progetto “GAINS Italy”, che prevede l'elaborazione di scenari emissivi dettagliati a livello di regione italiana, è ancora in fase di elaborazione da parte dell'ENEA.

Limitarsi a un dettaglio a scala nazionale risulta poco rappresentativo per una realtà particolare come quella altoatesina; quindi si è proseguito il lavoro definendo delle ipotesi specifiche per il territorio in esame. Partendo dall'Inventario delle Emissioni del 2007, sono stati identificati i Macrosettori cui è imputabile la maggiore emissione di NO_x; per ciascun settore e macrosettorio interessato è stato stimato un trend di crescita fino al 2015, sulla base del quale è stata poi stimata l'evoluzione delle emissioni.

I Macrosettori considerati sono:

- traffico, a sua volta suddiviso in traffico sulle principali arterie stradali, traffico diffuso all'interno dell'intera città e traffico sull'autostrada A22
- riscaldamento
- sorgenti puntuali.

La valutazione degli scenari emissivi è stata fatta su base provinciale e poi contestualizzata al territorio comunale di Bressanone.

Le emissioni di inquinanti presentate di seguito si riferiscono agli inquinanti ossidi di azoto *totali*, una famiglia di composti che comprende NO e NO₂, (oltre ad altri composti dell'azoto in percentuale trascurabile). Mentre le emissioni sono misurate e regolamentate in termini di ossidi totali, il limite di legge per la qualità dell'aria è invece riferito alla concentrazione in aria al livello del suolo del biossido di azoto (NO₂), perché quest'ultimo è la specie più pericolosa per la salute umana. Gli ossidi di azoto (NO_x) emessi in atmosfera si trasformano a causa di complesse reazioni foto-chimiche nelle quali partecipano anche altri inquinanti, come ad esempio l'ozono, formando biossido di azoto. Un generico provvedimento relativo al contenimento delle emissioni di ossidi di azoto (NO_x) ha quindi effetto sia diretto che indiretto sulla concentrazione al suolo di biossido di azoto (NO₂). I calcoli effettuati tramite modelli matematici tengono conto delle trasformazioni chimiche che avvengono in atmosfera.

2.1.1.1 Emissioni da traffico

Nel calcolo delle emissioni da traffico, è stato considerato separatamente il contributo dell'autostrada, delle principali arterie di traffico che vengono considerate come sorgenti lineari e la componente di traffico diffuso che tiene conto di tutte le altre emissioni dovute al traffico sulle strade di minore importanza.

La stima delle emissioni future è stata realizzata a partire dai valori calcolati per l'anno 2007; tali valori vengono aggiornati in tre fasi:

- stima della variazione delle emissioni complessive proporzionale alla variazione dei flussi di traffico misurati per l'autostrada e alle vendite complessive di combustibile (stimate sommando le vendite delle diverse tipologie di combustibili espresse in GJ), per le altre strade.
- applicazione alle emissioni stimate al punto uno di variazioni proporzionali alle variazioni ipotizzate della composizione del parco circolante.

Le emissioni sono calcolate sulla base degli algoritmi riportati nella parte 1.

2.1.1.2 Stima delle variazioni di traffico e delle vendite di combustibili

Le emissioni derivanti da traffico autostradale sono state calcolate sulla base della stima dei volumi di traffico. Per i veicoli leggeri si è ipotizzato un tasso di crescita annuo pari al **2%**, pari approssimativamente alla crescita media del periodo 2002-2007. Per i veicoli pesanti si è supposto un tasso di crescita annua dell'**1,5%** fino al 2012 (ipotizzando uno strascico della crisi); successivamente si è riportato il tasso al **3%**, valore prossimo al trend medio dal 2003 al 2009.

Il calcolo delle emissioni per tutte le altre tipologie di strade è stato effettuato sulla base dei dati delle vendite di combustibili disponibili dall'anno 2003. A differenza dell'analisi dei flussi autostradali, effettuata sulle tratte altoatesine dell'A22, l'analisi è stata effettuata a livello regionale coerentemente con la metodologia di stima dell'inventario delle emissioni implementata nel sistema INEMAR.

Sulla base dei trend degli anni passati si è ipotizzato un tasso di crescita annuo del gasolio del **3,5%** ed un trend di decrescita della benzina del **-3,5%**. I combustibili gassosi hanno subito negli anni scorsi un forte incremento (quasi il 18% tra il 2003 e il 2009, con una punta del 43% il 2008) dovuto alle agevolazioni fiscali erogate; per il futuro si è ipotizzato un incremento annuo del **10%** fino al 2012 e del **2%** per gli anni successivi.

2.1.1.3 Evoluzione del parco circolante

Le proiezioni future sulla composizione del parco circolante sono state stimate considerando diverse tipologie di veicoli:

- Autovetture passeggeri
- Veicoli commerciali leggeri
- Veicoli commerciali pesanti / autobus
- Ciclomotori e motocicli.

Per ciascuna tipologia di veicoli, sono stati definiti dei trend di evoluzione riguardanti il numero di veicoli, la suddivisione per tipologia di combustibile, la suddivisione per classi di età.

Autovetture passeggeri

Si è ipotizzato un incremento annuo del numero di autoveicoli circolanti del **1,2%** (pari alla media degli incrementi dall'anno 2005 al 2008). Per quel che riguarda le tipologie motoristiche si è considerato un decremento annuo dei veicoli a benzina del **-2%** e un incremento dei veicoli diesel decrescente dal **5%** (2009-2011) al **3%** (2015). I restanti veicoli sono stati attribuiti a metano e GPL considerando costante il rapporto tra le due tecnologie.

Veicoli commerciali leggeri

Per quel che riguarda i veicoli leggeri si è ipotizzato **costante** nel tempo il numero dei veicoli a benzina mentre si è supposto un incremento annuo del **3%** per i veicoli a gasolio.

Veicoli commerciali pesanti / autobus

L'andamento delle immatricolazioni di questi veicoli negli anni scorsi è apparso molto discontinuo, probabilmente influenzato dalle politiche di compravendita delle grandi flotte presenti in regione. Per lo scenario di calcolo si è ipotizzato un decremento annuo pari allo **-0,5%**. Va segnalato che sussistono delle incertezze sull'anno di introduzione dei veicoli EURO6: nel caso in esame si è ipotizzato che i primi veicoli di questa categoria inizino a circolare nel 2013.

Per quanto riguarda l'autostrada si è tenuto conto di alcuni studi che hanno rilevato come i veicoli lì circolanti siano in realtà mediamente di fabbricazione più recente rispetto a quelli circolanti sul resto del territorio. Per tener conto di ciò si è ipotizzato in autostrada un parco più "giovane" di un anno, ovverosia si è considerata per il 2010 la composizione relativa al 2011 e per il 2015 la composizione relativa al 2016.

Ciclomotori e motocicli

I dati relativi ai ciclomotori presentano generalmente una grande incertezza, non questi veicoli registrati in maniera analoga agli altri; in considerazione di questa incertezza si è ipotizzato che il parco resti nel complesso costante con tassi di rinnovamento analoghi a quelli stimati per i motocicli, ipotizzati pari al **5%**. Non avendo previsto l'introduzione di nuove normative, il parco tenda in futuro ad essere composto prevalentemente da veicoli EURO3.

2.1.1.4 Stima dei fattori di emissione

Per il calcolo dei fattori di emissione, si è utilizzato il programma COPERT IV (Computer Programme to calculate Emissions from Road Transport). Il fattore di emissione per ciascuna classe di veicolo viene ricavato sulla base di:

- numero di veicoli immatricolati
- percorrenza media annua urbana per tipo di veicolo.

Mentre la percorrenza è funzione dell'età del veicolo, la composizione del parco circolante varia con gli anni, man mano che questo si rinnova.

Il fattore di emissione dei veicoli dipende da diversi fattori:

- il tipo di motorizzazione (combustibile, cilindrata)
- l'anzianità del veicolo (Euro 0, Euro1 , Euro 2 etc.)
- le condizioni di guida (velocità)

Tenendo conto di tutti questi fattori, per ciascuna categoria di veicoli è stato calcolato un fattore di emissione per lo scenario relativo al 2015.

2.1.1.5 Calcolo delle emissioni totali da traffico

• Emissioni autostradali

Il totale delle emissioni autostradali è calcolato a partire dal parco macchine autostradale sulla base dei flussi di traffico presentati nella parte 1. Si è ipotizzata una velocità pari a 110 km/h per le autovetture e i veicoli commerciali leggeri (corrispondente al limite di velocità nel tratto di autostrada considerato) e 85 km per i veicoli pesanti.

- **Emissioni da traffico diffuso**

Il totale da traffico diffuso è calcolato a partire dal parco macchine precedentemente descritto ipotizzando una velocità media dei veicoli pari a 30 km/h. Le emissioni sono ridistribuite sull'intero territorio comunale in base alla densità di popolazione, riportata in Fig. 2. La mappa è stata ricavata a sua volta dalla mappa delle sezioni di censimento della Provincia di Bolzano relativa all'anno 2005. In questo modo le emissioni da traffico diffuso risultano essere maggiori laddove è maggiore la densità della popolazione residente.

- **Emissioni strade principali**

Il totale delle emissioni provenienti dalle strade principali è calcolato a partire dal parco macchine autostradale sulla base dei flussi di traffico illustrati nel paragrafo 2.1.1.2 . Si è ipotizzata una velocità pari a 30 km/h.

Per effettuare il calcolo delle emissioni di inquinanti dovute al traffico veicolare è necessario possedere un grafo stradale in grado di rappresentare, seppure in modo semplificato, il tracciato delle diverse strade a cui associare un diverso dato di intensità di traffico. Per il dominio all'interno del comune di Bressanone si è utilizzato il grafo stradale provinciale in cui sono stati considerati solamente gli archi corrispondenti alle arterie di traffico principali, di cui sia nota l'intensità di traffico. Sono stati valutati gli scenari relativi agli anni 2005, 2009, 2012 e 2015. In particolare, i dati di traffico sono stati dedotti dal Piano di sviluppo del traffico redatto dal Comune di Bressanone nel 2007. In Fig. 3 è riportato il grafo stradale utilizzato con l'indicazione dell'intensità di traffico corrispondente al periodo compreso tra il 2005 e il 2009. Mancando infatti il dato di traffico relativo al 2005, si è deciso di ipotizzare che nel periodo 2005-2009 il traffico sia rimasto inalterato.

L'evoluzione del traffico giornaliero medio è stata valutata tramite il Piano di sviluppo del traffico del Comune di Bressanone negli scenari del 2012 e 2015. Si è tenuto conto che nel 2012 sarà in funzione la circonvallazione di Bressanone, senza il collegamento centrale (denominato "Mittelanschluss"). Nel 2015 invece sono stati valutati due diversi scenari, con e senza il collegamento centrale. Lo scenario del 2015 è stato calcolato come media tra scenario 2010 e 2020 previsti dal Piano.

Le emissioni totali, per ciascuna categoria di veicoli, relative all'intero comune di Bressanone dovute al traffico delle principali arterie stradali e al traffico diffuso sono riportate in Fig. 7.

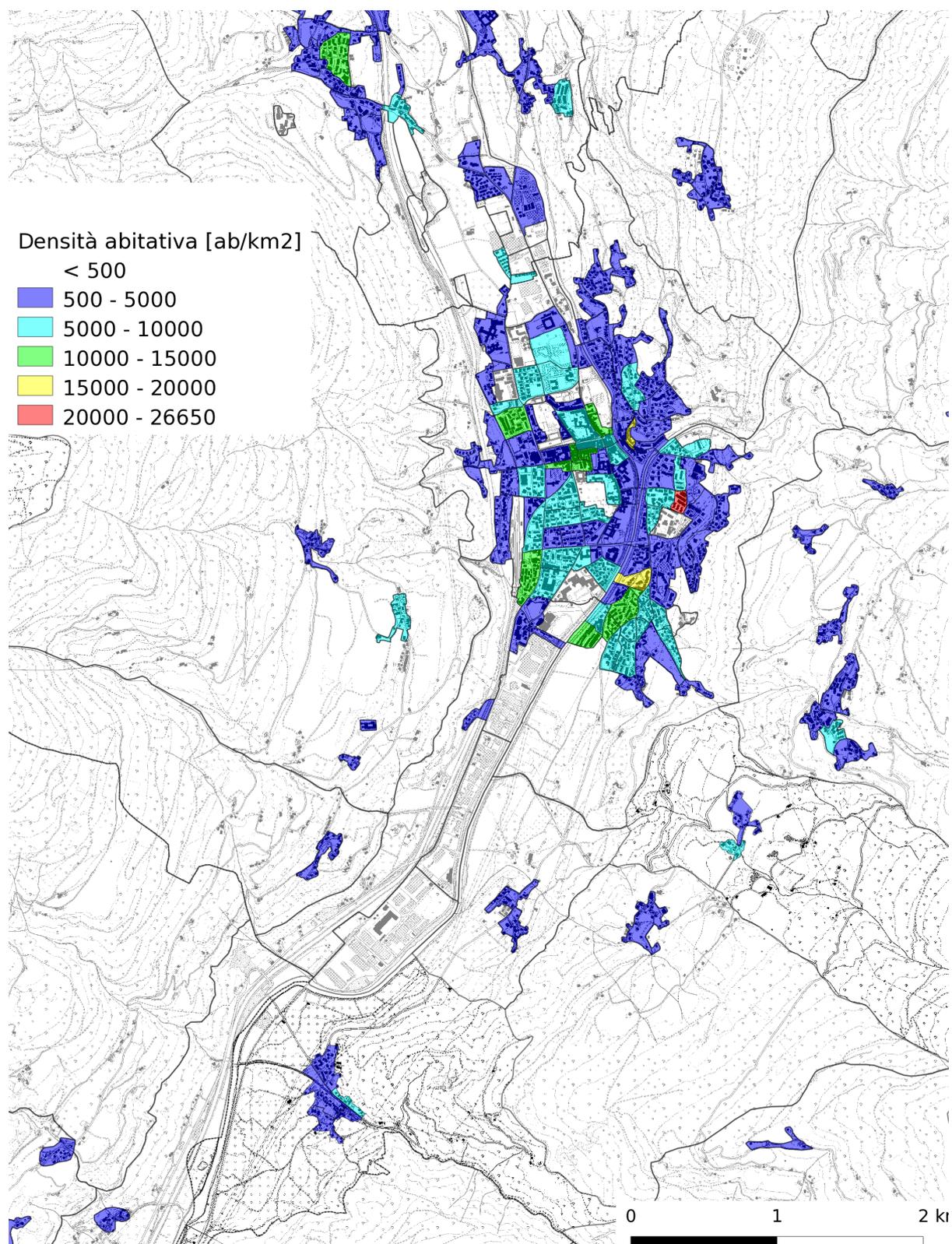


Fig. 2 - Densità abitativa del comune di Bressanone nell'anno 2005

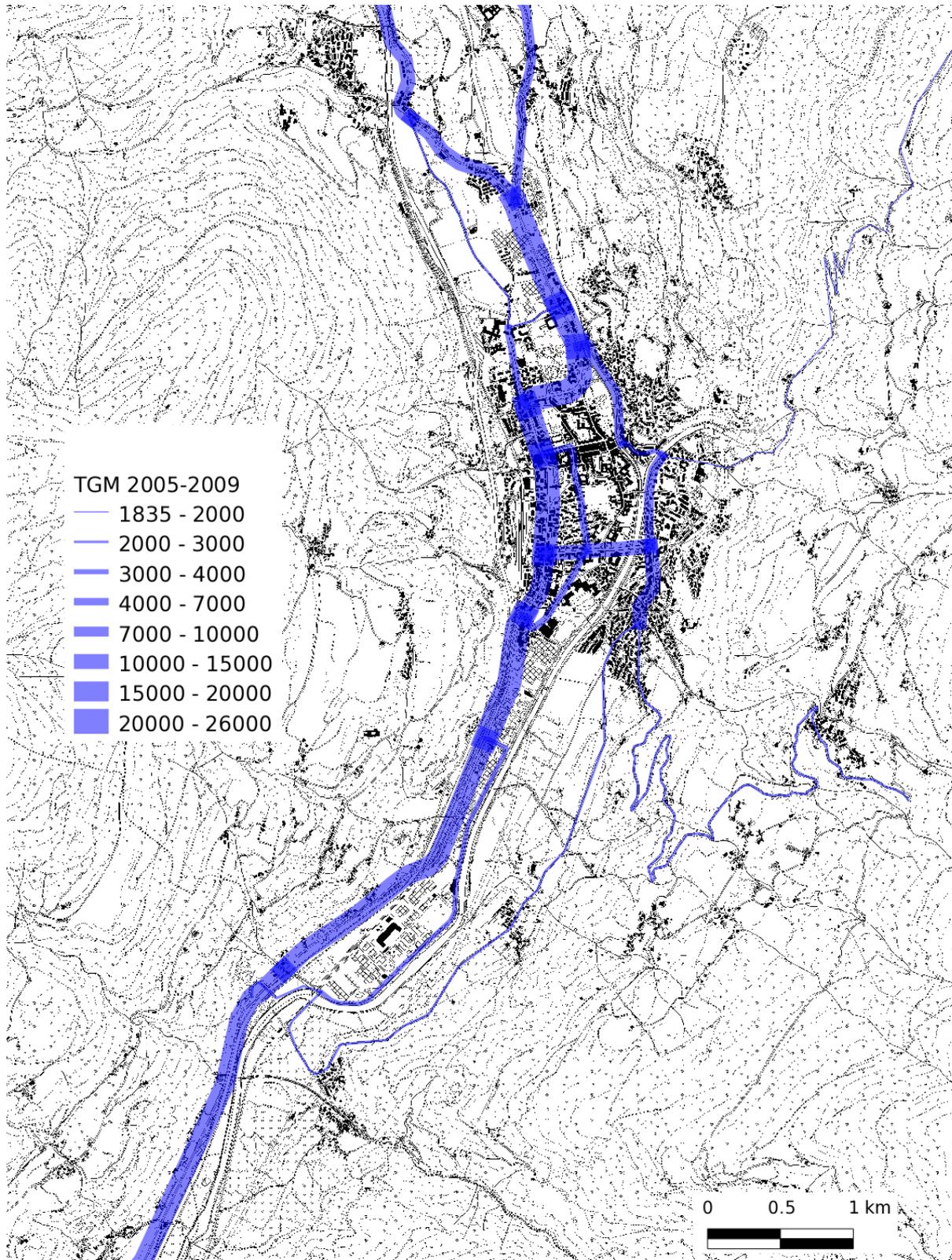


Fig. 3: Traffico giornaliero medio (TGM) relativo alla situazione attuale 2005-2009.

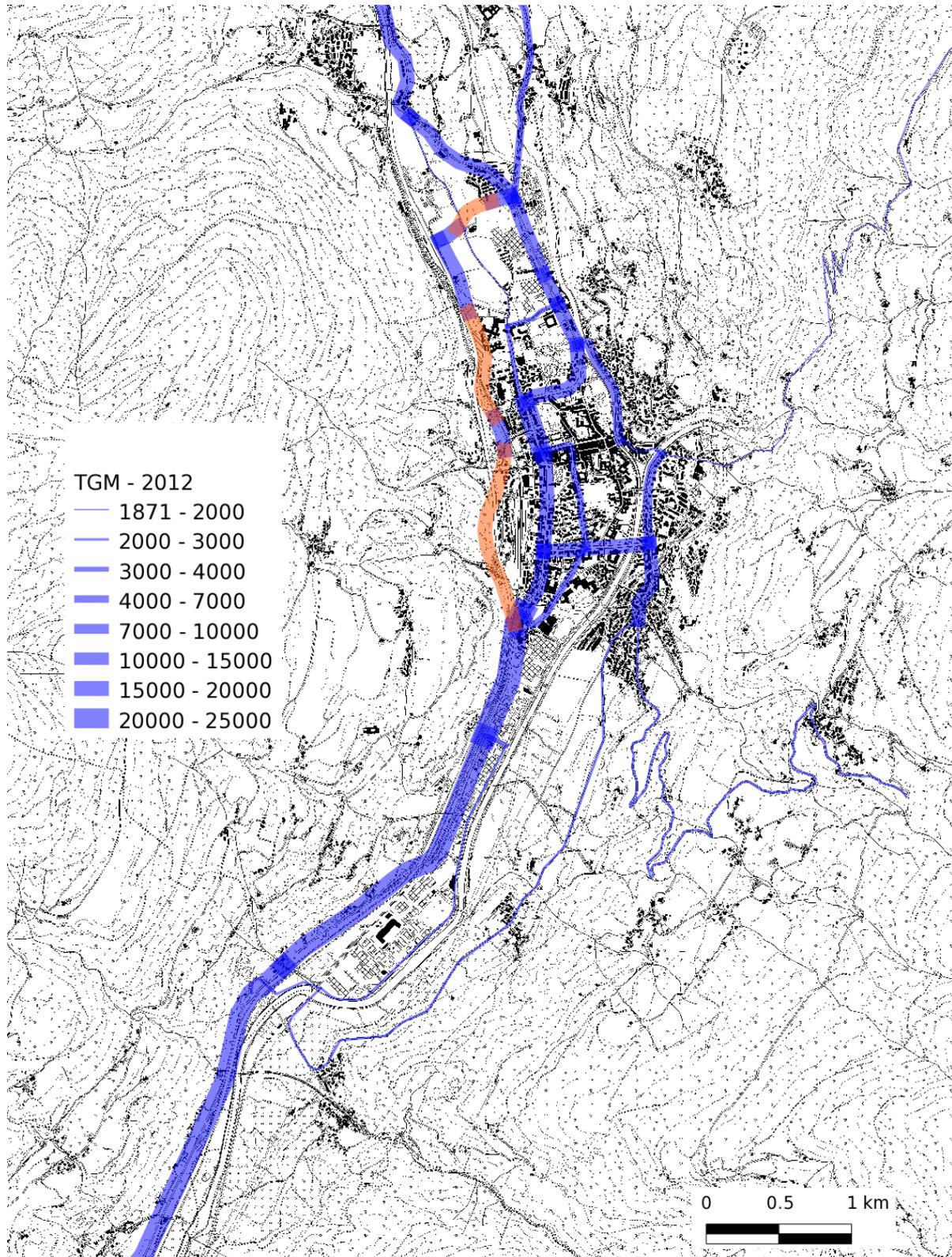


Fig. 4: Traffico giornaliero medio (TGM) relativo allo scenario 2012.

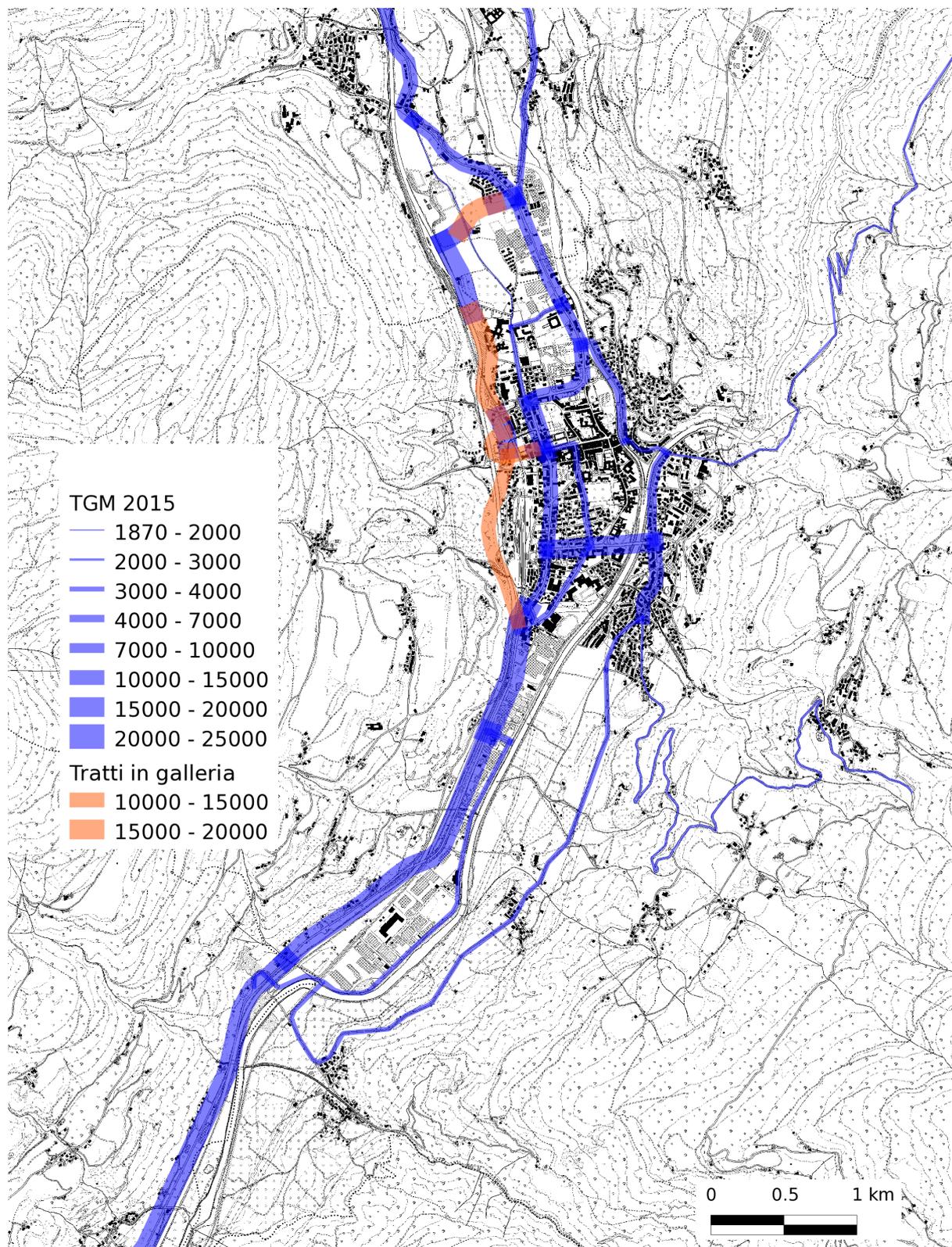


Fig. 5: Traffico giornaliero medio (TGM) relativo allo scenario 2015, senza "Mittelanschluss".

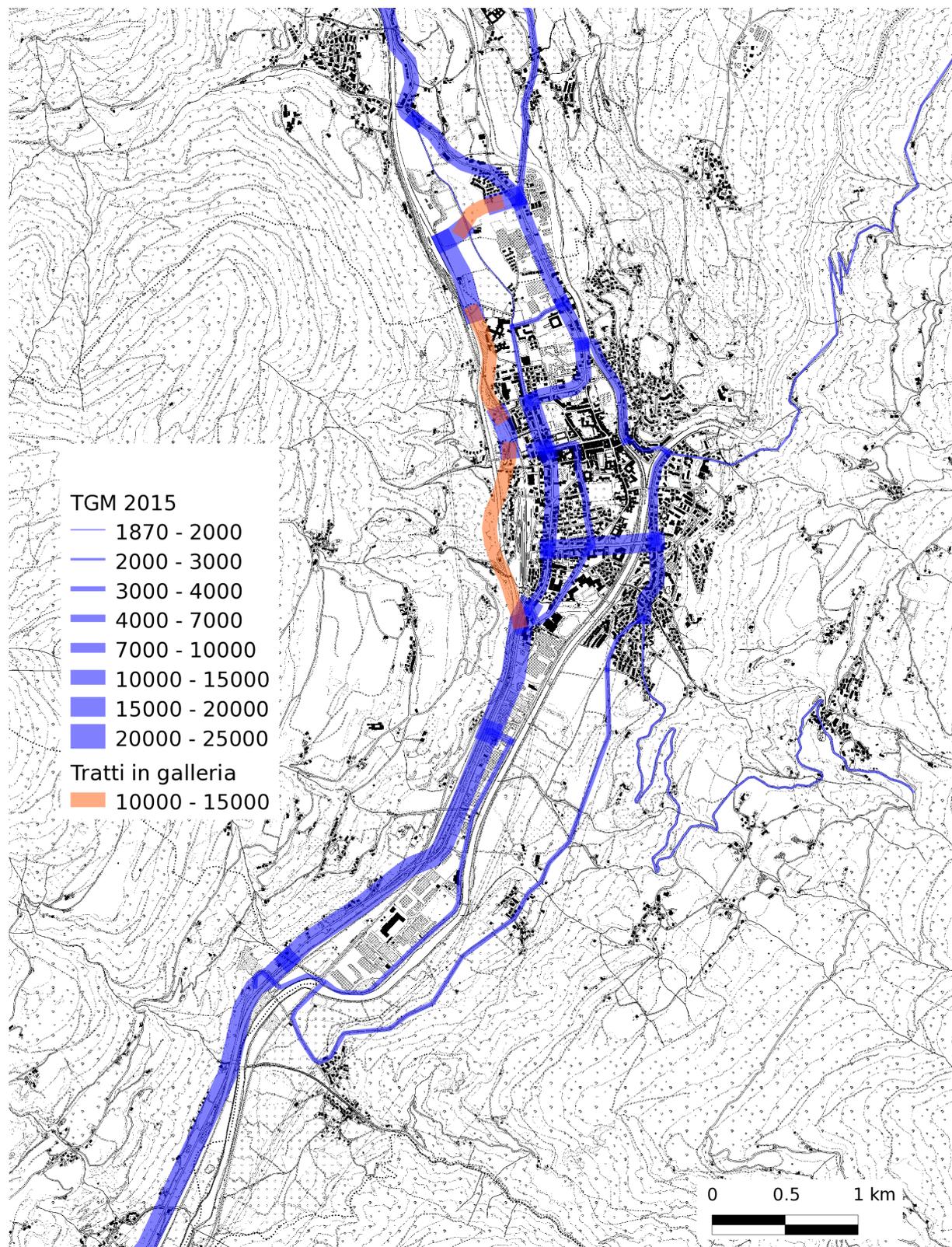


Fig. 6: Traffico giornaliero medio (TGM) relativo allo scenario 2015, con "Mittelanschluss".

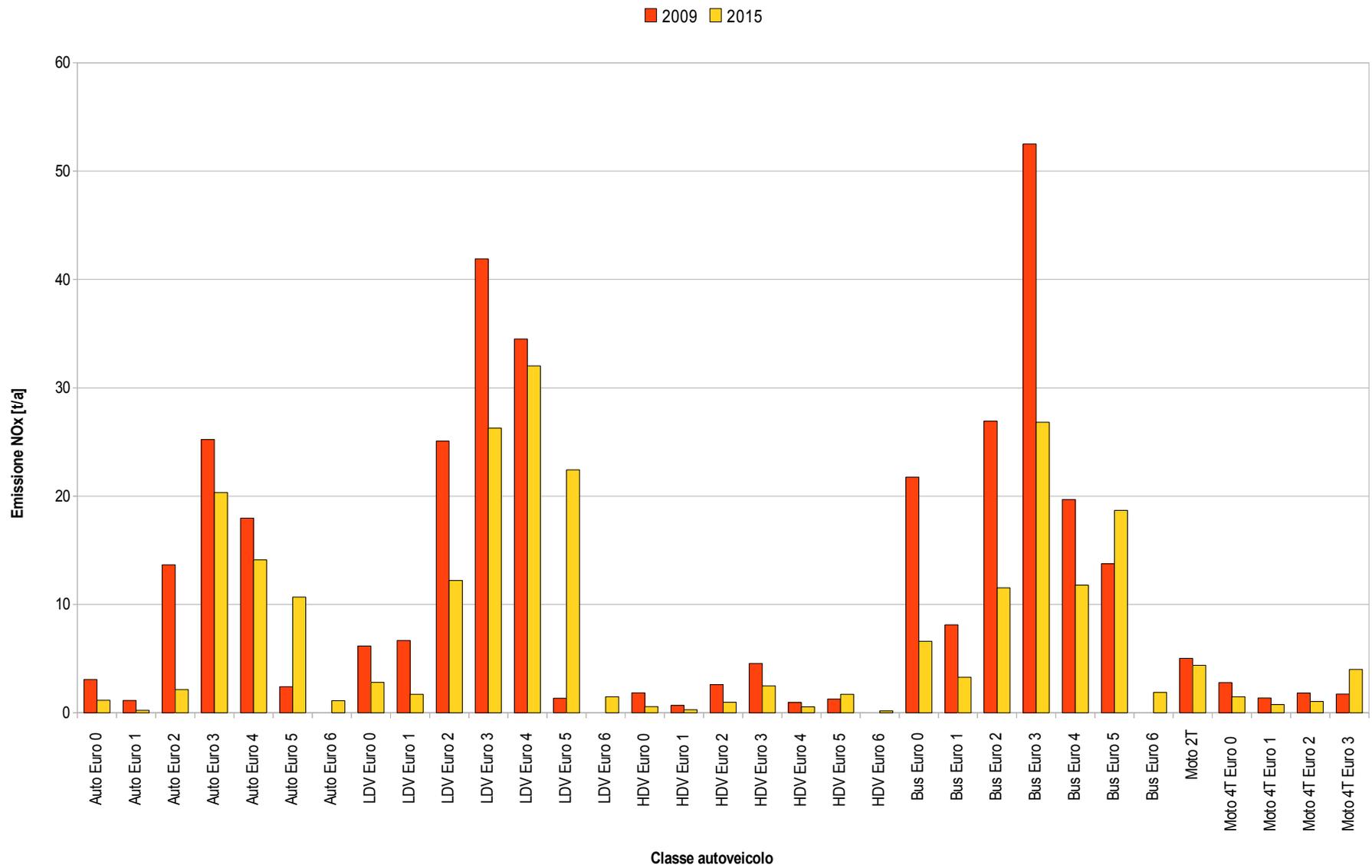


Fig. 7 - Emissioni da traffico Comune di Bressanone (esclusa A22)

2.1.1.6 Emissioni diffuse

Il riscaldamento autonomo è considerato come una sorgente emissiva diffusa; le emissioni diffuse quindi non comprendono il riscaldamento dell'ospedale, gli impianti di teleriscaldamento di Bressanone e di alcune aziende che sono trattati come sorgenti puntuali. I combustibili attualmente utilizzati per il riscaldamento autonomo sono metano, gasolio, GPL e legna. La previsione sulle emissioni da riscaldamento è stata effettuata ipotizzando che il consumo totale di combustibili aumenti proporzionalmente con l'incremento della popolazione. Per la stima dell'evoluzione demografica è stato utilizzato il dato ASTAT.

Metano

La stima futura è stata calcolata sulla base dell'aumento della popolazione, per cui si aumentano i consumi proporzionalmente all'aumento degli abitanti (dati ASTAT); il consumo di metano è stato inoltre maggiorato dell'1% annuo fino a fine 2013 per tenere in considerazione ulteriori interventi di metanizzazione. Dal 2013 in poi si è ipotizzato che gli interventi infrastrutturali siano pressoché conclusi e quindi che si realizzi un aumento dei consumi legato solamente al crescere della popolazione.

Gasolio

Si sono ricavati i consumi di gasolio come differenza tra i consumi complessivi a livello provinciale, supposti crescenti proporzionalmente con la popolazione, e i consumi degli altri combustibili (metano, legna e GPL).

Al valore così ottenuto va fatta però un'ulteriore correzione, dovuta alla quota di riscaldamento residenziale che verrà coperta dal considerevole numero di impianti di teleriscaldamento della provincia di Bolzano la cui entrata in funzione è prevista entro il 2015. E' quindi necessario tenere conto che il fabbisogno di riscaldamento domestico soddisfatto da questi impianti era prima soddisfatto da altri combustibili; in prima approssimazione appare lecito ipotizzare che si vada a sostituire sempre il combustibile gasolio, mentre il consumo di metano o di legna non venga influenzato da queste nuove installazioni.

GPL

In generale, il consumo di GPL ai fini del riscaldamento residenziale è minimo rispetto a quello degli altri combustibili ed influisce poco anche sulle emissioni in atmosfera. Secondo i dati del Bollettino Petrolifero (anni 2004-2009), si osserva un evidente calo del consumo che arriva al 37% tra il 2004 e il 2009. Per gli anni futuri, si ipotizza un trend in diminuzione anche se meno marcato: si stima un calo annuo del 14% fino al 2015 e poi un calo più ridotto, pari al 5% annuo.

Legna

Non esistono dati storici sul consumo di legna per riscaldamento domestico; i dati utilizzati nell'Inventario sono stati ricavati da uno studio apposito e specifico per il territorio altoatesino effettuato nel 2009. L'ipotesi fatta è quindi quella di un consumo crescente nel tempo in modo proporzionale all'aumento della popolazione.

Pur ipotizzando un consumo di legna complessivo in aumento, la stima delle emissioni è funzione delle diverse tecnologie di combustione disponibili in commercio per ciascuna delle quali vanno quindi dettagliati i trend di utilizzo

Nell'Inventario INEMAR vengono individuate 5 tecnologie, che corrispondono ad altrettante attività Corinair:

- 2-2-6: Camino aperto. Si ipotizza una graduale dismissione di tali sistemi, stimando un calo dell'1% annuo dell'utilizzo e, quindi, un analogo calo del consumo di combustibile;
- 2-2-7: Stufa tradizionale, camino chiuso o inserto. Si considera improbabile l'acquisto di nuove stufe di questo tipo, piuttosto obsoleto, che si immaginano invece sostituite da sistemi più efficienti. Si ipotizza quindi un calo di utilizzo e parallelamente di consumo di biomassa pari all'1% annuo;
- 2-2-8: Stufa o caldaia innovativa. Si ipotizza solo un leggero aumento dell'utilizzo di tale tecnologia, pari all'1% annuo, in quanto le tendenze attuali spingono più verso l'acquisto di sistemi pellets;
- 2-2-9: Sistema BAT a legna o stufa pellets;
- 2-2-10: Sistema BAT pellets.

Il consumo di biomassa proprio delle ultime due tecnologie è ricavato come differenza tra il consumo totale e il consumo degli altri tre sistemi. Tale valore viene poi ripartito tra i due sistemi tenendo costante il rapporto calcolato nel 2007, secondo cui si hanno "Sistemi BAT pellets" per il 66% dei casi e "Sistemi BAT a legna o stufa pellets" per il rimanente 34%.

Per ciascuna tipologia di combustibile le variazioni percentuali tra i consumi nello scenario di riferimento (2007) e quelli degli scenari futuri (2015) sono riassunte in Tab. 1.

Tab. 1 - Variazione prevista dei consumi di combustibili per riscaldamento domestico tra l'anno 2007 e il 2015.

Combustibile	Variazione consumi 2007-2015
Metano	20,8%
Gasolio	-90,7%
GPL	-70,8%
Legna	4,6%

Moltiplicando i valori delle emissioni totali comunali, ricavati dall'inventario delle Emissioni 2007 per ciascuna tipologia di combustibile, per le variazioni dei consumi, si può ottenere una stima delle emissioni al 2015. Le emissioni totali comunali sono quindi state ridistribuite sul territorio sulla base della densità di popolazione (Fig. 2). In questo modo le emissioni da riscaldamento risultano essere maggiori laddove è maggiore la densità della popolazione residente. All'interno delle emissioni dovute al riscaldamento sono state conteggiate anche quelle imputabili al settore terziario (uffici, servizi).

2.1.1.7 Emissioni da sorgenti puntuali

Gli stabilimenti di dimensioni ed impatto rilevante vengono catalogati, nell'Inventario delle emissioni, come sorgenti puntuali, ovvero sorgenti localizzate tramite coordinate geografiche e le cui emissioni in atmosfera vengono assegnate puntualmente. Per stimare le emissioni nello scenario futuro al 2015 sono state raccolte informazioni su tali stabilimenti, per valutare se ci sono state o sono previste variazioni rilevanti (ad esempio, cambi del combustibile utilizzato o variazioni significative del processo produttivo) o se lo stabilimento è

stato chiuso.

Per quanto riguarda le puntuali che non evidenziano variazioni significative si ipotizzano emissioni costanti tra il 2007 e il 2015. Tale ipotesi è giustificata dal fatto che stimare nel dettaglio i trend produttivi di ciascuna attività richiederebbe approfondite analisi economiche e di mercato che esulano dalle finalità del presente studio.

Le sorgenti industriali (compresi gli impianti di teleriscaldamento) contemplati nel presente studio sono:

- teleriscaldamento Aquarena - Hallenbad (motori + caldaie);
- teleriscaldamento Mitte-West (motori + caldaie);
- teleriscaldamento Mozart (motori + caldaie);
- Holzbau
- Lavanderie Industriali Bolognini
- Ospedale
- Planta
- Centro Latte Bressanone
- teleriscaldamento di Varna (comune di Varna)
- Grandi Salumifici Italiani – Putzen (comune di Chiusa)

La stima delle emissioni di NO_x per ciascun impianto è effettuata moltiplicando il Fattore di Emissione specifico per ciascuna attività produttiva al consumo annuo di combustibile espresso in GJ.

2.1.1.8 Emissioni totali

Le emissioni totali di ossidi di azoto derivanti dal traffico, dalle sorgenti diffuse e dagli impianti industriali sono state quindi calcolate a partire dai dati relativi all'inventario 2007 e riportati in Tab. 2.

Tab. 2 - Emissioni suddivise per macrosettori relative al Comune di Bressanone, anno 2007

Classificazione	Emissione [t/a] NO _x	% sul totale
Puntuali (industria+teleriscaldamento)	127,3	40%
Traffico totale, di cui	173,6	55%
Traffico A22	121,5	38%
Traffico diffuso	22,2	7%
Traffico strade principali	29,9	9%
Riscaldamento e terziario	15,1	5%
Totale	316,0	100%

L'evoluzione delle emissioni a partire dal 2007 fino al 2015 è stata calcolata sulla base di alcuni indicatori economici e territoriali in accordo con il catasto provinciale delle emissioni in atmosfera; i valori relativi agli anni successivi sono stati proiettati ipotizzando uno scenario, denominato "Business as usual", secondo il quale la riduzione delle emissioni è

dovuta al naturale sviluppo tecnico e socio-economico che si realizza. Ad esempio le emissioni provenienti dal traffico si riducono grazie al rinnovo del parco macchine con nuovi veicoli Euro V ed Euro VI, mentre le emissioni dovute al riscaldamento si riducono grazie ad interventi di edilizia a basso consumo energetico. Il risultato di questa elaborazione è riportato in Tab. 3 e Tab. 4.

Tab. 3 - Stima delle emissioni di ossidi di azoto (NO_x) in tonnellate/anno, nel Comune di Bressanone dal 2009 al 2015

Tipologia	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Puntuali - Industriali	169,9	169,4	168,8	168,3	171,1	173,9	176,7
Traffico (totale)	161,2	155,3	147,3	143,5	139,8	136,6	132,8
Traffico (solo A22)	113,0	111,0	105,3	102,6	99,9	97,6	95,0
Traffico (Comune senza A22)	48,2	44,3	42,0	40,9	39,8	38,9	37,9
Riscaldamento e terziario	12,3	12,1	11,8	11,7	11,4	11,3	11,1
TOTALE	343,4	336,7	327,9	323,5	322,3	321,7	320,6

Tab. 4 - Stima delle riduzioni percentuali delle emissioni di ossidi di azoto (NO_x) in nel Comune di Bressanone rispetto al 2009

Tipologia	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Puntuali - Industriali	-	-0,3%	-0,7%	-1,0%	0,7%	2,3%	4,0%
Traffico (totale)	-	-3,7%	-8,6%	-11,0%	-13,3%	-15,3%	-17,6%
Traffico (solo A22)	-	-1,7%	-6,8%	-9,2%	-11,6%	-13,6%	-16,0%
Traffico (Comune senza A22)	-	-8,2%	-12,9%	-15,1%	-17,4%	-19,3%	-21,5%
Riscaldamento e terziario	-	-1,8%	-4,1%	-5,0%	-6,8%	-8,2%	-10,0%
TOTALE	-	-1,9%	-4,5%	-5,8%	-6,1%	-6,3%	-6,7%

L'andamento delle emissioni nei diversi macrosettori considerati è raffigurata in Fig. 8.

Al fine di ridurre le emissioni di ossidi di azoto, il comune di Bressanone ha proposto l'attuazione di una serie di provvedimenti riguardanti il settore della mobilità. Si sono configurati quindi cinque diversi scenari di emissione, per ciascuno dei quali si è quantificato il totale emissivo. Gli scenari individuati sono i seguenti:

- *scenario 0* – Nessuna limitazione al traffico, neanche quelle già in atto; non è reale ma è necessario solo a stimare quale è la riduzione delle emissioni per il solo ricambio del parco macchine
- *scenario 1* – Limitazione alla circolazione sulle strade secondarie dei veicoli Euro 0, Euro 1 e delle moto a due tempi nel periodo 2009-2013 e dei veicoli Euro 0, Euro 1, Euro 2 diesel e moto a due tempi nel periodo 2014-2015
- *scenario 2* – Limitazione alla circolazione su tutte le strade dei veicoli Euro 0, Euro 1 e delle moto a due tempi nel periodo 2009-2013 e dei veicoli Euro 0, Euro 1, Euro 2 diesel e moto a due tempi nel periodo 2014-2015

- *scenario 3* - Limitazione alla circolazione sulle strade secondarie dei veicoli Euro 0, Euro 1 e delle moto a due tempi nel periodo 2009-2015
- *scenario 4* - Limitazione alla circolazione su tutte le strade dei veicoli Euro 0, Euro 1 e delle moto a due tempi nel periodo 2009-2015.

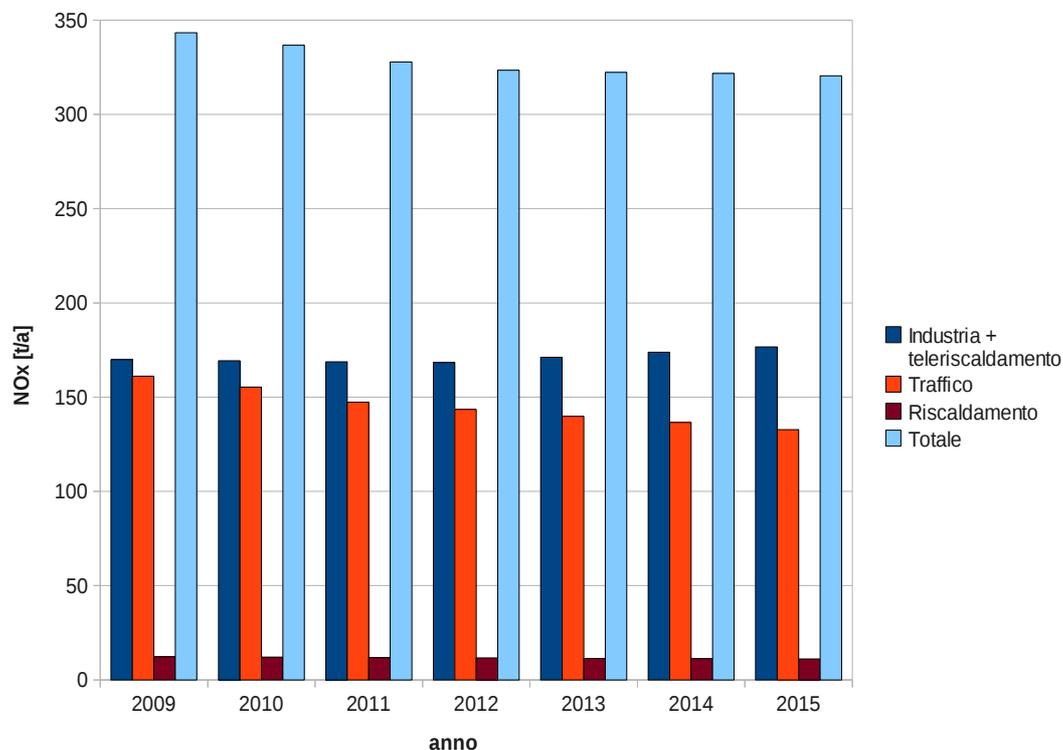


Fig. 8 - Evoluzione delle emissioni di ossidi di azoto nel comune di Bressanone dal 2009 al 2015 per ciascun macrosettore considerato

La stima dell'evoluzione delle emissioni relative a tutti gli scenari sopra elencati è riportata in Tab. 5 e Tab. 6 e raffigurata in Fig. 9, Fig. 10 e Fig. 11.

Tab. 5 - Stima delle emissioni di ossidi di azoto (NO_x) in tonnellate/anno, nel comune di Bressanone dal 2009 al 2015 relativa ai diversi scenari considerati

Scenario 0	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Industria+teleriscaldamento	169,9	169,4	168,8	168,3	171,1	173,9	176,7
Traffico totale, di cui	161,2	155,4	147,3	143,5	139,8	136,6	132,9
Traffico A22	113,0	111,0	105,3	102,6	99,9	97,6	95,0
Traffico diffuso	48,2	44,4	42,0	40,9	39,9	39,0	37,9
Traffico strade principali	27,5	25,3	23,9	23,3	22,7	22,2	21,6
Traffico strade principali	20,7	19,1	18,1	17,6	17,2	16,8	16,3
Riscaldamento	12,3	12,1	11,8	11,7	11,4	11,3	11,1
Totale	343,4	336,9	327,9	323,5	322,3	321,8	320,7

Scenario 1	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Industria+teleriscaldamento	169,9	169,4	168,8	168,3	171,1	173,9	176,7
Traffico totale, di cui	159,7	154,3	146,4	142,7	139,1	135,3	131,9
A22	113,0	111,0	105,3	102,6	99,9	97,6	95,0
Comune (totale)	46,7	43,3	41,1	40,1	39,2	37,7	36,9
Comune (strade principali di transito)	27,5	25,3	23,9	23,3	22,7	22,2	21,6
Comune (strade secondarie / Umweltzone)	19,2	18,0	17,2	16,8	16,5	15,5	15,3
Riscaldamento	12,3	12,1	11,8	11,7	11,4	11,3	11,1
Totale	<u>341,9</u>	<u>335,8</u>	<u>327,0</u>	<u>322,7</u>	<u>321,6</u>	<u>320,5</u>	<u>319,7</u>

Scenario 2	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Industria+teleriscaldamento	169,9	169,4	168,8	168,3	171,1	173,9	176,7
Traffico totale, di cui	157,7	152,9	145,1	141,7	138,2	133,5	130,6
A22	113,0	111,0	105,3	102,6	99,9	97,6	95,0
Comune (totale)	44,7	41,9	39,8	39,1	38,3	35,9	35,6
Comune (strade principali di transito)	25,5	23,9	22,6	22,3	21,8	20,4	20,3
Comune (strade secondarie / Umweltzone)	19,2	18,0	17,2	16,8	16,5	15,5	15,3
Riscaldamento	12,3	12,1	11,8	11,7	11,4	11,3	11,1
Totale	<u>339,9</u>	<u>334,4</u>	<u>325,7</u>	<u>321,7</u>	<u>320,7</u>	<u>318,7</u>	<u>318,4</u>

Scenario 3	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Industria+teleriscaldamento	169,9	169,4	168,8	168,3	171,1	173,9	176,7
Traffico totale, di cui	159,7	154,3	146,4	142,7	139,1	136,0	132,5
A22	113,0	111,0	105,3	102,6	99,9	97,6	95,0
Comune (totale)	46,7	43,3	41,1	40,1	39,2	38,4	37,5
Comune (strade principali di transito)	27,5	25,3	23,9	23,3	22,7	22,2	21,6
Comune (strade secondarie / Umweltzone)	19,2	18,0	17,2	16,8	16,5	16,2	15,9
Riscaldamento	12,3	12,1	11,8	11,7	11,4	11,3	11,1
Totale	<u>341,9</u>	<u>335,8</u>	<u>327,0</u>	<u>322,7</u>	<u>321,6</u>	<u>321,2</u>	<u>320,3</u>

Scenario 4	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Industria+teleriscaldamento	169,9	169,4	168,8	168,3	171,1	173,9	176,7
Traffico totale, di cui	157,7	152,9	145,1	141,7	138,2	135,3	132,0
A22	113,0	111,0	105,3	102,6	99,9	97,6	95,0
Comune (totale)	44,7	41,9	39,8	39,1	38,3	37,7	37,0
Comune (strade principali di transito)	25,5	23,9	22,6	22,3	21,8	21,5	21,1
Comune (strade secondarie / Umweltzone)	19,2	18,0	17,2	16,8	16,5	16,2	15,9
Riscaldamento	12,3	12,1	11,8	11,7	11,4	11,3	11,1
Totale	<u>339,9</u>	<u>334,4</u>	<u>325,7</u>	<u>321,7</u>	<u>320,7</u>	<u>320,5</u>	<u>319,8</u>

Tab. 6 - Stima delle riduzione percentuale delle emissioni di ossidi di azoto (NO_x) in nel comune di Bressanone rispetto al 2009 per tutti gli scenari considerati rispetto allo scenario 0

Tipologia	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<i>Traffico comunale</i>							
Scenario 1	-3,1%	-2,5%	-2,1%	-2,0%	-1,8%	-3,3%	-2,6%
Scenario 2	-7,3%	-5,6%	-5,2%	-4,4%	-4,0%	-7,9%	-6,1%
Scenario 3	-3,1%	-2,5%	-2,1%	-2,0%	-1,8%	-1,5%	-1,1%
Scenario 4	-7,3%	-5,6%	-5,2%	-4,4%	-4,0%	-3,3%	-2,4%
<i>Totale emissioni comunali</i>							
Scenario 1	-0,4%	-0,3%	-0,3%	-0,2%	-0,2%	-0,4%	-0,3%
Scenario 2	-1,0%	-0,7%	-0,7%	-0,6%	-0,5%	-1,0%	-0,7%
Scenario 3	-0,4%	-0,3%	-0,3%	-0,2%	-0,2%	-0,2%	-0,1%
Scenario 4	-1,0%	-0,7%	-0,7%	-0,6%	-0,5%	-0,4%	-0,3%

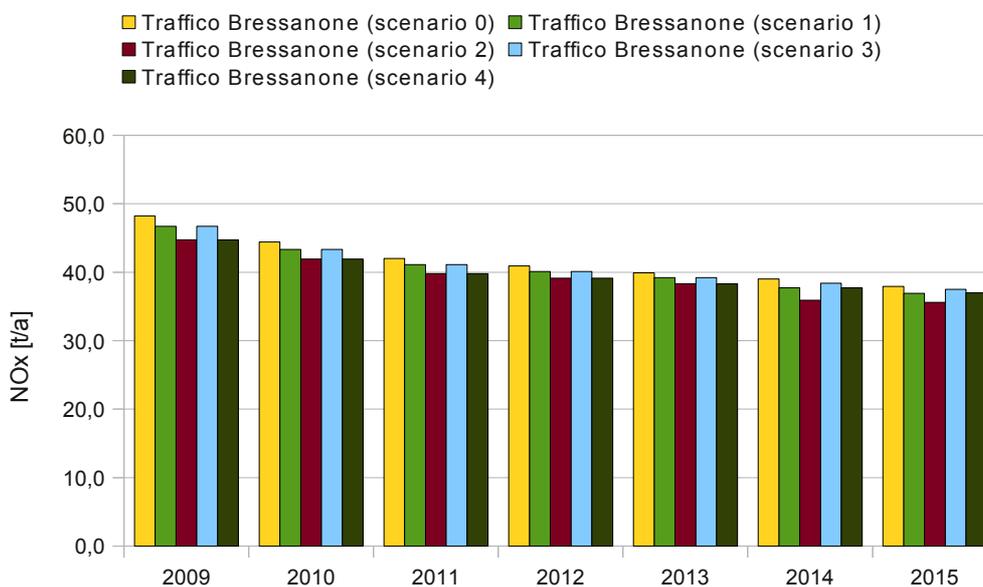


Fig. 9 - Evoluzione delle emissioni di ossidi di azoto nel comune di Bressanone dal 2009 al 2015 relative al traffico all'interno del comune per gli scenari individuati

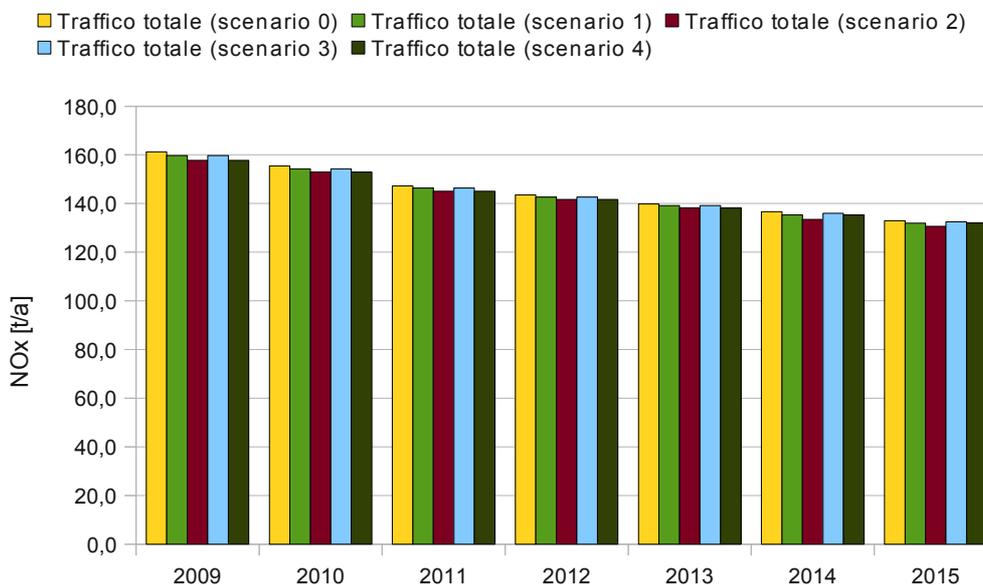


Fig. 10 - Evoluzione delle emissioni di ossidi di azoto nel comune di Bressanone dal 2009 al 2015 relative al traffico totale per gli scenari individuati

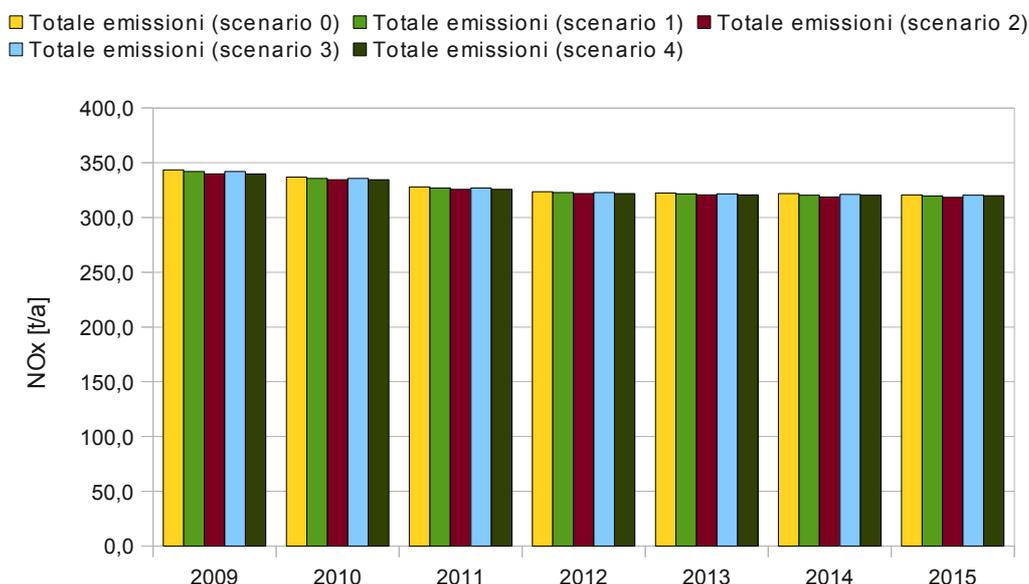


Fig. 11 - Evoluzione delle emissioni di ossidi di azoto nel comune di Bressanone dal 2009 al 2015 relative al totale delle emissioni per gli scenari individuati

L'andamento delle emissioni da industria e teleriscaldamento e da riscaldamento domestico non cambia nei diversi scenari, per cui la loro evoluzione è quella illustrata in Fig. 8.

2.1.2 Applicazione del modello di dispersione CALPUFF

Lo studio delle caratteristiche meteorologiche è essenziale ai fini della valutazione delle modalità di diluizione delle emissioni prodotte dall'insediamento urbano di Bressanone. Nel caso in esame i fenomeni di avvezione e diffusione degli inquinanti sono infatti prevalentemente determinati dalle condizioni meteorologiche locali, che comprendono sia il regime dei venti, sia le condizioni di stabilità atmosferica.

Diversamente da quanto avviene nel caso più semplice di territorio pianeggiante, nel caso in esame è cruciale poter disporre di uno strumento matematico in grado di caratterizzare con sufficiente dettaglio un campo di moto spiccatamente tridimensionale che varia nello spazio con relativa rapidità. In fase di implementazione del modello è necessario precisare, insieme alle schematizzazioni fisiche e agli strumenti di calcolo, l'insieme delle informazioni necessarie (variabili di ingresso e dati al contorno): a tale proposito va sottolineato come la qualità dei risultati ottenuti sia strettamente connessa con la quantità e qualità delle informazioni a disposizione, per cui spesso non risulta praticabile la scelta di una modellazione numerica sofisticata perché i dati in ingresso a disposizione sono carenti. Per colmare tale lacuna nell'ambito dello studio. Nel caso specifico è stato possibile ottenere risultati accurati proprio grazie alla disponibilità di informazioni relative alle emissioni e alle condizioni meteorologiche.

Il campo di vento necessario al modello di dispersione è stato ottenuto mediante l'applicazione del modello CALMET, descritto nella parte 1. Il risultato conseguito con il

modello CALMET è la simulazione su base oraria del campo tridimensionale di tutte le variabili di interesse, con riferimento ad un reticolo di celle utilizzato per la suddivisione dell'area in esame. Il modello CALMET è inoltre in grado di calcolare quantità quali la stabilità atmosferica, la velocità di attrito, la quota di inversione termica e l'altezza di mescolamento convettivo. La dimensione delle celle utilizzate è di 100x100 m sull'orizzontale; nella direzione verticale la dimensione delle celle è variabile in quanto il modello utilizza un sistema di coordinate adattato alla morfologia del terreno. Una particolare tecnica di sovracampionamento ha consentito di ottenere un output a risoluzione maggiore (50x50 m) utile per l'input al modello di dispersione CALPUFF per raggiungere un maggior dettaglio spaziale.

Per le simulazioni numeriche con il modello CALPUFF, descritto nella parte 1, si è utilizzato un dominio di calcolo quadrato di dimensioni 10.5 km in direzione Sud-Nord e 8 km in direzione Est-Ovest, centrato approssimativamente sull'area industriale della città; le coordinate in formato UTM della cella in basso a sinistra (Sud-Ovest) sono: 697900 m Est e 5170400 m Nord. I dati meteorologici, relativi a valori mediati su un intervallo temporale di un'ora, da utilizzare nelle simulazioni, contengono le seguenti informazioni:

- data e ora;
- direzione di provenienza e intensità del vento;
- temperatura dell'aria;
- precipitazione;
- classe di stabilità.

Il periodo di tempo scelto per le simulazioni è l'anno 2005, in conformità a quanto fatto per tutto il territorio provinciale.

2.1.3 Risultati del modello di dispersione CALPUFF

I risultati dell'applicazione dei modelli di dispersione alle emissioni individuate in precedenza hanno permesso di ottenere delle mappe di concentrazione di NO₂ relativamente a ciascuna tipologia di sorgenti: sorgenti puntuali, riscaldamento, traffico delle principali arterie, traffico diffuso, autostrada e traffico totale. Al contributo di ciascuna sorgente è stato quindi sommato il valore di concentrazione di NO₂ di fondo per ottenere le mappe di concentrazione dovute alla totalità delle sorgenti riportate in Fig. 12, Fig. 13 e Fig. 14.

In allegato sono inoltre riportate tutte le mappe dei singoli contributi, separati per tipologia di fonte, per ognuno degli scenari temporali considerati, secondo quanto riportato in Tab. 7.

Tab. 7 - Descrizione delle mappe di concentrazione (mappe in allegato)

Nome tavola	Descrizione
BX01	Contributo A22, anno di riferimento 2005
BX02	Contributo A22, anno di riferimento 2009
BX03	Contributo A22, anno di riferimento 2012
BX04	Contributo A22, anno di riferimento 2015
BX05	Contributo sorgenti lineari, anno di riferimento 2005
BX06	Contributo sorgenti lineari, anno di riferimento 2009

BX07	Contributo sorgenti lineari, anno di riferimento 2012
BX08	Contributo sorgenti lineari, anno di riferimento 2015 con "Collegamento centrale"
BX09	Contributo sorgenti lineari, anno di riferimento 2015 senza "Collegamento centrale"
BX10	Contributo traffico totale, anno di riferimento 2005
BX11	Contributo traffico totale, anno di riferimento 2009
BX12	Contributo traffico totale, anno di riferimento 2012
BX13	Contributo traffico totale, anno di riferimento 2015 con "Collegamento centrale"
BX14	Contributo traffico totale, anno di riferimento 2015 senza "Collegamento centrale"
BX15	Contributo riscaldamento domestico, anno di riferimento 2005
BX16	Contributo riscaldamento domestico, anno di riferimento 2009
BX17	Contributo riscaldamento domestico, anno di riferimento 2012
BX18	Contributo riscaldamento domestico, anno di riferimento 2015
BX19	Contributo sorgenti diffuse, anno di riferimento 2005
BX20	Contributo sorgenti diffuse, anno di riferimento 2009
BX21	Contributo sorgenti diffuse, anno di riferimento 2012
BX22	Contributo sorgenti diffuse, anno di riferimento 2015
BX23	Contributo sorgenti industriali/teleriscaldamento, anno di riferimento 2005
BX24	Contributo sorgenti industriali/teleriscaldamento, anno di riferimento 2009
BX25	Contributo sorgenti industriali/teleriscaldamento, anno di riferimento 2012
BX26	Contributo sorgenti industriali/teleriscaldamento, anno di riferimento 2015
BX27	Contributo concentrazione di fondo, anno di riferimento 2005
BX28	Contributo concentrazione di fondo, anno di riferimento 2009
BX29	Contributo concentrazione di fondo, anno di riferimento 2012
BX30	Contributo concentrazione di fondo, anno di riferimento 2015
BX31	Totale sorgenti, anno di riferimento 2005
BX32	Totale sorgenti, anno di riferimento 2009
BX33	Totale sorgenti, anno di riferimento 2012
BX34	Totale sorgenti, anno di riferimento 2015 con "Collegamento centrale"
BX35	Totale sorgenti, anno di riferimento 2015 senza "Collegamento centrale"
BX36	Contributo A22, anno di riferimento 2005
BX37	Contributo A22, anno di riferimento 2009
BX38	Contributo A22, anno di riferimento 2012
BX39	Contributo A22, anno di riferimento 2015 con "Collegamento centrale"
BX40	Contributo A22, anno di riferimento 2015 senza "Collegamento centrale"
BX41	Contributo sorgenti lineari, anno di riferimento 2005
BX42	Contributo sorgenti lineari, anno di riferimento 2009
BX43	Contributo sorgenti lineari, anno di riferimento 2012

BX44	Contributo sorgenti lineari, anno di riferimento 2015 con "Collegamento centrale"
BX45	Contributo sorgenti lineari, anno di riferimento 2015 senza "Collegamento centrale"
BX46	Contributo traffico totale, anno di riferimento 2005
BX47	Contributo traffico totale, anno di riferimento 2009
BX48	Contributo traffico totale, anno di riferimento 2012
BX49	Contributo traffico totale, anno di riferimento 2015 con "Collegamento centrale"
BX50	Contributo traffico totale, anno di riferimento 2015 senza "Collegamento centrale"
BX51	Contributo riscaldamento domestico, anno di riferimento 2005
BX52	Contributo riscaldamento domestico, anno di riferimento 2009
BX53	Contributo riscaldamento domestico, anno di riferimento 2012
BX54	Contributo riscaldamento domestico, anno di riferimento 2015 con "Collegamento centrale"
BX55	Contributo riscaldamento domestico, anno di riferimento 2015 senza "Collegamento centrale"
BX56	Contributo sorgenti diffuse, anno di riferimento 2005
BX57	Contributo sorgenti diffuse, anno di riferimento 2009
BX58	Contributo sorgenti diffuse, anno di riferimento 2012
BX59	Contributo sorgenti diffuse, anno di riferimento 2015 con "Collegamento centrale"
BX60	Contributo sorgenti diffuse, anno di riferimento 2015 senza "Collegamento centrale"
BX61	Contributo sorgenti industriali/teleriscaldamento, anno di riferimento 2005
BX62	Contributo sorgenti industriali/teleriscaldamento, anno di riferimento 2009
BX63	Contributo sorgenti industriali/teleriscaldamento, anno di riferimento 2012
BX64	Contributo sorgenti industriali/teleriscaldamento, anno di riferimento 2015 con "Collegamento centrale"
BX65	Contributo sorgenti industriali/teleriscaldamento, anno di riferimento 2015 senza "Collegamento centrale"
BX66	Contributo concentrazione di fondo, anno di riferimento 2005
BX67	Contributo concentrazione di fondo, anno di riferimento 2009
BX68	Contributo concentrazione di fondo, anno di riferimento 2012
BX69	Contributo concentrazione di fondo, anno di riferimento 2015 con "Collegamento centrale"
BX70	Contributo concentrazione di fondo, anno di riferimento 2015 senza "Collegamento centrale"
BX71	Sorgente dominate, anno di riferimento 2005
BX72	Sorgente dominate, anno di riferimento 2009
BX73	Sorgente dominate, anno di riferimento 2012
BX74	Sorgente dominate, anno di riferimento 2015 con "Collegamento centrale"
BX75	Sorgente dominate, anno di riferimento 2015 senza "Collegamento centrale"

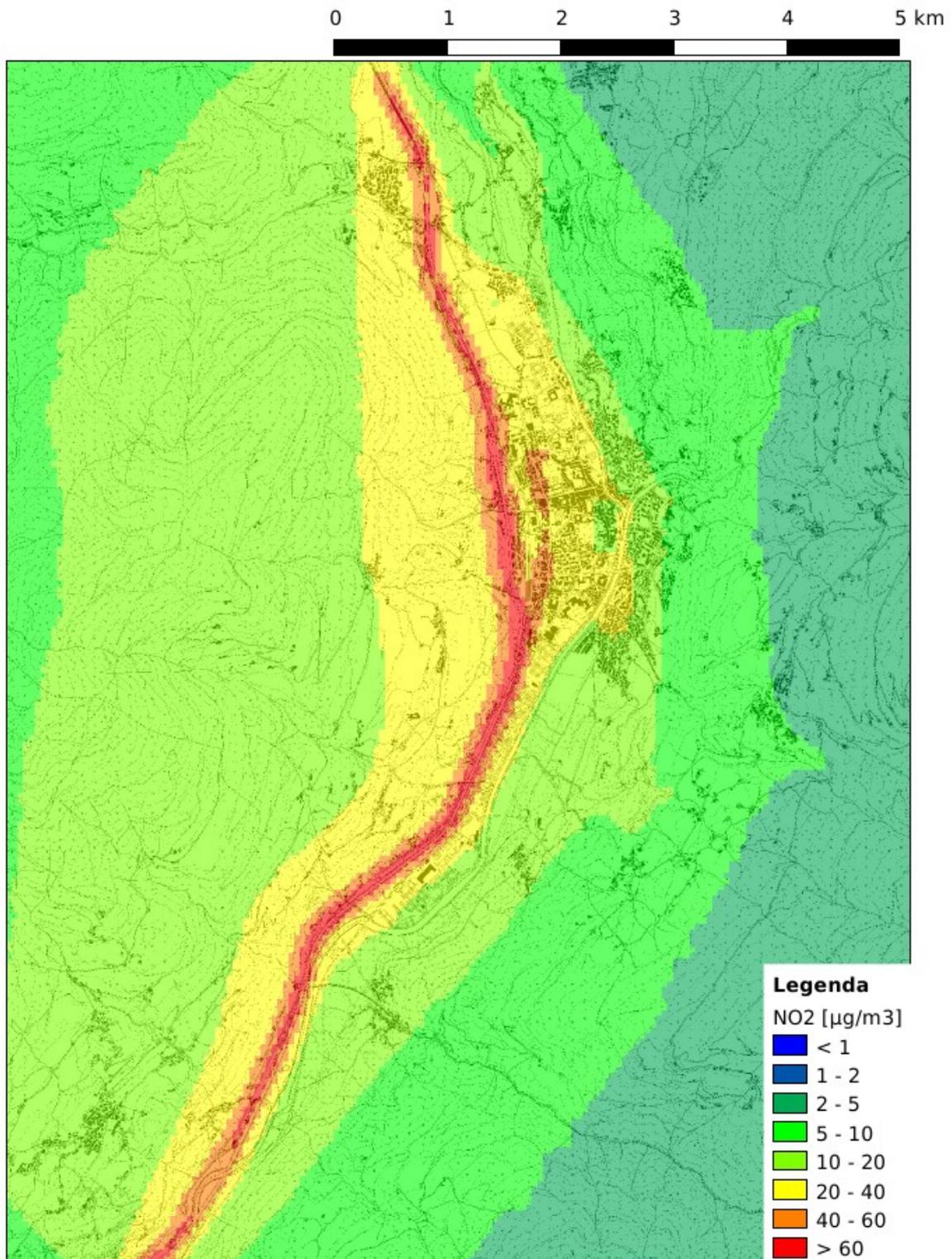


Fig. 12 - Mappa di concentrazione di NO₂ dovuta alla totalità delle sorgenti e relativa allo scenario 2009

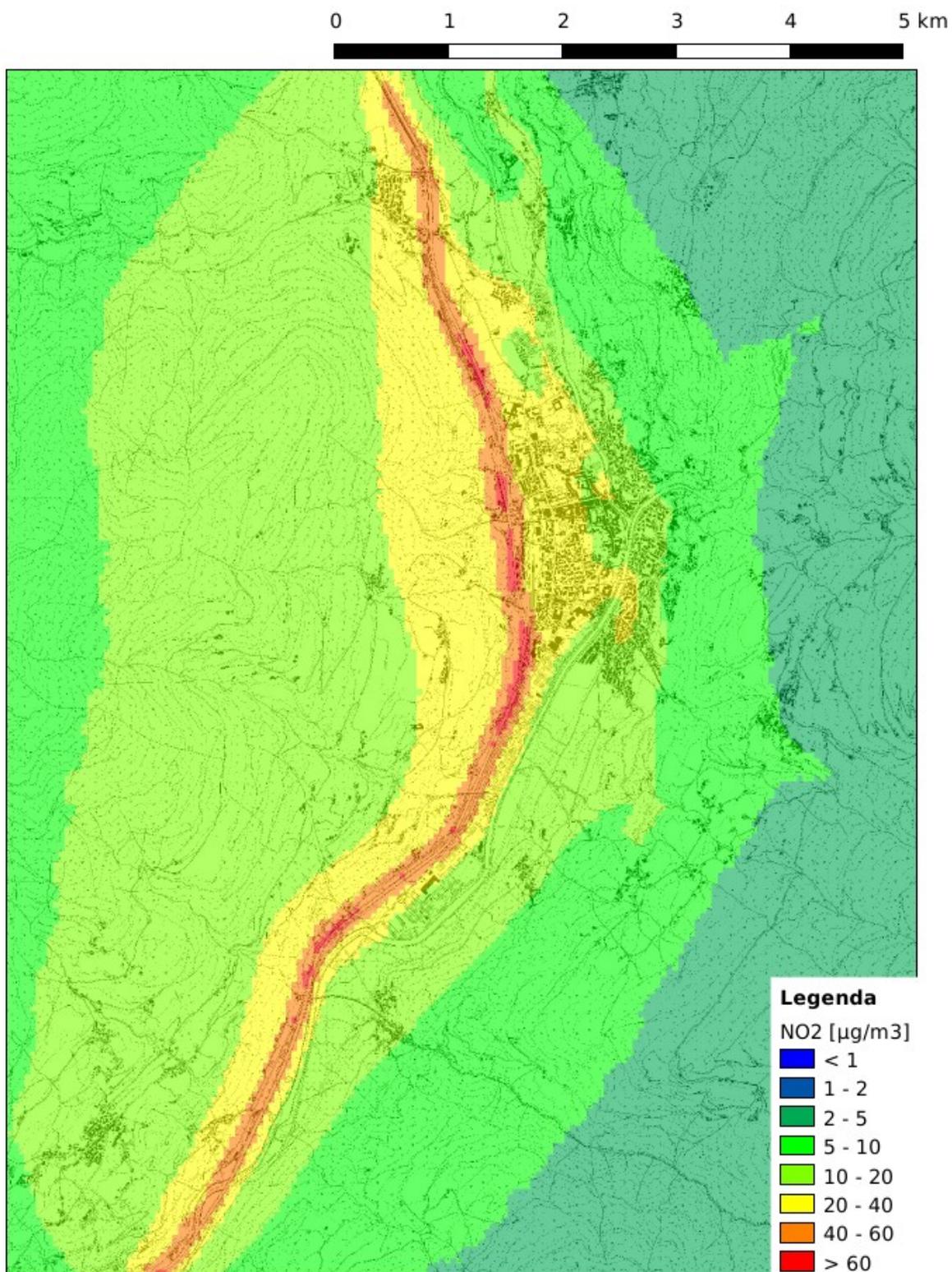


Fig. 13 - Mappa di concentrazione di NO₂ dovuta alla totalità delle sorgenti e relativa allo scenario 2015, senza "Collegamento centrale"

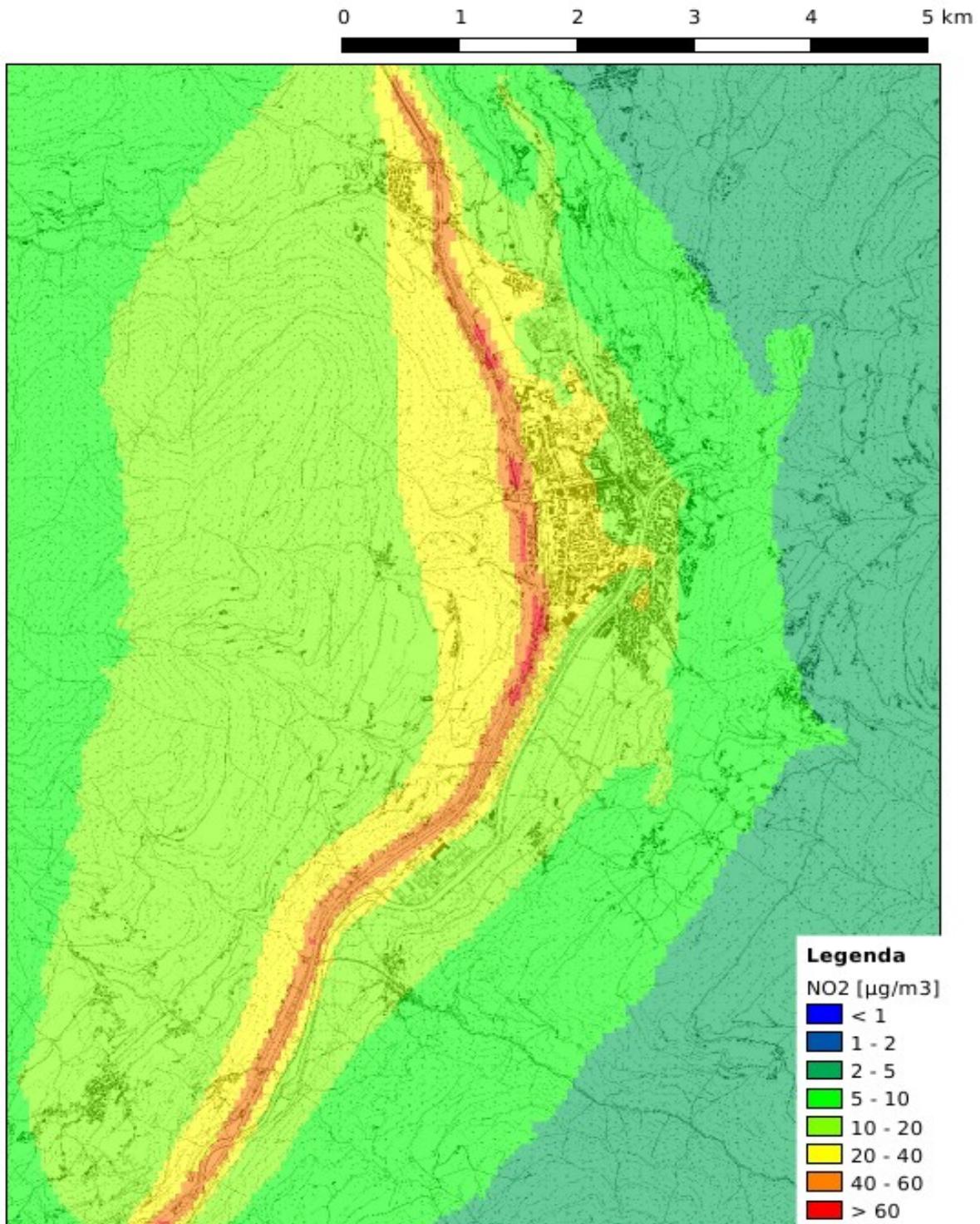


Fig. 14 - Mappa di concentrazione di NO2 dovuta alla totalità delle sorgenti e relativa allo scenario 2015, con "Collegamento centrale"

2.1.4 Applicazione del modello di dispersione AUSTAL2000

Dall'analisi dell'evoluzione dello scenario emissivo emerge come il traffico costituisca una componente molto importante della totalità delle emissioni di ossidi di azoto. All'interno del macrosettore del traffico, si è visto come l'autostrada sia la sorgente più significativa (si vedano le Tab. 2, Tab. 3 e Tab. 5).

Si è quindi deciso di approfondire lo studio del ruolo dell'autostrada sull'inquinamento da ossidi di azoto. L'approfondimento è stato effettuato mediante l'utilizzo di un modello AUSTAL2000, sviluppato e implementato dall'Umweltbundesamt (Ministero dell'Ambiente) tedesco. AUSTAL2000 è un modello lagrangiano tridimensionale non-stazionario che fornisce i valori di concentrazione media annua, media oraria e media giornaliera dovuti alle emissioni da sorgenti lineari di inquinanti. Le sue caratteristiche principali sono riassunte nella parte 1. Il preprocessore meteorologico TALDIA richiede che le pendenze del terreno siano inferiori al 20%, condizione che rende difficile l'applicazione del modello in terreni ad orografia complessa come quello del Comune di Bressanone. Infatti in alcuni punti del dominio la pendenza risulta essere maggiore, ma la divergenza del campo di vento calcolata dal preprocessore risulta essere ovunque sotto il valore massimo di 0.05, soglia indicata come valore da non superare per ottenere risultati di buona qualità.

I dati di emissione sono stati ricavati dall'inventario provinciale delle emissioni, INEMAR: sono stati estratti i valori di emissioni annuali di NO_x relativamente alle tratte autostradali in esame, considerando separatamente il contributo di ciascuna carreggiata. Le emissioni di ossidi di azoto (NO_x) avvengono principalmente sotto forma di monossido di azoto (NO), il quale reagisce successivamente con l'ossigeno dell'atmosfera, dando origine al biossido di azoto (NO₂). La concentrazione di NO₂ in aria dipende però anche da altri processi ossidativi, tra i quali è particolarmente rilevante la reazione dell'NO con l'ozono (O₃) prodotto nelle ore di maggiore irraggiamento solare. L'NO₂ è dunque da considerare un inquinante secondario, anche se piccole quantità di questo gas si formano durante il processo di combustione stesso. Per stabilire quale sia la percentuale più verosimile di NO₂ emesso sul totale degli ossidi di azoto emessi, da utilizzare nello studio modellistico, sono stati analizzati i valori medi annui registrati nella centralina fissa di qualità dell'aria posta lungo l'autostrada del Brennero a Ora, in quanto ritenuta rappresentativa. Sulla base dei valori medi annui misurati in queste centraline, si è stabilito di utilizzare nello studio modellistico che il 32% degli ossidi di azoto emessi sia costituito da biossido (NO₂) e il restante 68% da monossido (NO).

Inoltre come input si è utilizzata anche la geometria degli edifici (posizione, dimensione orizzontale e altezza), in modo da poter valutare la dispersione all'interno di un dominio tridimensionale a geometria complessa.

2.1.4.1 Domini di calcolo

La simulazione è stata condotta su un dominio composto da tre griglie innestate una dentro l'altra, con risoluzione crescente dall'esterno verso l'interno:

- griglia esterna: dimensioni pari a 1000 m x 2680 m con una risoluzione pari a 40 m
- griglia intermedia: dimensioni pari a 560 m x 2120 m, risoluzione pari a 20 m
- seconda griglia interna: dimensioni pari a 460 m x 1740 m, risoluzione 10 m.
- griglia interna: dimensioni pari a 360 m x 1500 m, risoluzione 5 m.

I domini di calcolo innestati sono riportati in Fig.15.



Fig.15 - Domini di calcolo innestati utilizzati nelle simulazioni con AUSTAL2000.

2.1.4.2 Dati di input

Il campo di vento utilizzato è quello corrispondente all'output su griglia del modello CALMET con risoluzione 500 m nel nodo più rappresentativo per il dominio in esame. La corrispondente rosa dei venti è raffigurata in Fig.16.

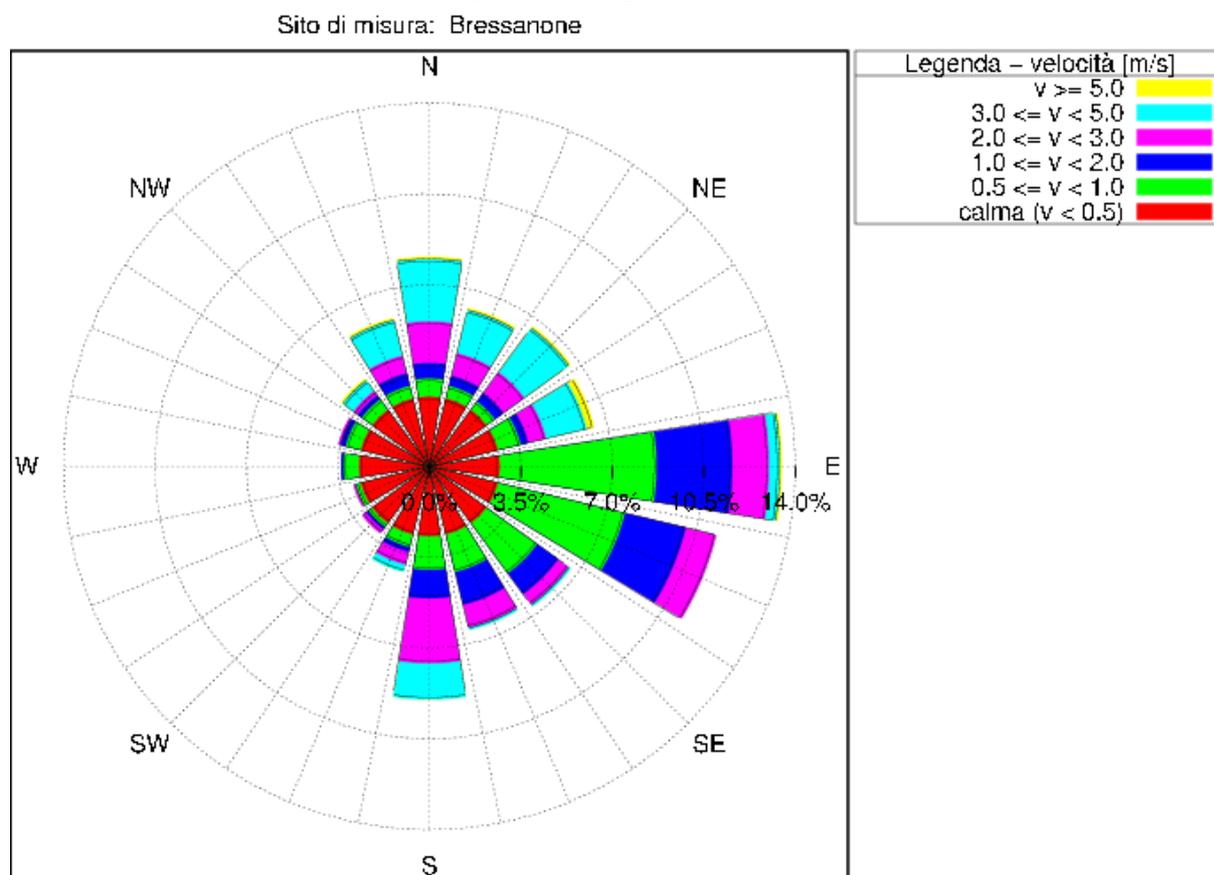


Fig.16 - Rosa dei venti utilizzata per il dominio di Bressanone.

L'applicazione del modello AUSTAL2000 prevede di poter utilizzare come dato in ingresso il modello digitale del terreno per rappresentare la geometria del territorio. Esso è riportato in Fig.17.

Si è inoltre tenuto conto della presenza delle barriere anti-rumore presenti lungo alcuni tratti del tracciato autostradale. In particolare, sono state effettuate due diverse simulazioni, la prima considerando le attuali barriere esistenti e la seconda ipotizzando un innalzamento della barriera lungo la carreggiata Nord circa a metà del dominio, dove esistono case piuttosto vicine all'asse autostradale e la costruzione di barriere nel tratto centrale di carreggiata Sud dove attualmente non esistono.

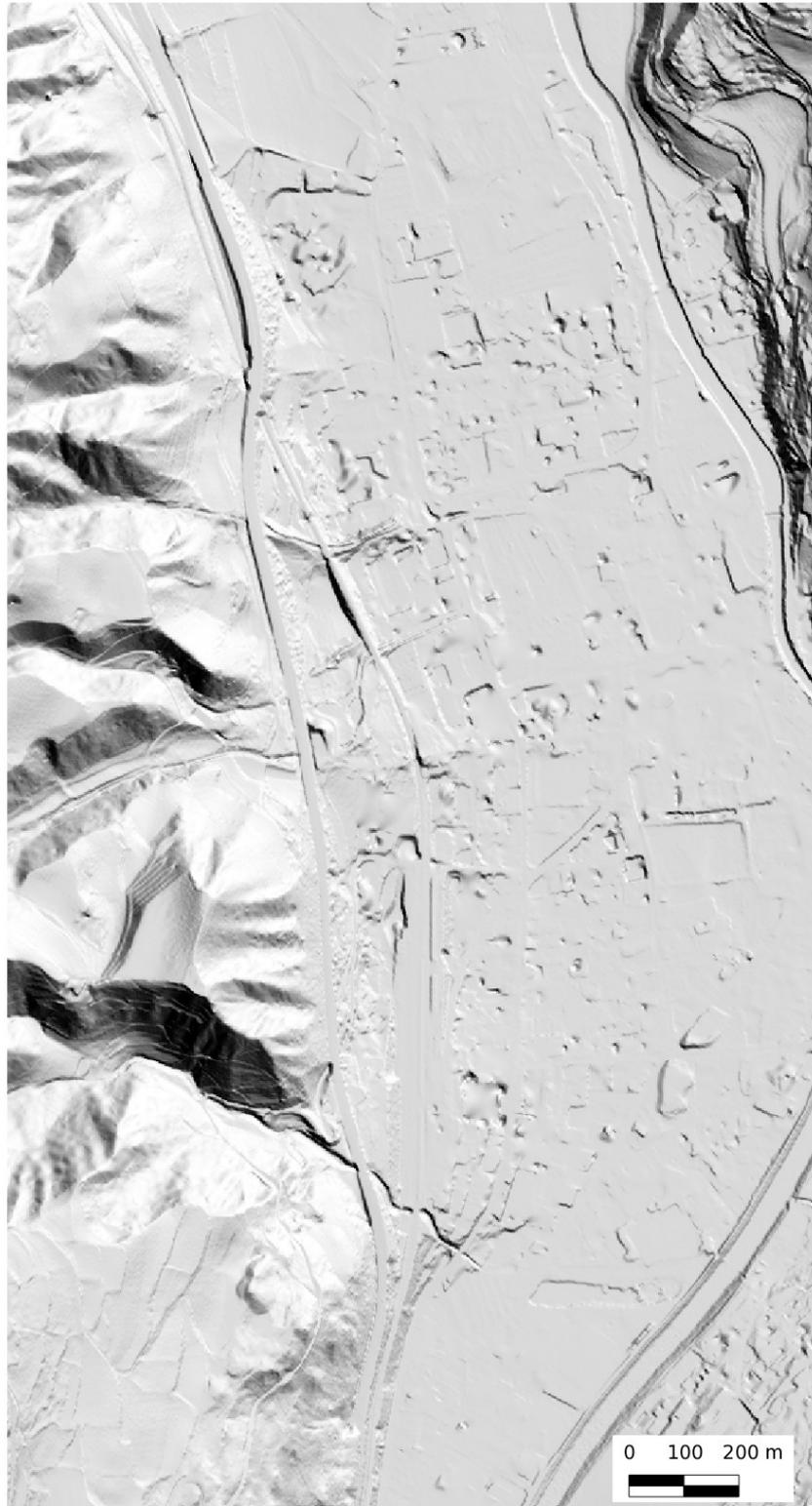


Fig.17 - Modello digitale del terreno utilizzato.



Fig.18 - Tracciato dell'autostrada A22 nel dominio di Bressanone e localizzazione delle barriere esistenti.



Fig.19 - Tracciato dell'autostrada A22 nel dominio di Bressanone e localizzazione delle barriere esistenti.

2.1.4.3 Risultati

I risultati delle simulazioni effettuate con il modello AUSTAL2000 sono riportati di seguito. Dall'analisi delle mappe si può osservare come le concentrazioni maggiori si realizzino in corrispondenza della sede stradale, dove è localizzata l'emissione degli inquinanti.

La stima delle concentrazioni presentata in Fig. 20, Fig. 21 e Fig. 22 è da interpretarsi come valore aggiuntivo rispetto al valore di fondo comunque presenti nell'area in esame e dovuto alle altre fonti di emissione. Per avere quindi una stima più corretta delle concentrazioni nel dominio in esame, si è sommato ai risultati ottenuti con AUSTAL2000 il valore della concentrazione di fondo di NO₂ dovuta alle altre fonti. A tal fine si è utilizzata la mappa ottenuta da CALPUFF considerando tutte le sorgenti ad eccezione dell'autostrada. I risultati sono riportati in Fig. 23 per l'anno 2009, in Fig. 24 per la configurazione al 2015 con barriere esistenti e in Fig. 25 per la configurazione al 2015 con barriere di progetto. Per gli scenari al 2015 si è utilizzata la mappa di concentrazione di NO₂ ipotizzando l'entrata in funzione del "Collegamento centrale".

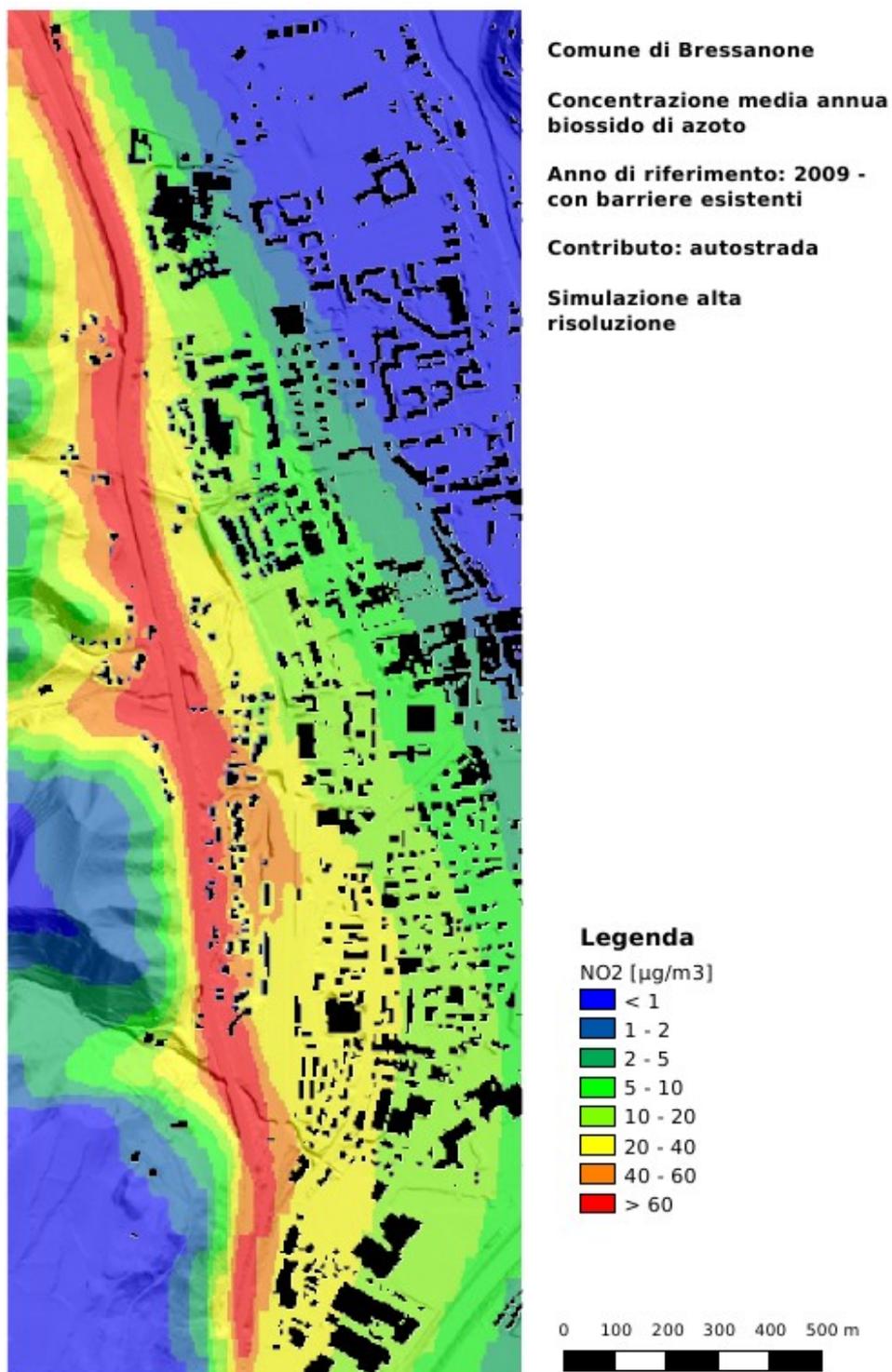


Fig. 20 - Mappa della concentrazione media annua di biossido di azoto dovuta alla sorgente autostradale relativa all'anno 2009

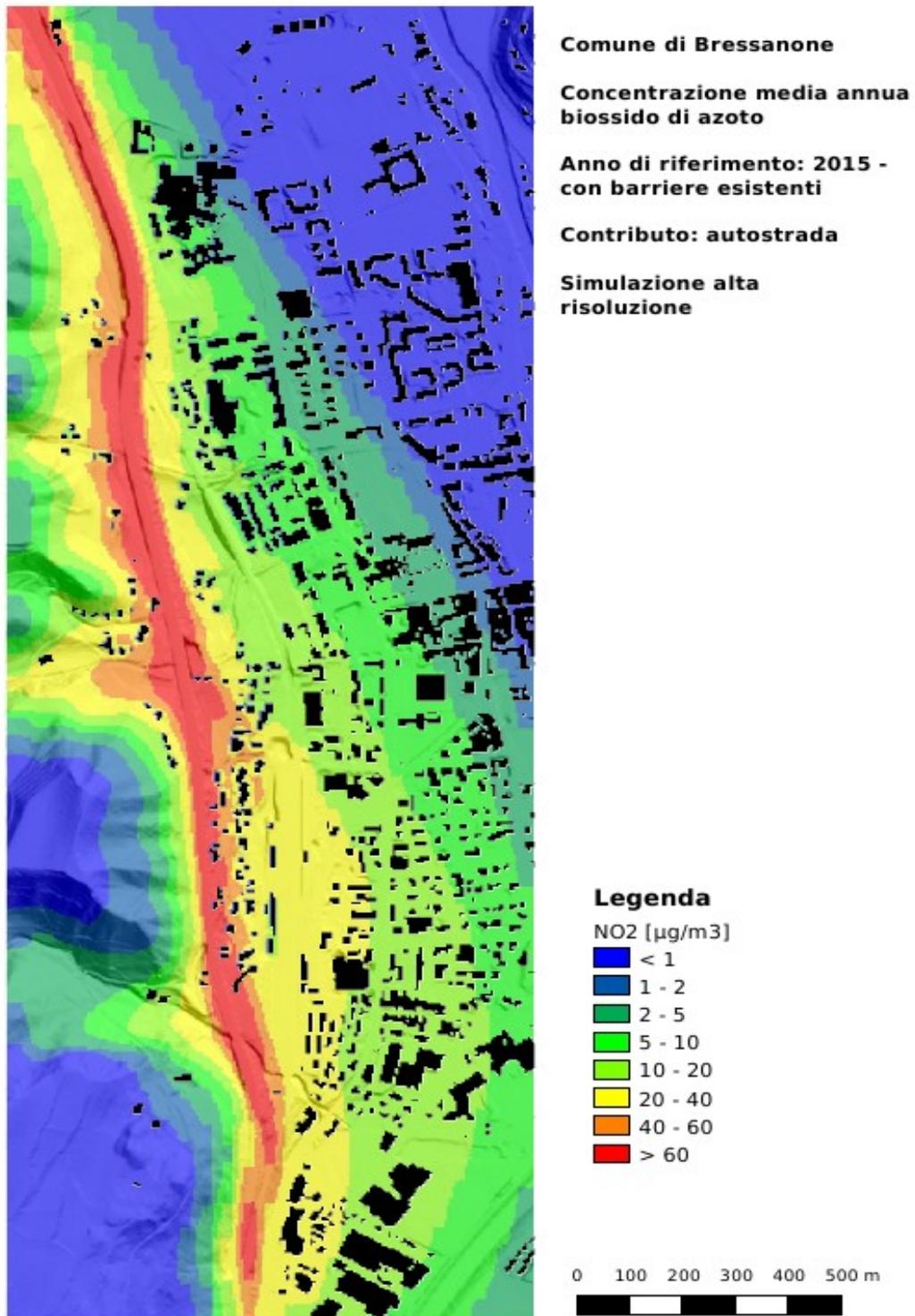


Fig. 21 - Mappa della concentrazione media annua di biossido di azoto dovuta alla sorgente autostradale relativa all'anno 2015 con le barriere esistenti

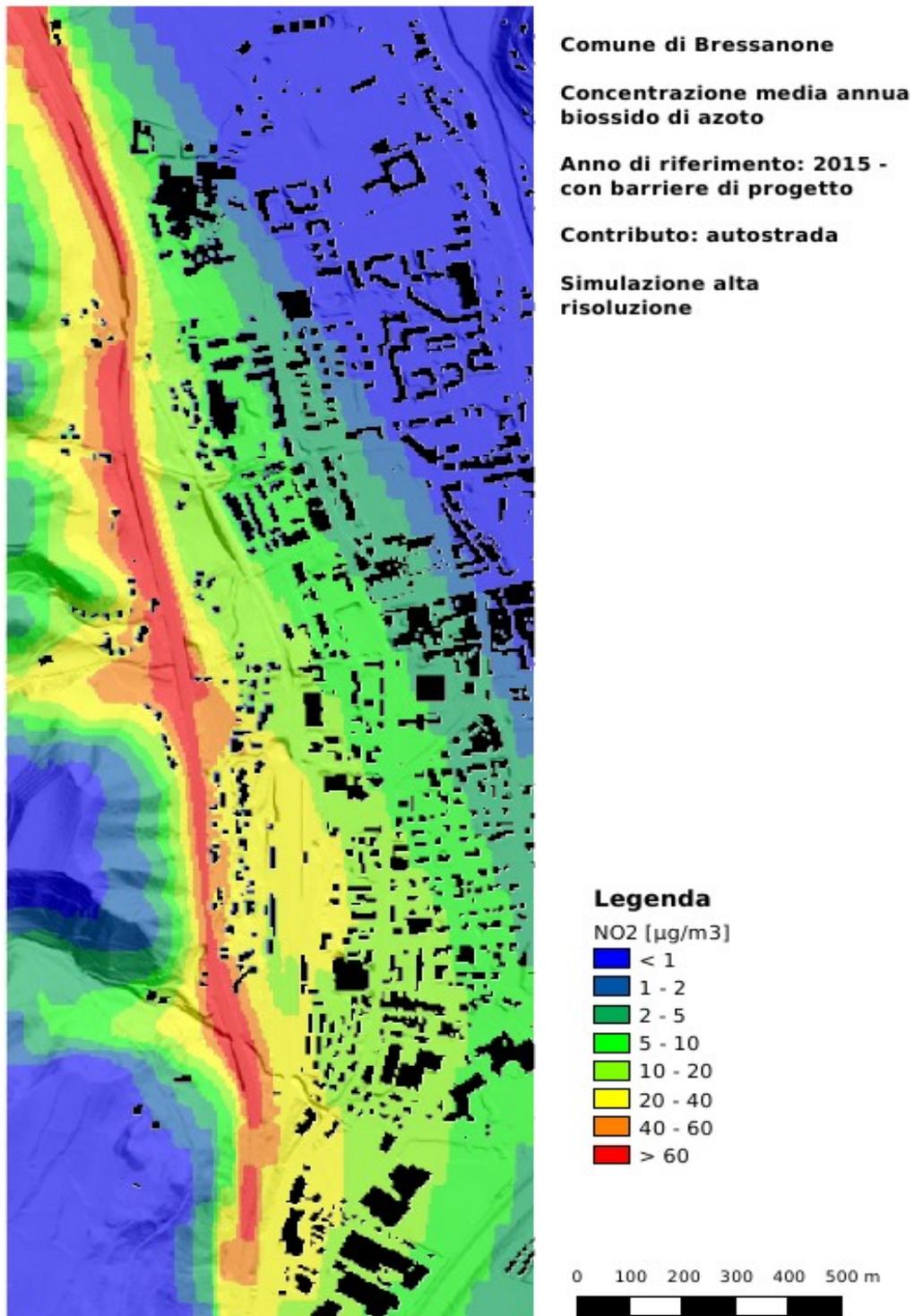


Fig. 22 - Mappa della concentrazione media annua di biossido di azoto dovuta alla sorgente autostradale relativa all'anno 2015 con le barriere di progetto

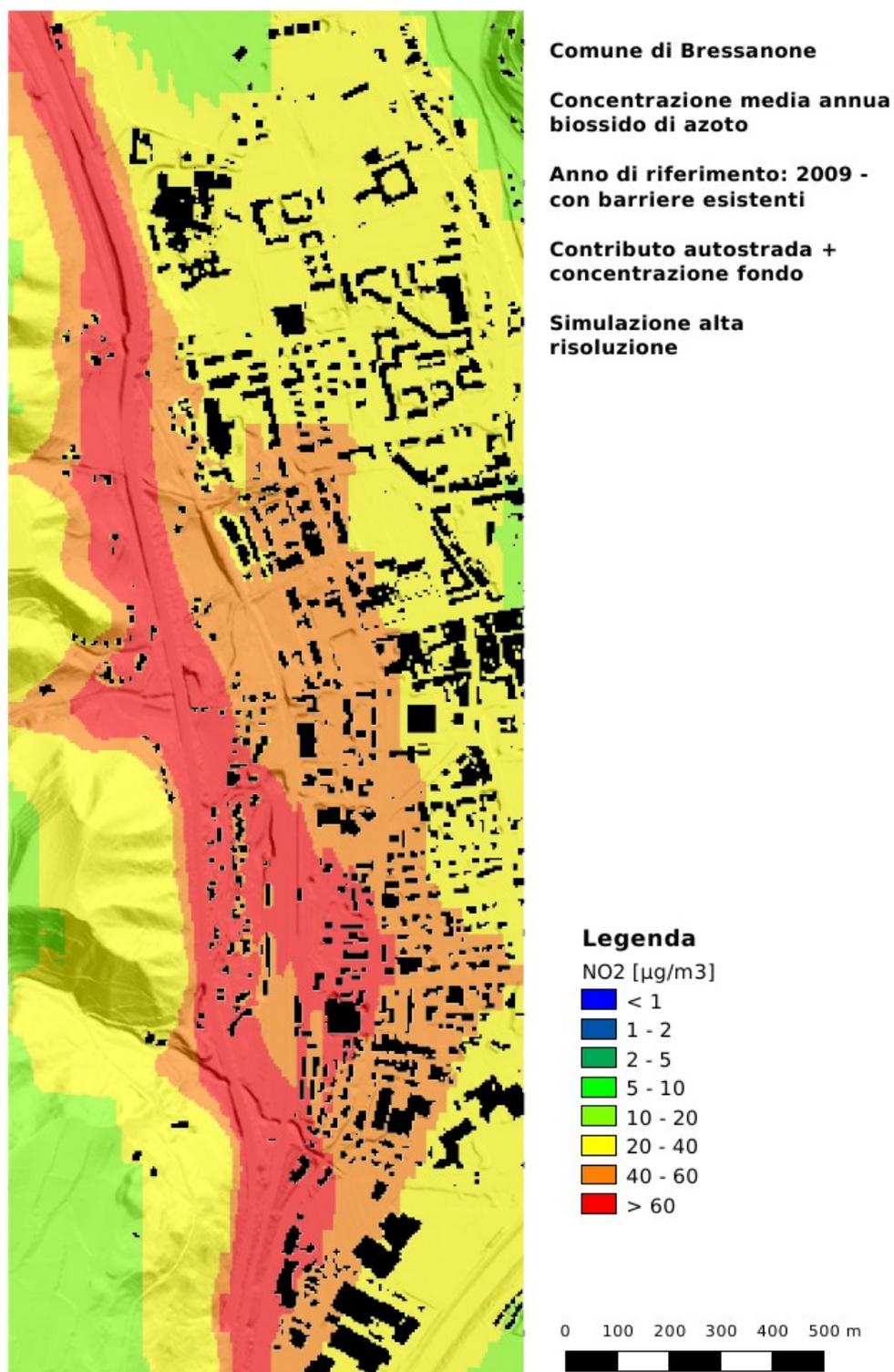


Fig. 23 - Mappa della concentrazione media annua di biossido di azoto dovuta alla sorgente autostradale sommata alla concentrazione di fondo relativa all'anno 2009

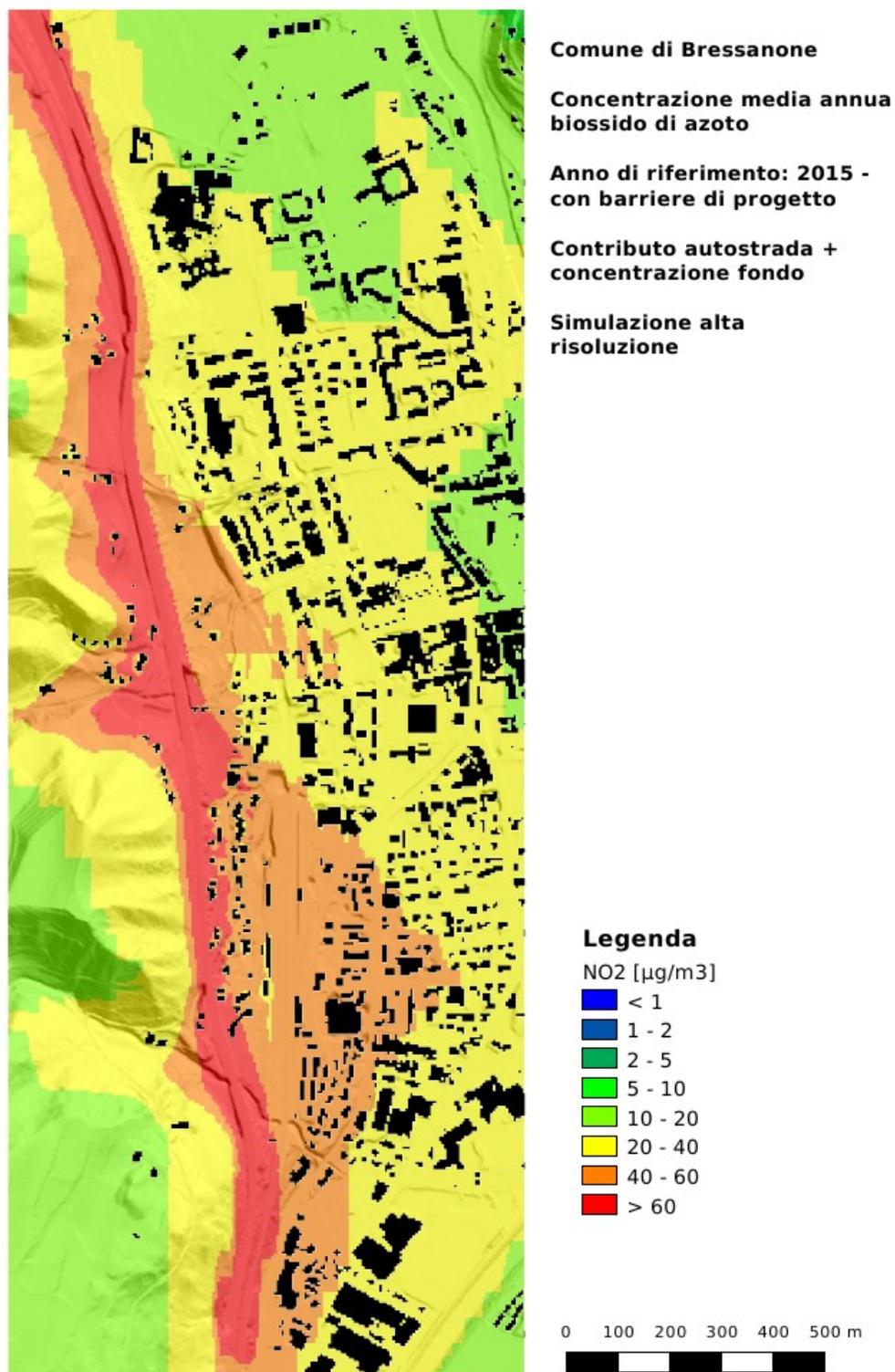


Fig. 24 - Mappa della concentrazione media annua di biossido di azoto dovuta alla sorgente autostradale sommata alla concentrazione di fondo relativa all'anno 2015 con le barriere esistenti

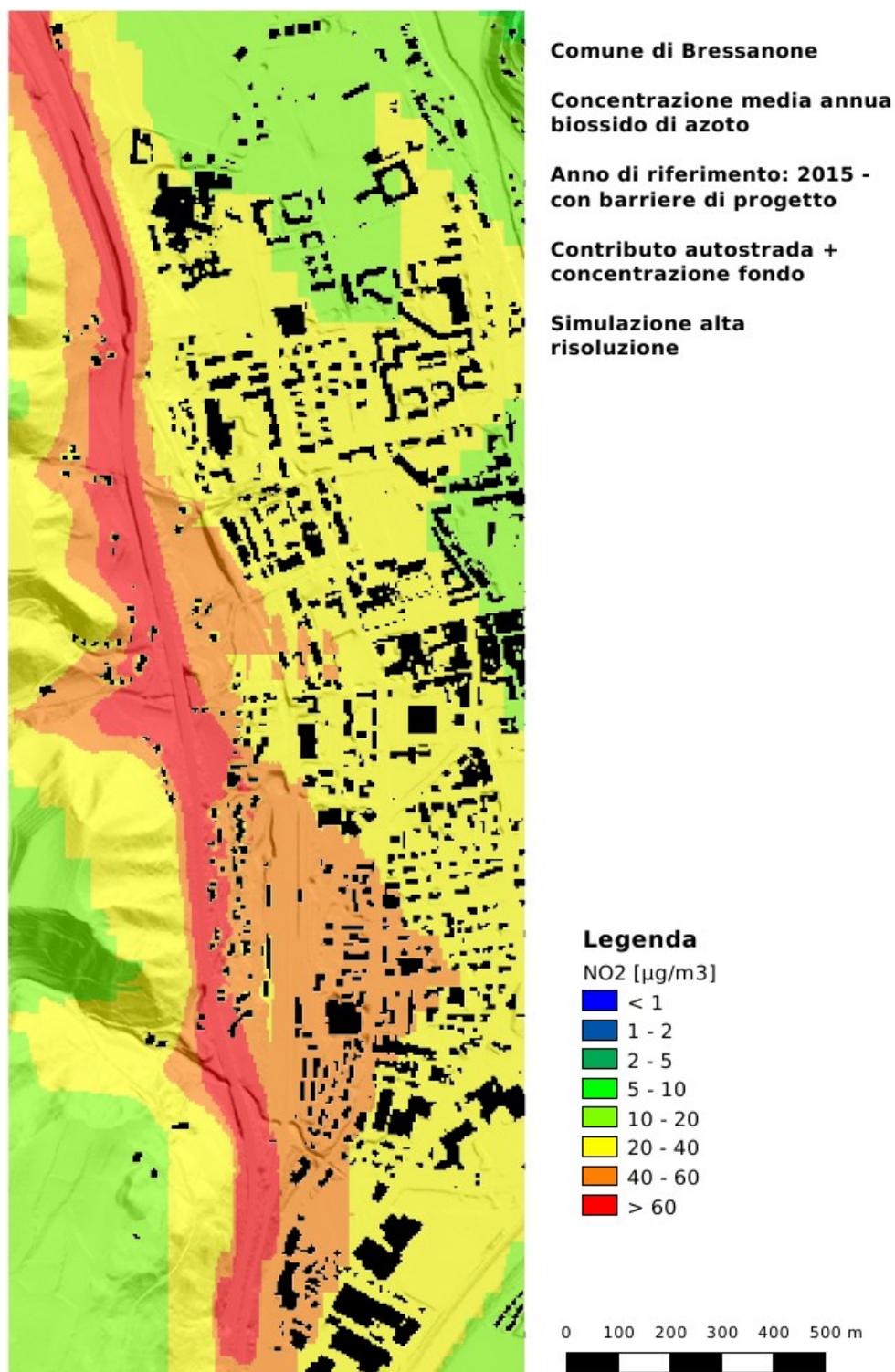


Fig. 25 - Mappa della concentrazione media annua di biossido di azoto dovuta alla sorgente autostradale sommata alla concentrazione di fondo relativa all'anno 2015 con le barriere di progetto

2.2 Considerazioni conclusive

Dall'analisi delle mappe di concentrazione di NO₂ ottenute attraverso l'utilizzo dei modelli di dispersione CALPUFF e AUSTAL2000 emerge come i valori maggiori di concentrazione si realizzino lungo l'asse autostradale, dove sono localizzate le emissioni di inquinante.

Analizzando i risultati si può concludere che in termini di concentrazione al suolo di NO₂ conta, per l'area della città di Bressanone, molto il contributo del traffico e mentre è piuttosto ridotto quello derivante dal riscaldamento domestico autonomo, essendo buona parte della città già allacciata alla rete di teleriscaldamento, i cui impianti per la produzione di energia termica sono stati conteggiati tra le sorgenti puntuali. Infine risulta trascurabile l'impatto al suolo riferibile al comparto industriale.

I risultati delle simulazione forniscono i valori medi annui di concentrazione per l'NO₂, per gli anni di riferimento 2009 e 2015, oltre a valutazioni per il periodo intermedio. Quello che si deduce dai risultati e dalle mappe è che la concentrazione di questo inquinante, come peraltro già verificato tramite le misurazioni effettuate dall'Agenzia per l'Ambiente, risulta particolarmente elevata nella conca della città di Bolzano, così come anche lungo tutto il tracciato dell'Autostrada del Brennero. Lo sforzo teso a quantificare i contributi emissivi delle varie fonti e il potenziale di riduzione assegnabile ai provvedimenti previsti è servito a valutare la possibilità di miglioramento della qualità dell'aria nel Comune di Bolzano di competenza dell'amministrazione medesima e di quella provinciale, e di incorporare quello imputabile all'arteria autostradale che è invece di competenza statale.