



LIFE15 ENV/IT/000281

BrennerLEC

Valutazione dell'impatto delle misure per contrastare la pandemia di COVID-19 sulla qualità dell'aria

Autori:

Valentina Miotto – Agenzia per la protezione dell'ambiente della Provincia di Trento

Patrick Dalpiaz – Agenzia provinciale per l'ambiente e la tutela del clima della Provincia di Bolzano

Lorenzo Giovannini – Università degli studi di Trento

Elena Bertazza – Università degli studi di Trento

Ilaria Todeschini – CISMA S.r.l.



Autostrada del Brennero SpA
Brennerautobahn AG



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO



UNIVERSITÀ
DI TRENTO





Indice

Sommario	3
1 Concentrazioni di biossido di azoto	5
1.1 Concentrazioni medie annuali nel periodo 2017-2019.....	5
1.2 Effetti indotti dalla pandemia di COVID-19: variazioni medie	6
1.3 Effetti indotti dalla pandemia di COVID-19: variazione delle medie giornaliere	13
1.4 Effetti indotti dalla pandemia di COVID-19: variazioni del ciclo medio giornaliero.....	15
1.5 Effetti indotti dalla pandemia di COVID-19: valori normalizzati	18
2 Concentrazioni di black carbon.....	24
3 Emissioni di NO _x e CO ₂	27
4 Taratura della catena modellistica	34
4.1 Previsioni di traffico leggero	34
4.2 Valore della concentrazione di fondo	37
4.3 Confronto tra le previsioni della catena modellistica e le concentrazioni misurate.....	39
5. Conclusioni.....	44
Bibliografia.....	46



Sommario

L'emergenza sanitaria legata al diffondersi del virus SARS-CoV-2 nei primi mesi dell'anno 2020 ha spinto il Governo italiano ad emanare una serie di provvedimenti volti a limitare il diffondersi del contagio; tali provvedimenti hanno implicato anche una forte limitazione delle attività produttive e degli spostamenti, condizionando, come in tutta Italia, anche i volumi di traffico sull'Autostrada del Brennero. Al fine di valutare gli effetti di questi provvedimenti, in questo report vengono dapprima analizzati i dati di qualità dell'aria misurati da diverse stazioni di monitoraggio gestite dall'Agenzia provinciale per l'ambiente e la tutela del clima della Provincia Autonoma di Bolzano (APPABZ) e dall'Agenzia per la protezione dell'ambiente della Provincia Autonoma di Trento (APPATN). In particolare, vengono analizzati i dati di sette stazioni, a partire dall'anno 2017 e fino a inizio giugno 2020. L'approfondimento realizzato si focalizza sull'analisi dell'evoluzione temporale del biossido di azoto (NO_2), inquinante atmosferico originato prevalentemente dal traffico veicolare e sull'andamento dell'inquinante black carbon, quale altro tracciante delle emissioni da traffico. Per quanto concerne le stazioni in territorio altoatesino, ne sono state selezionate due a bordo autostrada (ML103 e ML107) nei pressi del comune di Egna e altre due a distanza progressivamente crescente dall'autostrada, rispettivamente a circa 30 m (stazione AB2 - Egna) e a 230 m (CR1 - Cortina sulla Strada del Vino). Per quanto riguarda invece il territorio trentino, sono stati analizzati i dati della stazione di progetto posizionata a bordo autostrada al km 164 all'altezza di Rovereto (in funzione dal 10 marzo 2017), della stazione di Avio (al km 177) posizionata ad una distanza di 16 m dalla carreggiata autostradale e della stazione di fondo rurale posizionata a Mezzolombardo a circa 800 m dall'A22. Inoltre, per quanto riguarda il biossido di azoto, è stata condotta un'analisi supplementare per le stazioni di progetto ML103 e ML107, normalizzando le concentrazioni misurate rispetto alle condizioni meteorologiche. Tale procedimento, chiamato "normalizzazione meteorologica", ha lo scopo di evidenziare le variazioni di concentrazione dovute esclusivamente ad un cambio nelle emissioni di inquinante, che potrebbero essere mascherate dalla variabilità meteorologica. I risultati mettono in luce una sostanziale diminuzione delle concentrazioni di biossido di azoto e di black carbon durante il periodo di lockdown, dell'ordine del 50% a bordo autostrada. Diminuzioni significative sono state registrate anche per le stazioni più distanti dall'autostrada, testimoniando come l'effetto non sia stato solo prettamente locale.



Gli effetti delle misure di contenimento della pandemia di COVID-19 sono in seguito stati valutati analizzando anche le variazioni delle emissioni di ossidi di azoto e di anidride carbonica dovute al traffico autostradale. I risultati hanno sostanzialmente confermato quanto evidenziato dall'analisi delle misure di qualità dell'aria, con diminuzioni significative di entrambe le specie, soprattutto per quanto riguarda il contributo dovuto ai veicoli leggeri.

Infine, la parte finale del presente report è dedicata alla catena modellistica utilizzata nel progetto per la previsione delle concentrazioni di biossido di azoto a bordo autostrada. In particolare, dapprima vengono descritti gli accorgimenti che si sono dovuti implementare per fornire al modello di dispersione previsioni realistiche di traffico e delle concentrazioni di fondo in condizioni che si discostano significativamente da quelle ordinarie. In seguito, viene presentata una validazione dei risultati della catena modellistica, evidenziando come la stima dei volumi di traffico circolanti lungo l'autostrada sia fondamentale per ottenere una previsione affidabile delle concentrazioni di biossido di azoto a bordo strada.

1 Concentrazioni di biossido di azoto

1.1 Concentrazioni medie annuali nel periodo 2017-2019

Al fine di ottenere una prima indicazione relativa al tipo di stazioni di monitoraggio prese in esame, si riportano in Figura 1 i valori medi annuali delle concentrazioni di biossido di azoto; dal grafico è possibile apprezzare, per tutte le stazioni, un trend decrescente dei valori immissivi negli ultimi tre anni, dettato in parte dalle condizioni atmosferiche differenti e, in parte, dal progressivo e costante miglioramento della qualità dell'aria in Trentino Alto Adige per la diminuzione delle emissioni di questo inquinante nel corso degli ultimi anni.

Al progressivo allontanamento dalla sede autostradale delle stazioni di monitoraggio (da quelle a bordo autostrada fino ad arrivare a quelle di fondo rurale), si nota un generale calo delle concentrazioni di biossido di azoto, dovuto proprio alla crescente distanza dalla fonte emissiva di traffico.

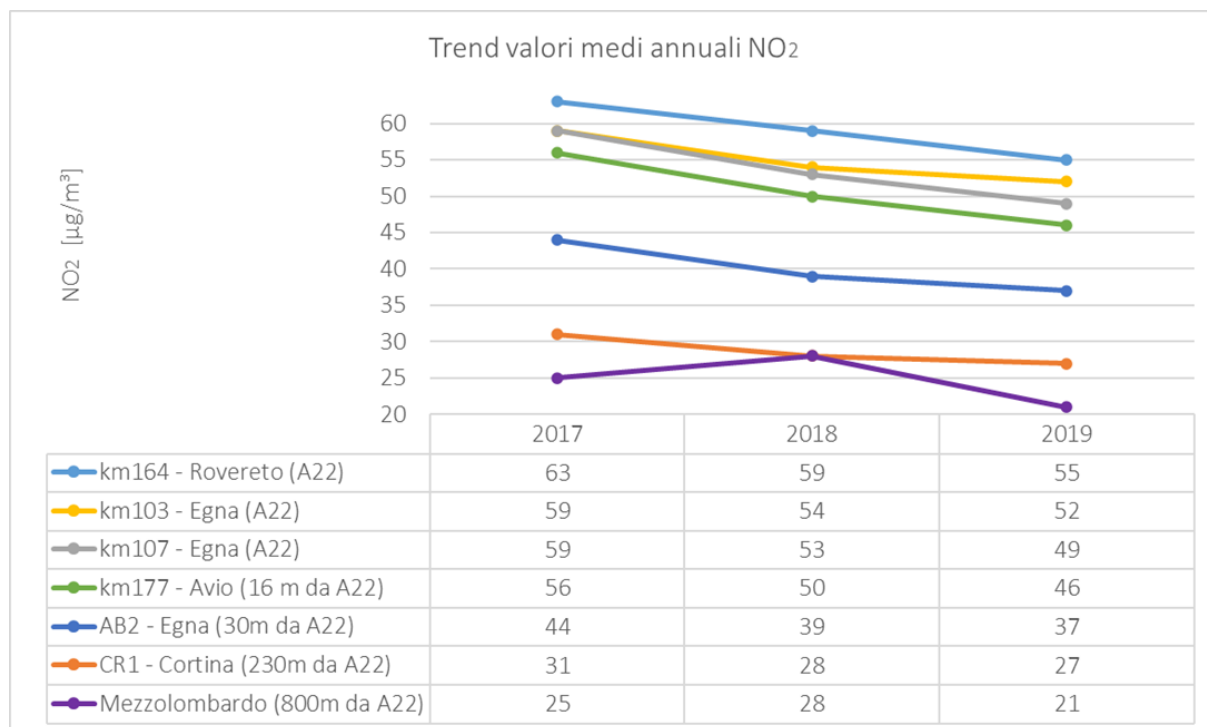


Figura 1: Valori medi annuali di NO₂ nelle stazioni analizzate dal 2017 al 2019.



1.2 Effetti indotti dalla pandemia di COVID-19: variazioni medie

L'analisi di qualità dell'aria presentata in questo documento è stata svolta ponendo a confronto i dati dei primi cinque mesi del 2020 con gli analoghi periodi dei tre anni precedenti. I dati misurati dalle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria sono stati suddivisi in quattro periodi di riferimento. Tale suddivisione mira a separare le fasi dell'anno 2020 caratterizzate da diversi volumi di traffico, come conseguenza dell'introduzione delle misure di limitazione degli spostamenti per contenere la pandemia di COVID-19:

- **01/01 - 24/02:** regime di traffico inalterato;
- **25/02 - 08/03:** il traffico è progressivamente calato con il passare dei giorni. Dalle Tabelle 1 e 2 si può notare come in questo periodo il traffico sia calato mediamente del 16% per i veicoli leggeri e del 2% per i veicoli pesanti;
- **09/03 - 03/05:** periodo di lockdown in Italia; rispetto all'analogo periodo degli anni precedenti, il traffico ha subito un calo del 92% per i veicoli leggeri e del 42% per i veicoli pesanti;
- **04/05 - 02/06:** allentamento delle misure di contenimento e ripresa del traffico (calo del 77% per i veicoli leggeri e del 32% per i veicoli pesanti).

Periodo	Veicoli leggeri triennio 2017-2019	Veicoli leggeri anno 2020	Variazione transiti veicoli leggeri 2020 vs. triennio 2017-2019	
	Veicoli medi giorno	Veicoli medi giorno	Veicoli medi giorno	[%]
25/02-08/03	26'353	22'093	-4'260	-16.2
09/03-03/05	28'024	2'193	-25'831	-92.2
04/05-02/06	30'214	7'008	-23'206	-76.8

Tabella 1: Confronto tra il numero medio di veicoli leggeri al giorno, su entrambe le carreggiate, nel triennio 2017-2019 e nel 2020 nei periodi in cui erano in atto le limitazioni agli spostamenti. I dati sono stati calcolati come media dei transiti nei tratti Egna-San Michele e Rovereto Nord-Rovereto Sud.

Periodo	Veicoli pesanti triennio 2017-2019	Veicoli pesanti anno 2020	Variazione transiti veicoli pesanti 2020 vs. triennio 2017-2019	
	Veicoli medi giorno	Veicoli medi giorno	Veicoli medi giorno	[%]
25/02-08/03	12'850	12'637	-213	-1.7
09/03-03/05	13'351	7'740	-5'612	-42.0
04/05-02/06	14'609	10'004	-4'606	-31.6

Tabella 2: Come per la tabella 1, ma per i veicoli pesanti.



Si riportano nelle Tabelle 3-9 le variazioni in termini assoluti e percentuali dei valori di concentrazione di NO₂ misurati nel 2020, rispetto ai valori medi dei tre anni precedenti, relativi ai periodi sopra individuati caratterizzati da diverse intensità di traffico nel 2020.

Dal confronto si evince che nel primo periodo del 2020 i valori sono in linea con gli anni precedenti; le variazioni sono dell'ordine di pochi punti percentuali in positivo o in negativo. Nel periodo di lockdown invece, a bordo autostrada, la concentrazione media di NO₂ diminuisce di quasi il 50% rispetto a quella dei tre anni precedenti.

Come era lecito aspettarsi, si osserva che le riduzioni nelle concentrazioni di NO₂ sono più marcate nelle stazioni di monitoraggio posizionate a bordo autostrada (km103, km107 e km164) e calano allontanandosi dalla fonte emissiva autostradale; le riduzioni risultano ugualmente significative ad una certa distanza dall'autostrada, con circa il 39% presso la stazione di Mezzolombardo.

Dai dati a disposizione si può affermare che:

- nella prima trentina di metri di distanza dalla fonte, piccoli spostamenti dalla sede autostradale comportano grandi variazioni percentuali delle diminuzioni di NO₂: le riduzioni misurate durante il periodo di lockdown nelle stazioni poste a bordo autostrada sono state di poco inferiori al 50%, mentre presso la stazione AB2, a circa 30 m di distanza dall'A22, la riduzione è del 40%; pertanto, allontanandosi di circa 30 m si è registrata una differenza pari a circa il 10%.
- a distanze superiori ai 30 m dalla fonte, le riduzioni di NO₂ durante il periodo di lockdown sembrano stabilizzarsi intorno al 37-40%.



Stazione ML107				
Periodo	NO ₂ media triennio 2017-2019	NO ₂ 2020	Variazione NO ₂ 2020 vs. triennio 2017-2019	
	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[%]
01/01-24/02	68.9	66.9	-2.0	-2.9
09/03-03/05	50.7	25.6	-25.1	-49.5

Tabella 3: Confronto tra le concentrazioni di NO₂ nel triennio 2017-2019 e nel 2020 nel periodo con traffico inalterato (01/01-24/02) e nel periodo di lockdown (09/03-03/05) per la stazione ML107.

Stazione ML103				
Periodo	NO ₂ media triennio 2017-2019	NO ₂ 2020	Variazione NO ₂ 2020 vs. triennio 2017-2019	
	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[%]
01/01-24/02	68.1	67.0	-1.1	-1.6
09/03-03/05	52.0	27.0	-25.0	-48.1

Tabella 4: Confronto tra le concentrazioni di NO₂ nel triennio 2017-2019 e nel 2020 nel periodo con traffico inalterato (01/01-24/02) e nel periodo di lockdown (09/03-03/05) per la stazione ML103.

Stazione AB2				
Periodo	NO ₂ media triennio 2017-2019	NO ₂ 2020	Variazione NO ₂ 2020 vs. triennio 2017-2019	
	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[%]
01/01-24/02	58.2	56.3	-1.9	-3.3
09/03-03/05	33.6	20.3	-13.3	-39.5

Tabella 5: Confronto tra le concentrazioni di NO₂ nel triennio 2017-2019 e nel 2020 nel periodo con traffico inalterato (01/01-24/02) e nel periodo di lockdown (09/03-03/05) per la stazione AB2.

Stazione CR1				
Periodo	NO ₂ media triennio 2017-2019	NO ₂ 2020	Variazione NO ₂ 2020 vs. triennio 2017-2019	
	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[%]
01/01-24/02	45.9	46.6	0.7	1.5%
09/03-03/05	25.5	16.1	-9.4	-36.9%

Tabella 6: Confronto tra le concentrazioni di NO₂ nel triennio 2017-2019 e nel 2020 nel periodo con traffico inalterato (01/01-24/02) e nel periodo di lockdown (09/03-03/05) per la stazione CR1.

Stazione km164				
Periodo	NO ₂ media triennio 2017-2019	NO ₂ 2020	Variazione NO ₂ 2020 vs. triennio 2017-2019	
	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[%]
01/01-24/02	73.8	75.7	1.8	2.5
09/03-03/05	58.0	31.1	-9.4	-46.3

Tabella 7: Confronto tra le concentrazioni di NO₂ nel triennio 2017-2019 e nel 2020 nel periodo con traffico inalterato (01/01-24/02) e nel periodo di lockdown (09/03-03/05) per la stazione km164.

Stazione Avio km177				
Periodo	NO ₂ media triennio 2017-2019	NO ₂ 2020	Variazione NO ₂ 2020 vs. triennio 2017-2019	
	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[%]
01/01-24/02	62.6	55.5	-7.1	-11.3
09/03-03/05	45.3	25.1	-20.2	-44.5

Tabella 8: Confronto tra le concentrazioni di NO₂ nel triennio 2017-2019 e nel 2020 nel periodo con traffico inalterato (01/01-24/02) e nel periodo di lockdown (09/03-03/05) per la stazione Avio km177.

Stazione di Mezzolombardo				
Periodo	NO ₂ media triennio 2017-2019	NO ₂ 2020	Variazione NO ₂ 2020 vs. triennio 2017-2019	
	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[%]
01/01-24/02	34.8	35.5	0.7	2.0
09/03-03/05	18.9	11.6	-7.3	-38.7

Tabella 9: Confronto tra le concentrazioni di NO₂ nel triennio 2017-2019 e nel 2020 nel periodo con traffico inalterato (01/01-24/02) e nel periodo di lockdown (09/03-03/05) per la stazione Mezzolombardo.



Le informazioni contenute nelle Tabelle 3-9 possono essere apprezzate anche in forma grafica nelle Figure 2-8. In particolare, in queste Figure viene riportato il valore medio di biossido di azoto rilevato negli ultimi 4 anni, nei quattro periodi individuati. Nel primo periodo i valori sono confrontabili per i diversi anni, mentre nel periodo di lockdown del 2020 si nota l'evidente diminuzione della concentrazione di NO₂.

Il periodo che va dal 25/02 al 08/03 rappresenta un periodo di transizione e parziale calo del traffico, mentre il periodo di ripresa è molto graduale e presenta concentrazioni che si mantengono comunque ancora al di sotto delle medie del triennio precedente.

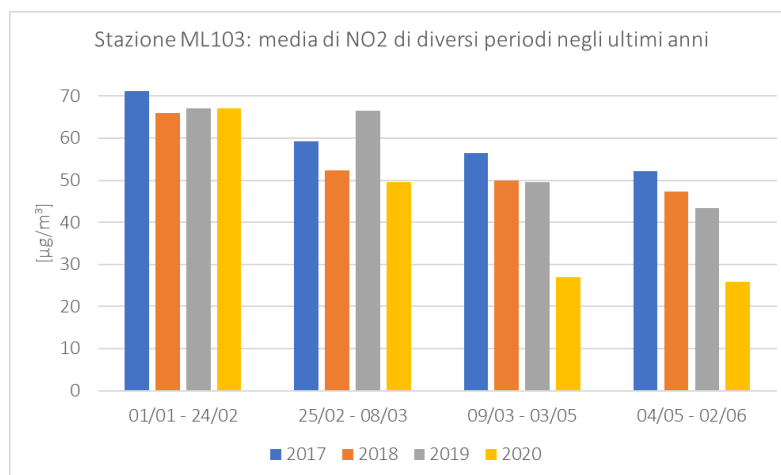


Figura 2: Confronto delle concentrazioni di NO₂ nei periodi con diverse intensità di traffico negli anni 2017-2020 per la stazione ML103.

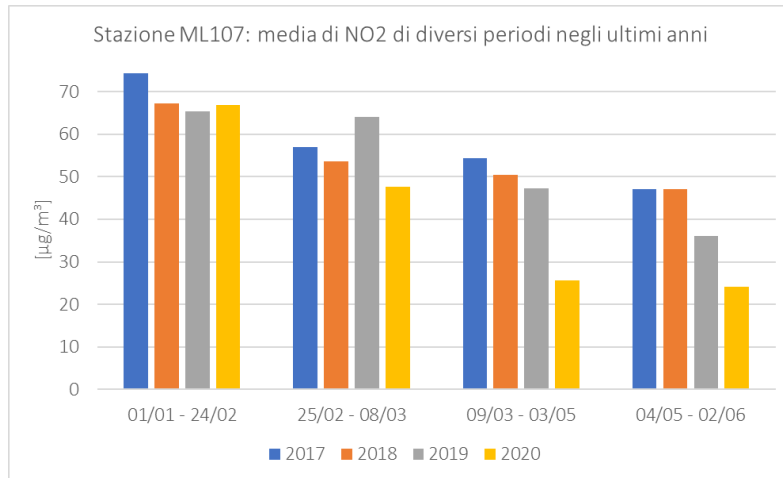


Figura 3: Come in Figura 2, ma per la stazione ML107.

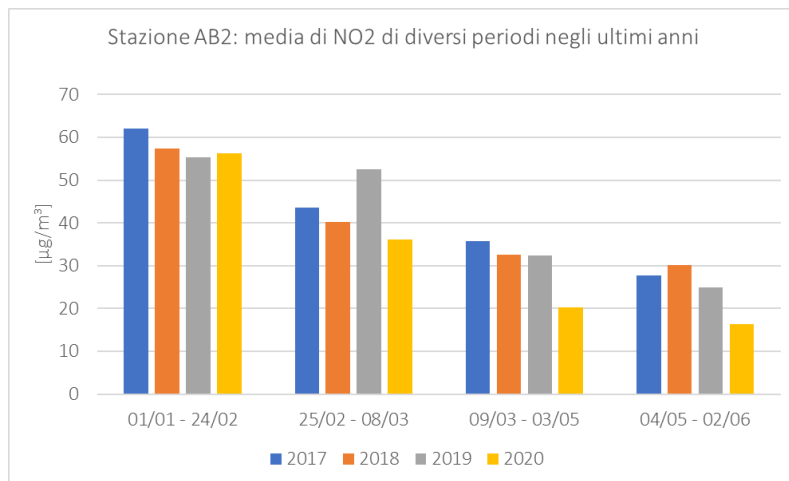


Figura 4: Come in Figura 2, ma per la stazione AB2.

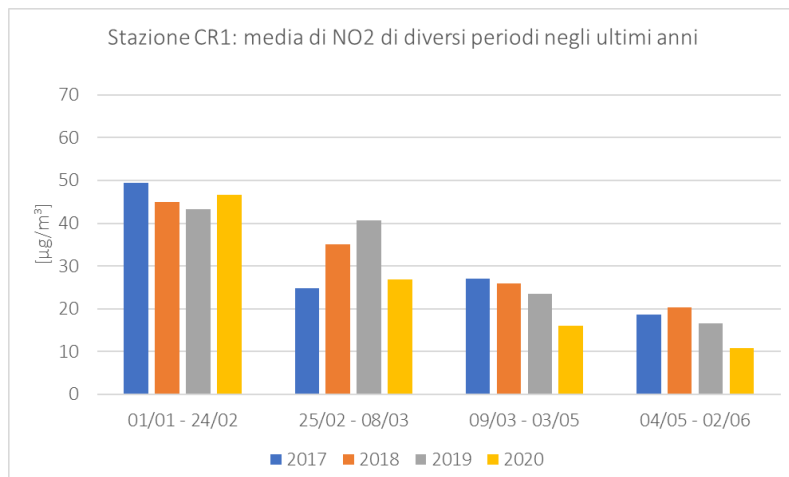


Figura 5: Come in Figura 2, ma per la stazione CR1.

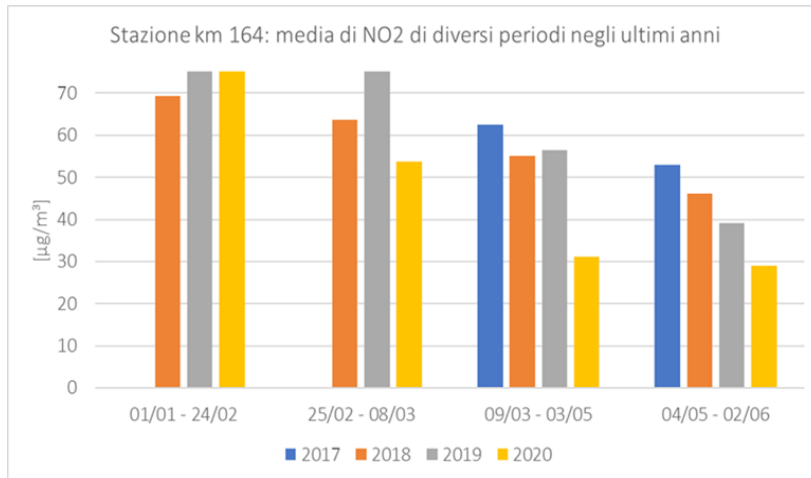


Figura 6: Come in Figura 2, ma per la stazione km164.

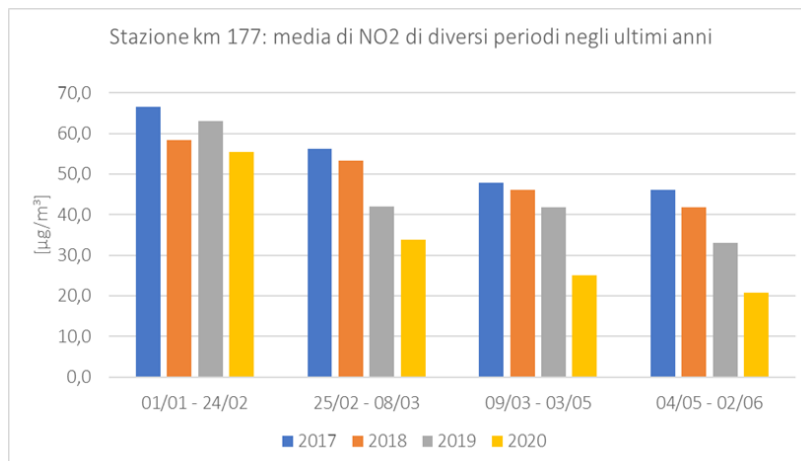


Figura 7: Come in Figura 2, ma per la stazione Avio km177.

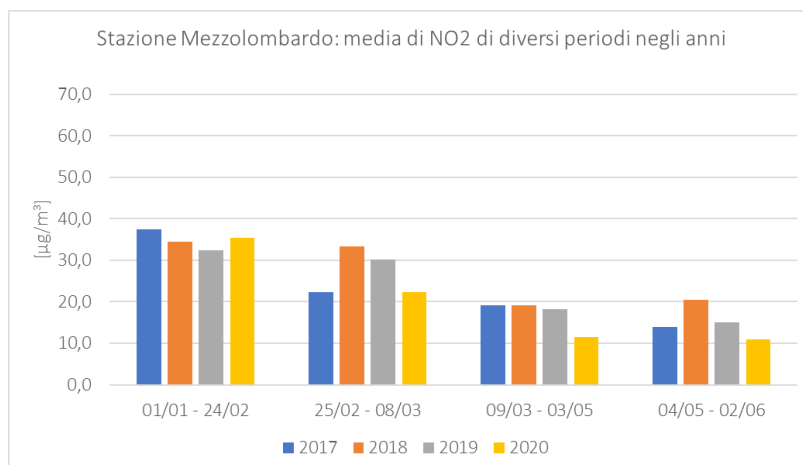


Figura 8: Come in Figura 2, ma per la stazione Mezzolombardo.

1.3 Effetti indotti dalla pandemia di COVID-19: variazione delle medie giornaliere

Nelle Figure 9-12 vengono mostrate le serie temporali dei valori medi giornalieri delle concentrazioni di NO₂ per il periodo 01/01-02/06, confrontando i valori misurati nel 2020 con quelli osservati nel triennio precedente. In particolare, nei grafici viene riportato in arancione (linea tratteggiata) il valore medio giornaliero di NO₂ per gli ultimi 3 anni (2017-2019), mentre in verde la concentrazione misurata nei primi mesi del 2020. La fascia gialla delimita il range di valori minimi e massimi registrati negli anni 2017-2019, mentre le linee rosse verticali delimitano i quattro periodi temporali presi in considerazione per la presente analisi. Per le stazioni considerate, nel primo periodo di traffico inalterato la curva verde oscilla prevalentemente all'interno della fascia gialla (tra minimo e massimo); durante la fase di calo del traffico e di lockdown le concentrazioni misurate nel 2020 diminuiscono e si discostano invece in maniera più accentuata rispetto alle concentrazioni degli anni precedenti.

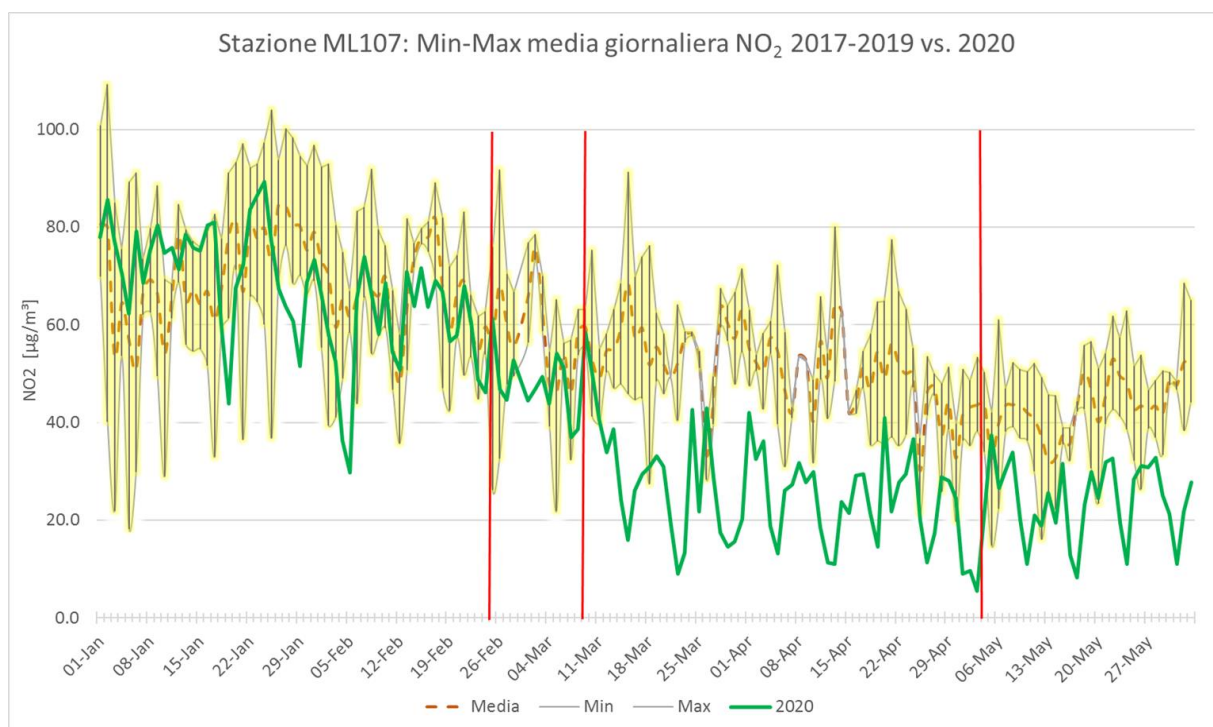


Figura 9: Serie temporale su base giornaliera delle concentrazioni di NO₂ misurate presso la stazione ML107. La linea arancione tratteggiata rappresenta la concentrazione media nel periodo 2017-2019, gli estremi dell'area gialla rappresentano la concentrazione minima e massima nel periodo 2017-2019, mentre la linea verde continua rappresenta la concentrazione nell'anno 2020.

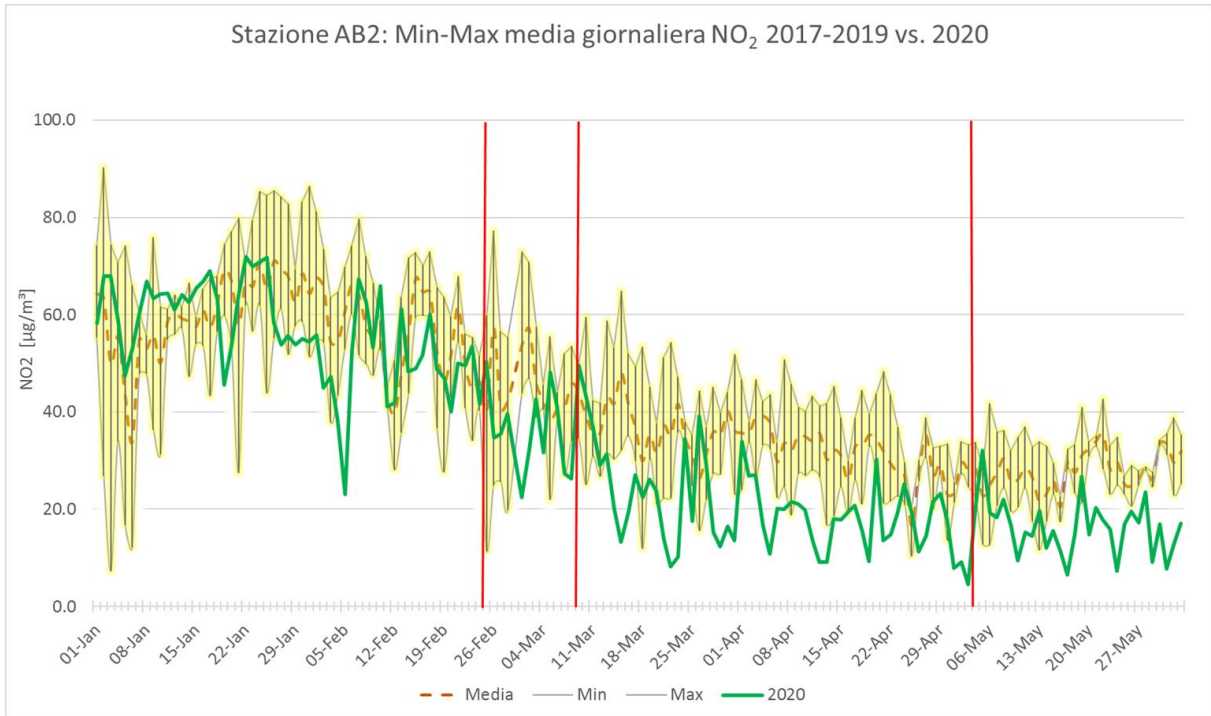


Figura 10: Come in Figura 9, ma per la stazione AB2.

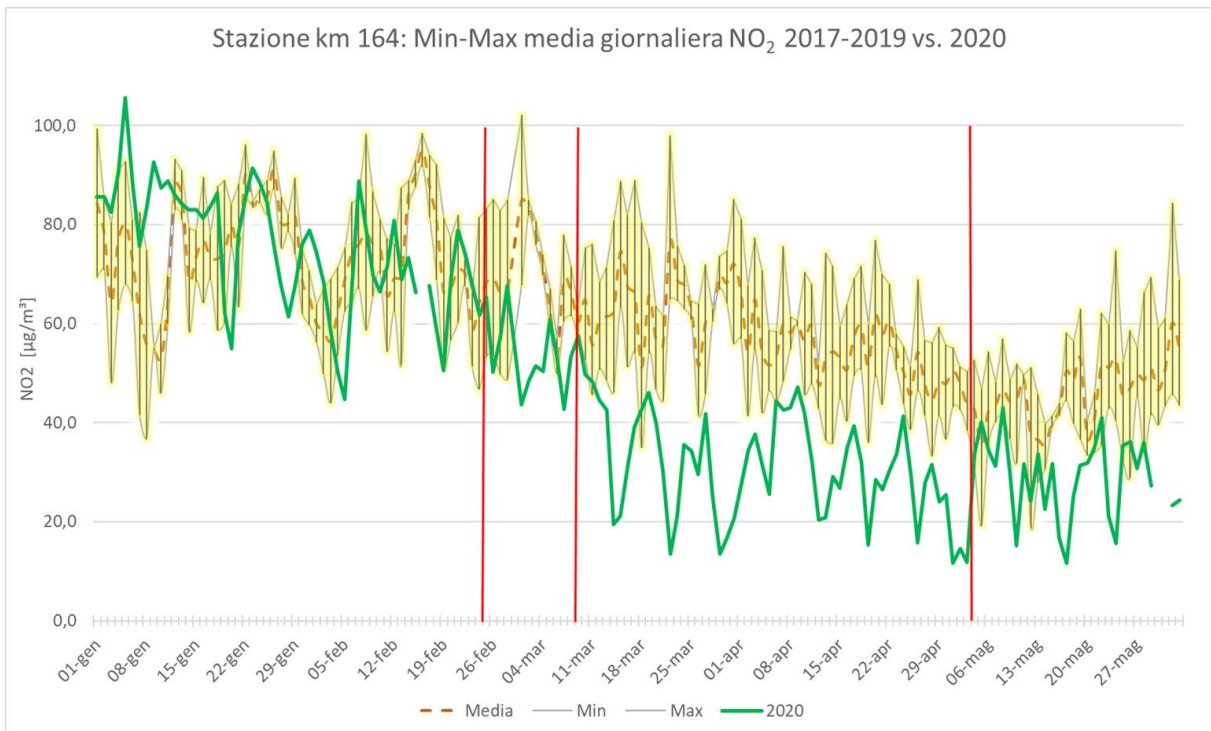


Figura 11: Come in Figura 9, ma per la stazione al km164.

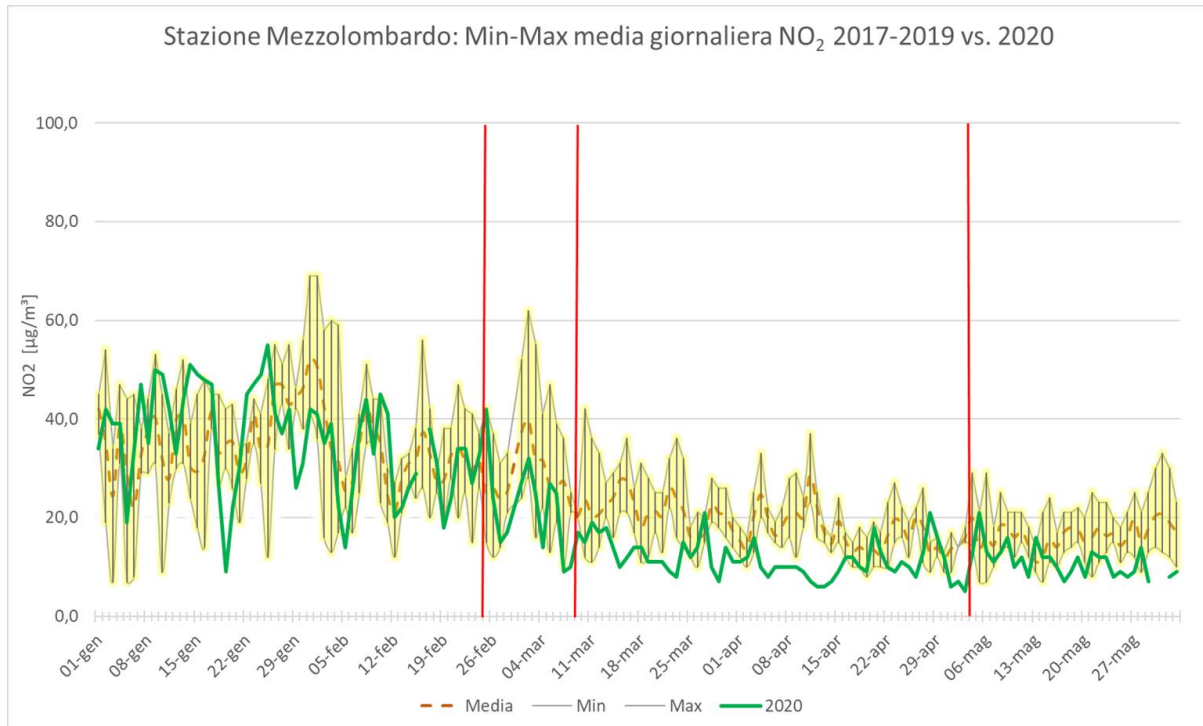


Figura 12: Come in Figura 9, ma per la stazione di Mezzolombardo.

1.4 Effetti indotti dalla pandemia di COVID-19: variazioni del ciclo medio giornaliero

Nelle Figure 13-16 si possono apprezzare i cicli medi giornalieri di biossido di azoto nelle diverse stazioni di misura nel periodo con traffico inalterato e durante la fase di lockdown. Come osservato nelle analisi precedenti, anche per quanto riguarda gli andamenti giornalieri di NO₂ si riscontra come, nel periodo di normalità del 2020, si siano misurate concentrazioni di NO₂ paragonabili agli anni precedenti; durante il periodo caratterizzato dalle limitazioni al traffico nel 2020, invece, i valori di concentrazione di biossido di azoto si sono rivelati nettamente inferiori rispetto al triennio precedente ad ogni ora del giorno. Nonostante il calo delle attività produttive e l'ampia diffusione dello smart working per molte aziende, si conferma comunque il tipico andamento orario che presenta due picchi giornalieri, al mattino e alla sera, legati agli orari lavorativi, sia per le stazioni a bordo strada (es. stazione ML103) che per le altre stazioni (es. stazione AB2).

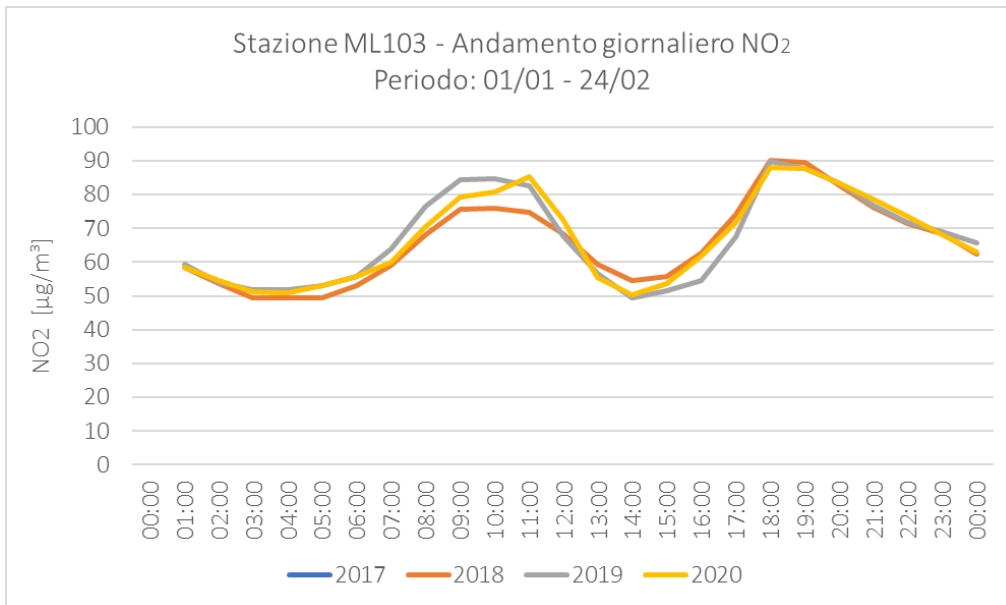


Figura 13: Ciclo medio giornaliero delle concentrazioni di NO₂ nel periodo con traffico inalterato (01/01 – 24/02) per la stazione ML103. In questa stazione non è disponibile il ciclo medio giornaliero per l'anno 2017.

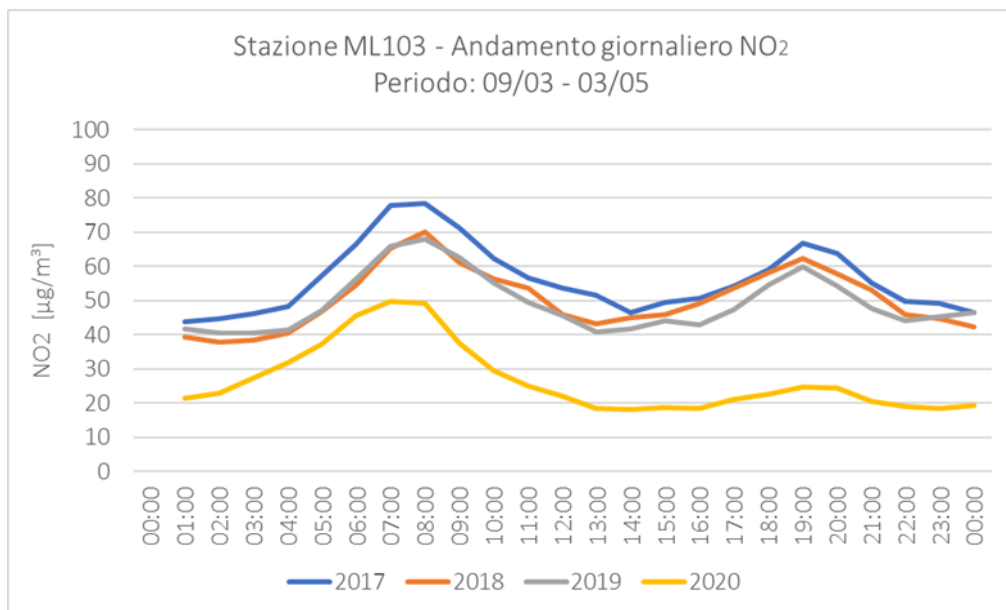


Figura 14: Ciclo medio giornaliero delle concentrazioni di NO₂ nel periodo di lockdown (09/03 – 03/05) per la stazione ML103.

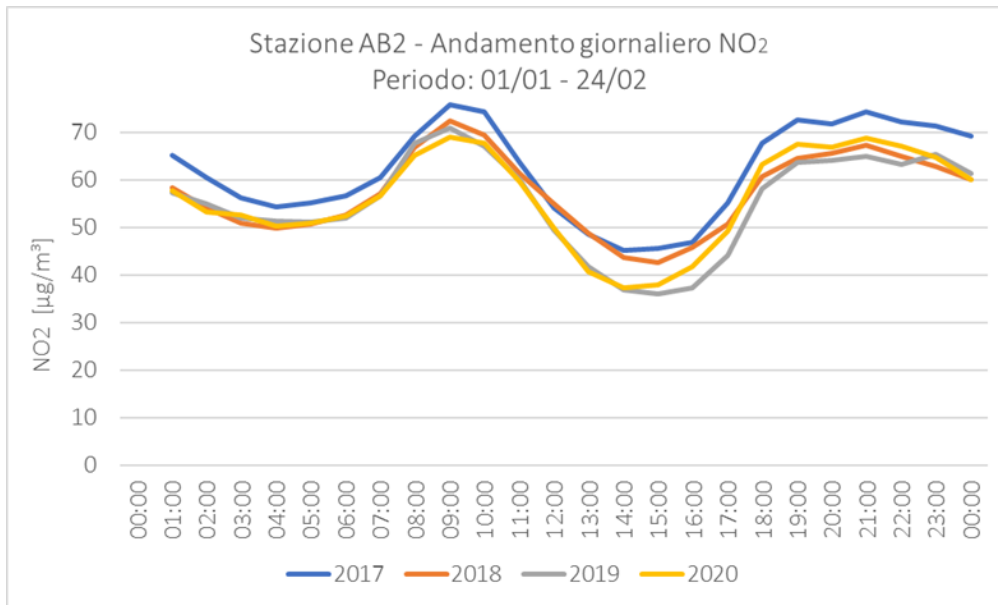


Figura 15: Ciclo medio giornaliero delle concentrazioni di NO₂ nel periodo con traffico inalterato (01/01 – 24/02) per la stazione AB2.

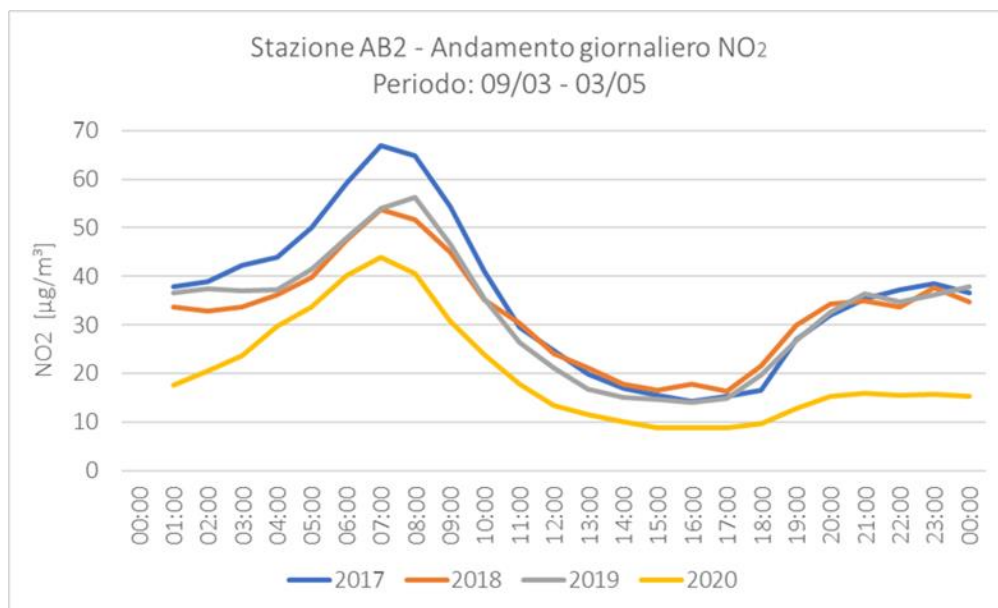


Figura 16: Ciclo medio giornaliero delle concentrazioni di NO₂ nel periodo di lockdown (09/03 – 03/05) per la stazione AB2.



1.5 Effetti indotti dalla pandemia di COVID-19: valori normalizzati

Al fine di evidenziare il calo delle emissioni durante il periodo di lockdown è possibile utilizzare un approccio alternativo rispetto a quello appena presentato. Tale approccio consiste nell'effettuare una normalizzazione meteorologica sfruttando non solo le misure di concentrazione di inquinante, ma anche dati prettamente meteorologici. Di seguito sono spiegati brevemente i principi su cui si basa questa tecnica e come essa è stata utilizzata per questa analisi.

La concentrazione degli inquinanti misurata dagli strumenti dipende da due fattori:

1. l'emissione intrinseca, ovvero la quantità di sostanza inquinante emessa dalla sorgente;
2. le condizioni atmosferiche, in particolare la capacità dell'atmosfera di disperdere gli inquinanti.

Ad esempio, se una sorgente emette una certa quantità di inquinante e ci si trova in condizioni di atmosfera stabile (es. in inverno), la sostanza tende a rimanere nelle vicinanze della sorgente, negli strati inferiori dell'atmosfera, per cui la concentrazione misurata risulterà elevata. Al contrario, se la stessa quantità di inquinante viene rilasciata in un momento in cui sono presenti moti convettivi (es. in estate), a causa del rimescolamento dell'aria prodotto dalla convezione l'inquinante viene disperso e la concentrazione misurata risulterà minore. Per questo motivo, se si vuole studiare l'emissione intrinseca, paragonare i valori misurati in periodi in cui le condizioni atmosferiche sono molto differenti può essere fuorviante. Proprio per questo motivo l'analisi presentata in precedenza è andata a confrontare le concentrazioni del periodo di lockdown con quelle dello stesso periodo relativo agli anni precedenti (primavera 2020 - primavere 2017/2018/2019), in modo da garantire una certa omogeneità di condizioni atmosferiche. Lo scopo della normalizzazione meteorologica è quello di ottenere l'andamento temporale della concentrazione normalizzata, cioè depurata dagli effetti della variabilità meteorologica. Quello che si ottiene in seguito alla normalizzazione è quindi una serie temporale che mostra l'andamento che avrebbe la concentrazione dell'inquinante se le condizioni meteorologiche fossero sempre le stesse.

Per effettuare la normalizzazione viene utilizzato un algoritmo di machine learning che determina la dipendenza della concentrazione misurata da un gruppo di variabili rappresentative dei processi che influenzano la dispersione degli inquinanti. Queste variabili (indipendenti) sono le principali grandezze meteorologiche (temperatura, velocità e direzione del vento, pressione, umidità, precipitazione, radiazione solare e gradiente verticale di temperatura), a cui vengono aggiunte alcune variabili temporali, che servono per tenere in considerazione i cicli periodici e il trend di lungo periodo della concentrazione



degli inquinanti (giorno della settimana, giorno dell'anno e data "unix", cioè i secondi a partire dal 01/01/1970). Per ottenere una serie temporale della concentrazione normalizzata che rispecchi il più possibile l'effettivo andamento delle emissioni, è molto importante che le variabili siano scelte in modo tale da includere tutti i fattori che hanno un ruolo nella dispersione. L'algoritmo per la normalizzazione richiede in ingresso la serie temporale della concentrazione misurata e quelle delle variabili indipendenti. Una parte di questi dati (scelta in maniera casuale) viene utilizzata per "allenare" il modello: ai diversi valori delle variabili indipendenti è associato un valore di concentrazione, se tali valori cambiano, la concentrazione cambia di conseguenza. Il modello quindi, utilizzando i dati, "impara" a capire come avviene questo cambiamento. Per esempio, se accade sistematicamente che quando la temperatura è bassa le concentrazioni misurate sono alte, l'algoritmo "capisce" che la concentrazione aumenta al calare della temperatura. Questo semplice ragionamento è implementato considerando tutte le variabili contemporaneamente ed utilizzando opportuni intervalli di valori per ciascuna di esse (ciò consente di capire, ad esempio, cosa succede alla concentrazione se la temperatura è minore di un certo valore, il gradiente termico è negativo, le precipitazioni assenti ecc...). Grazie a questo "allenamento", il modello è in grado di fare delle previsioni sui valori delle concentrazioni e tali previsioni vengono poi verificate utilizzando la restante parte dei dati in ingresso. Per ottenere delle previsioni accurate è fondamentale che i dati forniti all'algoritmo contengano più combinazioni possibili di valori assunti dalle variabili meteorologiche; per questo è utile avere a disposizione molti anni di misurazioni strumentali.

In questo studio sono stati presi in esame i dati meteorologici e di qualità dell'aria delle stazioni ML103 ed ML107 situate a bordo autostrada, rispettivamente ai km 103 e 107, mentre le misure del gradiente termico verticale sono quelle ottenute dal profilatore termico situato all'aeroporto di Bolzano. L'algoritmo utilizzato per la normalizzazione è stato scritto in linguaggio R, a partire dai codici del pacchetto "rmweather" [1,2]. Il grafico presentato in Figura 17 mostra l'andamento della concentrazione di NO₂ misurata dalla stazione ML103 da febbraio 2017 a luglio 2020. Si tratta di valori non normalizzati, in particolare la linea blu mostra le medie giornaliere della concentrazione, mentre l'area grigia ne indica l'incertezza (\pm deviazione standard). Si nota un andamento irregolare contraddistinto da molte fluttuazioni: ciò è dovuto alla variabilità giornaliera delle condizioni meteorologiche. Tuttavia, nonostante l'irregolarità, si può comunque vedere che durante gli inverni la concentrazione risulta mediamente più alta che negli altri periodi (si notino i tre picchi a cavallo degli anni 2018, 2019 e 2020). Anche questa è una conseguenza delle condizioni meteorologiche: in inverno

l'atmosfera tende ad essere più stabile e quindi ad ostacolare la dispersione degli inquinanti. Infine, il grafico mostra un marcato calo della concentrazione nella prima metà del 2020, seguito da una lenta risalita: si tratta dell'effetto del lockdown e della successiva ripresa delle attività, già evidenziato nelle analisi presentate nelle sezioni precedenti. Tuttavia, è bene evidenziare che il calo iniziale avviene in concomitanza della fine dell'inverno per cui, considerati i cicli stagionali, anche in assenza di lockdown sarebbe stato lecito attendersi una diminuzione della concentrazione. La conseguenza del lockdown è il fatto che il calo sia stato più marcato rispetto agli anni precedenti, come si vede qualitativamente dal grafico e come è stato illustrato quantitativamente nella prima parte di questo studio.

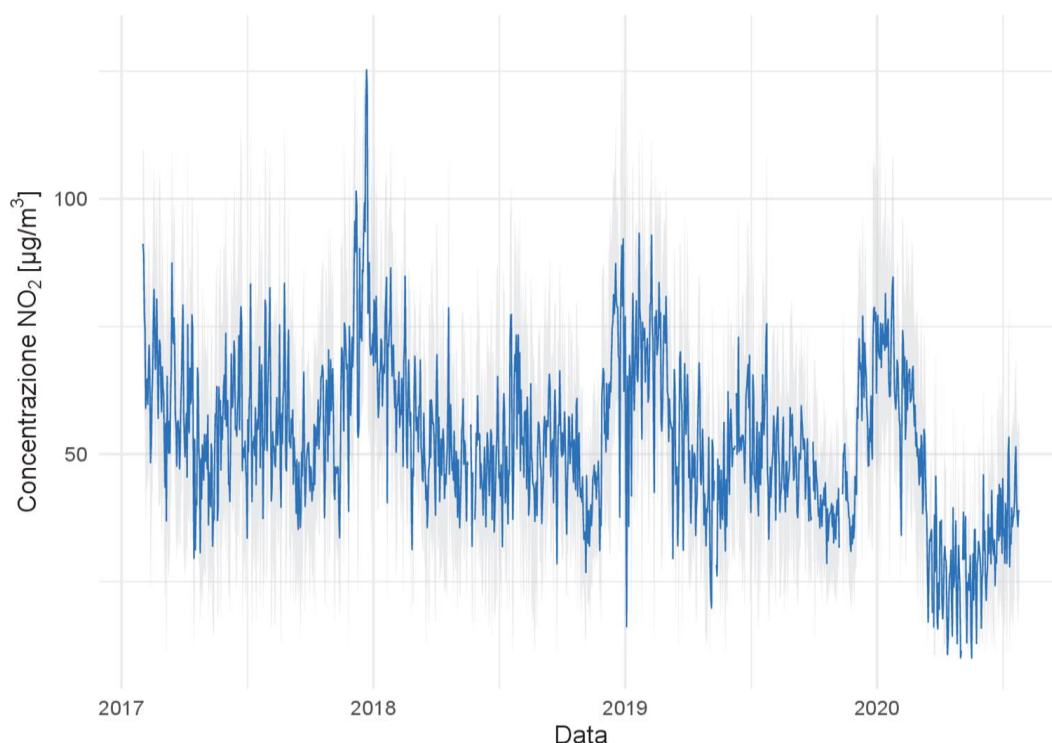


Figura 17: Andamento della concentrazione di NO₂ misurata dalla stazione ML103. La linea blu rappresenta la media giornaliera, mentre l'area grigia l'incertezza (\pm deviazione standard).



Alla serie temporale graficata in Figura 17 è stato applicato l'algoritmo di normalizzazione meteorologica, utilizzando i dati meteorologici della medesima stazione e le misure del profilatore termico. L'andamento della concentrazione normalizzata così ottenuto è mostrato in Figura 18. La linea blu e l'area grigia indicano, come nel grafico precedente, i valori medi e l'incertezza, mentre le quattro aree colorate in verde, giallo, arancione e rosa indicano rispettivamente i quattro periodi con differenti intensità di traffico, definiti in precedenza. Questo grafico, rispetto a quello in Figura 17, mostra un andamento più regolare, senza particolari picchi o cicli stagionali, questo perché, grazie alla normalizzazione, i dati sono stati depurati dagli effetti delle condizioni meteorologiche. Nei tre anni di misurazione che vanno dall'inizio del 2017 all'inizio nel 2020 si vede una lenta e progressiva diminuzione della concentrazione, ciò è probabilmente dovuto al rinnovamento del parco circolante. Infatti, siccome la stazione ML103 è situata a bordo autostrada, la quasi totalità del biossido di azoto da essa rilevato è originata dal traffico autostradale e dal momento che, con il passare degli anni, i veicoli circolanti sono sempre meno inquinanti, la concentrazione normalizzata tende a calare. Considerando invece i quattro periodi evidenziati si nota che:

1. durante il periodo 01/01-24/02, caratterizzato da un regime di traffico inalterato, l'andamento della concentrazione normalizzata è effettivamente in linea con gli anni precedenti;
2. durante il periodo 25/02-08/03, caratterizzato da una diminuzione del traffico, anche la concentrazione normalizzata mostra un lieve calo, che poi diventa un salto repentino in corrispondenza del 9 marzo, giorno di inizio della fase di lockdown.
3. durante il periodo 09/03-03/05, caratterizzato da un traffico enormemente ridimensionato, la concentrazione normalizzata, dopo il salto iniziale, rimane stabile su livelli molto bassi.
4. durante il periodo 04/05-02/06, caratterizzato da un allentamento delle misure restrittive, con conseguente ripresa del traffico autostradale, anche la concentrazione normalizzata comincia lievemente ad aumentare.

È da qui evidente che la concentrazione normalizzata di NO₂ riflette molto bene le condizioni di traffico.

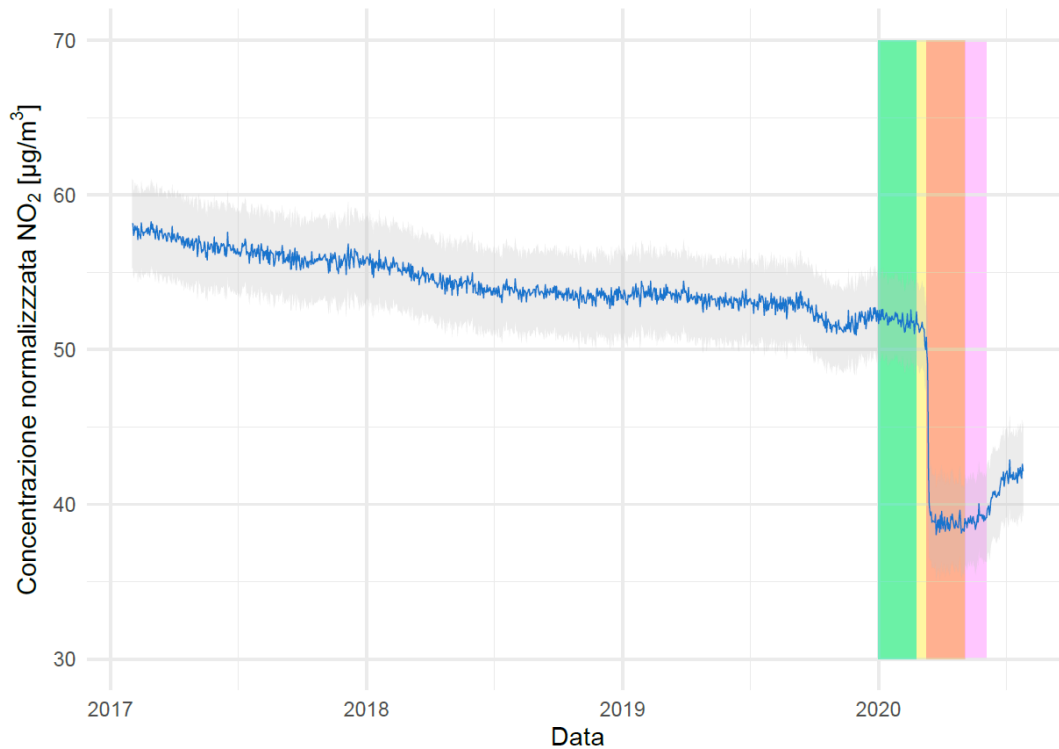


Figura 18: Andamento della concentrazione normalizzata di NO₂ ricavata dai dati della stazione ML103. La linea blu rappresenta la media giornaliera, l'area grigia l'incertezza (\pm deviazione standard), mentre le fasce verde, giallo, arancione e rosa indicano rispettivamente i quattro periodi con differente traffico nel 2020 evidenziati in questo studio.

La discontinuità presente nel grafico di Figura 18 suggerisce la possibilità di definire due macro-periodi caratterizzati da regimi di traffico ed emissioni molto differenti: il primo (01/01-08/03) può essere considerato rappresentativo della situazione prima del lockdown, il secondo (09/03-02/06) rappresenta la situazione durante la fase del lockdown e post-lockdown, quando le restrizioni sugli spostamenti erano molto pesanti.

Di seguito, in Figura 19, viene mostrata la serie temporale delle concentrazioni normalizzate per la stazione ML107, caratterizzata da un andamento molto simile a quello analizzato per la stazione ML103.

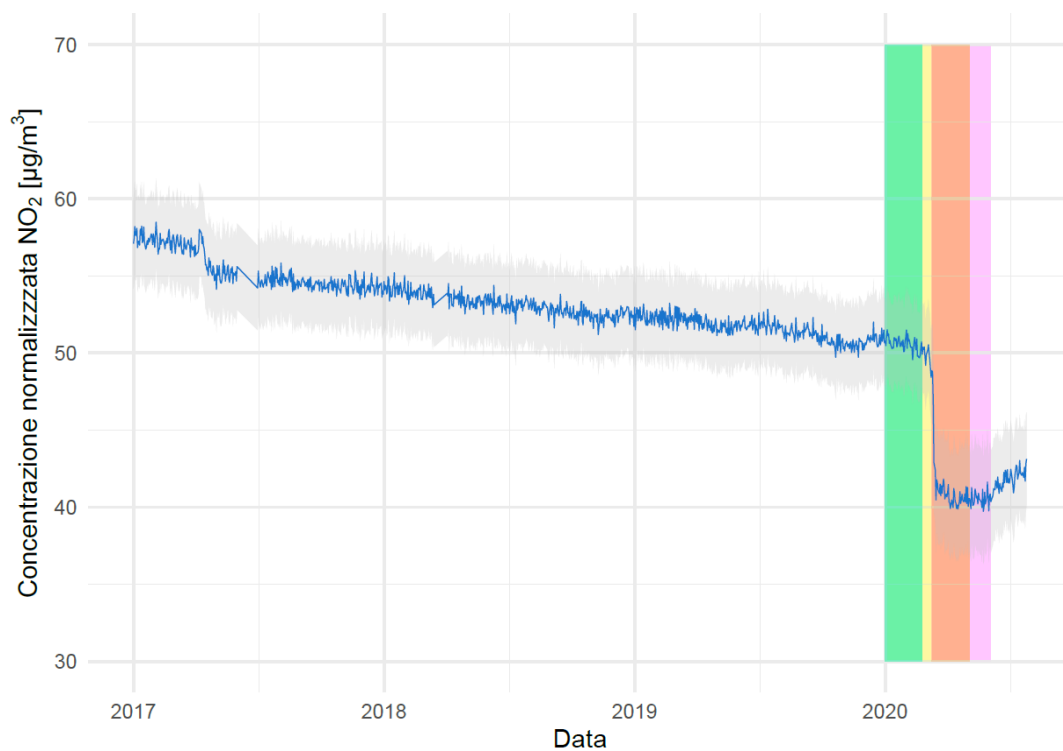


Figura 19: Come in Figura 18, ma per la stazione ML107.



2 Concentrazioni di black carbon

Si riportano di seguito le analisi dei dati relativi all'inquinante black carbon acquisiti tramite lo strumento di misura etalometro, collocato a bordo autostrada presso la stazione di APPATN al km 164 (in funzione da fine febbraio 2017). Tale strumento permette di misurare la concentrazione totale di black carbon distinguendo, inoltre, tra la componente di black carbon legata alla combustione di biomassa tipica dei riscaldamenti domestici, e quella connessa al traffico veicolare. Al fine della presente analisi è stato utilizzato il solo etalometro in territorio trentino, in quanto quello collocato presso la stazione di qualità dell'aria in territorio altoatesino al km 103 è stato sottoposto in più occasioni durante il progetto a manutenzioni straordinarie, non permettendo di registrare un numero di dati sufficiente.

Analogamente a quanto riportato per l'inquinante NO₂, anche per le concentrazioni di black carbon si osserva un importante calo in corrispondenza del periodo del lockdown dal 9 marzo al 3 maggio 2020; in generale, le concentrazioni di black carbon totale hanno subito mediamente un calo di poco superiore al 50% ma, nella tabella e nei grafici seguenti, è interessante osservare il comportamento delle due componenti.

Stazione al km 164 - Variazione Black Carbon 2020 vs. triennio 2017-2019			
Periodo	Black Carbon totale	Black Carbon combustibili fossili (ff)	Black Carbon combustione biomassa (BB)
	[%]	[%]	[%]
01/01 – 24/02	8.7	6.6	11.8
09/03 - 03/05	-51.5	-57.5	4.7

Tabella 10 Confronto tra le concentrazioni di black carbon nel triennio 2017-2019 e nel 2020 nel periodo con traffico inalterato (01/01-24/02) e nel periodo di lockdown (09/03-03/05) per la stazione km164.

A causa del forte calo dei transiti veicolari e a riconferma della stretta correlazione di questo inquinante con il traffico dei veicoli, la componente di black carbon derivante da motori e combustibili fossili (BC_ff, fossil fuel), ha registrato una riduzione media superiore al 57%.

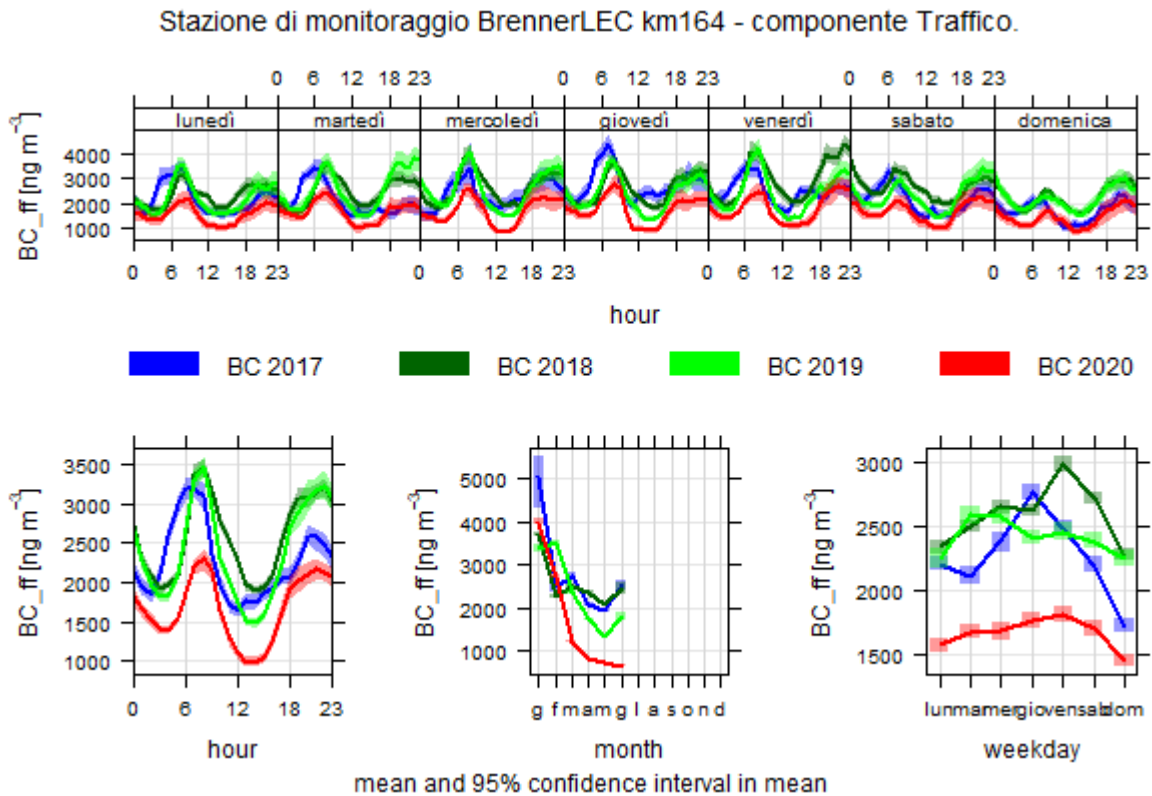


Figura 20: Concentrazioni di black carbon dovute al traffico veicolare nel periodo gennaio-giugno negli anni 2017-2020 presso la stazione km164.

Nonostante la specificità del sito di traffico, però, si coglie anche un altro interessante aspetto; la seconda componente, legata alla combustione della biomassa, ha subito un aumento del 5% rispetto al triennio precedente e ciò ben si correla con un certo incremento dell'utilizzo dei riscaldamenti domestici legato alla permanenza di cittadini e lavoratori (smart working) nelle proprie abitazioni.

Nei grafici presentati nelle Figure 20-22 si nota la forte riduzione, nel periodo di lockdown, delle concentrazioni della componente di black carbon legata al traffico (BC_{ff}) e il sostanziale mantenimento, rispetto al triennio precedente, della componente legata ai riscaldamenti domestici (BC_{BB}).

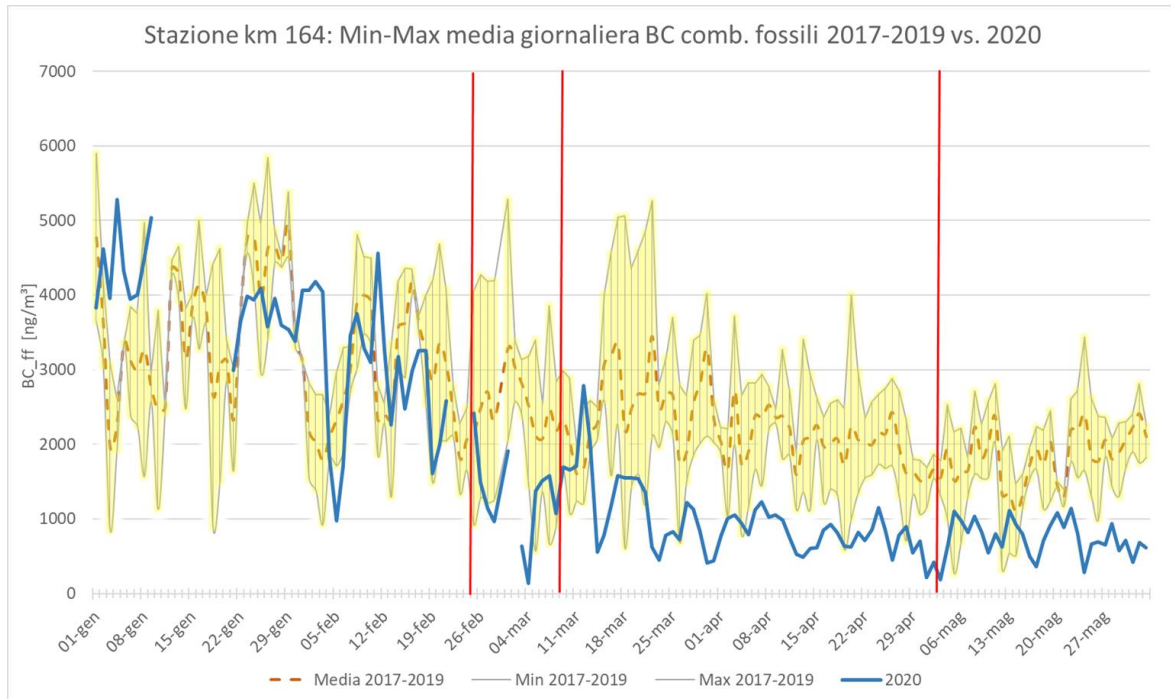


Figura 21: Serie temporale su base giornaliera delle concentrazioni di black carbon dovute al traffico veicolare misurate presso la stazione km 164. La linea arancione tratteggiata rappresenta la concentrazione media nel periodo 2017-2019, gli estremi dell'area gialla rappresentano la concentrazione minima e massima nel periodo 2017-2019, mentre la linea verde continua rappresenta la concentrazione nell'anno 2020.

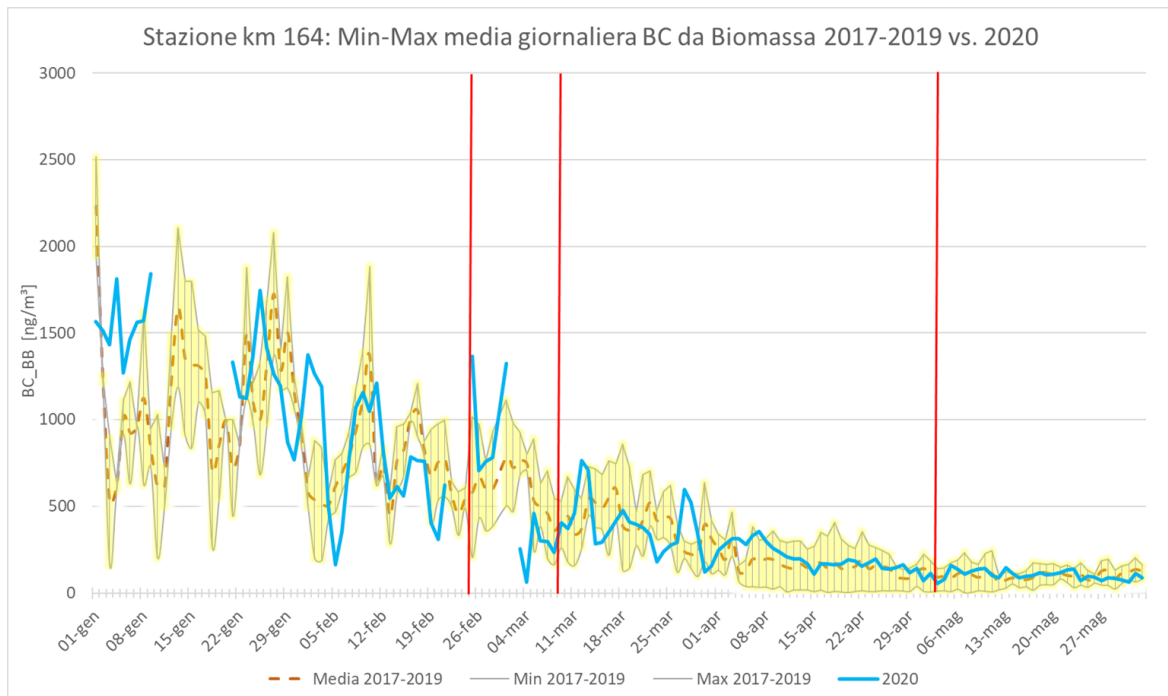


Figura 22: Come in la Figura 21, ma per la componente di black carbon dovuto alla biomassa.

3 Emissioni di NO_x e CO₂

Attraverso la catena modellistica implementata per il presente progetto, è stata effettuata la stima delle emissioni di ossidi di azoto e di anidride carbonica prodotti, differenziandole nei diversi periodi che hanno caratterizzato le varie fasi dell'emergenza COVID-19 e che sono stati utilizzati anche per l'analisi dei dati di qualità dell'aria. I valori ottenuti sono stati confrontati con gli analoghi periodi del 2017, del 2018 e del 2019. Come spire contatraffico di riferimento sono state utilizzate quelle al km 103 e al km 164. In Figura 23 è presentato il confronto tra le stime delle emissioni giornaliere totali di NO_x prodotte nei diversi anni presso la spira al km 103. Quello che appare evidente è che, al di là di differenze dovute a peculiari condizioni di traffico e a valori particolarmente bassi dovuti a parziale mancanza di dati di traffico rilevati dalla spira, l'andamento giornaliero nel corso degli anni risulta del tutto confrontabile tra gli anni 2017, 2018 e 2019. Il comportamento nel 2020 invece si discosta in modo netto: già a seguito dell'emanazione del Decreto Legge del 23/02/2020 si osserva un calo delle emissioni che raggiungono i valori minimi proprio durante il periodo di lockdown.

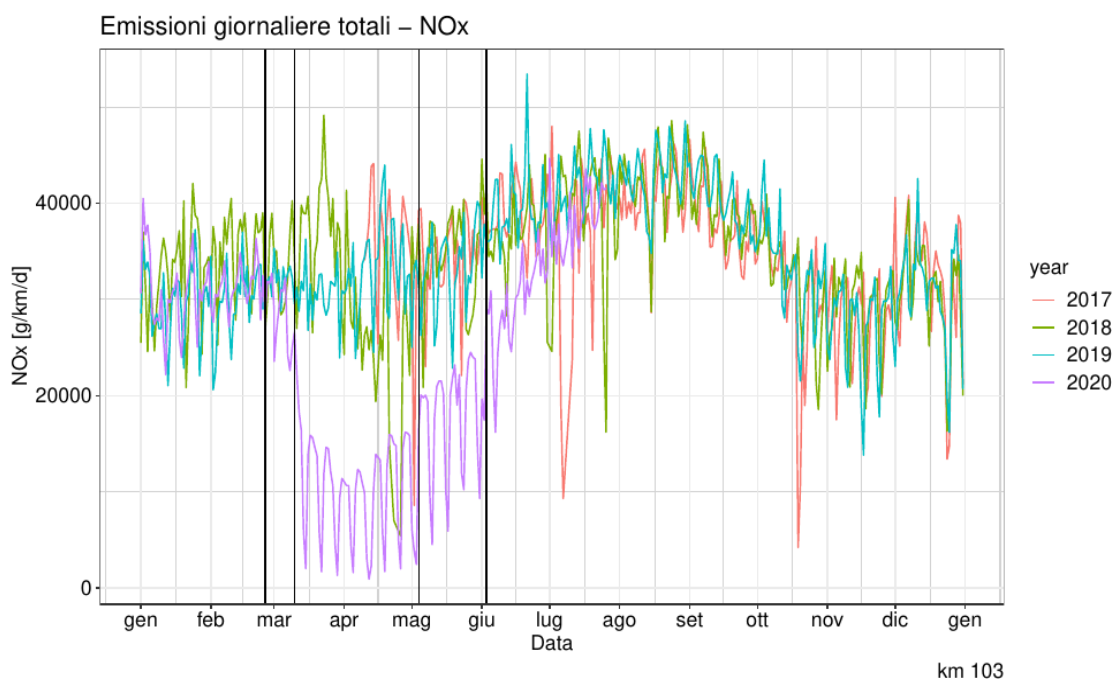


Figura 23: Emissioni giornaliere totali di ossidi di azoto stimate presso la spira al km 103: confronto tra gli anni 2017, 2018, 2019 e 2020.

In Figura 24 è presentato il confronto delle emissioni giornaliere di NO_x dovute ai soli veicoli leggeri presso la spira al km 103 nei diversi anni analizzati. Quello che emerge è che per i veicoli leggeri il calo delle emissioni appare ancora più rilevante. Invece, se si osservano le emissioni dovute ai soli veicoli pesanti (Figura 25), si nota come il calo maggiore si sia registrato all’inizio di aprile, ma sia meno rilevante di quello che ha caratterizzato i veicoli leggeri.

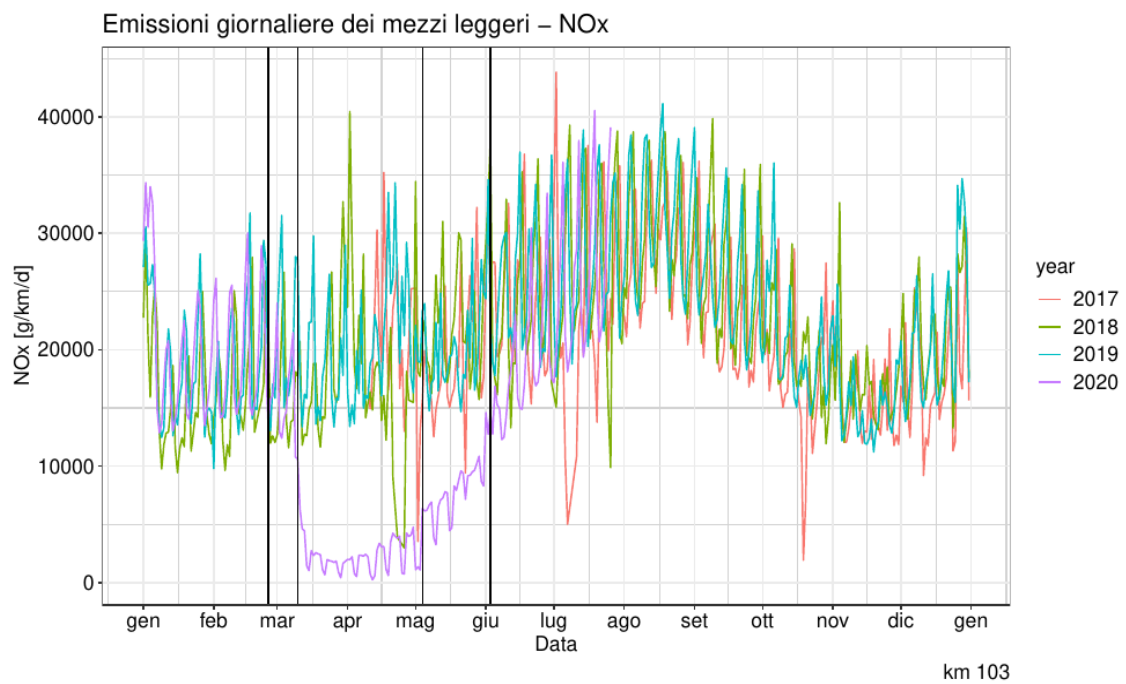


Figura 24: Come in Figura 23, ma con emissioni per i soli veicoli leggeri.

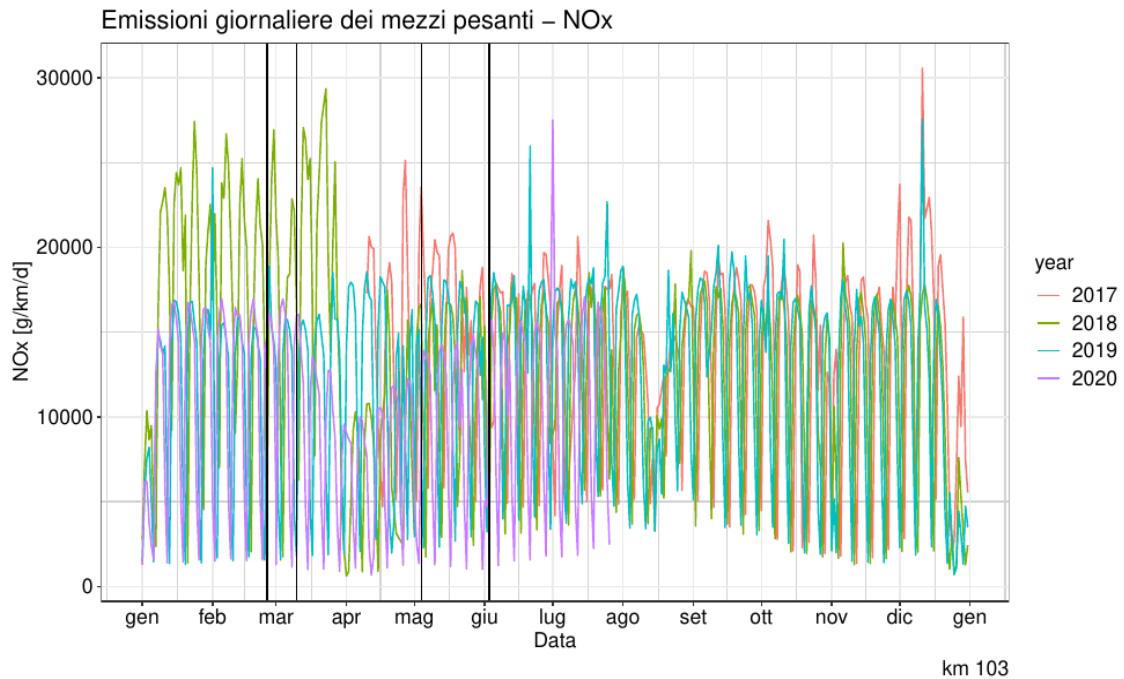


Figura 25: Come in Figura 23, ma con emissioni per i soli veicoli pesanti.

Nelle Figure 26, 27 e 28 sono presentati i confronti delle emissioni di anidride carbonica prodotte giornalmente per i diversi anni analizzati, sempre alla spira al km 103.

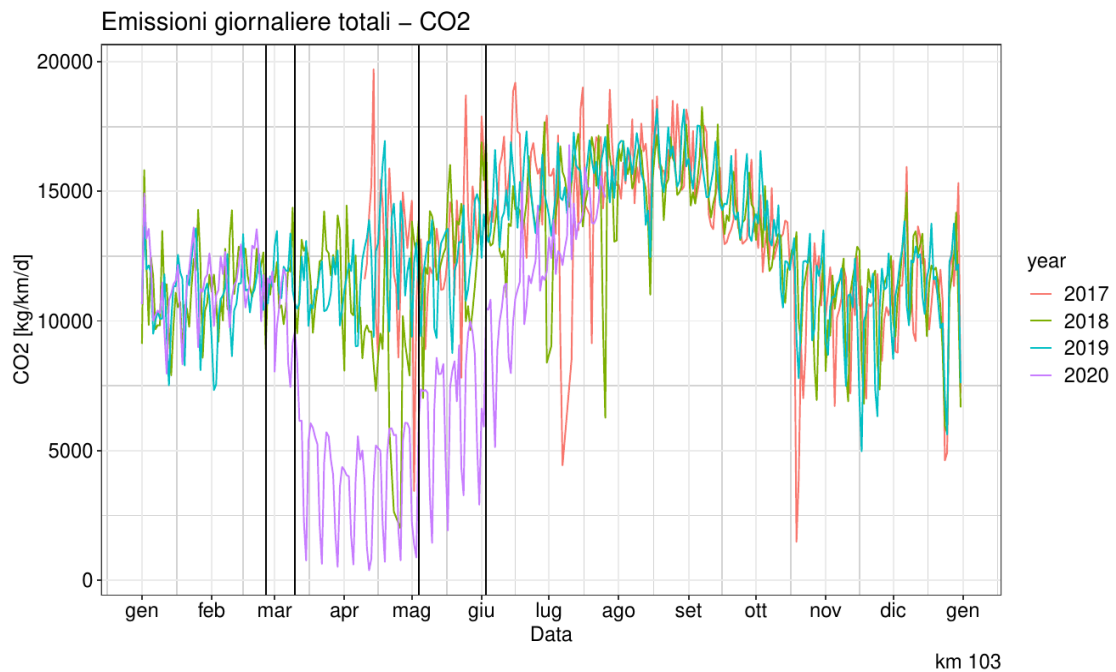


Figura 26: Emissioni giornaliere totali di anidride carbonica stimate presso la spira al km 103: confronto tra gli anni 2017, 2018, 2019 e 2020.

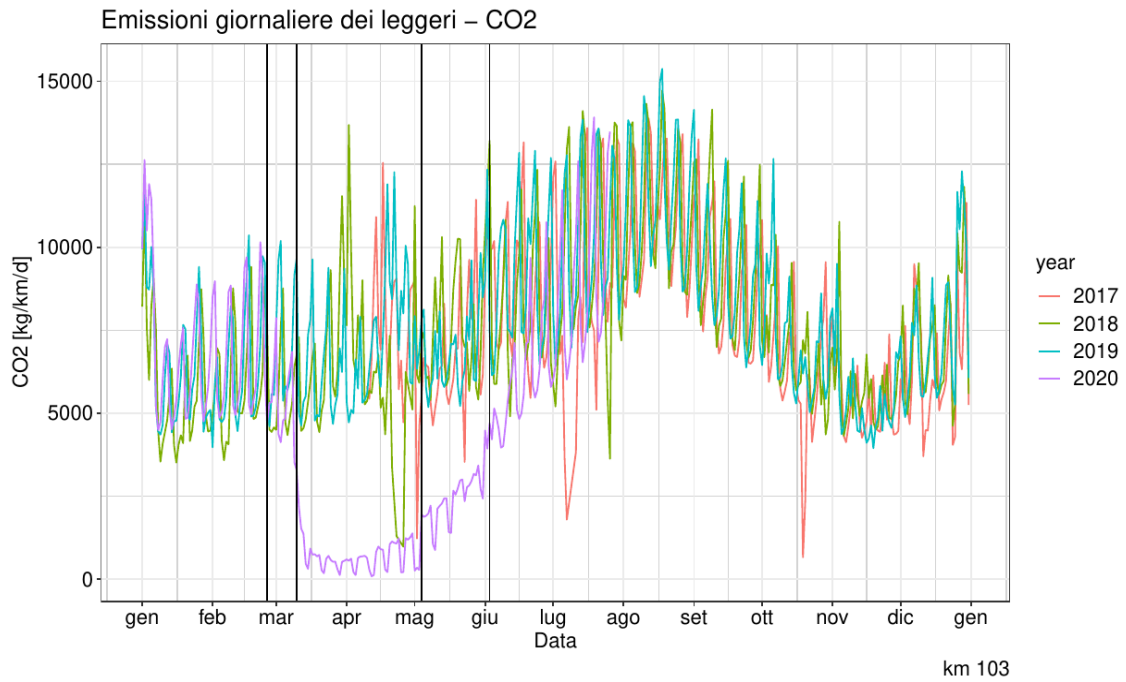


Figura 27: Come in Figura 26, ma con emissioni per i soli veicoli leggeri.

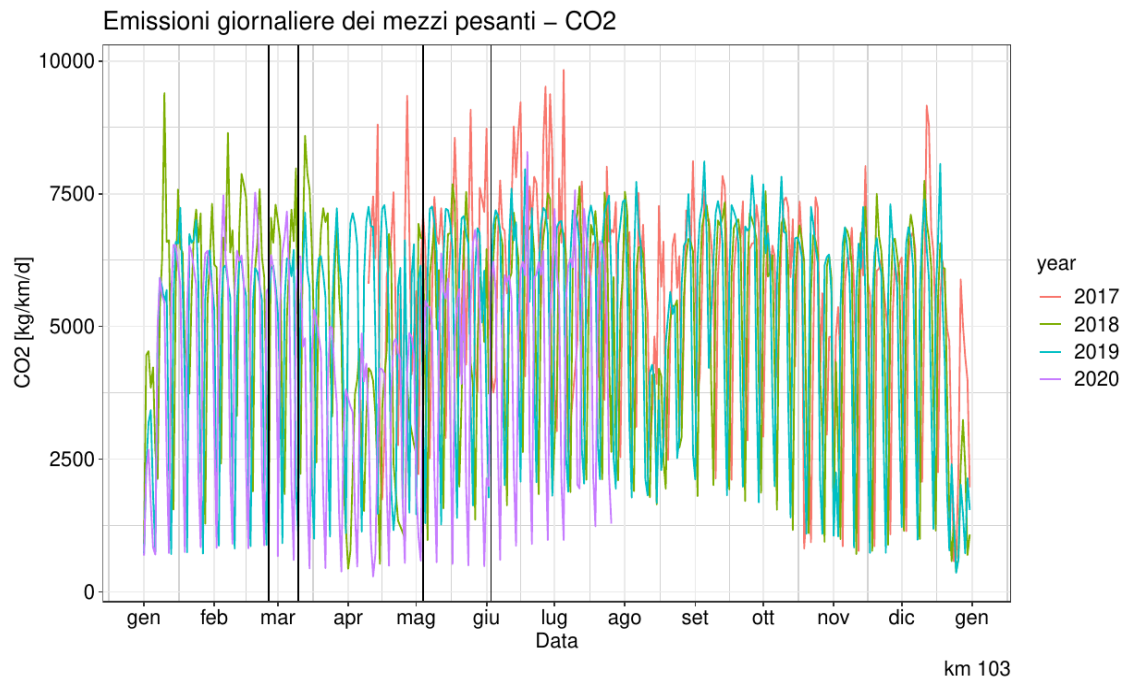


Figura 28: Come in Figura 26, ma con emissioni per i soli veicoli pesanti.

I grafici sono del tutto coerenti con quanto già osservato per gli ossidi di azoto.

Nelle Figure 29-31 sono invece presentati gli stessi confronti di emissioni giornaliere di NO_x prodotte, ma calcolate in corrispondenza della spira al km 164. Le emissioni sono state calcolate a partire dal 18 aprile 2018, data in cui è stata sostituita la spira contatraffico che prima mostrava un comportamento anomalo e poco affidabile. Il comportamento rispecchia quanto già evidenziato per la spira al km 103.

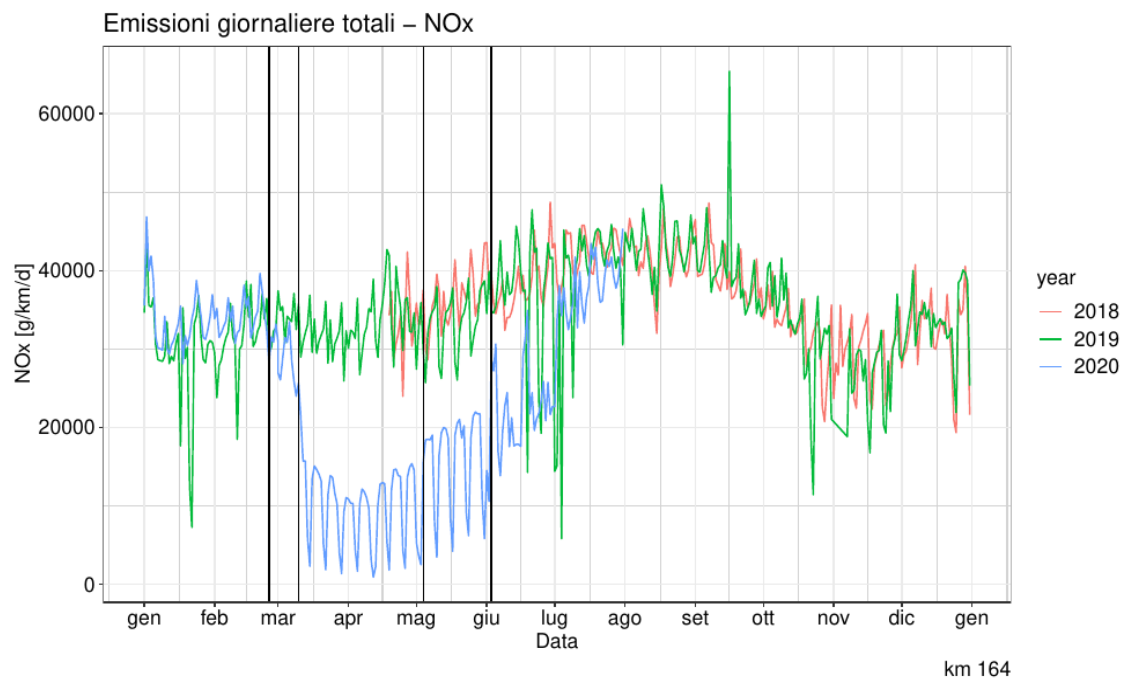


Figura 29: Emissioni giornaliere totali di ossidi di azoto stimate presso la spira al km 164: confronto tra gli anni 2018, 2019 e 2020.

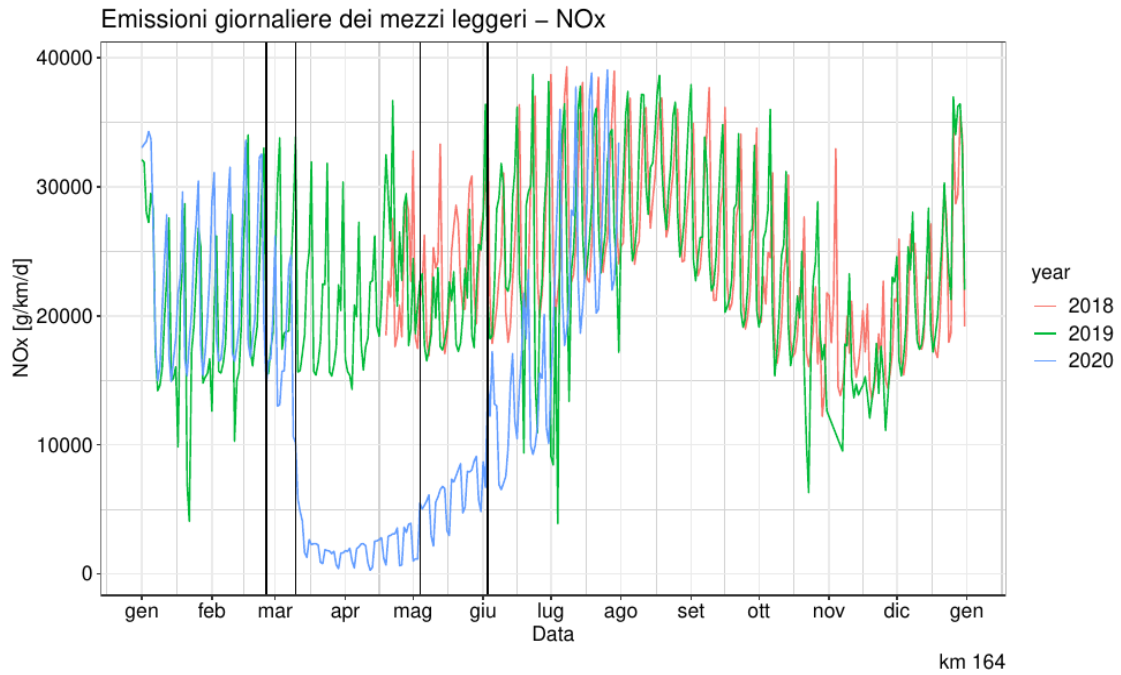


Figura 30: Come in Figura 29, ma con emissioni per i soli veicoli leggeri.

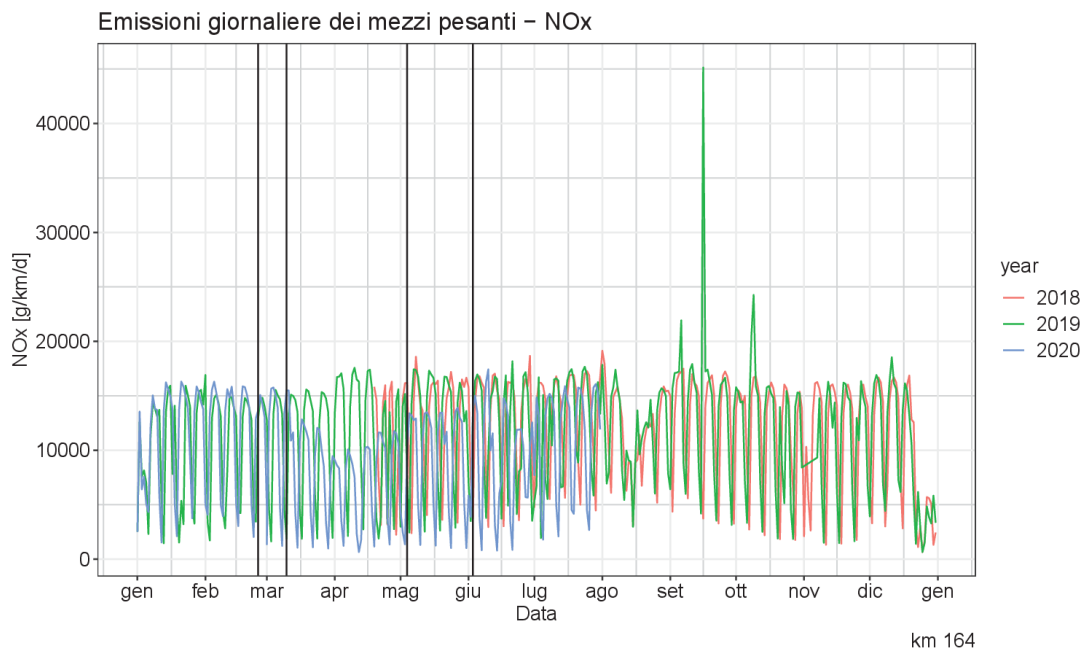


Figura 31: Come in Figura 29, ma con emissioni per i soli veicoli pesanti.



I valori delle emissioni di NO_x e CO₂ cumulate in ciascuno dei periodi individuati per la spira al km 103 sono riportati nelle Tabelle 11-12. Si nota come i valori di emissione per l'anno 2020 siano nettamente inferiori, soprattutto nel periodo 09/03-02/06.

Stazione ML103				
Periodo	Emissioni NO _x media triennio 2017-2019 [g/km/d]	Emissioni NO _x 2020 [g/km/d]	Variazione emissioni NO _x 2020 vs. triennio 2017-2019	
			[g/km/d]	[%]
01/01-24/02	31'734	30'833	-851	-2.7
25/02-08/03	32'187	28'796	-3'481	-10.8
09/03-03/05	31'628	10'773	-20'855	-65.9
04/05/02/06	34'238	17'797	-16'441	-48.0
03/06-31/07	39'134	33'849	-5'285	-13.5

Tabella 11: Emissioni giornaliere totali di ossidi di azoto [g/km/d] stimate in corrispondenza della spira al km 103 e variazioni tra il triennio 2017-2019 e l'anno 2020.

Stazione ML103				
Periodo	Emissioni NO _x media [kg/km/d]	Emissioni NO _x 2020 [kg/km/d]	Variazione emissioni NO _x 2020 vs. triennio 2017-2019	
			[kg/km/d]	[%]
01/01-24/02	11'107	11'370	263	2.4
25/02-08/03	11'451	10'374	-1'077	-9.4
09/03-03/05	11'311	4'074	-7'237	-64.0
04/05/02/06	12'717	6'678	-6'039	-47.5
03/06-31/07	14'913	12'256	-2'657	-17.8

Tabella 12: Emissioni giornaliere totali di anidride carbonica [kg/km/d] stimate in corrispondenza della spira al km 103 e variazioni tra il triennio 2017-2019 e l'anno 2020.



4 Taratura della catena modellistica

Affinché la catena modellistica potesse funzionare correttamente in modalità previsionale e potesse essere di supporto nella gestione dell'attivazione dei limiti dinamici di velocità per motivi ambientali anche in un periodo così anomalo come quello che ha caratterizzato i primi mesi del 2020, è stato necessario intervenire ed operare una taratura su alcune componenti della stessa. In particolar modo, si è intervenuti sulle previsioni di traffico e sul valore della concentrazione di fondo di ossidi di azoto.

4.1 Previsioni di traffico leggero

Alla base della catena modellistica vi è il modulo di calcolo delle emissioni prodotte dal traffico autostradale. Questo modulo necessita di previsioni di traffico il più affidabili possibile, dal momento che è sulla base dei dati stimati di traffico che vengono calcolate le emissioni di inquinanti e successivamente la loro dispersione in atmosfera.

Le previsioni di traffico orarie si basano sull'analisi dei dati storici e consentono di avere stime molto affidabili. Tuttavia, le condizioni di traffico del tutto anomale che hanno caratterizzato il periodo a partire da marzo 2020, a causa dell'emergenza COVID-19, hanno necessariamente costretto a rivedere il modello fin qui utilizzato per le previsioni di traffico, per evitare che la sovrastima dei transiti veicolari desse origine a una sovrastima delle concentrazioni simulate a bordo autostrada. La necessità di intervenire sulle previsioni di traffico appare evidente se si confrontano le concentrazioni ottenute dal modello con quelle misurate dalla stazione di qualità dell'aria al km 103 (Figura 32) nel periodo di ripresa del traffico. Si noti che le previsioni si discostano più nettamente dalle concentrazioni misurate nel mese di maggio rispetto al mese di giugno, quando il permesso di circolare liberamente tra regioni e la successiva riapertura delle frontiere con Germania e Austria ha permesso una ulteriore ripresa del traffico, che è continuata progressivamente durante tutto il mese.

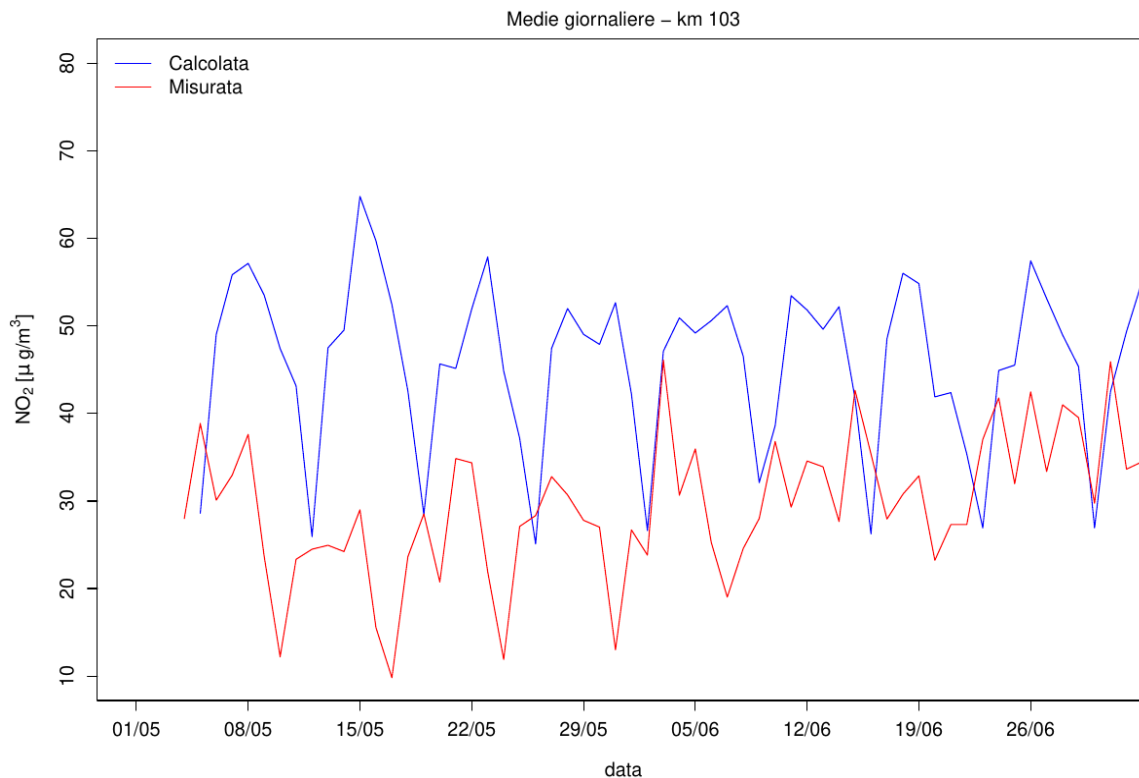


Figura 32: Confronto tra l'andamento della concentrazione media giornaliera di NO2 stimata dalla catena modellistica e quella misurata dalla centralina al km 103.

Nonostante i dati abbiano mostrato una ripresa del traffico, esso è rimasto tuttavia inferiore rispetto ai valori degli anni passati; per questa ragione si è deciso di implementare una modifica al modulo di previsione dei valori di traffico, utilizzando le previsioni fornite da A22, che sono state aggiornate periodicamente a seconda dell'evolversi della situazione e che sono state tarate sulla tratta Egna -San Michele, dove è attiva la sperimentazione della riduzione di velocità con misura "B4".

Poiché si tratta di previsioni di veicoli totali, ma il calcolo delle emissioni richiederebbe di avere a disposizione una previsione differenziata per macroclassi di veicoli (leggeri, pesanti e camion medi/autobus), è stato necessario ipotizzare la percentuale di ripartizione tra traffico pesante e leggero. I dati misurati dalle spire hanno evidenziato un comportamento molto diverso tra la fase 1 (lockdown), dove i veicoli circolanti erano in prevalenza pesanti, e le fasi successive, dove i veicoli leggeri sono tornati progressivamente ad aumentare (Figura 33). Per questa ragione, ogni due settimane circa, sono state riaggornate le previsioni di traffico, ricalcolando sulla base dei dati misurati nelle ultime due settimane la corretta ripartizione leggero/pesante. Grazie a questo accorgimento le previsioni delle concentrazioni



di NO₂ sono state sensibilmente migliorate, come riportato nella Sezione 4.3.

Un esempio di andamento di questa ripartizione è presentato in Figura 34.

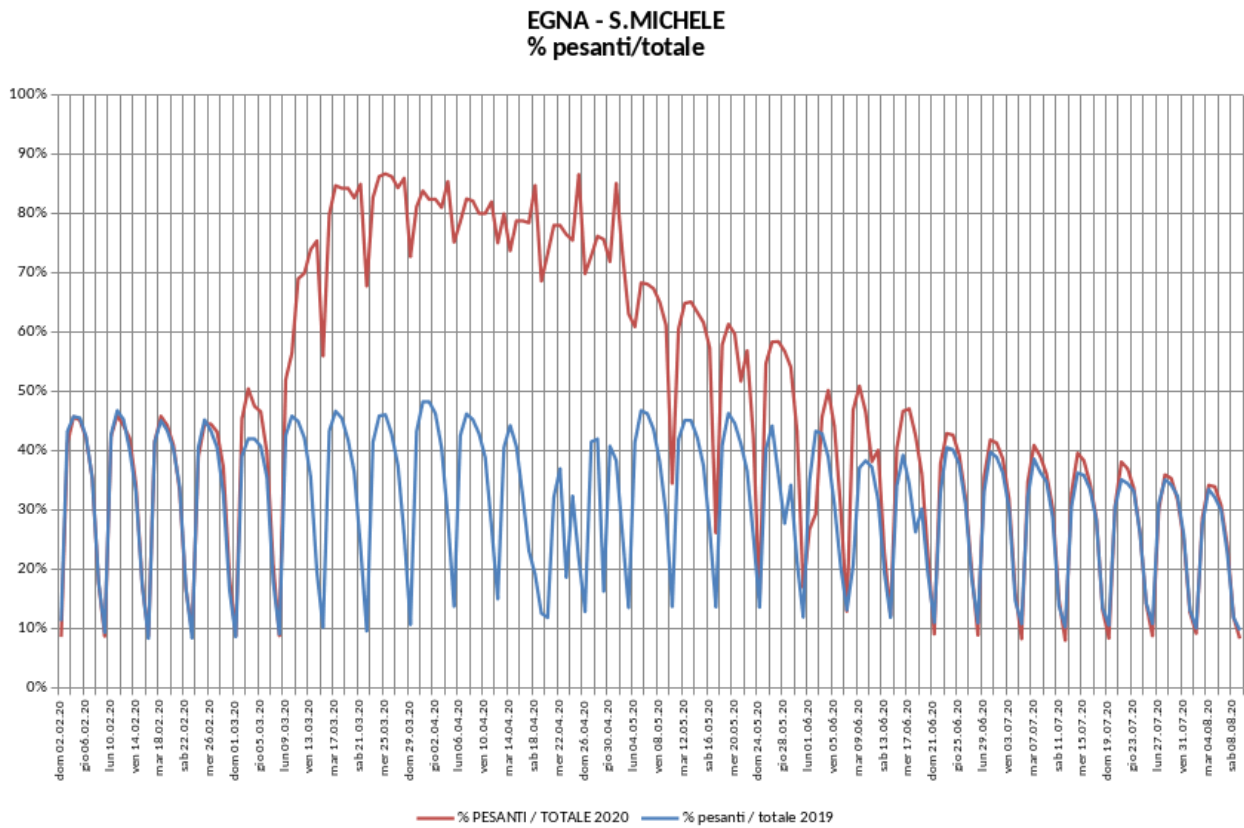


Figura 33: Andamento della percentuale dei veicoli pesanti sul totale dei veicoli misurati presso la spira al km

103.

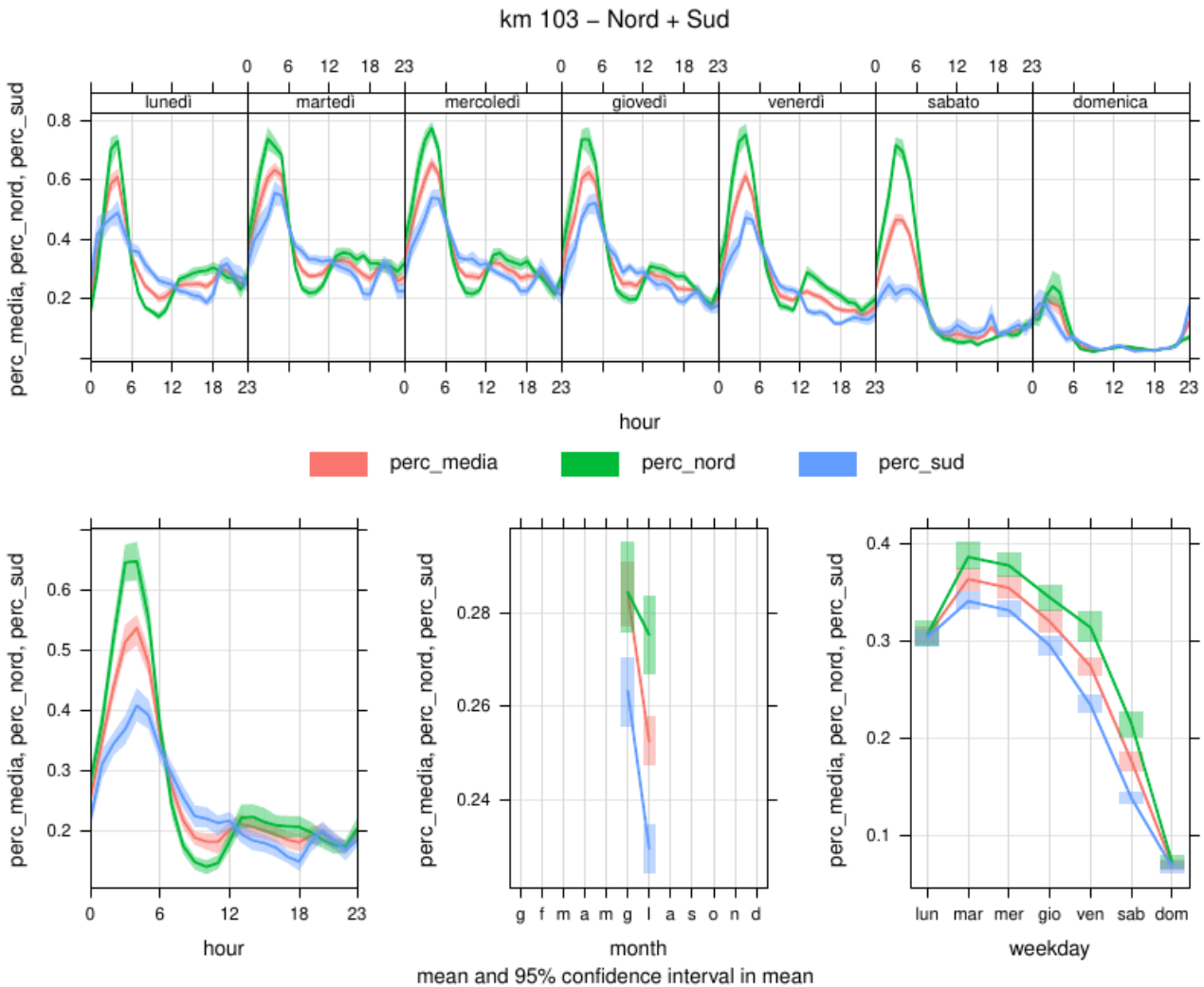


Figura 34: Andamento dei cicli giornalieri e settimanali della percentuale dei veicoli pesanti sul totale dei veicoli misurati presso la spira al km 103.

4.2 Valore della concentrazione di fondo

La concentrazione di NO₂ a bordo autostrada è ottenuta attraverso l'uso della catena modellistica, calcolando il contributo dovuto alle emissioni autostradali, cui viene sommato un valore di concentrazione di fondo, che si avrebbe cioè in assenza della sorgente autostradale.

Tale valore non è costante nel tempo, ma viene valutato su base giornaliera in funzione di un valore medio annuo, ottenuto dalla taratura del modello di dispersione basata sull'anno precedente, e riportato al giorno giuliano tramite una modulazione sinusoidale.

L'introduzione di misure di contenimento (es. lockdown) ha prodotto effetti anche sui valori di

concentrazione di fondo, dal momento che il traffico e anche alcune attività produttive sono state fortemente limitate. Per questa ragione non è stato possibile durante questi mesi utilizzare il valore di fondo calcolato sulla base dei dati dell'anno precedente.

Analogamente a quanto effettuato per le previsioni di traffico, anche il valore di fondo è stato aggiornato con cadenza bisettimanale, utilizzando i valori registrati dalla stazione CR1, confrontati con gli analoghi dell'anno precedente, per stabilire la percentuale di riduzione corretta da applicare alla concentrazione di fondo del modello.

I risultati dell'andamento dei valori di concentrazione di fondo, così come utilizzati all'interno della catena modellistica nei mesi da marzo ad agosto, sono riportati in Figura 35.

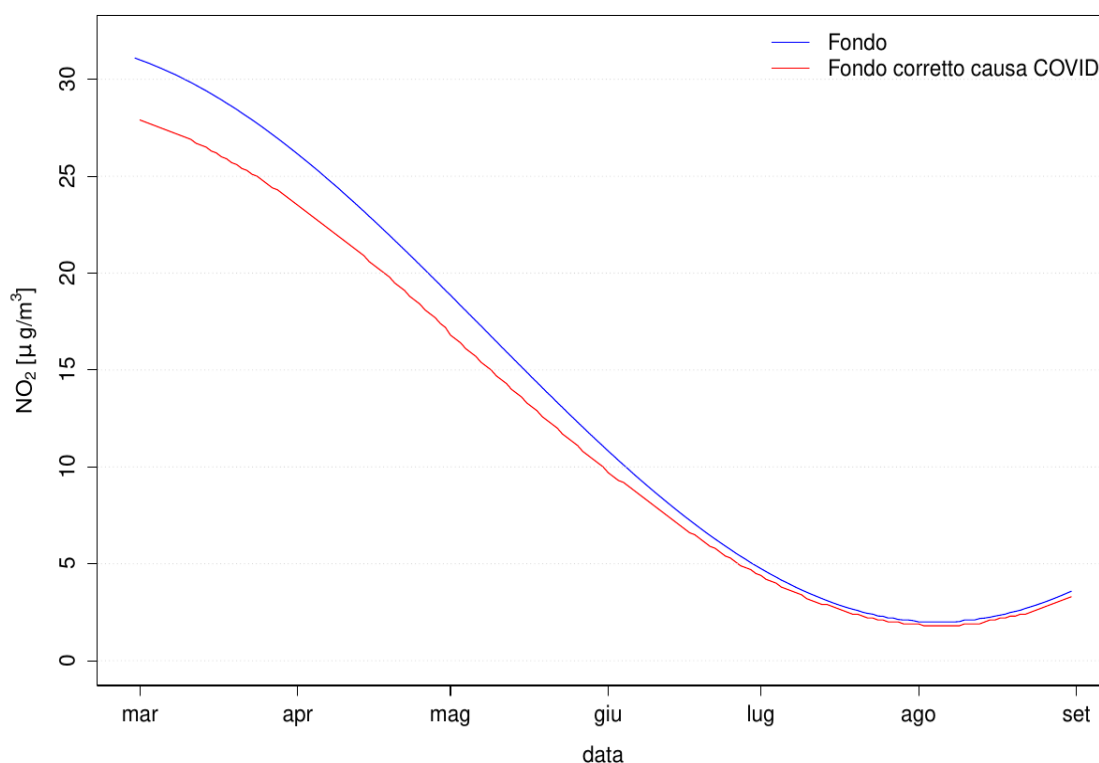


Figura 35: Andamento del valore della concentrazione di fondo di NO₂ utilizzati dalla catena modellistica dopo l'aggiornamento per tenere conto del periodo di restrizioni causa COVID.

4.3 Confronto tra le previsioni della catena modellistica e le concentrazioni misurate

Di seguito è presentato il confronto tra le concentrazioni di NO₂ misurate dalle stazioni di qualità dell'aria poste lungo la carreggiata Sud e quelle stimate dalla catena modellistica nel periodo compreso tra inizio maggio, data in cui la catena è diventata effettivamente operativa, fino alla fine di agosto. In Figura 36 è presentato il confronto relativo al km 103, in Figura 37 quello relativo al km 107.

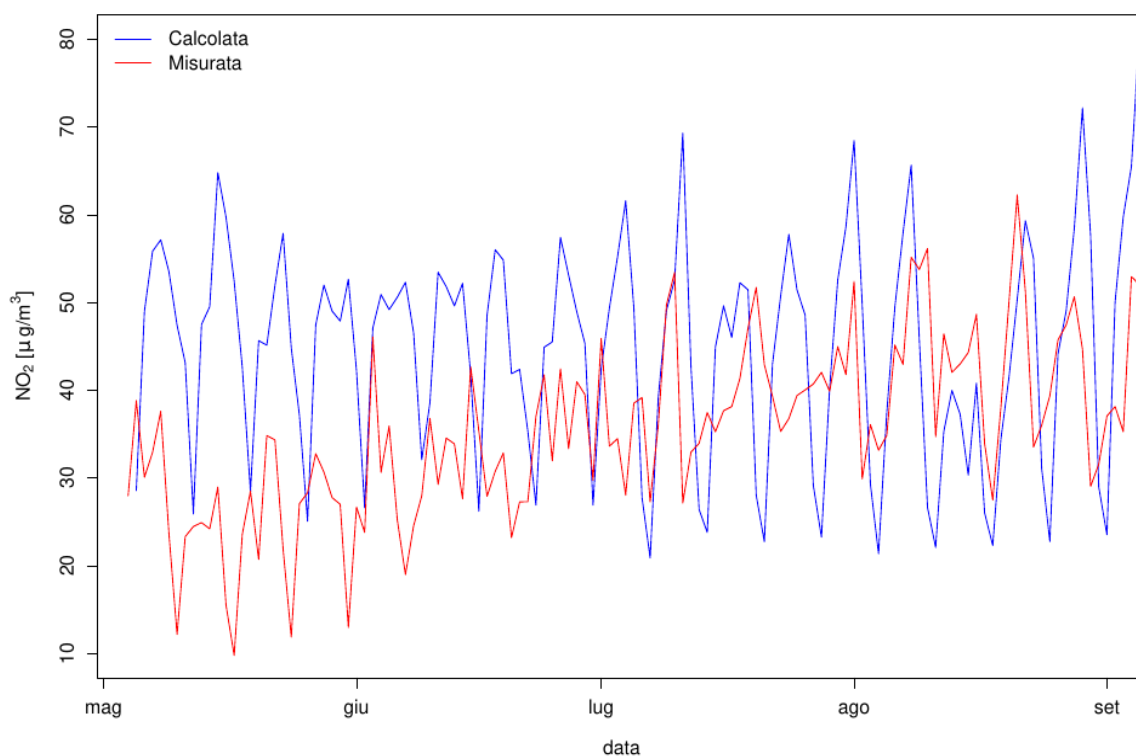


Figura 36: Confronto tra le concentrazioni medie giornaliere di NO₂ a bordo autostrada stimate con la catena modellistica e le concentrazioni misurate nella centralina al km 103.

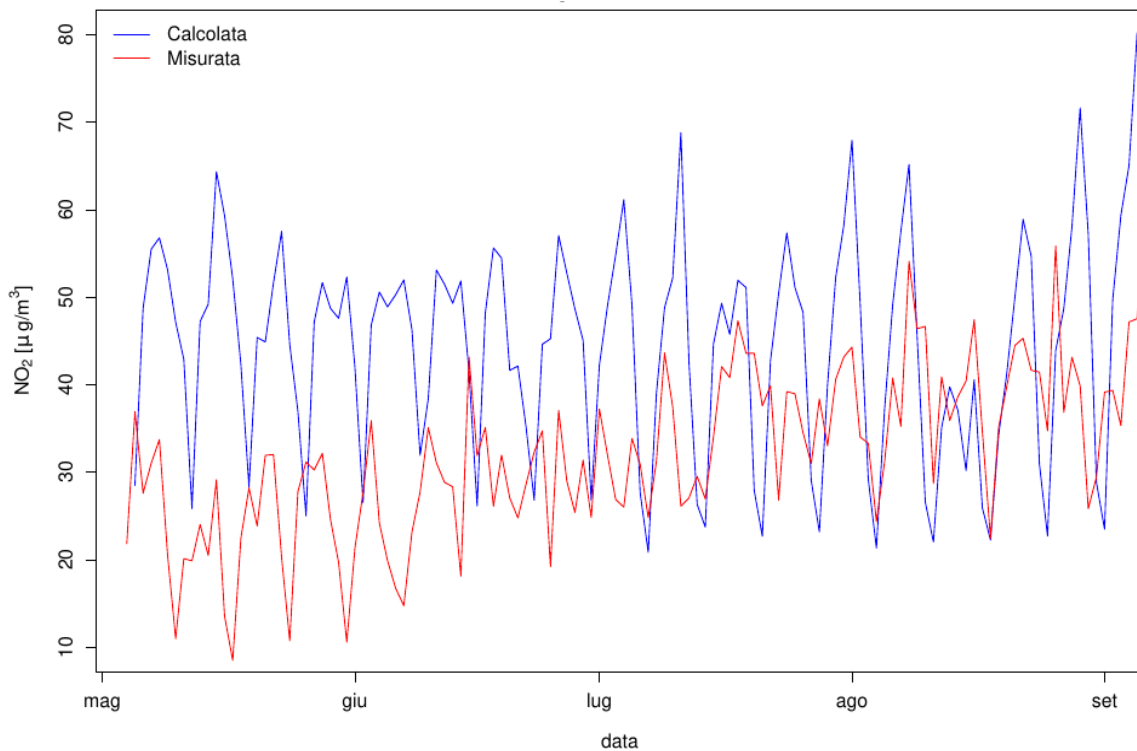


Figura 37: Confronto tra le concentrazioni medie giornaliere di NO₂ a bordo autostrada stimate con la catena modellistica e le concentrazioni misurate nella centralina al km 107.

Come si può osservare, da inizio luglio, quando è stata effettuata la modifica al sistema di previsioni del traffico descritta precedentemente, la stima delle concentrazioni prodotte dalla catena modellistica appare molto più vicina ai valori misurati.

L'incertezza nella stima delle concentrazioni è dovuta all'incertezza delle diverse componenti della catena modellistica: la valutazione del parco macchine e dei fattori di emissione, del traffico e delle velocità dei veicoli, le previsioni meteorologiche e infine l'incertezza contenuta nella stima della dispersione degli inquinanti. Per cercare di valutare la capacità della catena modellistica di prevedere correttamente le concentrazioni a bordo autostrada, essa è stata utilizzata in modalità diagnostica, alimentandola con i volumi di traffico effettivamente misurati dalle spire contatraffico e non con quelli previsti. Il risultato è presentato in Figura 38 per quanto riguarda il km 103 e in Figura 39 per il km 107. Come si può vedere le concentrazioni stimate sono molto più vicine a quelle effettivamente misurate.

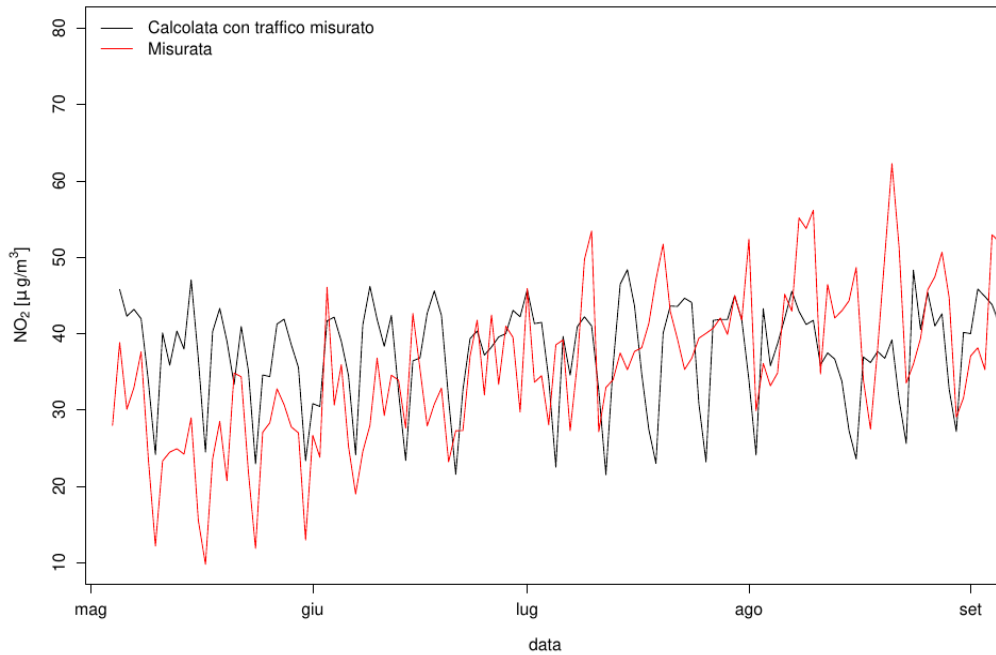


Figura 38: Confronto tra le concentrazioni medie giornaliere di NO₂ a bordo autostrada stimate con la catena modellistica utilizzando i dati di traffico reale e le concentrazioni misurate nella centralina al km 103.

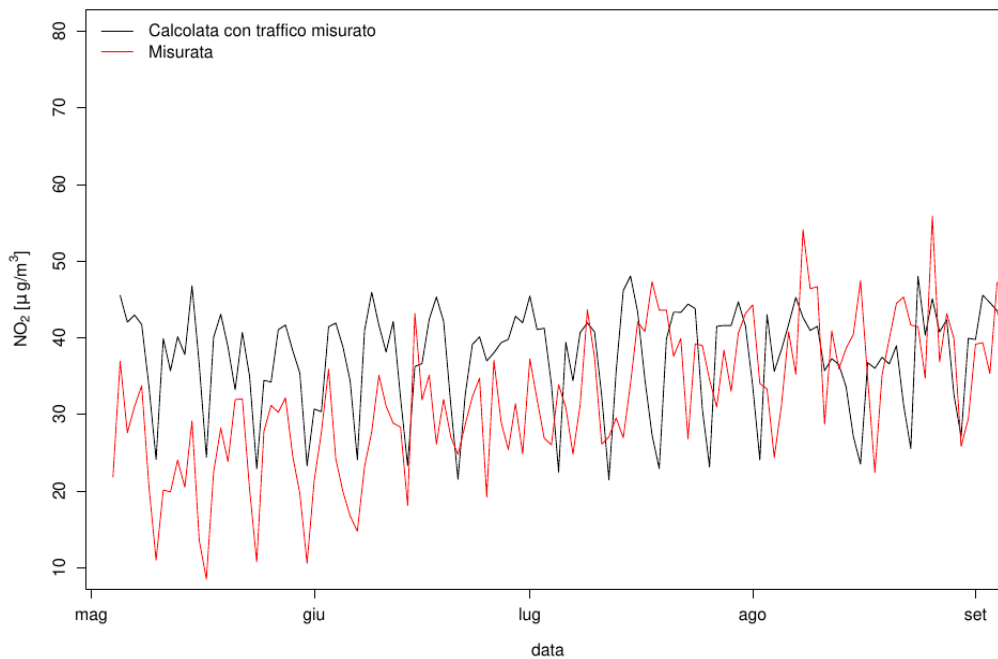


Figura 39: Confronto tra le concentrazioni medie giornaliere di NO₂ a bordo autostrada stimate con la catena modellistica utilizzando i dati di traffico reale e le concentrazioni misurate nella centralina al km 103.

Per valutare il comportamento della catena modellistica sono stati analizzati anche i dati misurati dai sensori innovativi installati lungo l'autostrada. In Figura 40 è presentato il confronto tra i valori medi giornalieri delle concentrazioni misurate dalla stazione ML103 e i valori rilevati dai due sensori innovativi Airqino 1 e 2, posti al km 103+700 in carreggiata Sud e Nord rispettivamente. Come è logico attendersi, c'è maggiore corrispondenza tra la stazione ML103 e il sensore Airqino 1, essendo posizionati entrambi in carreggiata Sud.

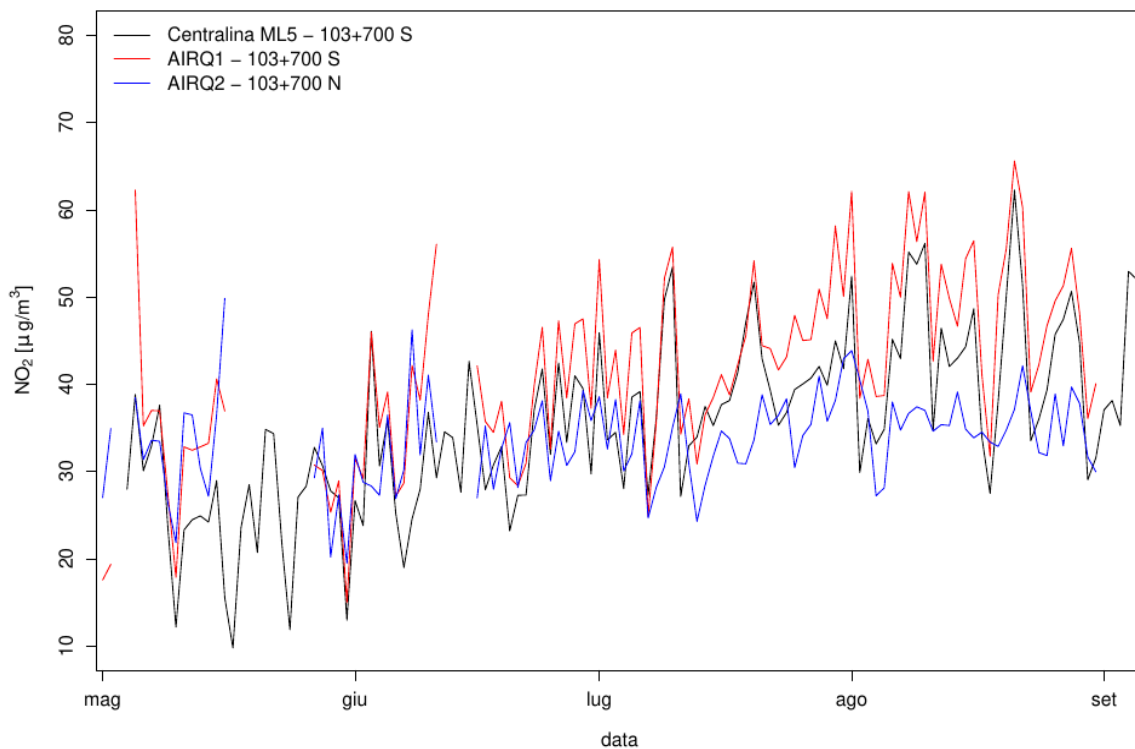


Figura 40: Confronto tra le concentrazioni medie giornaliere di NO₂ a bordo autostrada misurate nella centralina ML5 al km 103 e dai due sensori innovativi AIRQino 1 e 2.

Se si confronta il valore della previsione di concentrazione con quello dei sensori innovativi (Figura 41), si osserva che:

- le misure evidenziano una certa differenza fra i due lati della sede stradale;
- si ha un migliore adattamento della previsione ai dati del sensore Airqino 2, posizionato sulla carreggiata opposta rispetto a Airqino 1 e ML103.

Questo può essere spiegato considerando che i valori di concentrazione che si ottengono nelle due diverse carreggiate sono dipendenti, oltre che dalle emissioni, anche dalla meteorologia e in particolare dalla direzione del vento. Una differenza, anche modesta, nella direzione prevista del vento comporta valori potenzialmente molto diversi nei due punti che si trovano sui lati opposti dell'autostrada.

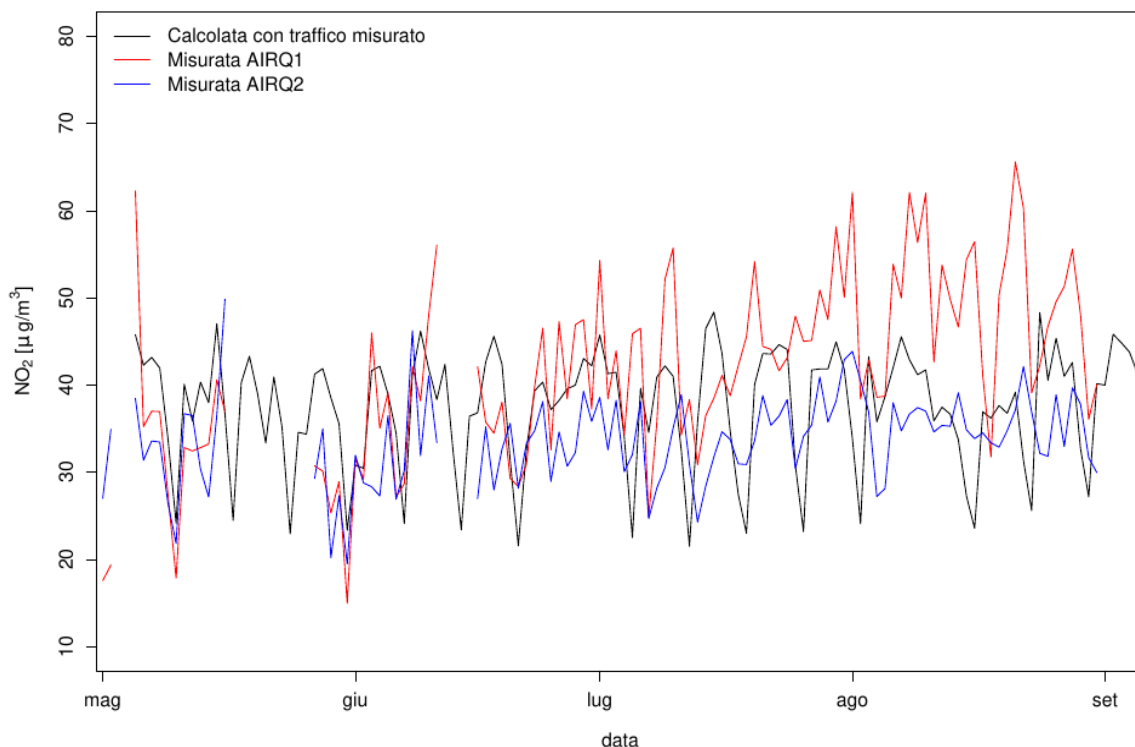


Figura 41: Confronto tra le concentrazioni medie giornaliere di NO₂ a bordo autostrada stimate con la catena modellistica utilizzando i dati di traffico reale e quelle misurate nella centralina ML103 al km 103 e dai due sensori innovativi AIRQino 1 (Sud) e AIRQino 2 (Nord).

Una valutazione quantitativa sull'accuratezza della catena modellistica è rimandata alla conclusione di questa nuova fase di test, poiché l'elevata incertezza sui dati di input che ha caratterizzato questi mesi rende difficoltosa la stima della sua capacità previsionale nel suo complesso. Inoltre, alcuni parametri del modello di dispersione sono tuttora oggetto di taratura allo scopo di migliorare ulteriormente le performance della catena modellistica.



5. Conclusioni

Le stazioni di monitoraggio delle Agenzie per l'Ambiente delle Province Autonome di Bolzano e di Trento hanno permesso di misurare l'impatto sulla qualità dell'aria delle misure imposte per il contenimento della diffusione del virus SARS-Cov-2. Nel periodo dal 9 marzo al 3 maggio il traffico sull'autostrada del Brennero ha fatto registrare un calo di circa il 92% di veicoli leggeri e di circa il 42% per quelli pesanti. La rete di monitoraggio della qualità dell'aria diffusa sul territorio del Trentino Alto Adige e sempre in funzione con misurazioni in continuo, ha permesso di acquisire dati relativi alla particolare situazione e compararli con quanto analogamente misurato negli anni precedenti.

Le stazioni di monitoraggio a bordo autostrada hanno registrato riduzioni delle concentrazioni di NO₂, inquinante strettamente legato al traffico veicolare, di quasi il 50% rispetto al triennio precedente. Allontanandosi dalla sede autostradale, le riduzioni di NO₂ risultano inferiori (dal 37 al 40%), ma sempre significative e rappresentative di una situazione nella quale la fonte emissiva dovuta al traffico è stata significativamente ridotta. In ambito rurale, a qualche centinaio di metri dall'A22, sono state misurate concentrazioni di NO₂ molto basse e indicative di una situazione di quasi totale assenza di fonti emmissive di questo inquinante anche sulle altre arterie stradali. Il periodo del lockdown e il calo del traffico veicolare ha così permesso di osservare e approfondire l'aspetto legato alla concentrazione di fondo di NO₂, di rilevante interesse per la stima delle emissioni e per l'implementazione di tale parametro all'interno della catena modellistica previsionale sviluppata per il presente progetto. Dall'analisi dei dati della stazione di Mezzolombardo, situata in contesto agricolo/rurale, distante da strade statali e provinciali e situata a più di 800 m dall'autostrada, si evince che, nei mesi di lockdown (dal 9 marzo al 3 maggio), le concentrazioni di NO₂ hanno raggiunto un valore medio di circa 12 µg/m³, addirittura inferiore rispetto a quanto misurato nella stazione di fondo di Cortina CR1, finora presa come riferimento per la concentrazione di fondo, che ha registrato invece un valore medio di 16 µg/m³.

In modo simile a quanto misurato per il biossido di azoto, si registrano delle marcate riduzioni anche nelle concentrazioni di black carbon, un altro inquinante strettamente legato al traffico, che viene misurato in due stazioni a bordo autostrada. In particolare, presso la stazione al km 164 (Rovereto), la concentrazione totale di black carbon ha subito un calo di poco superiore al 50%, ma la componente di



questo inquinante che deriva in particolar modo dai combustibili fossili, e quindi dai motori, ha registrato una riduzione superiore al 57%. Differente è invece l'andamento della componente di black carbon derivante dalla combustione della biomassa, e quindi legata al riscaldamento domestico, che ha subito un leggero aumento (+5%), a causa della permanenza di cittadini e lavoratori (smart working) nelle proprie abitazioni.

I risultati dell'analisi dei dati di qualità dell'aria sono stati confermati dal confronto tra la stima delle emissioni di NO_x nel 2020 con quella degli anni precedenti. Questa analisi in particolare ha evidenziato una diminuzione delle emissioni di NO_x di circa il 65% rispetto agli anni precedenti, dovuta soprattutto al calo delle emissioni dei veicoli leggeri. Risultati praticamente analoghi sono stati riscontrati anche per quanto riguarda le emissioni di CO₂.

Infine, nella parte finale del presente report, sono stati presentati i necessari accorgimenti tecnici che si sono dovuti implementare per fornire alla catena modellistica sviluppata per il presente progetto dati di ingresso rappresentativi di una situazione, in termini di intensità di traffico e concentrazioni di fondo, significativamente diversa da quella ordinaria. Il confronto dei risultati della catena modellistica con le concentrazioni misurate a bordo autostrada ha evidenziato il buon accordo tra simulazioni e osservazioni, una volta fornite al modello informazioni in ingresso effettivamente rappresentative della situazione in corso.



Bibliografia

- [1] Grange, S.K. (2018). rmweather: Tools to Conduct Meteorological Normalisation on Air Quality Data.
- [2] Falocchi, M., Zardi, D., Giovannini, L. (2020): Meteorological normalization of NO₂ concentrations in the Province of Bolzano (Italian Alps). Atmospheric Environment.
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.118048>.