

Variante alla SS12 da Buttapietra
alla tangenziale SUD di Verona

PROGETTO DEFINITIVO

COD. VE29

PROGETTAZIONE:	MANDATARIA:	MANDANTI:	No.Do. e Servizi s.r.l. Società di Ingegneria
RAGGRUPPAMENTO			
PROGETTISTI			
IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:	<p><i>Ing. Antonino Alvaro – SIGECO ENGINEERING srl Ordine Ingegneri Provincia di Cosenza n. A282</i></p>		
IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:	<p><i>Arch. Giuseppe Luciano – SIGECO ENGINEERING srl Ordine Architetti Provincia di Reggio Calabria n. A2316</i></p>		
I GEOLOGI:	<p><i>Dott. Geol. Domenico Carrà – SIGECO Eng. srl Ordine Geologi della Calabria n. 641 Dott. Geol. Francesco Molinaro – SIGECO Eng. srl Ordine Geologi della Calabria n. 1063</i></p>		
VISTO:IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:	<p><i>Ing. Antonio Marsella</i></p>		
PROTOCOLLO:	DATA:	<p>IL PROGETTISTA: <i>Arch. Giuseppe Luciano – SIGECO Eng. srl Ordine Architetti di Reggio Cal. n. A2316 Ing. Francesco Tucci – IDROSTRADE srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A922 Ing. Carmine Guido – NO.DO. e Serv. srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A1379 Ing. Sandro D'Agostini – Ordine Ingegneri Belluno n. A457 Ing. Antonio Barci – BARCI Eng. srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A1003</i></p> <p>GRUPPO DI PROGETTAZIONE: <i>Ing. Giovanni Costa – Steel Project Engineering – Ordine Ingegneri Livorno n. A1632 Arch. Alessandra Alvaro – SIGECO Eng. srl Ordine Architetti Cosenza n. A1490 Ing. Gaetano Zupo – SIGECO Eng. srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A5385 Geom. Giuseppe Crispino – SIGECO Eng. srl Collegio Geometri Potenza n. 2296 Ing. Paola Tucci – IDROSTRADE srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A5488 Ing. Mario Perri – IDROSTRADE srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A3784 Arch. Simona Tucci – IDROSTRADE srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A1657 Ing. Roberto Scrivano – NO.DO. e Serv. srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A2061 Ing. Emiliano Domestico – NO.DO. e Serv. srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A5501 Geol. Carolina Simone – NO.DO. e Serv. srl Ordine Geologi della Calabria n. 730 Ing. Giorgio Barci – BARCI Eng. srl Ordine Ingegneri Prov. di Cosenza n. A5873 Dott.ssa Laura Casadei – Kara s.r.l.-Isocr. el. Operatori abilitati Archeologia Prev. n. 2248</i></p>	

ATMOSFERA
Relazione analisi ambientale

CODICE PROGETTO		NOME FILE			REV.	SCALA:
CO VE0029 D 2001		CODICE ELAB. TO01A04AMBRE01			B	
D						
C						
B	in risposta alla comunicazione MASE 29.11.22	Gen. 2023	Sigeco srl	C. Di Rico	V. Mencaccini	Ing. A. Alvaro
A	PRIMA EMISSIONE	Dic. 2021	Sigeco srl	C. Di Rico	V. Mencaccini	Ing. A. Alvaro
REV.	DESCRIZIONE	DATA	SOCIETA'	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

SOMMARIO

1	SINTESI CONTENUTISTICA E METODOLOGICA	1
2	LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
2.1	DECRETO LEGISLATIVO DEL 13 AGOSTO 2010, N.155	4
3	L'ANALISI METEO CLIMATICA	6
3.1	ASPETTI GENERALI	6
3.2	IL DATO STORICO: ANDAMENTO 2010-2021	6
3.2.1	FORTE E STAZIONE METEOROLOGICA DI RIFERIMENTO	6
3.2.2	REGIME TERMICO	7
3.2.3	REGIME PLUVIOMETRICO	7
3.2.4	REGIME ANEMOMETRICO	8
3.3	IL DATO METEOROLOGICO ATTUALE: 2021	9
3.3.1	REGIME TERMICO	9
3.3.2	REGIME PLUVIOMETRICO	10
3.3.3	REGIME ANEMOMETRICO	11
3.3.4	PRESSIONE	13
3.4	IL CONFRONTO TRA IL DATO STORICO E L'ANNO DI RIFERIMENTO DELLE SIMULAZIONI	13
3.4.1	PARAMETRI DI CONFRONTO	13
3.4.2	REGIME TERMICO	14
3.4.3	REGIME ANEMOMETRICO	14
3.4.4	CONCLUSIONI	15
4	ANALISI DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	16
4.1	PIANO DI RISANAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA E ZONIZZAZIONE	16
4.2	MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	18
4.3	PARTICOLATO	21
4.3.1	PM 10	21
4.3.2	PM 2.5	22
4.4	OSSIDI DI AZOTO: NOX	23
4.4.1	BIOSSIDI DI AZOTO: NO2	23
4.5	MONOSSIDO DI CARBONIO E BENZENE	24
5	I MODELLI DI SIMULAZIONE UTILIZZATI	26
5.1	AERMOD VIEW	26
6	LO SCENARIO DI ESERCIZIO ATTUALE: ANALISI DELLE CONCENTRAZIONI	29
6.1	AERMOD VIEW: GLI INPUT TERRITORIALI	29
6.1.1	GLI INPUT OROGRAFICI	29
6.1.2	GLI INPUT METEOROLOGICI	29
6.2	AERMOD VIEW: GLI INPUT PROGETTUALI	31
6.2.1	AREA DI STUDIO E INFRASTRUTTURA DI PROGETTO	31

6.2.2	METODOLOGIA DI ANALISI PER IL CALCOLO DEI FATTORI DI EMISSIONE	31
6.2.3	COMPOSIZIONE DEL PARCO VEICOLARE CIRCOLANTE	32
6.2.4	VOLUMI DEL TRAFFICO CIRCOLANTE	34
6.2.5	I FATTORI DI EMISSIONE	34
6.2.6	LA MAGLIA DI CALCOLO	35
6.3	I DATI DI OUTPUT DELLE SIMULAZIONI	36
7	LO SCENARIO OPZIONE ZERO: ANALISI DELLE CONCENTRAZIONI	37
7.1	AERMOD VIEW: GLI INPUT TERRITORIALI	37
7.1.1	GLI INPUT OROGRAFICI	37
7.1.2	GLI INPUT METEOROLOGICI	37
7.2	AERMOD VIEW: GLI INPUT PROGETTUALI	37
7.2.1	AREA DI STUDIO E INFRASTRUTTURA DI PROGETTO	37
7.2.2	METODOLOGIA DI ANALISI PER IL CALCOLO DEI FATTORI DI EMISSIONE	37
7.2.3	COMPOSIZIONE DEL PARCO VEICOLARE CIRCOLANTE	38
7.2.4	VOLUMI DEL TRAFFICO CIRCOLANTE	38
7.2.5	I FATTORI DI EMISSIONE	38
7.2.6	LA MAGLIA DI CALCOLO	39
7.3	I DATI DI OUTPUT DELLE SIMULAZIONI	39
8	LO SCENARIO DI ESERCIZIO DI PROGETTO: ANALISI DELLA CONCENTRAZIONI	40
8.1	AERMOD VIEW: GLI INPUT TERRITORIALI	40
8.1.1	GLI INPUT OROGRAFICI	40
8.1.2	GLI INPUT METEOROLOGICI	40
8.2	AERMOD VIEW: GLI INPUT PROGETTUALI	41
8.2.1	L'INFRASTRUTTURA DI PROGETTO	41
8.2.2	METODOLOGIA DI ANALISI PER IL CALCOLO DEI FATTORI DI EMISSIONE	42
8.2.3	COMPOSIZIONE DEL PARCO VEICOLARE CIRCOLANTE	42
8.2.4	LE SORGENTI SIMULATE	42
8.2.5	VOLUMI DEL TRAFFICO CIRCOLANTE	42
8.2.6	I FATTORI DI EMISSIONE	43
8.2.7	LA MAGLIA DI CALCOLO	43
8.3	I DATI DI OUTPUT DELLE SIMULAZIONI	45
9	VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI	45
9.1	VALUTAZIONE DELLE SIMULAZIONI	45
9.2	I RICETTORI DI RIFERIMENTO	50
10	CONCLUSIONI	53

“IL TESTO RIPORTATO IN COLORE ROSSO INDICA LE MODIFICHE AD INTEGRAZIONI OPERATE RISPETTO ALLA PRECEDENTE REVISIONE”.

1 SINTESI CONTENUTISTICA E METODOLOGICA

Il presente documento riguarda lo Studio atmosferico relativo al progetto al Progetto Definitivo della Variante alla "S.S. n° 12 "Dell'Abetone e del Brennero" Variante tra Verona Sud – Castel d'Azzano – Buttapietra – Vigasio – Isola della Scala.

L'analisi conoscitiva della componente "Atmosfera" ha riguardato una serie di aspetti di fondamentale importanza per la valutazione degli impatti potenziali dell'opera in progetto sulla componente stessa, effettuati attraverso il modello di simulazione Aermod View.

Nello specifico le fasi che hanno caratterizzato tale studio sono le seguenti:

- analisi meteo-climatica;
- analisi della qualità dell'aria;
- scelta dei modelli di simulazione per la determinazione delle emissioni e delle concentrazioni di inquinanti in atmosfera;
- determinazione delle emissioni e delle concentrazioni allo scenario di esercizio ante operam;
- determinazione delle emissioni e delle concentrazioni scenario opzione zero, che corrisponde alla rappresentazione dell'emissione degli inquinanti della rete stradale esistente ma all'orizzonte temporale di progetto;
- determinazione delle emissioni e delle concentrazioni allo scenario di esercizio post operam (2036).

Il processo logico operativo dell'analisi della componente atmosfera ha pertanto riguardato, in primis, l'analisi meteo-climatica partendo dal dato storico elaborato a partire dalla centralina di Buttapietra, considerando l'arco temporale dal 2010 al 2021. Tale analisi ha permesso di caratterizzare il regime termico, pluviometrico e anemometrico con l'obiettivo di avere un quadro meteoroclimatico storico di riferimento.

Medesimo studio è stato svolto con i dati meteo-climatici utilizzati per le simulazioni previsionali, relativi all'anno 2021, prendendo come riferimento la stessa centralina di rilevamento, rappresentativa delle condizioni climatiche circostanti, che nel caso in esame corrisponde alla centralina di Buttapietra.

Dal confronto di queste due analisi meteo-climatiche è stato possibile valutare la bontà del dato meteo utilizzato per le simulazioni, al fine di escludere la possibilità che il 2021 fosse un outliers.

Dopo aver definito lo stato meteo-climatico dell'area, si è proceduto a simulare gli scenari caratterizzanti l'esercizio dell'opera in esame. Il calcolo è stato eseguito con due orizzonti progettuali e temporali:

- stato attuale
- opzione 0
- stato di progetto

La simulazione è avvenuta mediante il software AERMOD View, in concomitanza con AERMET View per gli input meteorologici, mentre per la valutazione dei fattori di emissione medi ci si è avvalsi della banca dati realizzata da ISPRA.

Il flusso veicolare che transita su una strada è causa dell'emissione in atmosfera di sostanze inquinanti. La quantità di inquinante emesso dipende direttamente dall'intensità del traffico e dalla tipologia di veicolo; il destino delle sostanze inquinanti dipende dalle caratteristiche meteo degli strati più bassi dell'atmosfera, dove si realizza la diluizione degli inquinanti emessi.

Lo studio relativo all'emissione e propagazione degli inquinanti è finalizzato a verificare i valori dei livelli di inquinamento indotti nelle zone abitate adiacenti all' infrastruttura stradale.

In particolare lo studio si propone di analizzare l'impatto del traffico stradale sulla componente atmosferica e di definire le variazioni di emissioni inquinanti tra lo stato attuale e lo scenario di progetto. Nello specifico, gli inquinanti oggetto di studio sono:

- NOX
- CO
- C6H6
- PM 10
- PM 2,5

Nel proseguo della trattazione verranno descritte nel dettaglio le simulazioni condotte, nonché i risultati delle stesse, opportunamente elaborati.

2 LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'Unione Europea negli anni ha emanato una serie di direttive al fine di controllare il livello di alcuni inquinanti in aria. In particolare, si evidenziano le seguenti Direttive:

- Direttiva 96/62/CE relativa alla “valutazione e gestione della qualità dell’aria ambiente”; stabilisce il contesto entro il quale effettuare la valutazione e la gestione della qualità dell’aria secondo criteri armonizzati in tutti i paesi dell’unione europea (direttiva quadro), demandando poi a direttive “figlie” la definizione dei parametri tecnico-operativi specifici per gruppi di inquinanti;
- Direttiva 99/30/CE relativa ai “valori limite di qualità dell’aria ambiente per il biossido di zolfo, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo”, stabilisce i valori limite di qualità dell’aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo (prima direttiva figlia);
- Direttiva 00/69/CE relativa ai “valori limite di qualità dell’aria ambiente per benzene ed il monossido di carbonio”, stabilisce i valori limite di qualità dell’aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio (seconda direttiva figlia);
- Direttiva 02/03/CE relativa all’“ozono nell’aria” (terza direttiva figlia);
- Direttiva 2001/81/CE relativa ai limiti massimi per le emissioni annue degli Stati membri di biossido di zolfo (SO₂), ossidi di azoto (NO_x), composti organici volatili non metanici (COV) e ammoniaca (NH₃);
- Direttiva 04/107/CE relativa all’“arsenico, cadmio, mercurio, nichel e idrocarburi policiclici aromatici in aria” che fissa il valore obiettivo per la concentrazione nell’aria ambiente di arsenico, cadmio, mercurio, nichel e idrocarburi policiclici aromatici;
- Direttiva 08/50/CE 107/CE relativa alla “qualità dell’aria ambiente e per un’aria più pulita in Europa”. Ha abrogato tutte le direttive sopra citate tranne la 2004/107/CE ribadendone, di fatto, i contenuti ed aggiungendo il PM_{2.5} tra gli inquinanti da monitorare.
- Direttiva Europea UE 2016/2284 pubblicata sulla GU.U.E. del 17/12/2016 ed entrata in vigore il 31.12.2016. La cosiddetta “NEC” stabilisce i nuovi obiettivi strategici per il periodo fino al 2030, con l’intento di progredire verso l’obiettivo di miglioramento di lungo termine dell’Unione attraverso l’indicazione di percentuali di riduzione delle emissioni nazionali dal 2020 al 2029 e poi a partire dal 2030.

L’emanazione dei diversi decreti di recepimento delle direttive europee ha contribuito a razionalizzare il quadro di riferimento e a qualificare gli strumenti di controllo e pianificazione del territorio nazionale. I principali riferimenti sono:

- Il D. Lgs. 351 del 4 agosto 1999 recepisce la direttiva 96/62/CE e costituisce quindi il riferimento “quadro” per l’attuale legislazione italiana;
- Il D.M. 60 del 2 aprile 2002 è la norma che recepisce la prima e la seconda direttiva figlia; definisce, infatti, per gli inquinanti di cui al gruppo I del D.Lgs. 351/1999 con l’aggiunta di benzene e monossido di carbonio (CO); i valori limite e le soglie di allarme, il margine di tolleranza, il termine entro il quale il limite deve essere raggiunto, i criteri per la raccolta dei dati di qualità dell’aria compreso il numero di punti di campionamento, i metodi di riferimento per le modalità di prelievo e di analisi;
- Il D.M. 261 dell’1 ottobre 2002 individua le modalità di valutazione preliminare della qualità dell’aria lì dove mancano i dati e i criteri per l’elaborazione di piani e programmi per il raggiungimento dei limiti previsti nei tempi indicati dal D.M. 60/2002;
- Il D. Lgs. 183 del 21 maggio 2004, recepisce la direttiva europea 02/03/CE riguardante l’ozono in atmosfera (terza direttiva figlia), in particolare indica “valori bersaglio” da raggiungere entro il 2010, demanda a Regioni e Province autonome la definizione di zone e agglomerati in cui la concentrazione-

ne di ozono superi il valore bersaglio; per tali zone dovranno essere adottati piani e programmi per il raggiungimento dei valori bersaglio. Piani e programmi dovranno essere redatti sulla base delle indicazioni del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare. La normativa riporta anche valori a lungo termine (al di sotto dei quali non ci si attende alcun effetto sulla salute), soglie di informazione (valori al di sopra dei quali possono esserci rischi per gruppi sensibili) e soglie di allarme (concentrazioni che possono determinare effetti anche per esposizioni a breve termine);

- Il D. Lgs. 171 del 21 maggio 2004, recepisce la direttiva europea 2001/81/CE, riguardante i limiti massimi per le emissioni annue degli Stati membri, individua gli strumenti per assicurare che le emissioni nazionali annue per il biossido di zolfo, per gli ossidi di azoto, per i composti volatili e per l'ammoniaca, rispettino entro il 2010 e negli anni successivi i limiti nazionali di emissione;
- Il D.Lgs. 152/2007 (che recepisce la direttiva 2004/107/CE) è l'ultima norma figlia emanata e si riferisce ad un gruppo di inquinanti (l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), per cui non è ancora possibile una misura in continuo e che si trovano prevalentemente all'interno del particolato sottile. Anche in questo caso vengono stabiliti i limiti di qualità dell'aria, le modalità di misura e le informazioni da fornire al pubblico.

L'insieme di tutte queste norme costituisce la base normativa su cui si fonda il controllo e la gestione attuale della qualità dell'aria.

2.1 DECRETO LEGISLATIVO DEL 13 AGOSTO 2010, N.155

Il DLgs 155/2010 costituisce l'attuazione della direttiva comunitaria 2008/50/CE circa la valutazione della qualità dell'aria ambiente, la sua gestione, nonché il suo miglioramento. Quest'unica norma sostituisce sia la legge quadro (DL 351/99) sia i decreti attuativi (che fornivano modalità di misura, indicazioni sul numero e sulla collocazione delle postazioni di monitoraggio, limiti e valori di riferimento per i diversi inquinanti) ribadendo i fondamenti del controllo dell'inquinamento atmosferico e i criteri di monitoraggio e introducendo, in base alle nuove evidenze epidemiologiche, tra gli inquinanti da monitorare anche il PM2.5, ormai ben noto per la sua pericolosità.

Il Decreto stabilisce per le sostanze inquinanti i seguenti criteri:

- i valori limite, vale a dire le concentrazioni atmosferiche fissate in base alle conoscenze scientifiche al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti dannosi sulla salute umana e sull'ambiente;
- le soglie di allarme, ossia la concentrazione atmosferica oltre la quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata e per cui si deve immediatamente intervenire;
- il margine di tolleranza, cioè la percentuale del valore limite nella cui misura tale valore può essere superato e le modalità secondo le quali tale margine deve essere ridotto nel tempo;
- il termine entro il quale il valore limite deve essere raggiunto;
- la soglia di valutazione superiore vale a dire la concentrazione atmosferica al di sotto della quale le misurazioni possono essere combinate con le tecniche di modellazione;
- la soglia di valutazione inferiore, ossia una concentrazione atmosferica al di sotto della quale è consentito ricorrere soltanto alle tecniche di modellazione o di stima oggettiva;
- i periodi di media, cioè il periodo di tempo durante il quale i dati raccolti sono utilizzati per calcolare il valore riportato.

Nell'allegato XI al decreto, vengono riportati i valori limite, i livelli critici, le soglie di allarme e di informazione e i valori obiettivo degli inquinanti normati.

Tale decreto ha subito delle leggere modifiche in base al nuovo Decreto Legislativo 24 dicembre 2012, n. 250 "Modifiche ed integrazioni al Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155, recante attuazione della Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa" (G.U. n. 23 del 28.01.2013), entrato in vigore il 12 febbraio 2013.

Nella seguente tabella si riportano i limiti per le concentrazioni degli inquinanti presi a riferimento per stabilire la qualità dell'aria su territorio nazionale sopra accennati:

Inquinante	Indicatore Normativo	Periodo di mediazione	Valore stabilito	Margine tolleranza	n° sup. consentiti
Biossido di Zolfo SO2	Valore limite protezione salute umana	1 ora	350 µg/m3	-	24
	Valore limite protezione salute umana	24 ore	125 µg/m3	-	3
	Soglia di allarme	3 ore consecutive in una stazione con rappresentatività > 100 kmq	500 µg/m3	-	-
	Livelli critici per la vegetazione	anno civile e inverno	20 µg/m3	-	-
Biossido di azoto NO2	Valore limite protezione salute umana	1 ora	200 µg/m3	-	18
	Valore limite protezione salute umana	anno civile	40 µg/m3	-	-
	Soglia di allarme	3 ore consecutive in una stazione con rappresentatività > 100 kmq	400 µg/m3	-	-
Ossidi di azoto NOx	Livelli critici per la vegetazione	anno civile	30 µg/m3	-	-
Particolato PM10	Valore limite protezione salute umana	24 ore	50 µg/m3	-	35
	Valore limite protezione salute umana	anno civile	40 µg/m3	-	-
Particolato fine PM2.5	Valore limite protezione salute umana	anno civile	25 µg/m3	-	-
Piombo	Valore limite protezione salute umana	anno civile	0,5 µg/m3	-	-

Inquinante	Indicatore Normativo	Periodo di mediazione	Valore stabilito	Margine tolleranza	n° sup. consentiti
Benzene	Valore limite protezione salute umana	anno civile	5 µg/m ³	-	-
Monossido di carbonio	Valore limite protezione salute umana	massima media su 8h consecutive	10 mg/m ³	-	-
Arsenico	Valore obiettivo	anno civile	6 ng/m ³	-	-
Cadmio	Valore obiettivo	anno civile	5 ng/m ³	-	-
Nichel	Valore obiettivo	anno civile	20 ng/m ³	-	-
Benzo(a)pirene	Valore obiettivo	anno civile	1 ng/m ³	-	-

Tabella 1 Valori limite, livelli critici, valori obiettivo, soglie di allarme per la protezione della salute umana per inquinanti diversi dall'ozono (Fonte: Allegati XI e XIII D. Lgs. 155/2010)

Il Decreto attribuisce alle Regioni e alle Province autonome la competenza da adottare, a seguito della valutazione della qualità dell'aria, specifici piani nel caso del superamento dei valori limite con interventi di riduzione delle emissioni inquinanti per il raggiungimento di tali valori entro i termini previsti e misure per il perseguimento dei valori obiettivo e per il mantenimento della qualità dell'aria nonché piani per la riduzione del rischio di superamento dei valori limite, dei valori obiettivo e delle soglie di allarme.

3 L'ANALISI METEO CLIMATICA

3.1 ASPETTI GENERALI

Uno degli aspetti fondamentali per l'analisi della componente in esame, riguarda l'aspetto meteoroclimatico dell'area di studio. Tale analisi è strutturata in due fasi consequenziali: in primis occorre analizzare dal punto di vista "storico" il contesto di intervento, definendo in un arco temporale ampio le condizioni climatiche che hanno caratterizzato l'area interessata dall'iniziativa progettuale in esame, secondariamente occorre analizzare il dato meteorologico di riferimento per le simulazioni modellistiche dell'area di intervento al fine di verificarne la coerenza con il dato storico.

In questo modo sarà possibile validare il dato utilizzato e verificare che le simulazioni effettuate non facciano riferimento ad outliers meteorologici che potrebbero inficiare l'intero processo di analisi.

La presente trattazione pertanto sarà divisa in due paragrafi principali: "il dato storico" che descrive l'analisi nell'arco temporale di riferimento 2010-2021 e l'analisi dei "dati di simulazione" corrispondenti allo stato attuale per il quale è stato preso a riferimento l'anno 2021.

3.2 IL DATO STORICO: ANDAMENTO 2010-2021

3.2.1 Fonte E Stazione Meteorologica Di Riferimento

Per la caratterizzazione meteorologica dell'area in esame sono stati acquisiti i dati meteorologici disponibili per gli anni 2010-2021.

Nei paragrafi successivi verranno analizzati separatamente diversi indicatori climatici appartenenti a tre categorie: Temperature, Precipitazioni e Venti.

Per il rilevamento dei dati meteorologici, necessari per condurre le simulazioni modellistiche, è stata scelta la stazione meteo più vicina all'area oggetto di studio e per la quale erano disponibili i dati necessari alle analisi. Si tratta, pertanto, della stazione meteorologica di Buttapietra (X=1657525; Y=5023913 - Fuso Ovest Gauss-Boaga)

3.2.2 Regime Termico

Il primo aspetto analizzato nella trattazione del dato storico riguarda il regime termico. La Tabella 2 riporta i dati circa le temperature medie dal 2010 al 2021.

Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
2.9	5.4	9.4	14.1	17.8	23.1	25.0	24.4	19.7	14.0	9.0	3.5

Tabella 2 Temperatura media mensile

Con riferimento alla Temperatura Media registrata è possibile notare come le temperature siano comprese tra 2.9 °C e 25.0 °C, rispettivamente registrate nei mesi di gennaio e luglio.

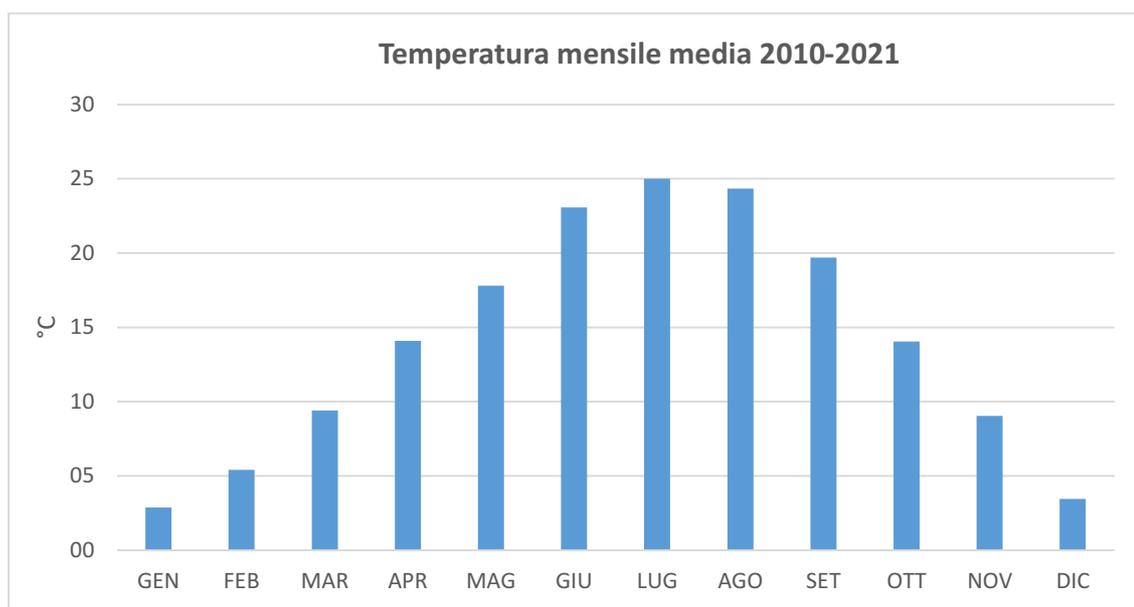


Figura 1 Temperatura media mensile

3.2.3 Regime Pluviometrico

Il regime pluviometrico è definito attraverso i dati registrati e riportati nella Tabella 3 e nella Figura 2.

Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
49.5	65.2	47.7	60.6	112.0	60.2	48.5	65.5	74.1	81.2	100.1	55.6

Tabella 3 Precipitazione cumulativa media mensile in mm

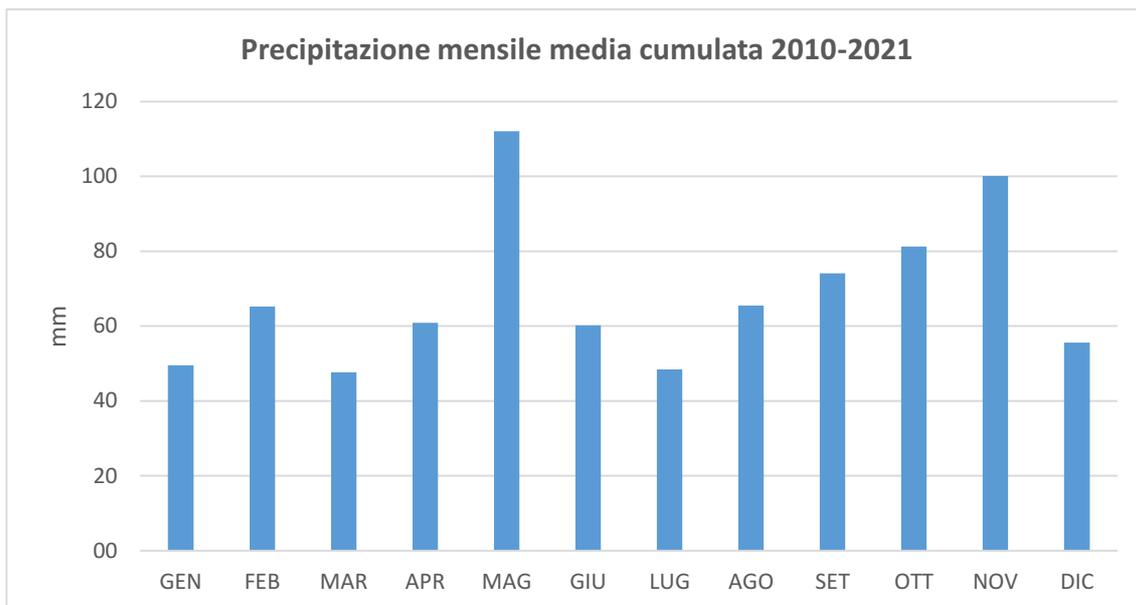


Figura 2 Precipitazione cumulativa media mensile

È possibile notare come il mese con la media mensile più elevata sia maggio con circa 112 mm di precipitazione, mentre il mese maggiormente asciutto è marzo con un valore di circa 47.7 mm.

Lo studio è stato condotto anche per quanto riguarda l'umidità percentuale media mensile per il periodo 2010-2021, come mostrato in Figura 3.

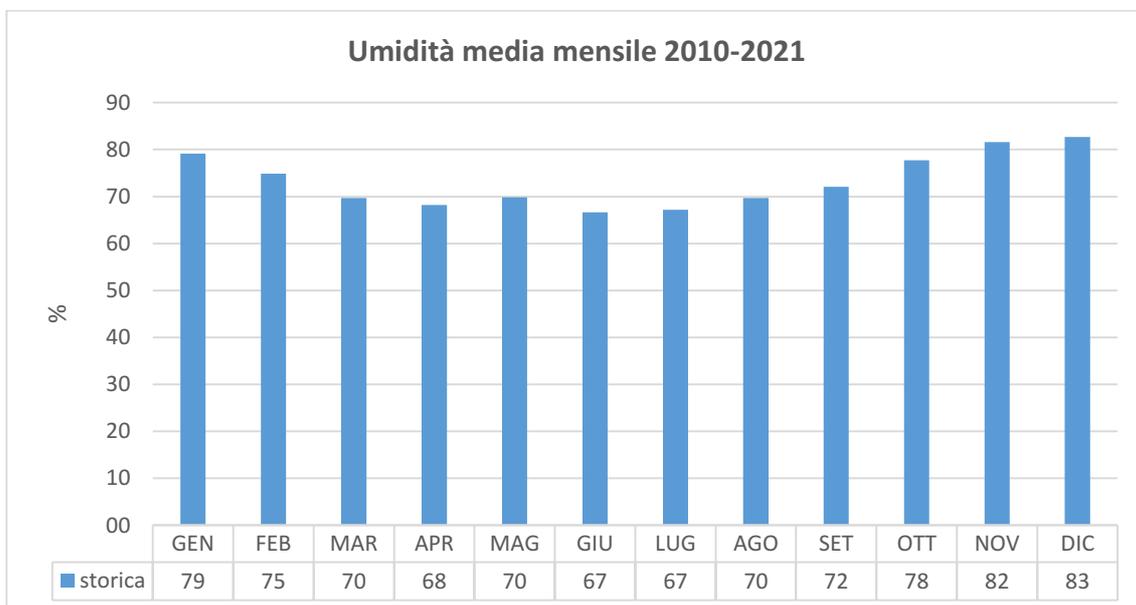


Figura 3 Umidità percentuale media mensile

3.2.4 Regime Anemometrico

Facendo riferimento ai dati relativi al vento è possibile identificarne l'intensità espressa in m/s. I valori registrati sono sinteticamente riportati nella seguente tabella e graficati nella Figura 4.

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
intensità (m/s)	0.8	1.1	1.2	1.2	1.0	0.9	0.9	0.7	0.6	0.6	0.8	0.8

Tabella 4 Andamento del regime anemometrico

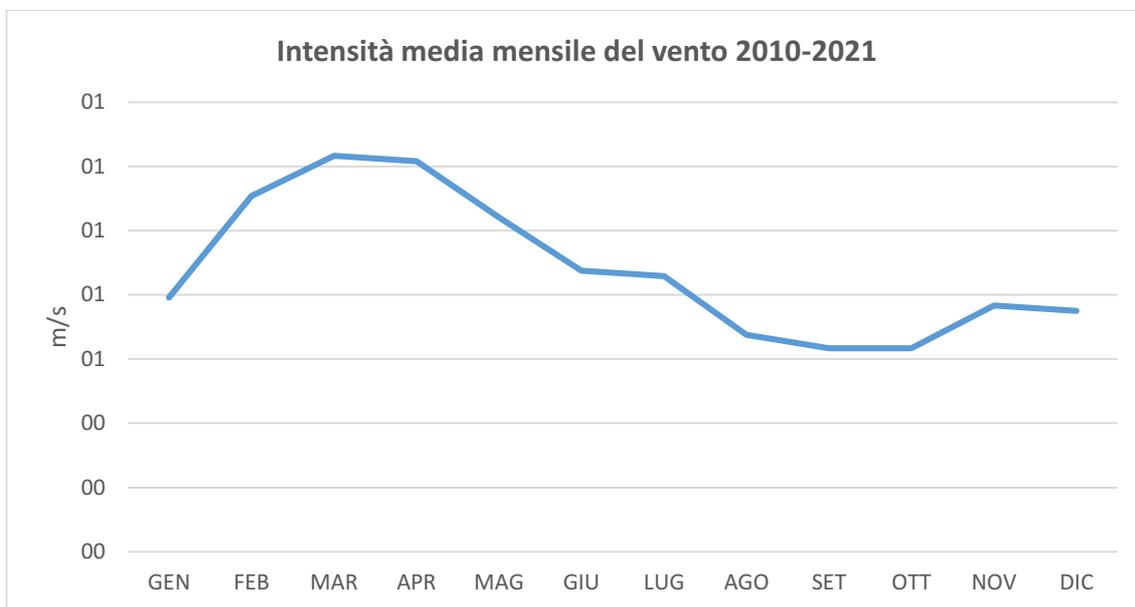


Figura 4 Andamento del regime anemometrico

È possibile notare come l'intensità media sia intorno a 0.9 m/s.

3.3 IL DATO METEOROLOGICO ATTUALE: 2021

Per la caratterizzazione meteorologica dell'area in esame sono stati acquisiti i dati meteorologici disponibili per l'anno 2021.

3.3.1 Regime Termico

Per quanto riguarda le temperature nell'anno di riferimento, come visibile dalla Figura 5 si registrano temperature maggiori nei mesi estivi di giugno, luglio e agosto, con un massimo assoluto di 28.9 °C nel mese di agosto.

I mesi più freddi sono dicembre, gennaio e febbraio, registrando un minimo assoluto pari a -3.1° C nel mese di gennaio. In generale, la media annua è pari a circa 13.7°C.

Di seguito, in Figura 6, è mostrato anche l'andamento medio mensile della temperatura.

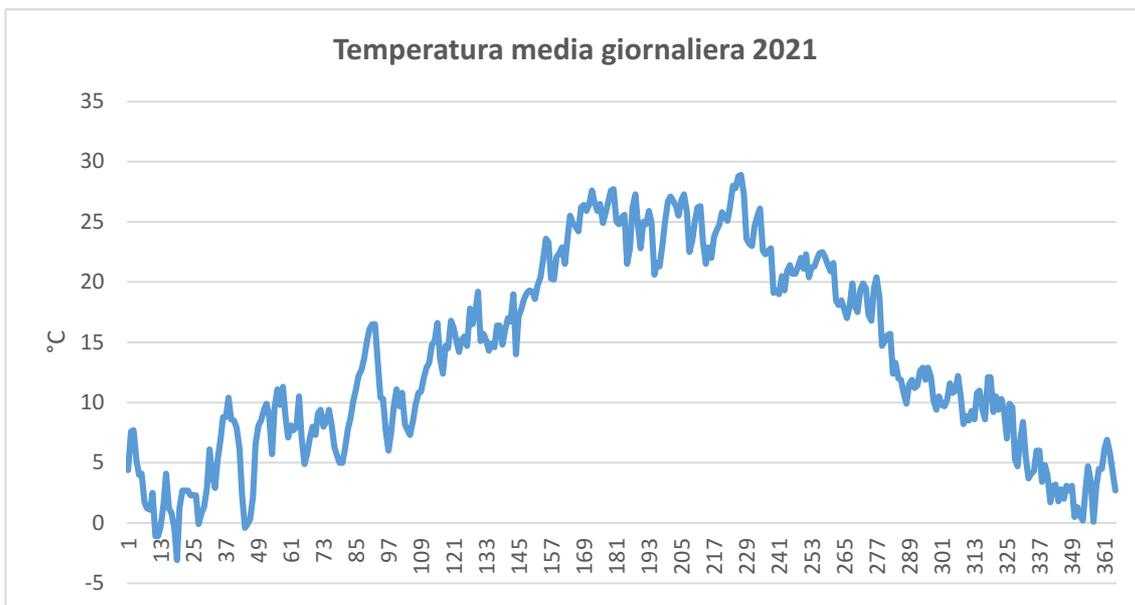


Figura 5 Temperatura media giornaliera

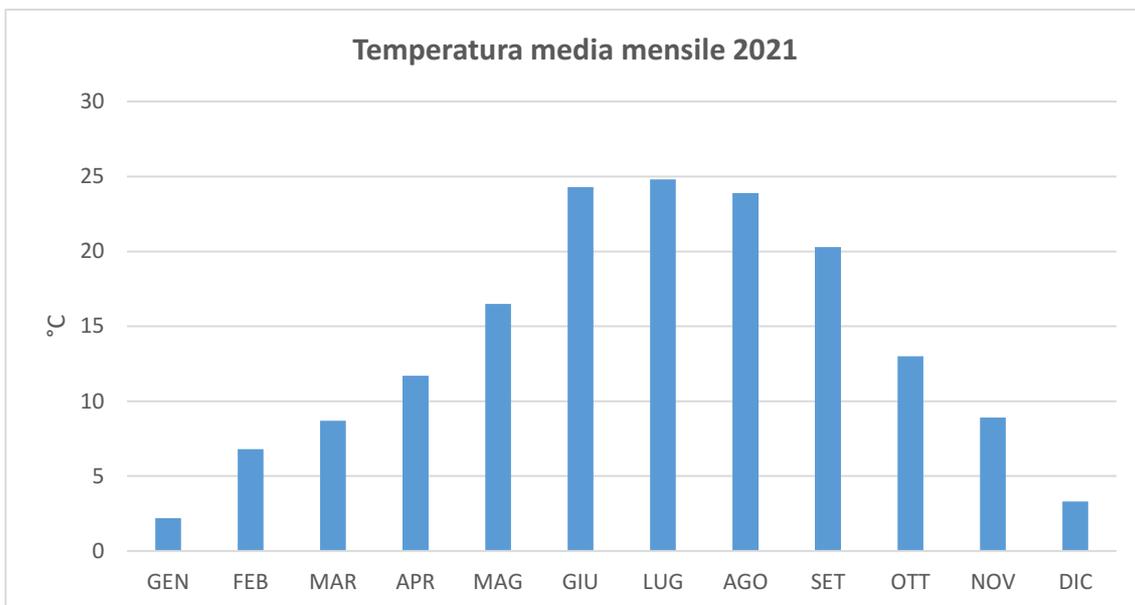


Figura 6 Temperatura media mensile

3.3.2 Regime Pluviometrico

A partire dai dati giornalieri forniti dalla centralina di Buttapietra, è stato calcolato l'andamento delle precipitazioni cumulate mensili per il 2021 (Figura 7).

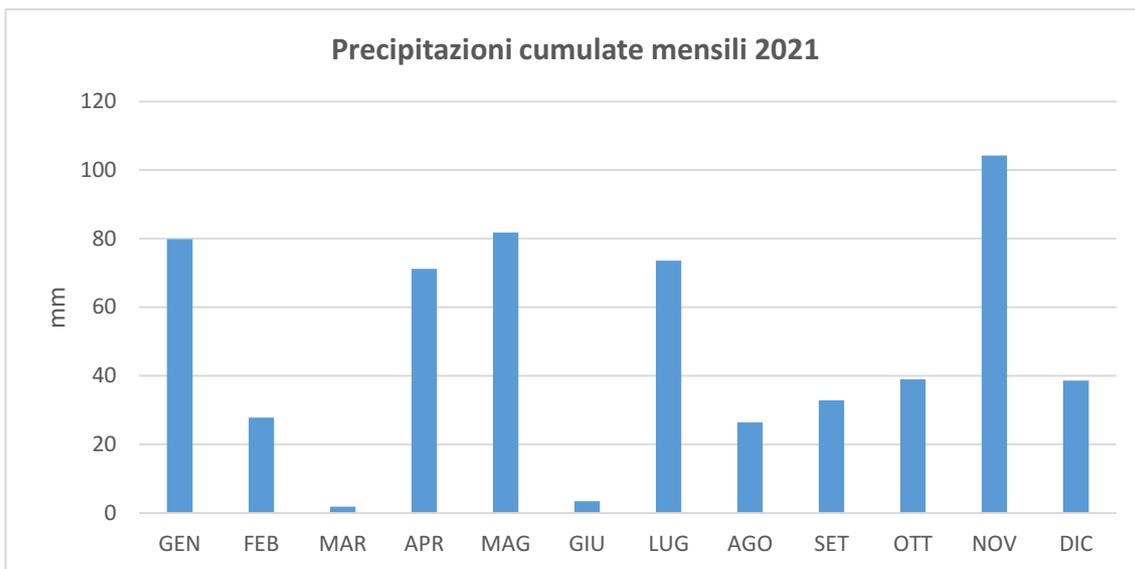


Figura 7 Precipitazioni mensili cumulate

È stata inoltre condotta un'analisi anche sull'andamento dell'umidità percentuale media, i cui dati sono mostrati in Figura 8.

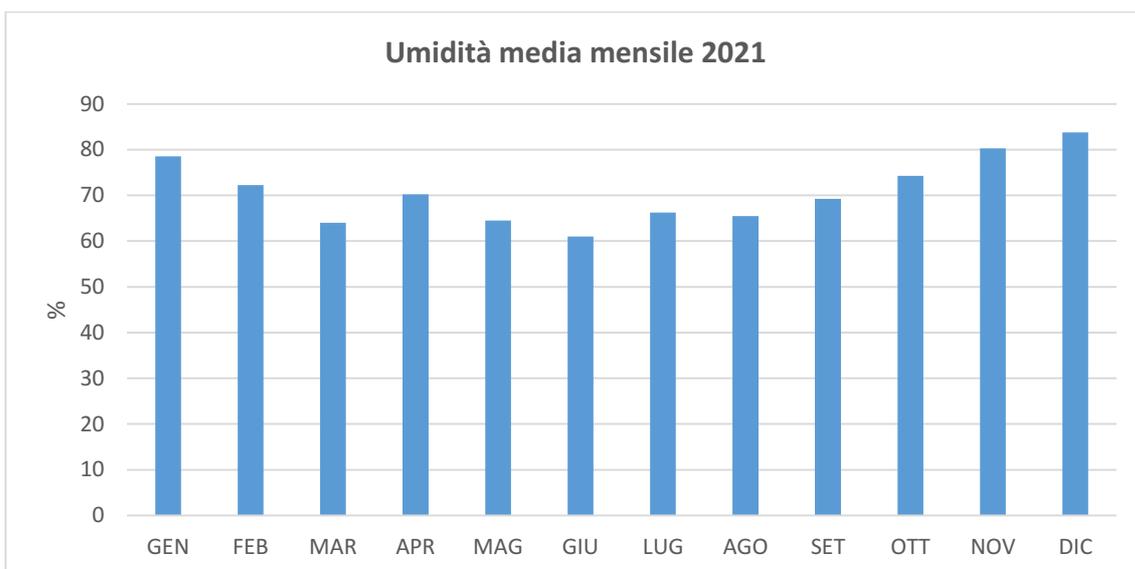


Figura 8 Umidità media mensile

3.3.3 Regime Anemometrico

Il vento influisce in modo rilevante sulle dinamiche di dispersione in atmosfera: venti intensi causano l'allontanamento delle sostanze emesse dalla sorgente disperdendole rapidamente, mentre venti deboli, spesso associati a perduranti condizioni anticicloniche, favoriscono l'accumulo delle sostanze inquinanti. Inoltre l'interazione del campo di vento con la superficie terrestre genera turbolenza di origine meccanica e le disomogeneità del terreno inducono lo sviluppo di dinamiche locali che si sovrappongono alla struttura generale della circolazione atmosferica influenzando in modo significativo la dispersione.

Per l'anno 2021 sono stati elaborati, con i dati forniti dalla centralina di Buttapietra, i grafici della velocità media e della rosa dei venti, come mostrato di seguito nella Figura 9 e nella Figura 10.

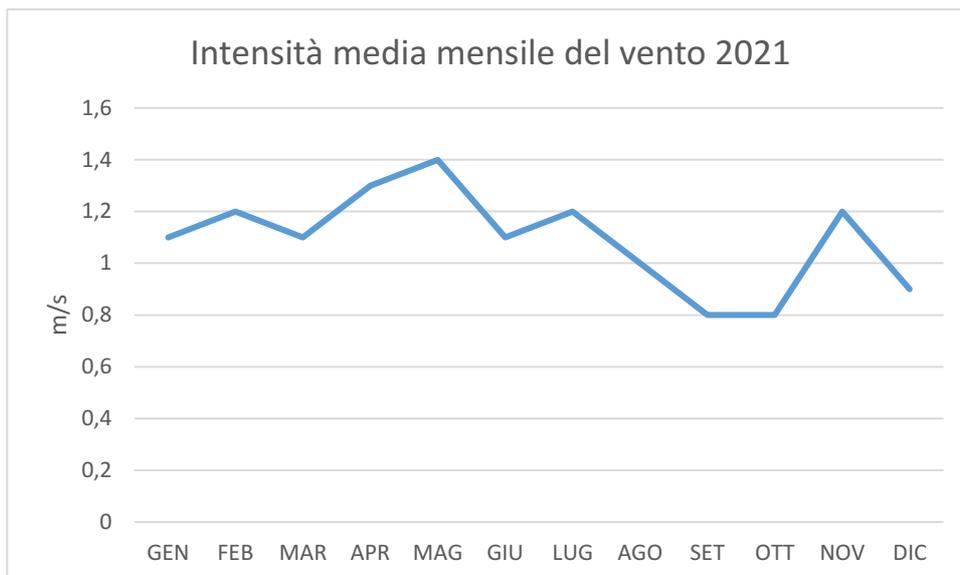


Figura 9 Velocità media del vento

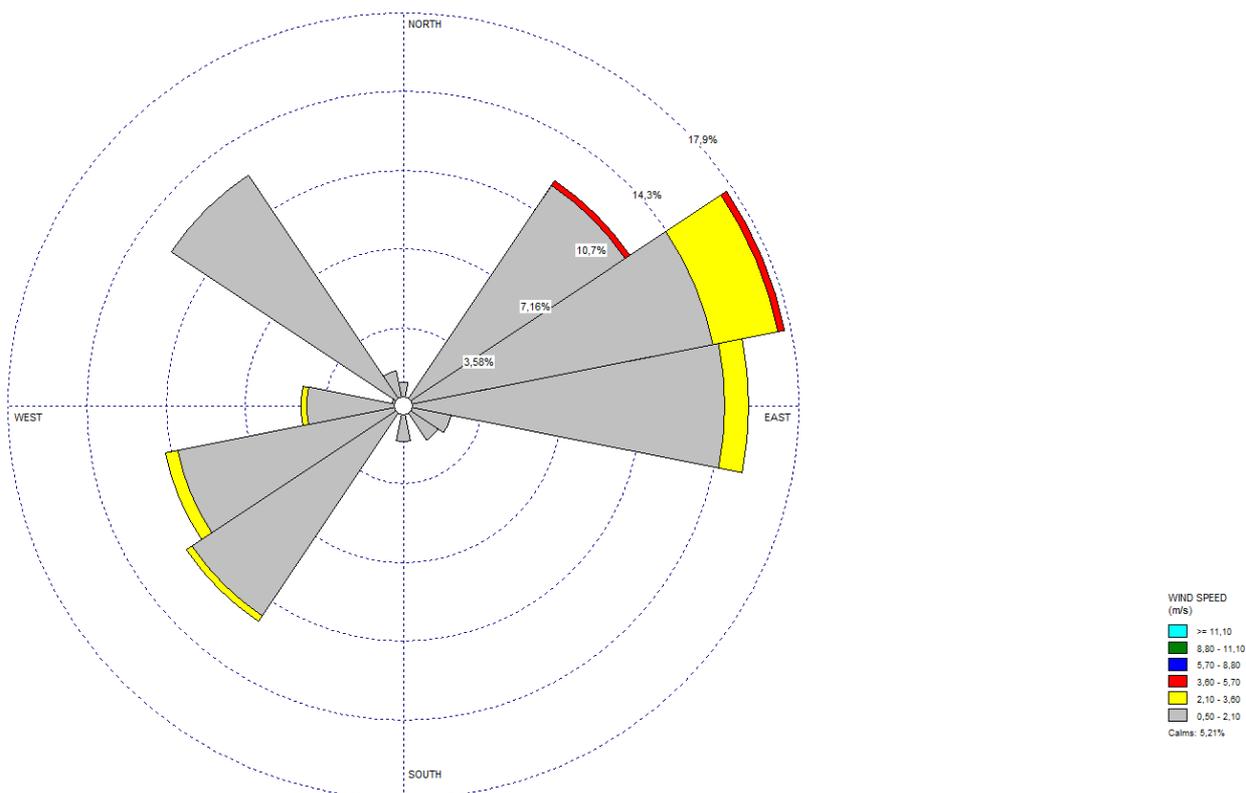


Figura 10 Rosa dei venti

L'intensità del vento registrata, Figura 9, ha una media assoluta di 1.1 m/s. e presenta dei picchi distribuiti durante tutto l'anno.

In relazione alla frequenza percentuale per direzione del vento, Figura 10, si nota come le direzioni prevalenti siano:

- ENE che si verifica in circa il 18 % dei giorni dell'anno;
- E che si verifica in circa il 16 % dei giorni dell'anno;
- NO che si verifica in circa il 13 % dei giorni dell'anno;
- NE che si verifica in circa il 13 % dei giorni dell'anno;
- SO che si verifica in circa il 12 % dei giorni dell'anno;
- OSO che si verifica in circa l'11 % dei giorni dell'anno;
- O che si verifica in circa il 5 % dei giorni dell'anno.

3.3.4 Pressione

Poiché la stazione meteo di Buttapietra è sprovvista del sensore di pressione, si è fatto riferimento alla stazione di Malo (X=1691985, Y=5060283 Gauss-Boaga fuso Ovest).

La pressione media mensile, registra nell'anno di riferimento, ha un massimo di 1021 hPa nel mese di febbraio e un minimo di 1013 hPa nei mesi di gennaio, luglio e agosto. I valori registrati, quindi, hanno una bassa variabilità all'interno dell'anno.

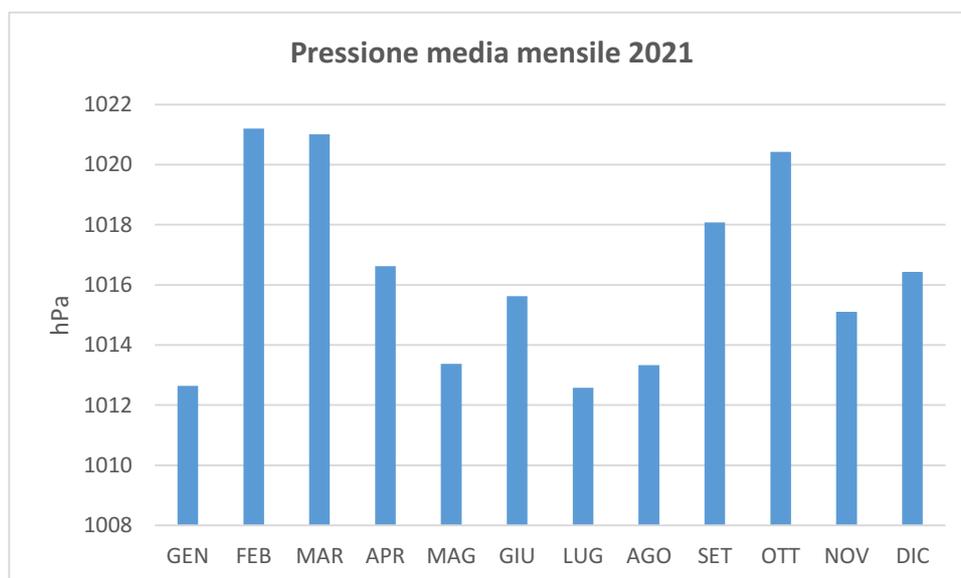


Figura 11 Pressione media mensile

3.4 IL CONFRONTO TRA IL DATO STORICO E L'ANNO DI RIFERIMENTO DELLE SIMULAZIONI

3.4.1 Parametri Di Confronto

Al fine di validare la simulazione che si andrà a condurre, in relazione all'aspetto meteorologico, è opportuno verificare la bontà del dato attuale assunto con la serie storica analizzata.

Ciò che si intende valutare, quindi, è la significatività del dato attuale 2021 rispetto alle condizioni meteorologiche che generalmente si verificano nell'area in cui è localizzato l'intervento.

Con tale verifica sarà quindi evidenziato come il dato meteorologico del 2021 sia conforme al dato storico, non rappresentando così un “outliers” rispetto alle condizioni meteo climatiche medie storiche analizzate nella stessa area. Nello specifico verranno, quindi, di seguito, analizzati e confrontati i principali parametri utilizzati nelle simulazioni modellistiche, quali il regime termico ed il regime anemometrico.

3.4.2 Regime Termico

Per quanto riguarda il Regime Termico il confronto è stato effettuato tra le temperature medie mensili. Il grafico in Figura 12 mostra un andamento pressoché invariato tra i due differenti riferimenti temporali. In particolare, i dati dell’anno di riferimento registrano un decremento medio nell’anno 2021 di 0.3°C per le temperature medie mensili.

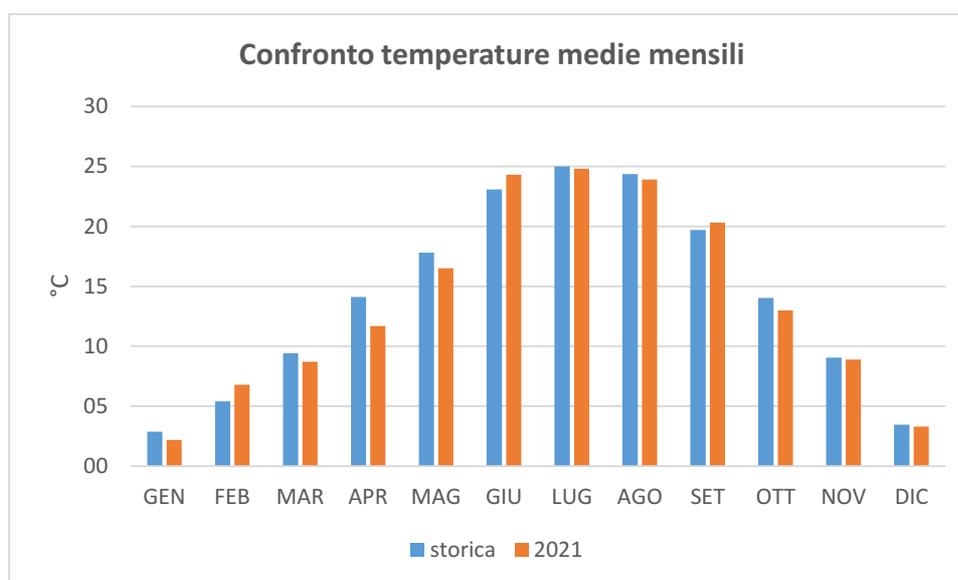


Figura 12 Confronto temperatura media

3.4.3 Regime Anemometrico

Facendo riferimento ai dati relativi del vento è possibile identificarne l’intensità espressa in m/s.

Tale analisi, precedentemente effettuata, è stata ripetuta per l’anno di riferimento in modo tale da poter effettuare un confronto.

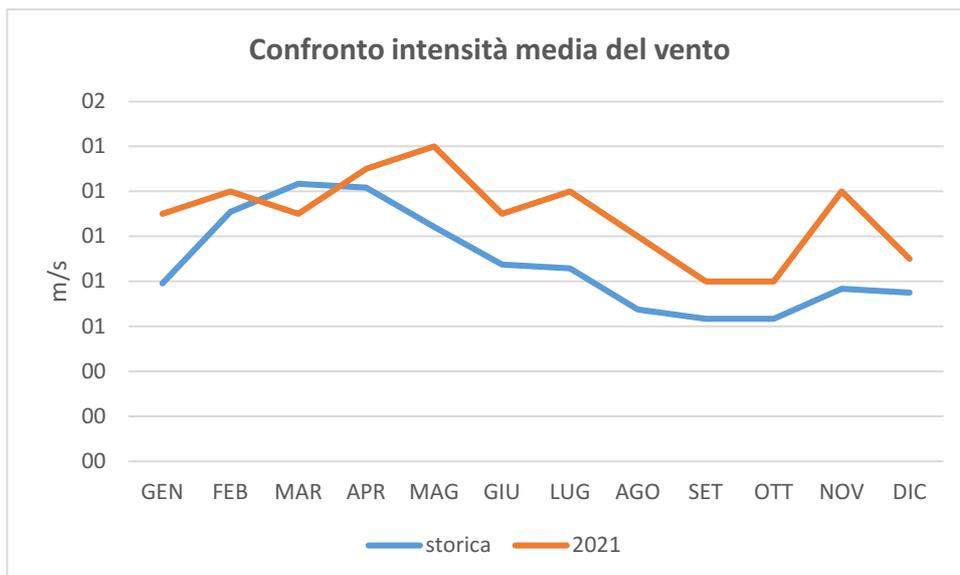


Figura 13 Confronto intensità media del vento

Per l'anno 2021, la centralina di Buttapietra, si allinea all'andamento del dato storico, con un'intensità media intorno a 1.1 m/s, contro l'intensità media del periodo 2010-2021 che si attesta intorno ai 0.9 m/s.

3.4.4 Conclusioni

Alla luce di quanto esposto nei paragrafi precedenti in relazione all'aspetto meteorologico, è possibile evidenziare in generale, sia in termini anemometrici che termici, una buona corrispondenza del dato attuale, relativo al 2021 della centralina di Buttapietra, con i dati provenienti dalle serie storiche per la stessa stazione meteo di riferimento.

Pertanto, può essere considerato attendibile l'intervallo di analisi per l'anno 2021, che verrà nel proseguo della trattazione adottato per le simulazioni modellistiche.

4 ANALISI DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

4.1 PIANO DI RISANAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA E ZONIZZAZIONE

Il quadro normativo regionale in materia di gestione della qualità dell'aria è costituito dalle competenze attribuite dal D.lgs 351/99 che recepisce i disposti della Direttiva europea e che attribuisce alle Regioni una serie di attività tra cui, secondo i criteri e le metodologie disposte dal D.M. 261/02 e sulla base, in prima applicazione, della valutazione preliminare e successivamente della valutazione della qualità dell'aria ambiente, la definizione di una lista di zone e agglomerati nei quali:

- i livelli di uno o più inquinanti eccedono il valore limite aumentato del margine di tolleranza;
- i livelli di uno o più inquinanti sono compresi tra il valore limite ed il valore limite aumentato del margine di tolleranza.

Sulla base di tale zonizzazione/classificazione del proprio territorio, le Regioni adottano un piano o un programma per il raggiungimento dei valori limite entro i termini stabiliti.

In particolare, le norme prevedono che si debba adottare un piano o programma di risanamento per il raggiungimento di tale soglia nelle zone o agglomerati ove uno o più inquinanti eccedono il valore limite di riferimento, oppure, adottare un piano di mantenimento della qualità dell'aria al fine di conservare e migliorare i livelli degli inquinanti laddove essi risultino al di sotto dei valori limite.

L'articolo 1, comma 4, del d.lgs. 155/2010, definisce, infatti, la zonizzazione del territorio "il presupposto su cui si organizza l'attività di valutazione della qualità dell'aria ambiente", le cui modalità di svolgimento sono individuate sulla base della classificazione delle zone medesime. La valutazione della qualità dell'aria è, a sua volta, "il presupposto per l'individuazione delle aree di superamento dei valori, dei livelli, delle soglie e degli obiettivi previsti" dal decreto per i vari inquinanti; in caso di superamento devono essere adottati piani che agiscano sull'insieme delle principali sorgenti di emissione, ovunque localizzate, che influenzano tali aree di superamento. Il medesimo articolo 1, comma 4, indica sinteticamente i principi per la delimitazione delle zone e degli agglomerati, meglio specificati nell'Appendice I "Criteri per la zonizzazione del territorio".

In primo luogo, sulla base dell'assetto urbanistico, della popolazione residente e della densità abitativa, si individuano gli agglomerati e successivamente, in considerazione principalmente delle caratteristiche orografiche, di quelle meteo climatiche, del carico emissivo e del grado di urbanizzazione del territorio, si prosegue con la delimitazione delle altre zone. Le zone e gli agglomerati individuati sono infine classificati ai fini della tutela della salute umana, secondo quanto specificato dall'articolo 4 del d.lgs. 155/2010, confrontando le concentrazioni nell'aria ambiente degli inquinanti SO₂, NO₂, C₆H₆, CO, Pb, PM₁₀, PM_{2.5}, As, Cd, Ni, B(a)P con le rispettive soglie di valutazione superiori e inferiori riportate nell'Allegato II del citato decreto.

L'attuale zonizzazione della regione Veneto, in vigore dal 1 gennaio 2021, è stata approvata con Delibera di Giunta Regionale 1855/2020 e aggiorna l'assetto zonale previgente, che era stato ratificato con DGRV 2130/2012.

La metodologia utilizzata per la zonizzazione del territorio ha previsto la definizione degli agglomerati e la successiva individuazione delle altre zone. Come indicato dal Decreto Legislativo n.155/2010 ciascun agglomerato corrisponde ad una zona con popolazione residente superiore a 250.000 abitanti, ed è costituito da un'area urbana principale e dall'insieme delle aree urbane minori che dipendono da quella principale sul piano demografico, dei servizi e dei flussi di persone e merci. Sono stati individuati i seguenti 5 agglomerati:

- Agglomerato Venezia: oltre al Comune Capoluogo di provincia, include i Comuni contermini;

- Agglomerato Treviso: oltre al Comune Capoluogo di provincia, include i Comuni contermini;
- Agglomerato Padova: oltre al Comune Capoluogo di provincia, comprende i Comuni dell'area metropolitana;
- Agglomerato Vicenza: oltre al Comune Capoluogo di provincia, include i Comuni della Valle del Chiampo, caratterizzati dall'omonimo distretto della conca delle pelli;
- Agglomerato Verona: oltre al Comune Capoluogo di provincia, comprende i Comuni inclusi nell'area metropolitana.

L'analisi della meteorologia e della climatologia tipiche della regione e della base dati costituita dalle emissioni comunali dei principali inquinanti atmosferici, sono state alla base della definizione delle zone al di fuori degli agglomerati. Le informazioni meteorologiche ed emissive sono state incrociate con i dati di qualità dell'aria del quinquennio 2015-2019, per ottenere una fotografia completa dello stato di qualità dell'aria della Regione. Sulla base di questo strutturato insieme di informazioni sono state individuate le zone denominate:

- Prealpi e Alpi;
- Fondovalle;
- Pianura;
- Zona Costiera e Colli.

In Figura 14 si riporta la suddivisione del territorio regionale nelle diverse zone individuate dal provvedimento regionale. Ad ogni zona è associato uno specifico colore per agevolare la lettura della cartina.

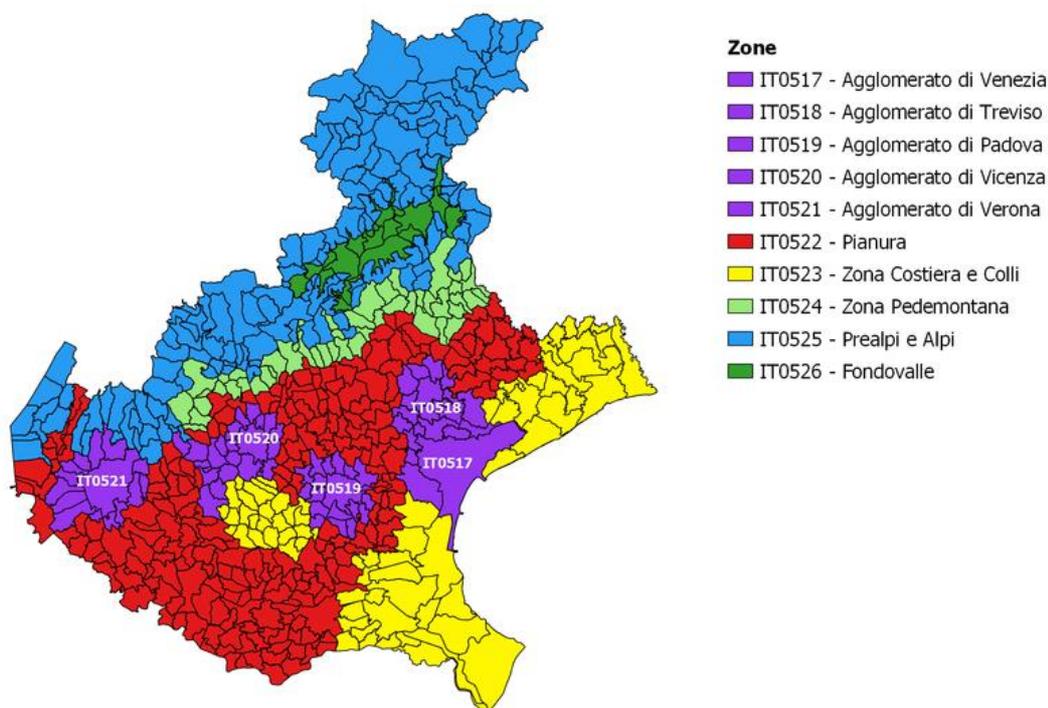


Figura 14 Zonizzazione del Veneto

Il tratto di strada da noi preso in esame nel seguente studio ricade all'interno dell'Agglomerato di Verona IT0521.

4.2 MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

La rete di monitoraggio regionale della qualità dell'aria è stata sottoposta ad un processo di revisione per renderla conforme alle disposizioni del Decreto Legislativo n.155/2010. Il Progetto di adeguamento, elaborato sulla base delle indicazioni del Tavolo di Coordinamento nazionale, ha portato alla definizione della rete regionale di monitoraggio e del relativo programma di valutazione della qualità dell'aria. Le elaborazioni grafiche contenute nella presente relazione si riferiscono esclusivamente al set di stazioni riportate in Tabella 2. Trattasi delle stazioni appartenenti al programma di valutazione di cui sopra.

Si precisa che ARPAV gestisce anche altre stazioni, non facenti parte del programma di valutazione, sulla base di convenzioni con Enti Locali o con aziende private, finalizzate principalmente alla valutazione dell'impatto di attività industriali specifiche. Per tutte queste stazioni si è verificato, al capitolo 8, il rispetto degli indicatori di legge di cui al Decreto Legislativo n.155/2010.

In *Figura 15* si illustra l'ubicazione delle 35 centraline (indicate in blu) facente parte della rete di monitoraggio regionale e le 8 centraline in convenzione (con gli Enti Locali, indicate azzurro, o con aziende private, indicate in rosso).

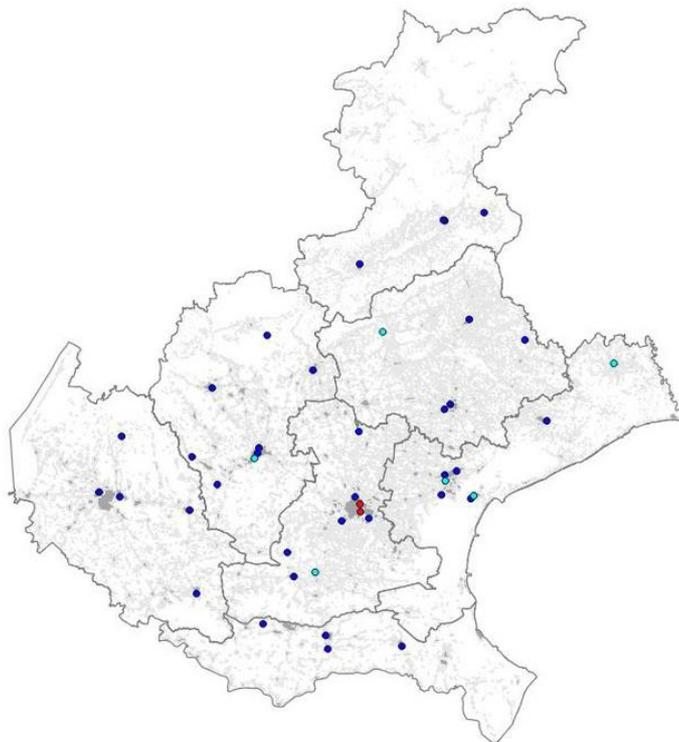


Figura 15 Rete di monitoraggio qualità dell'aria

In generale, le stazioni si distinguono in:

- stazioni di misurazione di TRAFFICO: stazioni ubicate in posizione tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente da emissioni da traffico, provenienti da strade limitrofe con intensità di traffico medio alta
- stazioni di misurazione di FONDO: stazioni ubicate in posizione tale che il livello di inquinamento non sia influenzato prevalentemente da emissioni da specifiche fonti (industrie, traffico, riscaldamento)

residenziale, ecc.) ma dal contributo integrato di tutte le fonti poste sopravento alla stazione rispetto alle direzioni predominanti dei venti nel sito

- stazioni di misurazione INDUSTRIALE: stazioni ubicate in posizione tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente da singole fonti industriali o da zone industriali limitrofe.

Di seguito si riporta l'elenco delle stazioni appartenenti alla rete di monitoraggio regionale specificandone la tipologia e gli inquinanti monitorati.

Provincia	Stazione	Tipologia	SO ₂	NO ₂ /NO _x	CO	O ₃	PM10	PM2.5	Benzene	B(a)P	Metalli
PD	PD_Arcella	TU	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓
PD	PD_Mandria	FU		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
PD	PD_Granze	IU					✓			✓	✓
PD	Parco Colli Euganei	FR		✓		✓	✓				
PD	Este	IS	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓
PD	Alta Padovana	FR		✓	✓	✓	✓			✓	
VR	VR_Borgo Milano	TU	✓	✓	✓		✓		✓		
VR	VR_Giarol	FU		✓		✓	✓	✓		✓	✓
VR	Legnago	FU		✓		✓	✓				
VR	San Bonifacio	TU		✓		✓	✓				
VR	Boscochiesanuova	FR	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓
RO	RO_Largo Martin	TU	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
RO	RO_Borsea	FU		✓		✓	✓			✓	✓
RO	Badia Polesine - Villafora	FR	✓	✓	✓	✓	✓			✓	
RO	Adria	FU	✓	✓		✓	✓		✓		
BL	BL-Parco città Bologna	FU		✓		✓	✓	✓		✓	
BL	BL_La Cerva	TU	✓	✓	✓		✓				
BL	Area Feltrina	FS		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
BL	Pieve d'Alpago	FR		✓		✓	✓		✓		
TV	TV_Via Lancieri	FU		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
TV	TV-S.Agnese	TU	✓	✓	✓		✓				
TV	Conegliano	FU		✓		✓	✓	✓			
TV	Mansuè	FR		✓		✓	✓	✓			
VI	VI_San Felice	TU	✓	✓	✓		✓		✓		
VI	VI_Quartiere Italia	FU		✓		✓	✓	✓		✓	✓
VI	Asiago_Cima Ekar	FR		✓		✓					
VI	Chiampo	IU		✓					✓		
VI	Bassano	FU		✓		✓		✓			
VI	Montebello Vicentino	IS		✓							
VI	Schio	FU		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
VE	VE_Parco Bissuola	FU	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
VE	VE_Sacca Fisola	FU	✓	✓		✓	✓				✓
VE	VE_Via Tagliamento	TU		✓	✓		✓				
VE	VE_Via Malcontenta	IS	✓	✓			✓	✓		✓	✓
VE	San Donà di Piave	FU		✓		✓	✓	✓		✓	✓

Legenda Tipologia

T: Traffico
F: Fondo
I: Industriale

U: Urbano
S: Suburbano
R: Rurale

Tabella 5 Elenco delle stazioni e dei relativi monitor

Per l'area oggetto di studio, possiamo prendere come riferimento le centraline presenti nella provincia di Verona, come evidenziato in Tabella 5.

Di seguito, invece, si riporta l'ubicazione delle centraline della provincia di Verona rispetto all'area oggetto di studio, cerchiata in azzurro.

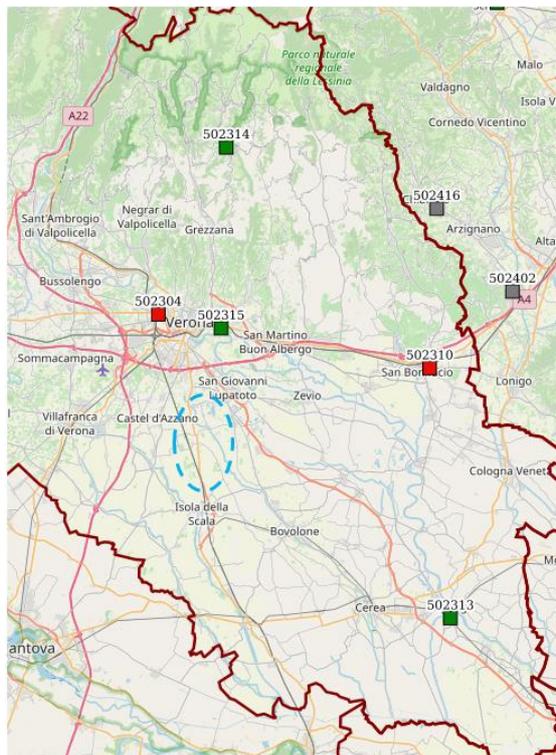


Figura 16 Posizione delle stazioni di misura della provincia di Verona rispetto all'area di studio

Nei successivi paragrafi si riportano le analisi dei dati per i vari inquinanti e le risultanze acquisite nell'ultimo anno vengono confrontate con quelle degli anni precedenti.

In particolare il documento preso in considerazione è "La qualità dell'aria in breve-2021" redatto da ARPA Veneto che ha come finalità quella di fornire una prima serie di informazioni rilevanti sull'inquinamento atmosferico registrato in Veneto nel 2021, grazie ai dati misurati dalla strumentazione automatica presente nelle centraline fisse della rete di monitoraggio della qualità dell'aria. Il documento, in particolare, intende focalizzare l'attenzione su inquinanti atmosferici chiave, quali il biossido di azoto, il particolato atmosferico PM10 e PM2.5 e l'ozono, che vengono determinati in tempo reale dalle centraline fisse e i cui indicatori sono già calcolabili a pochi giorni dal termine dell'anno.

Tali informazioni consentono di dare una prima valutazione della qualità dell'aria basandosi su considerazioni fatte essenzialmente a scala regionale e confrontando i livelli degli inquinanti citati con i limiti imposti dal D.Lgs.155/2010.

Il panorama dello stato della qualità dell'aria nella provincia di Verona emerso dall'analisi dei dati del monitoraggio effettuato sul territorio nel 2021 e delle serie storiche indica una situazione positiva.

4.3 PARTICOLATO

Spesso il particolato rappresenta l'inquinante a maggiore impatto ambientale nelle aree urbane, tanto da indurre le autorità competenti a disporre dei blocchi del traffico nel tentativo di ridurre il fenomeno.

Le particelle sospese sono sostanze allo stato solido o liquido, che a causa delle loro piccole dimensioni, restano sospese in atmosfera per tempi più o meno lunghi.

Le polveri totali sospese o PTS vengono anche indicate come PM (particulate matter).

Le polveri PM10 rappresentano il particolato che ha un diametro inferiore a 10 micron, mentre le PM2,5, che costituiscono all'incirca il 60% delle PM10, rappresentano il particolato che ha un diametro inferiore a 2,5 micron.

Il particolato si origina sia da fonti naturali che antropogeniche. Tra le cause antropiche: l'utilizzo dei combustibili fossili, le emissioni degli autoveicoli, l'usura degli pneumatici, dei freni e del manto stradale.

4.3.1 PM 10

Per il particolato atmosferico PM10 il D.Lgs.155/2010 fissa un limite annuale a 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Nel 2021 tale limite è stato ampiamente rispettato in tutte le 37 centraline fisse che monitorano in automatico questo inquinante. Per quanto riguarda il trend dei livelli medi di questo inquinante, nel 2021 le concentrazioni sono state significativamente più basse rispetto ai quattro anni precedenti (Figura 17).

Come si può notare il grafico riporta la distribuzione dei 37 valori di concentrazione media annua misurati dalle centraline della rete nel quinquennio 2017-2021. Il box arancione rappresenta l'intervallo in cui cadono la metà delle concentrazioni rilevate, mentre la linea orizzontale nel box rappresenta il valore mediano calcolato e consente un primo confronto tra gli anni. In rosso è inoltre evidenziato il valore limite.

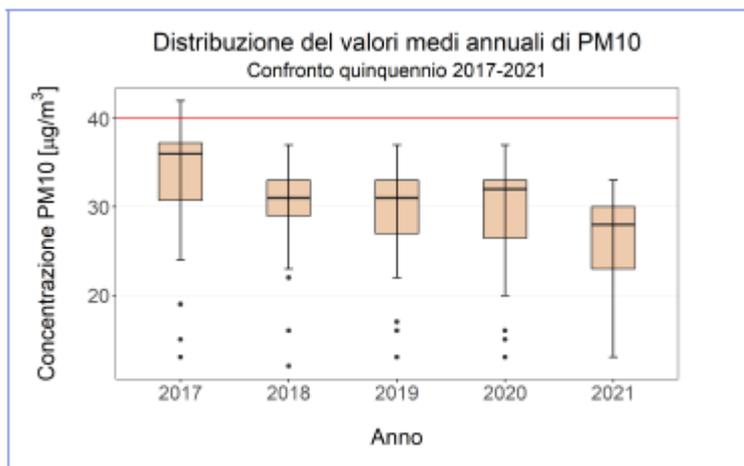


Figura 17 Distribuzione delle concentrazioni medie annue di PM10. Confronto quinquennio 2017-2021

Oltre al valore limite annuale la norma fissa per il PM10 un valore limite giornaliero di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, da non superare per più di 35 giorni all'anno. Tale valore limite nel 2021 risulta rispettato in 10 centraline delle 37 che monitorano in automatico il PM10, pari al 27% del totale. Il numero di superamenti mediamente registrati è inferiore al biennio precedente. In particolare, nella provincia di Verona, 4 centraline su 5 hanno superato il limite giornaliero, come riportato in Tabella 6.

Provincia	Tipo di stazione	Nome stazione	Num sup. valore limite giornaliero PM10 Anno 2021
Verona	TRAFFICO URBANA	Verona Borgo Milano	51
	FONDO URBANA	Verona Giarol Grande	47
	FONDO URBANA	Legnago	44
	TRAFFICO URBANA	San Bonifacio	47
	FONDO RURALE	Boscochiesanuova	9

Tabella 6 Numero superamenti valore limite giornaliero del PM10 durante il 2021

In Figura 18 è riportato il grafico con la distribuzione dei superamenti del valore limite giornaliero misurati per anno dalle centraline della rete nel quinquennio 2017-2021. Il box lilla rappresenta l'intervallo in cui cadono la metà dei superamenti registrati, mentre la linea orizzontale nel box rappresenta il valore mediano calcolato e consente un primo confronto tra gli anni. In rosso è inoltre evidenziato il valore limite.

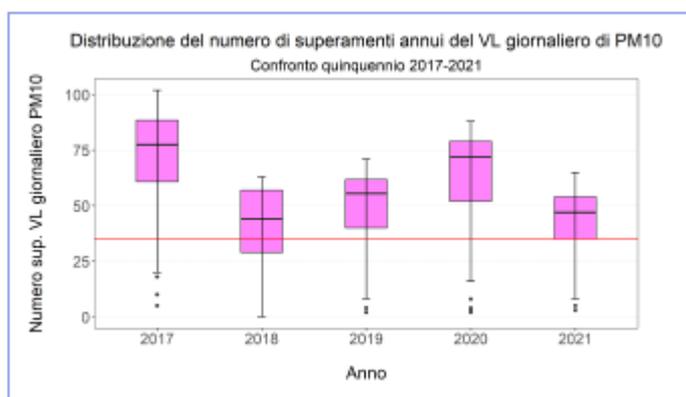


Figura 18 Distribuzione del numero di superamenti del valore limite (VL) giornaliero di particolato PM10. Confronto quinquennio 2017-2021

4.3.2 PM 2.5

Per il particolato atmosferico PM2.5 il D.Lgs.155/2010 fissa, dal 2015, un limite annuale a 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Nel 2021 tale limite è stato rispettato in tutte le 17 centraline fisse che monitorano in automatico questo inquinante. Per quanto riguarda il trend dei livelli medi di PM2.5, nel 2021, in analogia con il PM10, le concentrazioni sono state inferiori ai quattro anni precedenti (Figura 19).

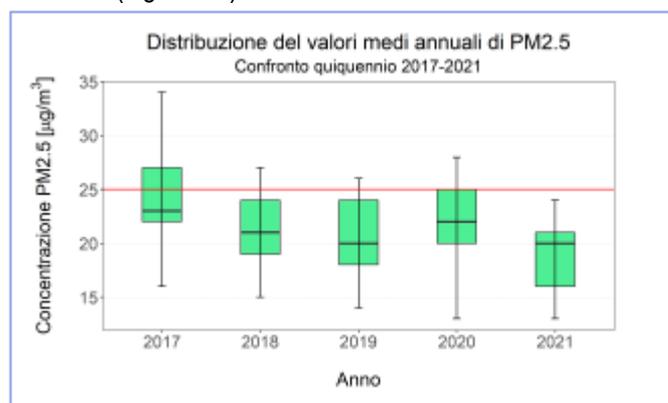


Figura 19 Distribuzione delle concentrazioni medie annue di particolato PM2.5. Confronto

quinquennio 2017-2021

Il box verde rappresenta l'intervallo in cui cadono la metà delle concentrazioni rilevate, mentre la linea orizzontale nel box rappresenta il valore mediano calcolato e consente un primo confronto tra gli anni. In rosso è inoltre evidenziato il valore limite.

4.4 OSSIDI DI AZOTO: NOX

Con il termine NOx vengono indicati genericamente l'insieme dei due più importanti ossidi di azoto a livello di inquinamento atmosferico ossia l'ossido di azoto, NO, e il biossido di azoto, NO₂.

Gli ossidi di azoto (NOx) vengono emessi direttamente in atmosfera a seguito di tutti i processi di combustione ad alta temperatura (impianti di riscaldamento, motori dei veicoli, combustioni industriali, centrali di potenza, ecc.), per ossidazione dell'azoto atmosferico e, solo in piccola parte, per l'ossidazione dei composti dell'azoto contenuti nei combustibili utilizzati.

Nel caso del traffico autoveicolare, le quantità più elevate di questi inquinanti si rilevano quando i veicoli sono a regime di marcia sostenuta e in fase di accelerazione, poiché la produzione di NOx aumenta all'aumentare del rapporto aria/combustibile, cioè quando è maggiore la disponibilità di ossigeno per la combustione.

A differenza delle polveri sottili, gli ossidi di azoto sono inquinanti più locali, in quanto a causa della loro breve vita media subiscono processi di trasporto a scala spaziale limitata. Le concentrazioni registrate nelle singole stazioni sono pertanto fortemente condizionate dalle eventuali sorgenti presenti in prossimità.

4.4.1 Biossidi Di Azoto: No₂

Per il biossido di azoto (NO₂) il D.Lgs.155/2010 fissa un limite annuale a 40 µg/m³. Nel 2021 tale limite è stato rispettato in tutte le 41 centraline fisse che monitorano questo inquinante.

Per quanto riguarda il trend dei livelli medi di questo inquinante, nel 2021 le concentrazioni sono state generalmente confrontabili con il 2020 e tendenzialmente più basse rispetto al triennio 2017-2019.

In Figura 20 si riporta un grafico con la distribuzione dei 41 valori di concentrazione media annua misurati dalle centraline della rete nel quinquennio 2017-2021. Il box celeste rappresenta l'intervallo in cui cadono la metà delle concentrazioni rilevate, mentre la linea orizzontale nel box rappresenta il valore mediano calcolato e consente un primo confronto tra gli anni. In rosso è inoltre evidenziato il valore limite.

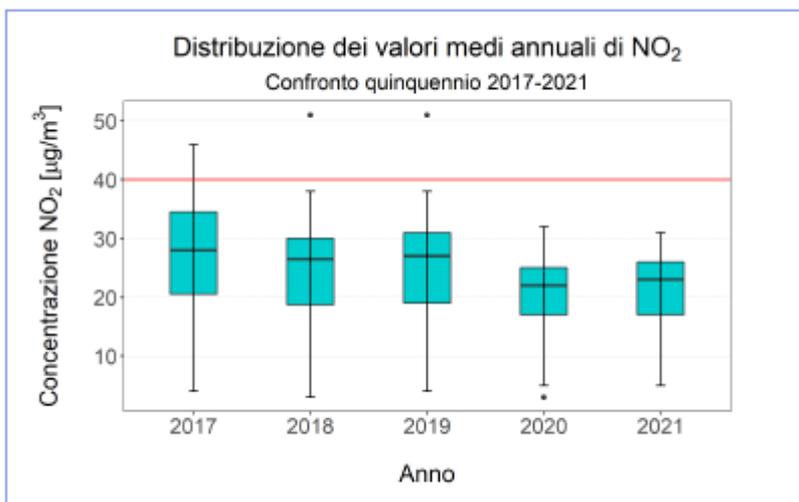


Figura 20 Distribuzione delle concentrazioni medie annue di biossido di azoto. Confronto quinquennio 2017-2021

Oltre al valore limite annuale, la norma fissa per il biossido di azoto un valore limite orario di 200 µg/m³, da non superare per più di 18 ore all'anno. Tale valore limite nel 2021 risulta rispettato in tutte le centraline della rete.

4.5 MONOSSIDO DI CARBONIO E BENZENE

Il monossido di carbonio (CO) ha origine da processi di combustione incompleta di composti contenenti carbonio. È un gas la cui origine è da ricondursi prevalentemente al traffico autoveicolare, soprattutto ai veicoli a benzina. Le emissioni di CO dai veicoli sono maggiori in fase di decelerazione e di traffico congestionato. Le sue concentrazioni sono strettamente legate ai flussi di traffico locali e gli andamenti giornalieri rispecchiano quelli del traffico, come si nota dalla Figura 21.

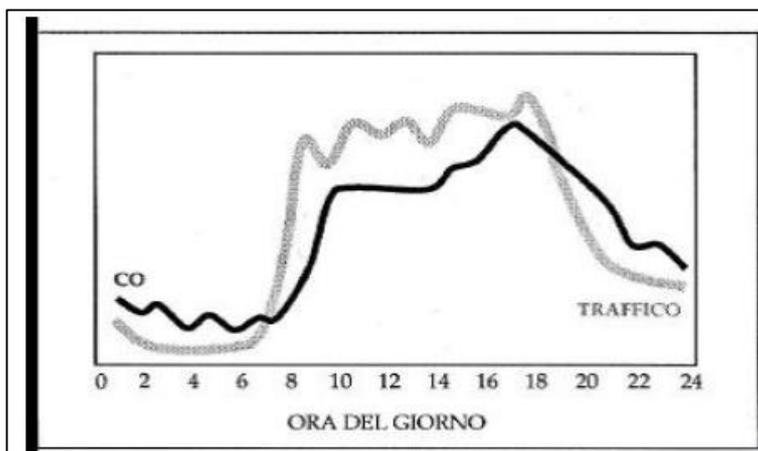


Figura 21 Andamento giornaliero del traffico vs CO

Il monossido di carbonio presenta anche una forte variabilità spaziale: la sua concentrazione mostra di solito valori massimi nell'intorno dell'asse stradale e decresce molto rapidamente allontanandosi da esso, fino a diventare trascurabile a una distanza di alcune decine di metri.

Anche per il benzene, la sorgente più rilevante nell'atmosfera è rappresentata dal traffico veicolare, principalmente dai gas di scarico dei veicoli alimentati a benzina, nei quali viene aggiunto al carburante (la cosiddetta

benzina verde) come antidetonante, miscelato con altri idrocarburi (toluene, xilene, ecc.) in sostituzione del piombo tetraetile impiegato fino a qualche anno fa. In piccola parte il benzene proviene dalle emissioni che si verificano nei cicli di raffinazione, stoccaggio e distribuzione della benzina.

Le concentrazioni di questi due inquinanti, si sono significativamente ridotte negli anni, grazie alle modifiche introdotte sui combustibili ed allo sviluppo tecnologico nel settore automobilistico e si sono assestate su valori ampiamente inferiori ai limiti normativi.

5 I MODELLI DI SIMULAZIONE UTILIZZATI

5.1 AERMOD VIEW

Il modello di simulazione matematico relativo alla dispersione degli inquinanti in atmosfera a cui si è fatto riferimento per le simulazioni, è il software AERMOD View, distribuito dalla Lakes Environmental, il quale, partendo dalle informazioni sulle sorgenti e sulle condizioni meteorologiche, fornisce la dispersione degli inquinanti in atmosfera e i relativi livelli di concentrazione al suolo.

AERMOD View incorpora i principali modelli di calcolo utilizzati dall'U.S. EPA attraverso un'interfaccia integrata. Tali modelli sono:

- Aermod;
- ISCST3;
- ISC-PRIME.

In particolare, AERMOD è un modello di tipo Gaussiano (Steady-state Gaussian plume air dispersion model) basato su un modello di stabilità atmosferica di tipo "Planetary boundary layer theory"¹, che consente di valutare, attraverso algoritmi di calcolo, i fattori di deflessione degli edifici, i parametri di deposizione al suolo degli inquinanti, l'effetto locale dell'orografia del territorio ed in ultimo i calcoli relativi alle turbolenze meteorologiche.

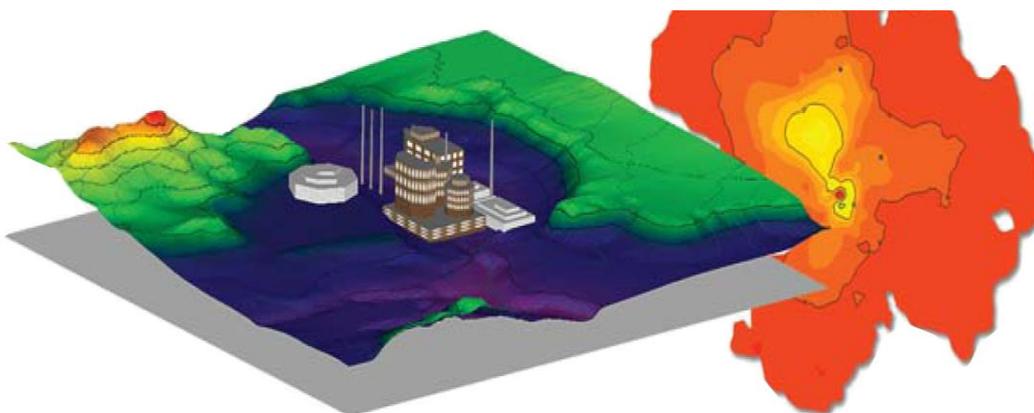


Figura 22 AermodView Esempio di modellazione grafica 3D delle curve di isoconcentrazione

Il codice AERMOD è stato sviluppato dall'American Meteorological Society – EPA, quale evoluzione del modello gaussiano ISC3. La dispersione in atmosfera della sostanza inquinante è funzione delle condizioni di stabilità atmosferica dell'area di riferimento stessa²:

- strato limite dell'atmosfera stabile: la distribuzione è di tipo gaussiano sia in direzione orizzontale che in direzione verticale;
- strato limite dell'atmosfera instabile: la distribuzione è di tipo gaussiano in direzione orizzontale e bi-gaussiano in direzione verticale.

¹ AERMOD Tech Guide – Gaussian Plume Air Dispersion Model. Version 7.6

² US EPA, User Guide for the AMS EPA regulatory model AERMOD – USA (2004)

Tale impostazione supera le tipologie di modelli precedenti (ISC3) permettendo di superare i limiti dei modelli gaussiani, i quali non erano in grado di simulare, in maniera sufficientemente rappresentativa, le condizioni di turbolenza dello strato limite atmosferico. Il codice prende in considerazione diversi tipi di sorgente:

- puntuali;
- lineari;
- areali;
- volumiche.

Per ognuna di tali sorgenti il modello fa corrispondere un diverso algoritmo di calcolo delle concentrazioni. Il modello, pertanto, calcola il contributo di ciascuna sorgente nel dominio d'indagine, in corrispondenza dei punti ricettori i quali possono essere punti singolari, o una maglia di punti con passo definito dall'utente.

In ultimo il modello si avvale di due ulteriori modelli per la valutazione degli input meteorologici e territoriali. Il primo modello, AERMET, consente di elaborare i dati meteorologici rappresentativi dell'area d'intervento, al fine di calcolare i parametri di diffusione dello strato limite atmosferico. Esso permette, pertanto, ad AERMOD di ricavare i profili verticali delle variabili meteorologiche più influenti. Il secondo modello, AERMAP, invece, consente di elaborare le caratteristiche orografiche del territorio in esame.

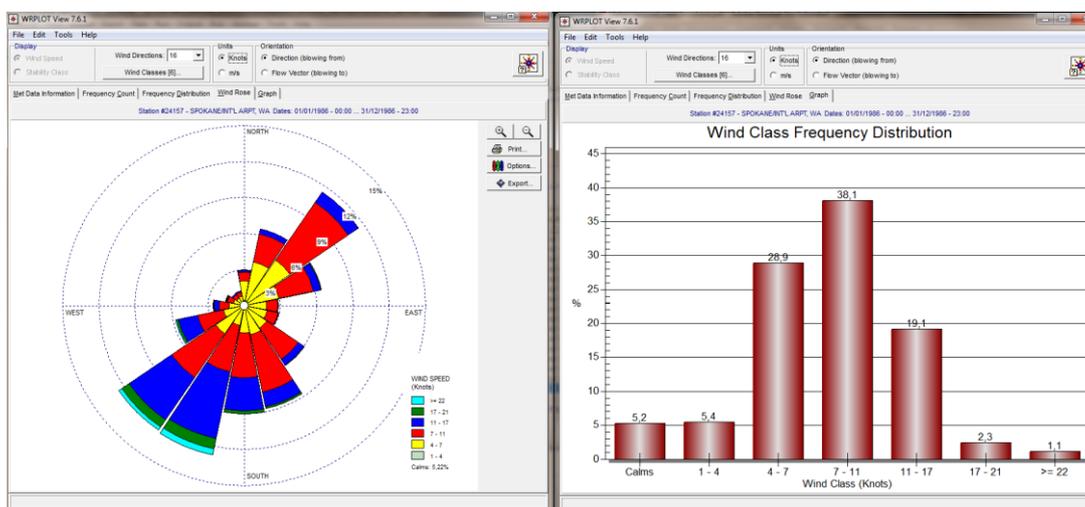


Figura 23 Esempio di applicazione del modulo AERMET

Come accennato, l'output del modello è rappresentato dalla valutazione delle concentrazioni di inquinanti in riferimento ai ricettori scelti. Qualora si scelga di rappresentare i risultati attraverso una maglia, il software, grazie ad algoritmi di interpolazione è in grado di ricostruire le curve di isoconcentrazione, al fine di determinare una mappa di isoconcentrazione degli inquinanti.

Per maggiore chiarezza si può fare riferimento ad una struttura semplificata dell'intero processo di simulazione del software che può essere rimandata a due famiglie di parametri:

- parametri territoriali;
- parametri progettuali.

La prima famiglia di parametri è rappresentata da tutti i parametri propri del territorio ed in particolare i parametri meteorologici ed i parametri orografici. È evidente come tali parametri possano essere assunti costanti nel tempo, per quello che riguarda la parte orografica, e come invece debbano essere considerati variabili nel tempo, anche se affetti da un andamento periodico, i parametri meteorologici.

Questi due parametri, computati in maniera contemporanea, determinano le modalità di diffusione, definendo, ad esempio, i diversi campi di vento a cui è sottoposta l'area in esame nei diversi periodi dell'anno.

La seconda famiglia di parametri, definisce, invece, il quadro "Emissivo" del progetto, ovvero definisce tutti i fattori di emissione relativi alle differenti attività effettuate all'interno del processo realizzativo dell'opera.

Una volta stimate le due famiglie di parametri, il modello di simulazione ne analizza le diverse correlazioni possibili, andando a valutare gli effetti relativi alla presenza della sorgente atmosferica i-esima situata in un'area territoriale e attiva in uno specifico arco temporale, considerando le condizioni meteorologiche relative alla stessa area e nello stesso arco temporale, definendo le curve di isoconcentrazione necessarie alle valutazioni degli impatti dell'opera sui ricettori sensibili.

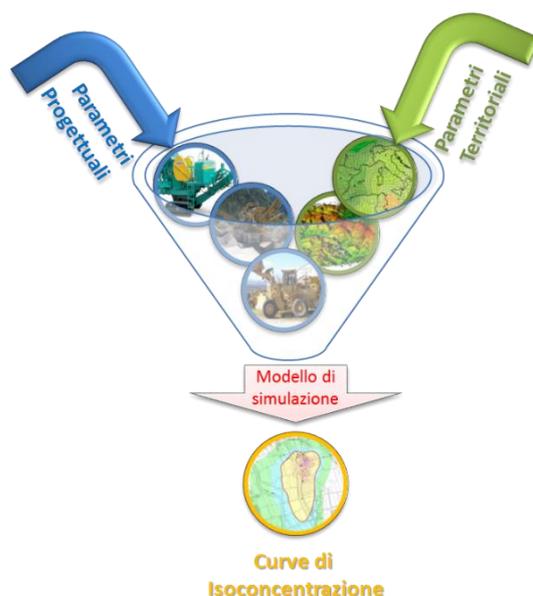


Figura 24 Definizione logica del modello adottato

6 LO SCENARIO DI ESERCIZIO ATTUALE: ANALISI DELLE CONCENTRAZIONI

Di seguito vengono descritte le analisi eseguite al fine di valutare lo stato attuale in termini di emissioni dovute al traffico stradale.

6.1 AERMOD VIEW: GLI INPUT TERRITORIALI

6.1.1 Gli Input Orografici

Il software Aermod View, grazie al processore territoriale AERMAP, permette di configurare essenzialmente tre tipologie di territorio così come mostrato nella figura seguente.

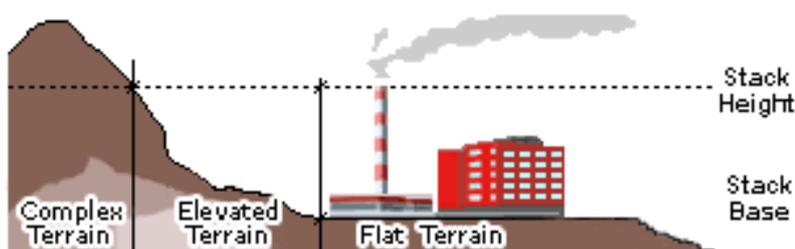


Figura 25 Tipologie di configurazioni territoriali

Con riferimento all'area in esame, attraversata dall'infrastruttura attuale, si è adottata una conformazione del territorio di tipo "elevated terrain". Infatti, nel caso in esame, il terreno è di fondamentale importanza: di seguito si riporta perciò l'andamento orografico restituito dal processore AERMAP.

6.1.2 Gli Input Meteorologici

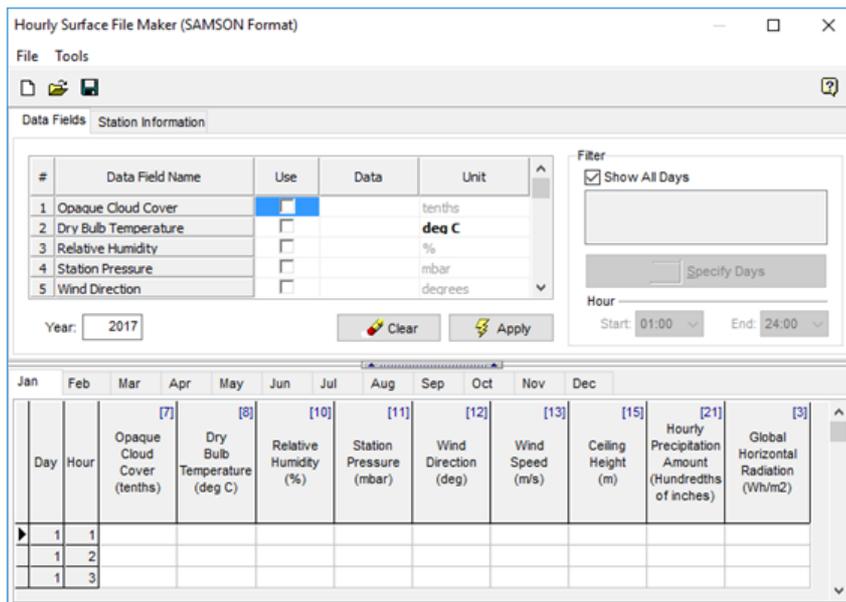
Uno degli input fondamentali per l'analisi delle concentrazioni degli inquinanti in atmosfera è il dato meteo. Per ricreare lo scenario diffusivo caratteristico del sito simulato è stato necessario costruire adeguati file meteorologici in formati compatibili con il preprocessore meteorologico utilizzato dal modello di simulazione Aermod, denominato Aermet View

I file meteorologici necessari sono due, uno descrittivo delle condizioni meteorologiche registrate al suolo nel sito di studio, l'altro descrittivo dell'andamento verticale dei principali parametri meteorologici.

Nel caso specifico sono stati utilizzati i dati meteo monitorati dalla stazione di rilevamento meteorologica descritta precedentemente, al Par. 3.3, per la costruzione del primo file suddetto, mentre i dati profilometrici sono stati calcolati attraverso l'applicazione del "Upper Air Estimator" 3 sviluppato dalla Lakes Environmental. Tale strumento consente di fornire, attraverso leggi di regressione, il profilo meteorologico in quota. Tale sistema è riconosciuto dalla FAA4 ed alcune analisi sperimentali hanno dimostrato una buona approssimazione tra le concentrazioni stimate a partire dai dati in quota rispetto a quelle stimate attraverso l'uso dell'Upper Air Estimator.

3 Worldwide Data Quality Effects on PBL Short-Range Regulatory Air Dispersion Models – Jesse L. Thé, Russell Lee, Roger W. Brode
4 http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/apl/research/models/edms_model/

Dai dati grezzi descritti al Par. 3.3, attraverso il tool “File maker” presente su AERMET, sono stati costruiti i file compatibili col preprocessore Aermet View: in particolare il file descrittivo dei parametri al suolo è stato realizzato in formato “SAMSON”. Tale file contiene la descrizione delle condizioni meteorologiche al suolo caratterizzanti i giorni di cui si voglia studiare la dispersione.



18	1	1	1	0	0	0	?	0	?	0	?	10	10	-7.2	-8.3	92
930	180	3.6	11.3	240	999999999	9	99999.	20	0	0						
18	1	1	2	0	0	0	?	0	?	0	?	10	10	-7.2	-8.3	92
930	130	1.5	16.1	120	999999999	9	99999.	20	0	0						
18	1	1	3	0	0	0	?	0	?	0	?	10	10	-7.2	-7.8	96
929	0	0.0	11.3	120	999999999	9	99999.	20	0	0						

Figura 26 Esempio del tool File Maker

Figura 27 Esempio di alcune righe di un file scritto in formato “SAMSON”

I dati grezzi descritti e commentati precedentemente sono quindi stati riorganizzati nel formato “SAMSON”, che caratterizza le condizioni superficiali con intervalli di 60 minuti.

Per leggere il file, il software associa ad ogni posizione di un carattere all’interno della stringa di testo un preciso significato; di seguito viene indicato il significato di ogni cifra a seconda della casella che occupa:

- 001: indica l’anno che si sta considerando; l’esempio riguarda l’anno 2018 che viene indicato con le ultime due cifre “18”;
- 002-003: viene specificato il mese, nell’esempio siamo a gennaio: “1”;
- 005-006: anche il giorno viene indicato con due cifre, nell’esempio siamo al primo giorno di gennaio: “01”;
- 008-009: si specifica l’ora;
- 024-027: rappresentano la radiazione globale orizzontale espressa in Wh/m2
- 051-052: specificano la copertura nuvolosa opaca con valori che vanno da 0 a 10
- 054-055: indicano la temperatura, espressa in gradi Celsius
- 066-068: denotano l’umidità relativa in %

- 070-073: indicano la pressione della stazione
- 075-077: rappresentano la direzione del vento espressa in gradi, in cui N=0 o 360, E=90, S=180, W=270
- 078-082: specificano la velocità del vento, espressa in m/s
- 089-088: viene indicata l'altezza a cui si trovano le nuvole, espressa in metri;
- 124-130: denotano i mm di precipitazione caduti in un'ora.

6.2 AERMOD VIEW: GLI INPUT PROGETTUALI

6.2.1 Area di studio e infrastruttura di progetto

È stato analizzato lo scenario ante operam prendendo in considerazione il solo "tratto di maggiore flusso veicolare della SS. 12", ovvero nei pressi dell'abitato di Buttapietra, come rappresentato in rosso in Figura 28.

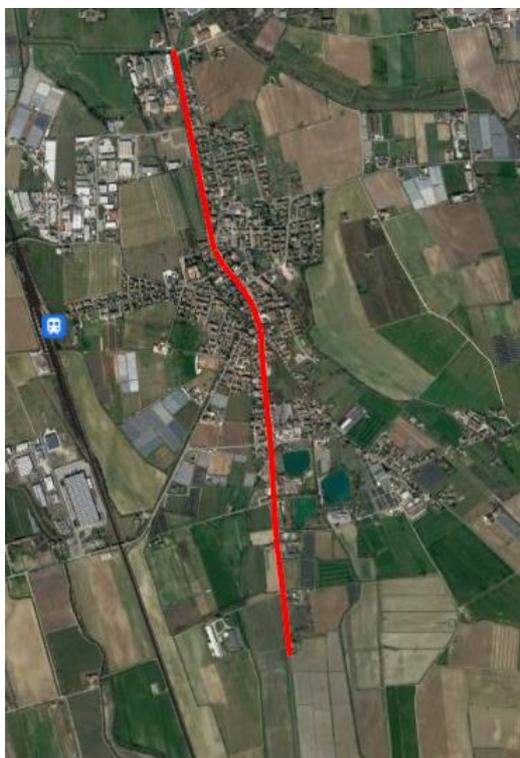


Figura 28 Tratto di SS12 ante operam

6.2.2 Metodologia Di Analisi Per Il Calcolo Dei Fattori Di Emissione

Parte centrale del metodo di stima delle concentrazioni è la definizione dei fattori di emissione.

I fattori di emissione sono stati ricavati dalla "Banca dati dei fattori di emissione medi del trasporto stradale in Italia" disponibile sul sito web dell'ISPRA. L'anno di riferimento è il 2019. Tali dati sono stati estratti dal link del sito dell'ISPRA: <https://fetransp.isprambiente.it/#/>.

Tale banca dati, si basa sulle stime effettuate ai fini della redazione dell'inventario nazionale delle emissioni in atmosfera, realizzato annualmente da Ispra come strumento di verifica degli impegni assunti a livello internazionale

sulla protezione dell'ambiente atmosferico, quali la Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC), il Protocollo di Kyoto, la Convenzione di Ginevra sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero (UNECE-CLRTAP), le Direttive europee sulla limitazione delle emissioni.

In Tabella 7 si riportano i fattori di emissione utilizzati per il seguente studio, riferiti all'anno 2019.

CATEGORIA	NOX [g/km totale]	PM10 [g/km totale]	PM2,5 [g/km totale]	CO [g/km totale]	BENZENE [g/km totale]
Passenger Cars	0,308589	0,031175	0,021467	0,595038	0,0022
Light Commercial Vehicles	0,98718	0,051113	0,037221	0,195914	0,000538
L-Category(MOTOCICLI)	0,103224	0,028135	0,022812	3,452297	0,00718
Heavy Duty Trucks	2,790973	0,146098	0,104442	0,88758	0,000064
Buses	3,764099	0,138704	0,103059	1,021362	0,000083

Tabella 7 Fattori di emissione (ISPRA)

6.2.3 Composizione Del Parco Veicolare Circolante

Uno degli elementi fondamentali per il calcolo delle emissioni è la caratterizzazione del parco veicolare in termini di tipologia di veicoli e di numerosità. I dati utili a tale scopo sono dati ufficiali forniti direttamente dall'Automobile Club d'Italia (ACI). Nel caso specifico si è fatto riferimento alla rappresentazione del parco veicolare italiano relativa alla provincia di Verona.

Il documento che si è consultato, contenente tutti i dati relativi alle differenti tipologie veicolari, è una sintesi articolata dei dati tratti dagli archivi dell'ente sulle informazioni tecnico – giuridiche dei veicoli circolanti. L'analisi sul traffico veicolare viene fatta suddividendo il parco veicolare secondo la classificazione individuata dall'Air Pollutant Emission Inventory guide book.

Il documento è, inoltre, suddiviso per ambito territoriale di riferimento:

- area territoriale (area vasta, generalmente più regioni);
- regionale;
- provinciale;
- comunale.

Al fine di assumere un dato sufficientemente significativo e cautelativo si è scelto di far riferimento alla suddivisione provinciale del parco veicolare "Provincia Verona".

Le tipologie veicolari che sono state considerate riguardano:

- autovetture, distinte per tipologia di alimentazione;
- veicoli commerciali leggeri, distinti per tipologia di alimentazione;
- veicoli commerciali pesanti, distinti per tipologia di alimentazione;
- trattori stradali, distinti per tipologia di alimentazione;
- autobus, distinti per tipologia di alimentazione.

PARCO VEICOLARE PROVINCIA DI VERONA						
AUTOVETTURE	Benzina	LPG Bifuel	CNG Bifuel	diesel	Ibrida benzina	Ibrida gasolio
EURO 0	28849	2984	950	4727	0	0
EURO 1	8194	732	372	1750	0	0
EURO 2	28813	1709	1080	11376	0	0
EURO 3	27035	1591	1377	36876	0	0
EURO 4	68396	20364	11296	69233	160	0
EURO 5	32123	9964	8920	76717	1028	51
EURO 6	53807	13913	8073	82491	5716	469
VEICOLI COMMERCIALI LEGGERI	Benzina	LPG Bifuel	CNG Bifuel	diesel	Ibrida benzina	Ibrida gasolio
EURO 0	805	124	38	6847	0	0
EURO 1	258	25	9	3543	0	0
EURO 2	1039	27	18	8424	0	0
EURO 3	291	40	128	13250	0	0
EURO 4	327	281	746	13311	0	0
EURO 5	148	94	682	10861	0	0
EURO 6	167	137	656	10412	0	0
VEICOLI COMMERCIALI PESANTI	Benzina	LPG Bifuel	CNG Bifuel	diesel	Ibrida benzina	Ibrida gasolio
EURO 0	44	8	3	690	0	0
EURO 1	13	2	0	330	0	0
EURO 2	23	3	0	903	0	0
EURO 3	28	4	0	1840	0	0
EURO 4	32	29	0	1648	0	0
EURO 5	14	11	0	2372	0	0
EURO 6	17	15	0	2893	0	0
MOTOCICLI	Benzina	LPG Bifuel	CNG Bifuel	diesel	Ibrida benzina	Ibrida gasolio
EURO 0	22679	0	8	4	0	0
EURO 1	14574	0	0	0	0	0
EURO 2	13111	0	0	4	0	0
EURO 3	40880	0	0	0	2	0
EURO 4	12924	0	0	1	0	0
EURO 5	0	0	0	0	0	0
EURO 6	71	0	1	0	0	0
AUTOBUS	Benzina	LPG Bifuel	CNG Bifuel	diesel	Ibrida benzina	Ibrida gasolio
EURO 0	2	1	0	105	0	0
EURO 1	0	1	0	24	0	0
EURO 2	0	0	0	174	0	0
EURO 3	0	0	3	327	0	0
EURO 4	0	0	19	155	0	0
EURO 5	0	0	73	188	0	0
EURO 6	0	0	50	223	0	0

Tabella 8 Parco veicolare provincia di Verona

6.2.4 Volumi Del Traffico Circolante

Il dettaglio dei flussi, che riguarda la distinzione in veicoli leggeri, veicoli pesanti, negli scenari di studio relativamente ai singoli archi stradali e ai versi di percorrenza, è riportato nello Studio Trasportistico.

Si riporta in Tabella 9 la sintesi dei dati per quanto riguarda i flussi di traffico circolanti sull'infrastruttura attuale di riferimento presa in esame.

Scenario Attuale	Traffico Giornaliero Medio Annuo		
Tratta	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Veicoli Totali
SS12	15300	2400	17700

Tabella 9 Flussi di traffico – configurazione attuale

6.2.5 I Fattori Di Emissione

Come definito nei paragrafi precedenti, dalla conoscenza della tipologia di parco veicolare circolante e dalla velocità è stato possibile determinare un fattore di emissione per ogni inquinante.

In particolare, una volta analizzato il parco veicolare presente, si è ricavata la percentuale di ogni tipologia di veicolo, da cui sono stati ricavati i traffici orari medi (TOM) mostrati in Tabella 10.

A questo punto si è proceduto al calcolo del fattore di emissione per ciascun inquinante (Tabella 11): esso è il risultato della media pesata tra i fattori di emissione della singola tipologia di veicoli (dato fornito da Sinanet) e i TOM, precedentemente calcolati.

Per la configurazione attuale nelle seguenti tabelle sono riportati:

- i traffici orari derivanti dallo studio del traffico e adattati sulle classi veicolari utilizzate per il calcolo delle emissioni;
- i fattori di emissione pesati sui traffici orari specifici per ogni inquinante, espressi in g/km*veic (Tabella 11) e in g/km*s (Tabella 12).

Strada	Traffico leggero			Traffico pesante	
	T.O.M. auto- vetture [veh/h]	T.O.M. mo- toci- clicli [veh/h]	T.O.M. veicoli comm. leggeri [veh/h]	T.O.M. veicoli comm. pesanti [veh/h]	T.O.M. autobus [veh/h]
SS 12	496	83	58	89	11

Tabella 10 Transiti orari per classe veicolare e velocità media – configurazione attuale

Strada	NOx g/(km*veic)	PM10 g/(km*veic)	PM2.5 g/(km*veic)	CO g/(km*veic)	BENZENE g/(km*veic)
SS12	0,69	0,048	0,034	0,92	0,002

Tabella 11 Fattori di emissione pesati - configurazione attuale

Strada	NOx g/(km*s)	PM10 g/(km*s)	PM2.5 g/(km*s)	CO g/(km*s)	BENZENE g/(km*s)
SS12	0,14	0,009	0,007	0,19	0,00048

Tabella 12 Emissioni attuali per km di strada - configurazione attuale

Sulla base dei traffici forniti dallo studio trasportistico, conoscendo le percentuali di veicoli leggeri e pesanti circolanti sul tratto stradale, è stato possibile pesare i fattori di emissione sopra riportati, calcolando, un fattore di emissione medio.

Il dato è stato, poi, ricondotto a g/s, per poter essere inserito nel software Aermod. Per quanto riguarda i fattori di emissione medi, si è riportato il dato in g/s attraverso il prodotto con la lunghezza del tratto di appartenenza e del dato di traffico giornaliero medio.

6.2.6 La maglia di calcolo

È stata individuata una maglia di calcolo comprendente l'area prossima alla viabilità di riferimento, finalizzata alla rappresentazione grafica delle curve di isoconcentrazione e alla valutazione complessiva della dispersione degli inquinanti nell'atmosfera.

La maglia di punti è stata creata impostando diverse distanze dalla sorgente così come segue:

Distanza dalla sorgente	Distanza tra i punti
50 m	100 m
150 m	100 m
250 m	100 m
500 m	200 m

Tabella 13 Definizione della maglia di calcolo

Il numero totale dei punti della griglia è quindi pari a 315.

Di seguito, in Figura 29, si riporta la rappresentazione grafica di tale maglia.

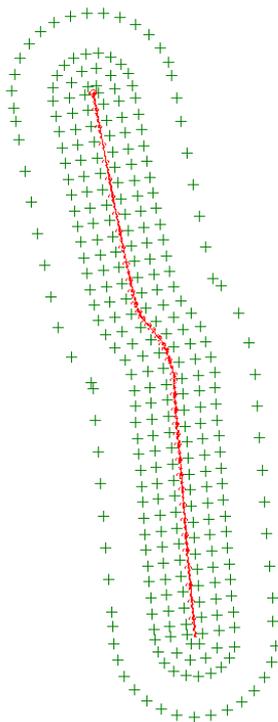


Figura 29 Rappresentazione grafica maglia di punti

6.3 I DATI DI OUTPUT DELLE SIMULAZIONI

Dopo aver completato la fase di modellazione dell'input, descritta nel cap. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, è stato possibile ottenere l'output del modello, il quale ha permesso di determinare i livelli di concentrazione relativi ai principali inquinanti generati dalla sorgente stradale allo stato attuale.

In particolare, vengono riportati i valori relativi a:

- Ossidi di Azoto NO_x;
- Monossido di Carbonio CO;
- Particolato PM10;
- Particolato PM2.5;
- Benzene C₆H₆.

Per la rappresentazione grafica delle concentrazioni medie annue è possibile far riferimento ai seguenti elaborati, specifici per ogni inquinante analizzato:

- T00IA04AMBPL01A "Planimetria dei recettori e concentrazioni NO_x - Ante Operam"
- T00IA04AMBPL08A "Planimetria dei recettori e concentrazioni CO - Ante Operam"
- T00IA04AMBPL15A "Planimetria dei recettori e concentrazioni PM10 - Ante Operam"
- T00IA04AMBPL22A "Planimetria dei recettori e concentrazioni PM2.5 - Ante Operam"
- T00IA04AMBPL29A "Planimetria dei recettori e concentrazioni BENZENE - Ante Operam"

7 LO SCENARIO OPZIONE ZERO: ANALISI DELLE CONCENTRAZIONI

Di seguito vengono descritte le analisi eseguite al fine di valutare l'opzione zero in termini di emissioni dovute al traffico stradale. L'opzione zero è la situazione di non progetto, che corrisponde alla rappresentazione della rete stradale esistente, ma all'orizzonte temporale di progetto, cioè l'anno 2036, senza però la realizzazione dell'infrastruttura di progetto. A questo scenario normalmente corrispondono, sulla rete viaria esistente, flussi di traffico maggiori rispetto alla situazione ante operam per il trend generale di crescita del traffico che si manifesta nel bacino di influenza del progetto.

7.1 AERMOD VIEW: GLI INPUT TERRITORIALI

7.1.1 Gli Input Orografici

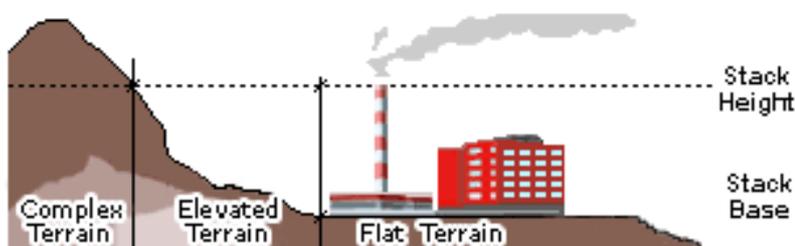


Figura 30 Tipologie di configurazioni territoriali

Con riferimento all'area in esame, anche per l'opzione zero si è adottata una conformazione del territorio di tipo "elevated terrain".

7.1.2 Gli Input Meteorologici

Il secondo input principale per l'applicazione del modello di simulazione in Aermot è il dato meteorologico. Al fine di realizzare un dato compatibile con il preprocessore Aermet, il dato grezzo derivante dal bollettino per la centralina di Buttapietra è stato elaborato e trasformato in formato SAMSON. Pertanto, come dato meteorologico di riferimento per le simulazioni dello scenario di non progetto sono stati considerati gli stessi dati utilizzati per lo stato attuale, in quanto non è possibile prevedere come saranno le condizioni meteo-climatiche future.

7.2 AERMOD VIEW: GLI INPUT PROGETTUALI

7.2.1 Area di studio e infrastruttura di progetto

Così come nel caso dello stato ante operam, si è preso in considerazione il solo "tratto di maggiore flusso veicolare della SS. 12", nei pressi dell'abitato di Buttapietra.

7.2.2 Metodologia Di Analisi Per Il Calcolo Dei Fattori Di Emissione

Parte centrale del metodo di stima delle concentrazioni è la definizione dei fattori di emissione.

I fattori di emissione sono stati ricavati dalla “Banca dati dei fattori di emissione medi del trasporto stradale in Italia” disponibile sul sito web dell’ISPRA. L’anno di riferimento è il 2019. Tali dati sono stati estratti dal link del sito dell’ISPRA: <https://fettransp.isprambiente.it/#/>. e sono i medesimi riportati per lo stato ante operam.

7.2.3 Composizione Del Parco Veicolare Circolante

La stima relativa alla composizione del parco macchine futuro è problematica, perché oggi non si conoscono ancora le normative relative alle emissioni dei veicoli. Si è scelto di non variare il parco macchine utilizzato per lo scenario di progetto rispetto a quello utilizzato nello scenario attuale. Questa ipotesi è decisamente cautelativa poiché sovrastima le emissioni veicolari non tenendo conto dell’aggiornamento e del minor impatto ambientale dei futuri veicoli.

Le tipologie veicolari che sono state considerate riguardano:

- autovetture, distinte per tipologia di alimentazione;
- veicoli industriali leggeri, distinti per tipologia di alimentazione;
- veicoli industriali pesanti, distinti per tipologia di alimentazione;
- trattori stradali, distinti per tipologia di alimentazione;
- autobus, distinti per tipologia di alimentazione.

Le analisi ed i dati sono riportate al Prg. 6.2.3.

7.2.4 Volumi Del Traffico Circolante

Come già detto precedentemente, i flussi di traffico nell’opzione zero sono maggiori rispetto alla situazione ante operam per il trend generale di crescita del traffico che si manifesta nel bacino di influenza del progetto. Si riporta in Tabella 14 la sintesi di tali dati di traffico.

Scenario Opzione zero - Anno 2036	Traffico Giornaliero Medio Annuo			
	Tratta	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Veicoli Totali
SS12		17700	3000	20700

Tabella 14 Flussi di traffico – opzione zero

7.2.5 I Fattori Di Emissione

Come definito nei paragrafi precedenti, dalla conoscenza della tipologia di parco veicolare circolante è stato possibile determinare un fattore di emissione per ogni inquinante.

In particolare, una volta analizzato il parco veicolare presente, si è ricavata la percentuale di ogni tipologia di veicolo, da cui sono stati ricavati i traffici orari medi (TOM) mostrati in Tabella 15.

A questo punto si è proceduto al calcolo del fattore di emissione per ciascun inquinante: esso è il risultato della media pesata tra i fattori di emissione della singola tipologia di veicoli (dato fornito da Sinanet) e i TOM, precedentemente calcolati.

Per la configurazione attuale nelle seguenti tabelle sono riportati:

- i traffici orari derivanti dallo studio del traffico e adattati sulle classi veicolari utilizzate per il calcolo delle emissioni (Tabella 15);

- i fattori di emissione pesati sui traffici orari specifici per ogni inquinante, espressi in g/km*veic (Tabella 16 Fattori di emissione pesati – opzione zero Tabella 16) e in g/km*s (Tabella 17).

Strada	Traffico leggero			Traffico pesante	
	T.O.M. auto- vetture [veh/h]	T.O.M. mo- tocipli [veh/h]	T.O.M. veicoli comm. leggeri [veh/h]	T.O.M. veicoli comm. pesanti [veh/h]	T.O.M. autobus [veh/h]
SS 12	574	96	67	111	14

Tabella 15 Transiti orari per classe veicolare e velocità media – opzione zero

Strada	NOx g/(km*veic)	PM10 g/(km*veic)	PM2.5 g/(km*veic)	CO g/(km*veic)	BENZENE g/(km*veic)
SS12	0,714	0,048	0.035	0,92	0,002

Tabella 16 Fattori di emissione pesati – opzione zero

Strada	NOx g/(km*s)	PM10 g/(km*s)	PM2.5 g/(km*s)	CO g/(km*s)	BENZENE g/(km*s)
SS12	0,17	0,01	0,0083	0,22	0,0005

Tabella 17 Emissioni attuali per km di strada – opzione zero

Sulla base dei traffici forniti dallo studio trasportistico, conoscendo le percentuali di veicoli leggeri e pesanti circolanti sul tratto stradale, è stato possibile pesare i fattori di emissione sopra riportati, calcolando, un fattore di emissione medio.

Il dato è stato, poi, ricondotto a g/s, per poter essere inserito nel software Aermod. Per quanto riguarda i fattori di emissione medi, si è riportato il dato in g/s attraverso il prodotto con la lunghezza del tratto di appartenenza e del dato di traffico giornaliero medio.

7.2.6 La maglia di calcolo

Per le simulazioni dell'opzione zero si è utilizzata la medesima griglia di calcolo dell'ante operam, come già esposto nel Paragrafo 6.2.6.

7.3 I DATI DI OUTPUT DELLE SIMULAZIONI

Dopo aver completato la fase di modellazione dell'input, descritta nel cap. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, è stato possibile ottenere l'output del modello, il quale ha permesso di determinare i livelli di concentrazione relativi ai principali inquinanti generati dalla sorgente stradale allo scenario opzione zero.

In particolare, vengono riportati i valori relativi a:

- Ossidi di Azoto NOx;
- Monossido di Carbonio CO;
- Particolato PM10;
- Particolato PM2.5;
- Benzene C6H6.

Per la rappresentazione grafica delle concentrazioni medie annue è possibile far riferimento ai seguenti elaborati, specifici per ogni inquinante analizzato:

- T00IA04AMBPL07A “Planimetria dei recettori e concentrazioni NOx - Opzione Zero”
- T00IA04AMBPL14A “Planimetria dei recettori e concentrazioni CO- Opzione Zero”
- T00IA04AMBPL22A “Planimetria dei recettori e concentrazioni PM10 - Opzione Zero”
- T00IA04AMBPL28A “Planimetria dei recettori e concentrazioni PM2.5 - Opzione Zero”
- T00IA04AMBPL35A “Planimetria dei recettori e concentrazioni BENZENE - Opzione Zero”

8 LO SCENARIO DI ESERCIZIO DI PROGETTO: ANALISI DELLA CONCENTRAZIONI

Di seguito vengono descritte le analisi eseguite al fine di valutare lo stato di progetto in termini di emissioni dovute al traffico stradale.

8.1 AERMOD VIEW: GLI INPUT TERRITORIALI

8.1.1 Gli Input Orografici

Come già evidenziato nell’analisi dello scenario attuale, uno degli input principali per l’applicazione del modello di simulazione in Aermod è il dato orografico. Il software Aermod View, grazie al processore territoriale AER-MAP, permette di configurare essenzialmente tre tipologie di territorio così come mostrato in Figura 31.

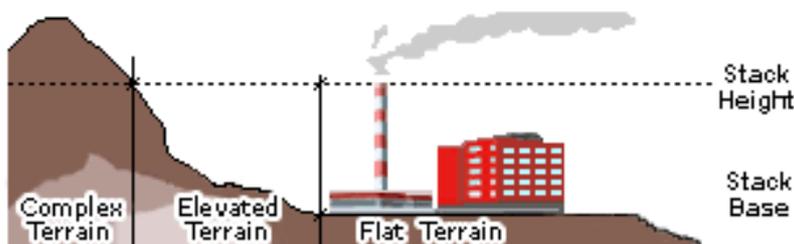


Figura 31 Tipologie di configurazioni territoriali

Con riferimento all’area in esame, anche per lo scenario di progetto si è adottata una conformazione del territorio di tipo “Elevated terrain”.

8.1.2 Gli Input Meteorologici

Il secondo input principale per l’applicazione del modello di simulazione in Aermod è il dato meteorologico. Al fine di realizzare un dato compatibile con il preprocessore Aermet, il dato grezzo derivante dal bollettino per la centralina di Buttapietra è stato elaborato e trasformato in formato SAMSON. Pertanto, come dato meteorologico di riferimento per le simulazioni dello scenario di progetto sono stati considerati gli stessi dati utilizzati per lo stato attuale, in quanto non è possibile prevedere come saranno le condizioni meteorologiche future.

8.2 AERMOD VIEW: GLI INPUT PROGETTUALI

8.2.1 L'infrastruttura Di Progetto

È prevista la realizzazione di una nuova infrastruttura stradale della lunghezza di circa 14,40 km che collegherà la città di Verona (ubicata a Nord) con la città di Isola della Scala (ubicata a Sud) attraversando i comuni di Castel'Azzano, Buttapietra e Vigasio, costituendo di fatto una completa variante all'attuale sede stradale della S.S. n°12.

Lungo lo sviluppo dell'infrastruttura viaria è prevista la realizzazione di una nuova sede stradale con una sezione tipo di "Categoria C1 - Extraurbana secondaria" del D.M. 05.11.2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade". Ai soli fini della descrizione del tracciato, l'opera viene suddivisa in quattro tratti, ricompresi fra diverse zone di svincolo:

- Tratto Verona Sud - Svincolo di Via Cà Brusà: sarà realizzato completamente in trincea.
- Tratto Svincolo di Via Cà Brusà - Svincolo di Castel d'Azzano: sarà realizzato parte in trincea e parte in rilevato.
- Tratto Svincolo di Castel d'Azzano - Svincolo di Vigasio: completamente in rilevato.
- Tratto Svincolo di Vigasio - Svincolo di Buttapietra: completamente in rilevato.

La nuova infrastruttura stradale, per come prevista nel progetto definitivo, si sviluppa nel territorio dei comuni di Verona, Castel d'Azzano, Buttapietra, Vigasio ed Isola della Scala e costituisce una completa variante all'attuale sede stradale della S.S. n.12 in quanto nel tratto compreso fra i comuni di Buttapietra e Verona l'attuale sede stradale della S.S. n.12 attraversa numerosi centri abitati che impediscono l'adeguamento della piattaforma stradale esistente e la separazione dei flussi di traffico. L'infrastruttura di progetto è rappresentata in Figura 32: è stata evidenziata la suddivisione dei vari tratti stradali utilizzati per caricare i corrispettivi volumi di traffico, come specificato nel prosieguo della trattazione.

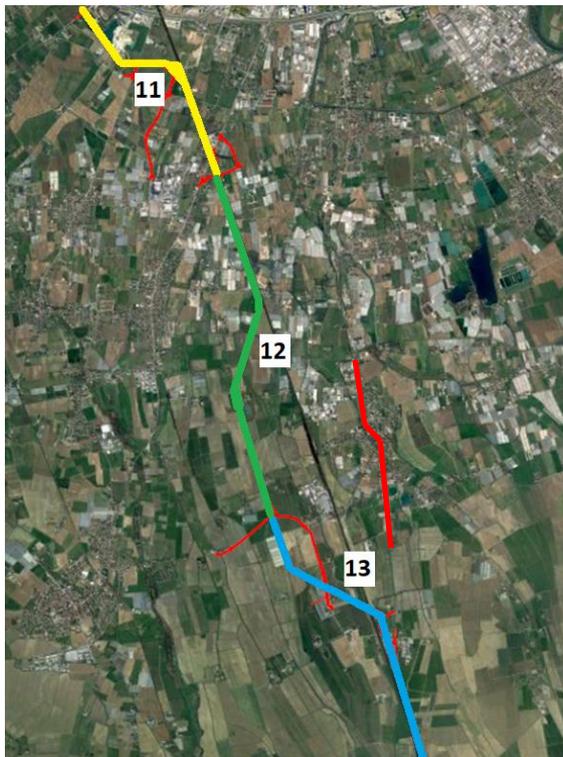


Figura 32 Infrastruttura di progetto suddivisa in tratte stradali e ss12 su Buttapietra

8.2.2 Metodologia Di Analisi Per Il Calcolo Dei Fattori Di Emissione

Come già esplicitato nell'analisi dello scenario attuale, parte centrale del metodo di stima delle concentrazioni è la definizione dei fattori di emissione.

I fattori di emissione sono stati ricavati dalla "Banca dati dei fattori di emissione medi del trasporto stradale in Italia" disponibile sul sito web dell'ISPRA. L'anno di riferimento è il 2019. Tali dati sono stati estratti dal link del sito dell'ISPRA: <https://fetransp.isprambiente.it/#/>

8.2.3 Composizione Del Parco Veicolare Circolante

La stima relativa alla composizione del parco macchine futuro è problematica, perché oggi non si conoscono ancora le normative relative alle emissioni dei veicoli. Si è scelto di non variare il parco macchine utilizzato per lo scenario di progetto rispetto a quello utilizzato nello scenario attuale. Questa ipotesi è decisamente cautelativa poiché sovrastima le emissioni veicolari non tenendo conto dell'aggiornamento e del minor impatto ambientale dei futuri veicoli.

Le tipologie veicolari che sono state considerate riguardano:

- autovetture, distinte per tipologia di alimentazione;
- veicoli industriali leggeri, distinti per tipologia di alimentazione;
- veicoli industriali pesanti, distinti per tipologia di alimentazione;
- trattori stradali, distinti per tipologia di alimentazione;
- autobus, distinti per tipologia di alimentazione.

Le analisi ed i dati sono riportate al Prg.6.2.3.

8.2.4 Le sorgenti simulate

La modellazione in AERMOD view dello stato di progetto è avvenuta attraverso la simulazione di sorgenti lineari in grado di riprodurre l'emissione stradale, avendo avuto cura di porre l'asse stradale alle quote così come indicate nel progetto. Sono state simulate contestualmente l'infrastruttura di progetto e il tratto di SS12 in corrispondenza dell'abitato di Buttapietra.

8.2.5 Volumi Del Traffico Circolante

Nel presente paragrafo si forniscono i dati progettuali utilizzati per la stima dei fattori di emissione e per il calcolo delle concentrazioni. Il dato utilizzato per la valutazione dello stato di progetto è accompagnato da una proiezione al 2036 del traffico previsto sulla nuova variante e sulla SS12 storica (tratto Buttapietra).

Scenario di progetto - Anno 2036			
Tratta	Traffico Giornaliero Medio Annuo		
	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Veicoli Totali
NUOVA VARIANTE SS12-11	18940	1910	20850
NUOVA VARIANTE SS12-12	14420	1260	15680
NUOVA VARIANTE SS12-13	7970	1310	9280
SS12	9400	2410	11810

Tabella 18 Flussi di traffico – configurazione di progetto

8.2.6 I Fattori Di Emissione

Come definito nei paragrafi precedenti, dalla conoscenza della tipologia di parco veicolare circolante e dalla velocità è stato possibile determinare un fattore di emissione per ogni inquinante. In particolare, una volta analizzato il parco veicolare in previsione al 2036, si è ricavata la percentuale di veicoli per ogni tipologia, da cui si sono ottenuti i traffici orari. Infine si è effettuata una media pesata tra i TOM e il valore di emissione (dato Sinanet), ottenendo un unico fattore di emissione per ciascun inquinante.

Come per lo scenario attuale e l'opzione zero, per la configurazione di progetto, nelle seguenti tabelle sono riportati:

- i traffici orari derivanti dallo studio del traffico e adattati sulle classi veicolari utilizzate per il calcolo delle emissioni (Tabella 19);
- i fattori di emissione pesati sui traffici orari specifici per ogni inquinante, espressi in g/km*veic (Tabella 20) e in g/km*s (Tabella 21).

Tratta	Traffico leggero			Traffico pesante	
	T.O.M. auto- vetture [veh/h]	T.O.M. mo- tocicli [veh/h]	T.O.M. veicoli comm. leggeri [veh/h]	T.O.M. vei- coli comm. pesanti [veh/h]	T.O.M. autobus [veh/h]
NUOVA VARIANTE SS12-11	614	103	72	71	9
NUOVA VARIANTE SS12-12	468	79	55	47	6
NUOVA VARIANTE SS12-13	258	43	30	49	6
SS12	305	51	36	89	11

Tabella 19 Transiti orari per classe veicolare e velocità media – configurazione di progetto

Tratta	NOx g/(km*veic)	PM10 g/(km*veic)	PM2.5 g/(km*veic)	CO g/(km*veic)	BENZENE g/(km*veic)
NUOVA VARIANTE SS12-11	0.578	0.043	0.031	0.929	0.0025
NUOVA VARIANTE SS12-12	0.549	0.042	0.030	0.930	0.0025
NUOVA VARIANTE SS12-13	0.704	0.049	0.035	0.928	0.0023
SS12	0.865	0.056	0.04	0.926	0.002

Tabella 20 Transiti orari per classe veicolare e velocità media – configurazione di progetto

Tratta	NOx g/(km*s)	PM10 g/(km*s)	PM2.5 g/(km*s)	CO g/(km*s)	BENZENE g/(km*s)
NUOVA VARIANTE SS12-11	0.139	0.0104	0.007	0.22	0.0006
NUOVA VARIANTE SS12-12	0.100	0.0076	0.005	0.17	0.0005
NUOVA VARIANTE SS12-13	0.076	0.0052	0.004	0.10	0.0003
SS12	0.11	0.0076	0,0054	0.12	0.0003

Tabella 21 Emissioni per km di strada - configurazione di progetto

8.2.7 La maglia di calcolo

È stata individuata una maglia di calcolo comprendente l'area prossima alla viabilità di riferimento, finalizzata alla

rappresentazione grafica delle curve di isoconcentrazione e alla valutazione complessiva della dispersione degli inquinanti nell'atmosfera.

La maglia di punti è stata creata impostando diverse distanze dalla sorgente così come segue:

Distanza dalla sorgente	Distanza tra i punti
50 m	150 m
150 m	150 m
250 m	250 m
500 m	250 m

Tabella 22 Definizione della maglia di calcolo

Il numero totale dei punti della griglia è quindi pari a 973.

Per l'abitato di Buttapietra si è utilizzata la medesima area di calcolo utilizzata per gli scenari AO e Opzione zero.

Di seguito, in Figura 33, si riporta la rappresentazione grafica di tale maglia.

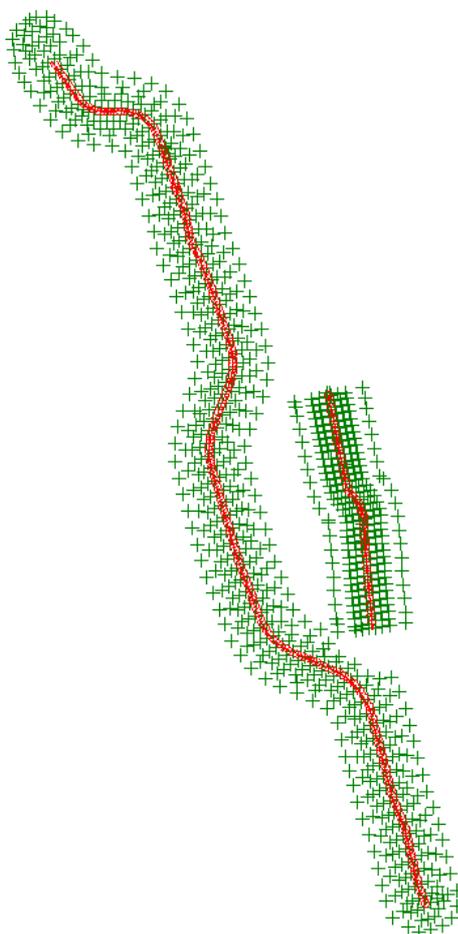


Figura 33 Rappresentazione grafica maglia di punti

8.3 I DATI DI OUTPUT DELLE SIMULAZIONI

Così come per lo stato attuale, nello scenario di progetto, dopo aver completato la fase di modellazione dell'input, è stato possibile ottenere l'output del modello. Anche in questo caso l'output ha permesso di determinare i livelli di concentrazione relativi ai principali inquinanti generati dalla sorgente stradale:

- Ossidi di Azoto NO_x;
- Monossido di Carbonio CO;
- Particolato PM10;
- Particolato PM2.5;
- Benzene C₆H₆.

Per la rappresentazione grafica delle concentrazioni medie annue è possibile far riferimento ai seguenti elaborati, specifici per ogni inquinante analizzato:

- "T00IA04AMBPL02B ÷ 06B Planimetria dei recettori e concentrazioni NO_x - Post Operam"
- "T00IA04AMBPL09B ÷ 13B Planimetria dei recettori e concentrazioni CO - Post Operam"
- "T00IA04AMBPL16B ÷ 20B Planimetria dei recettori e concentrazioni PM10 - Post Operam"
- "T00IA04AMBPL23B ÷ 27B Planimetria dei recettori e concentrazioni PM2.5 - Post Operam"
- "T00IA04AMBPL30B ÷ 34B Planimetria dei recettori e concentrazioni BENZENE - Post Operam"
- "T00IA04AMBPL36A Planimetria dei recettori e concentrazioni NO_x - Post Operam-abitato di Buttapietra"
- "T00IA04AMBPL37A Planimetria dei recettori e concentrazioni CO - Post Operam-abitato di Buttapietra"
- "T00IA04AMBPL38A Planimetria dei recettori e concentrazioni PM10 - Post Operam-abitato di Buttapietra"
- "T00IA04AMBPL39A Planimetria dei recettori e concentrazioni PM2.5 - Post Operam-abitato di Buttapietra"
- "T00IA04AMBPL40A Planimetria dei recettori e concentrazioni BENZENE - Post Operam-abitato di Buttapietra"

9 VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI

Di seguito si descrivono i risultati relativi all'impatto ambientale conseguente alla realizzazione della nuova Variante alla "S.S. n°12 "Dell'Abetone e del Brennero". I risultati delle simulazioni della dispersione di inquinanti in atmosfera relativi allo stato attuale, allo scenario zero e allo stato di progetto sono rappresentati nelle mappe di concentrazione in aria al livello di 2 metri dal suolo relative ai diversi inquinanti (T00IA04AMBPL01 ÷ 40).

9.1 VALUTAZIONE DELLE SIMULAZIONI

Per i principali inquinanti atmosferici, al fine di salvaguardare la salute e l'ambiente, la normativa relativa alla qualità dell'aria stabilisce limiti di concentrazione a cui attenersi (vedi Tabella 1).

Di seguito analizziamo la situazione specifica per ciascun inquinante.

Monossido di carbonio

Per il monossido di carbonio, la normativa vigente fissa il valore limite di 10000 µg/m³ su una mediazione temporale di 8 h. Pertanto il confronto viene effettuato tra i valori medi massimi registrati in tale intervallo temporale.

Nello stato ante operam, in cui vengono considerati i flussi di traffico veicolari dello stato attuale, il livello di inquinamento atmosferico raggiunge dei picchi di $846 \mu\text{g}/\text{m}^3$ individuabili lungo l'asse stradale della SS 12 in corrispondenza dell'abitato di Buttapietra.

Esaminando l'opzione zero, in cui vengono considerati i flussi di traffico veicolari al 2036, senza però la realizzazione dell'infrastruttura di progetto, è possibile notare un incremento fino a $995 \mu\text{g}/\text{m}^3$ della concentrazione massima.

Lo scenario di progetto invece mostra livelli di concentrazione inferiori sia rispetto all'ante operam sia rispetto all'Opzione Zero: infatti sull'abitato di Buttapietra i valori non superano i $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Anche nell'intorno della variante nello scenario di progetto i valori non superano i $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$. È bene notare, che le concentrazioni decrescono molto rapidamente man a mano che ci si allontana dall'asse stradale. Dai dati emersi per l'inquinante CO è lecito attendersi piena conformità ai limiti di legge a ridosso della variante stradale oggetto di studio.

Particolato PM10 e PM2.5

Per il particolato PM10, la normativa vigente fissa il valore limite a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annua.

Per il particolato PM2.5, invece la legge fissa il limite medio annuo pari a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Le mappe di concentrazione del PM10 e PM2.5, elaborate con mediazione annua, mostrano una situazione del tutto analoga a quella del monossido di carbonio.

Nello scenario attuale il maggiore inquinamento atmosferico è localizzato lungo l'asse stradale di Buttapietra con valori massimi che si attestano rispettivamente intorno a $6,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $4,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. È possibile riscontrare una situazione del tutto affine nelle mappe di simulazione dell'opzione zero, con valori massimi leggermente più alti: $7,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per il PM10 e $5,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per il PM2.5.

Analizzando lo scenario post operam per il PM10 e il PM2.5 possiamo constatare i benefici procurati dalla realizzazione della variante. Infatti, sull'abitato di Buttapietra, si assiste ad una diminuzione dei livelli di concentrazione di tali inquinanti rispetto allo scenario attuale; riduzione che diventa ancor più consistente se confrontati con lo scenario di non progetto, come sarà possibile notare nelle tabelle riportate in seguito.

È possibile inoltre notare come, sulla Variante oggetto di studio, i valori di PM 10 non superino i $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e quelli di PM2.5 non superino i $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tali stime sono localizzate a ridosso dell'asse stradale e le concentrazioni decrescono molto rapidamente man a mano che ci si allontana da tale asse. Si precisa che tali stime tengono conto solo dell'apporto dovuto al traffico veicolare preso in esame e sono dunque da considerarsi valori incrementali rispetto a uno scenario di base. Dai dati emersi per gli inquinanti PM10 e PM2.5 è lecito attendersi piena conformità ai limiti di legge a ridosso della variante stradale oggetto di studio.

Benzene

Nella situazione ante operam l'area urbana di Buttapietra nei pressi dell'asse stradale è coinvolta dall'inquinamento da benzene con concentrazioni massime che, in alcuni punti, si attestano intorno ad $0.31 \mu\text{g}/\text{m}^3$, concentrazione decisamente inferiore rispetto al limite di legge di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nell'opzione zero invece i valori di concentrazione massima sono circa pari a $0.36 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Anche per il benzene, lo scenario post operam conferma quanto già notato per i precedenti inquinanti.

Le concentrazioni sull'abitato di Buttapietra subiscono una consistente riduzione in confronto ai precedenti scenari, in particolar modo rispetto all'Opzione Zero.

A ridosso dell'infrastruttura di progetto le concentrazioni non superano i $0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e sono di gran lunga al di sotto del limite dei $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dai dati emersi per il BENZENE è lecito attendersi piena conformità ai limiti di legge a ridosso della variante stradale oggetto di studio.

NOx ed NO2

Le mappe di NOx mostrano per lo stato ante operam un inquinamento atmosferico diffuso e localizzato soprattutto a ridosso dell'asse stradale dell'abitato di Buttapietra con concentrazioni massime che possono raggiungere valori intorno ai $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Situazione analoga è possibile riscontrarla anche per l'opzione zero dove possono raggiungere valori intorno ai $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La realizzazione della nuova infrastruttura stradale costituirà di fatto una completa variante all'attuale sede stradale della S.S. n°12, di cui beneficerà l'abitato di Buttapietra, prevedendo gran parte dei traffici veicolari deviati sul nuovo asse stradale. È lecito quindi attendersi una notevole diminuzione delle concentrazioni in questa area.

Infatti, le mappe Post operam sull'abitato di Buttapietra mostrano un'attenuazione considerevole dei livelli di NOx, soprattutto rispetto alla situazione di non progetto, come sarà possibile notare nel paragrafo successivo in maniera puntuale su ricettori opportunamente scelti.

Nello scenario Post operam, a ridosso del sedime stradale della variante alla SS12, le simulazioni mostrano una situazione in cui è possibile attendersi valori di massimi concentrazione di Nox intorno ai $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La normativa vigente sulla qualità dell'aria prevede per la protezione della salute umana dei valori limite espressi come NO2 e pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ annui. Il modello di simulazione utilizzato e gli inventari sulle emissioni sono invece espressi in termini di NOx. Pertanto di seguito si ritiene necessario fare delle precisazioni sui meccanismi di formazione del NO2.

Gli ossidi di azoto sono presenti in atmosfera sotto diverse specie, di cui le due più importanti, dal punto di vista dell'inquinamento atmosferico sono l'ossido di azoto, NO, ed il biossido di azoto, NO2, la cui origine primaria nei bassi strati dell'atmosfera è costituita dai processi di combustione e, nelle aree urbane, dai gas di scarico degli autoveicoli e dal riscaldamento domestico. La loro somma pesata prende il nome di NOx e la loro origine deriva dalla reazione di due gas (N2 e O2) comunemente presenti in atmosfera.

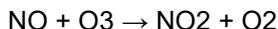
L'inquinante primario prodotto dalle combustioni dei motori è l'ossido di azoto (NO); la quantità di NO prodotta durante una combustione dipende da vari fattori:

- temperatura di combustione: più elevata è la temperatura di combustione maggiore è la produzione di NO;
- tempo di permanenza a tale temperatura dei gas di combustione: maggiore è il tempo di permanenza, più elevata è la produzione di NO;
- quantità di ossigeno libero contenuto nella fiamma: più limitato è l'eccesso d'aria della combustione, minore è la produzione di NO a favore della produzione di CO.

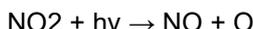
Il meccanismo di formazione secondaria di NO2 dai processi di combustione prevede che, una volta emesso in atmosfera, l'NO prodotto si converte parzialmente in NO2 (produzione di origine secondaria) in presenza di ozono

(O3). L'insieme delle reazioni chimiche che intervengono nella trasformazione di NO in NO₂ è detto ciclo fotolitico e può essere così schematizzato:

l'O₃ reagisce con l'emesso per formare NO₂ e O₂



le molecole di NO₂ presenti nelle ore diurne e soleggiate assorbono energia dalla radiazione ultravioletta (fotoni hv di lunghezza d'onda inferiore a 430 nm). L'energia assorbita scinde la molecola di NO₂ producendo una molecola di NO e atomi di ossigeno altamente reattivi.



gli atomi di ossigeno sono altamente reattivi e si combinano con le molecole di O₂ presenti in aria per generare ozono (O₃) che quindi è un inquinante secondario:



Le reazioni precedenti costituiscono un ciclo che, però, rappresenta solo una porzione ridotta della complessa chimica che ha luogo nella parte bassa dell'atmosfera. Infatti, se in aria avessero luogo solo queste reazioni, tutto l'ozono prodotto verrebbe distrutto, e l'NO₂ si convertirebbe in NO per convertirsi nuovamente in NO₂ senza modifiche nella concentrazione delle due specie, mantenendo costante il rapporto tra NO₂ e NO in aria.

In condizioni di aria inquinata da scarichi veicolari (fonte di NO primario e NO₂ secondario) in presenza di COV incombusti e forte irraggiamento, il monossido d'azoto NO non interagisce più solo con ozono nel ciclo di distruzione, ma viene catturato e contemporaneamente trasformato in NO₂, con conseguente accumulo di NO₂ e O₃ in atmosfera.

La relazione tra NO₂ e NO_x è oggetto di numerosi studi ed è stata formalizzata in una procedura che impiega il metodo ARM2 (Ambient Ratio Method Version 2), metodo adottato da US-EPA e che permette di sviluppare questo calcolo per applicazioni di modellistica ambientale diffusionale.

Nella metodologia ARM2 la concentrazione di biossido di azoto è calcolata, partendo dalle stime di quella di ossidi di azoto, applicando la seguente relazione:

$$\text{NO}_2 / \text{NO}_x = f(x); \quad x = \text{concentrazione di NO}_x; \quad \text{dove } f(x) \text{ è una curva di regressione polinomiale}$$

Come previsto dal modello ARM2 la relazione che viene applicata per il calcolo dei valori di NO₂ a partire da quelli di NO_x è la seguente:

$$\text{NO}_2 / \text{NO}_x = -1.1723\text{E-}17 \text{ NO}_x^6 + 4.2795\text{E-}14 \text{ NO}_x^5 - 5.8345\text{E-}11 \text{ NO}_x^4 + 3.4555\text{E-}08 \text{ NO}_x^3 - 5.6062\text{E-}06 \text{ NO}_x^2 + 2.7383\text{E-}03 \text{ NO}_x + 1.2441\text{E+}00.$$

Il modello di simulazione AERMODE, utilizzato per l'analisi della dispersione delle concentrazioni di inquinanti in atmosfera, è programmato per permettere la conversione di NO_x in NO₂ applicando la metodologia ARM2 di US-EPA. L'applicazione di tale metodo, in via del tutto cautelativa, è limitata all'intervallo di valori del rapporto NO₂/NO_x compresi tra 0,5 e 0,9. Pertanto:

- Il rapporto minimo predefinito utilizzato dal modello è stato: 0.5
- Il rapporto massimo predefinito utilizzato dal modello è stato: 0.9

A questo punto, quindi, i risultati modellistici calcolati in termini di NO_x sono stati ricalcolati come concentrazioni di NO₂ in modo da poterli confrontare con i valori limite riportati nel D.Lgs.155/2010 e smi.

Si riporta di seguito uno stralcio delle simulazioni di NO₂, in cui è raffigurata anche la SS12 nei pressi dell'abitato di Buttapietra.

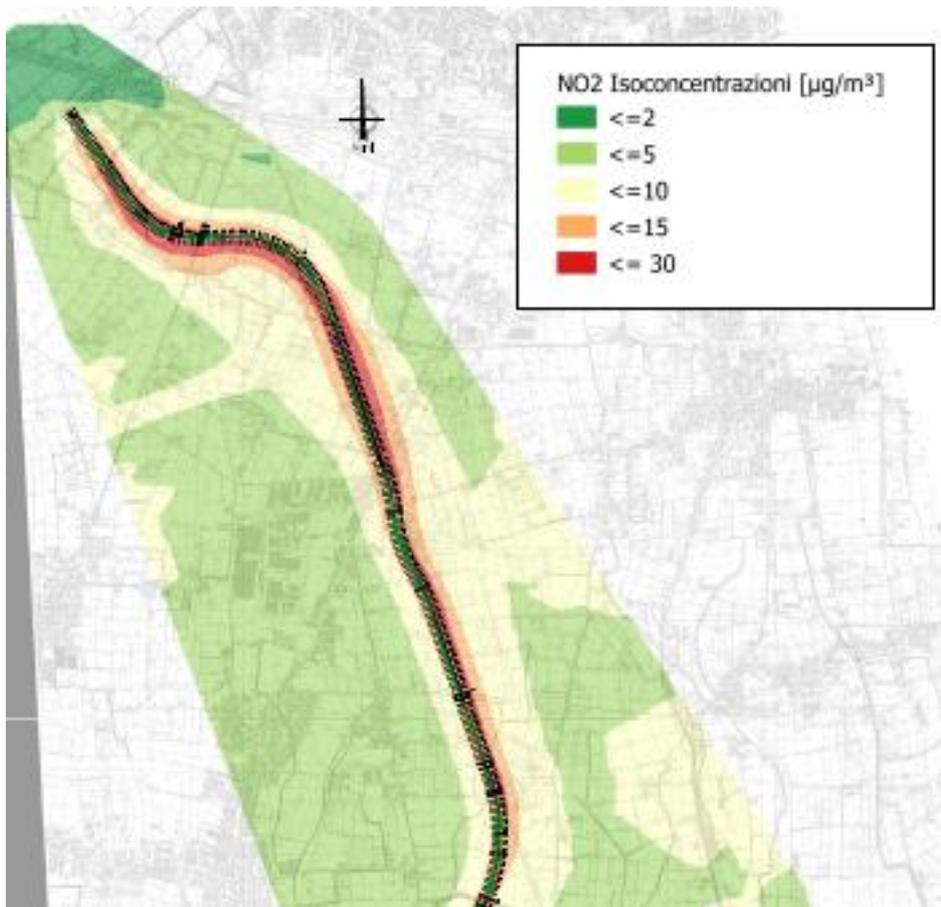


Figura 34 Stralcio planimetrico- Parte Nord

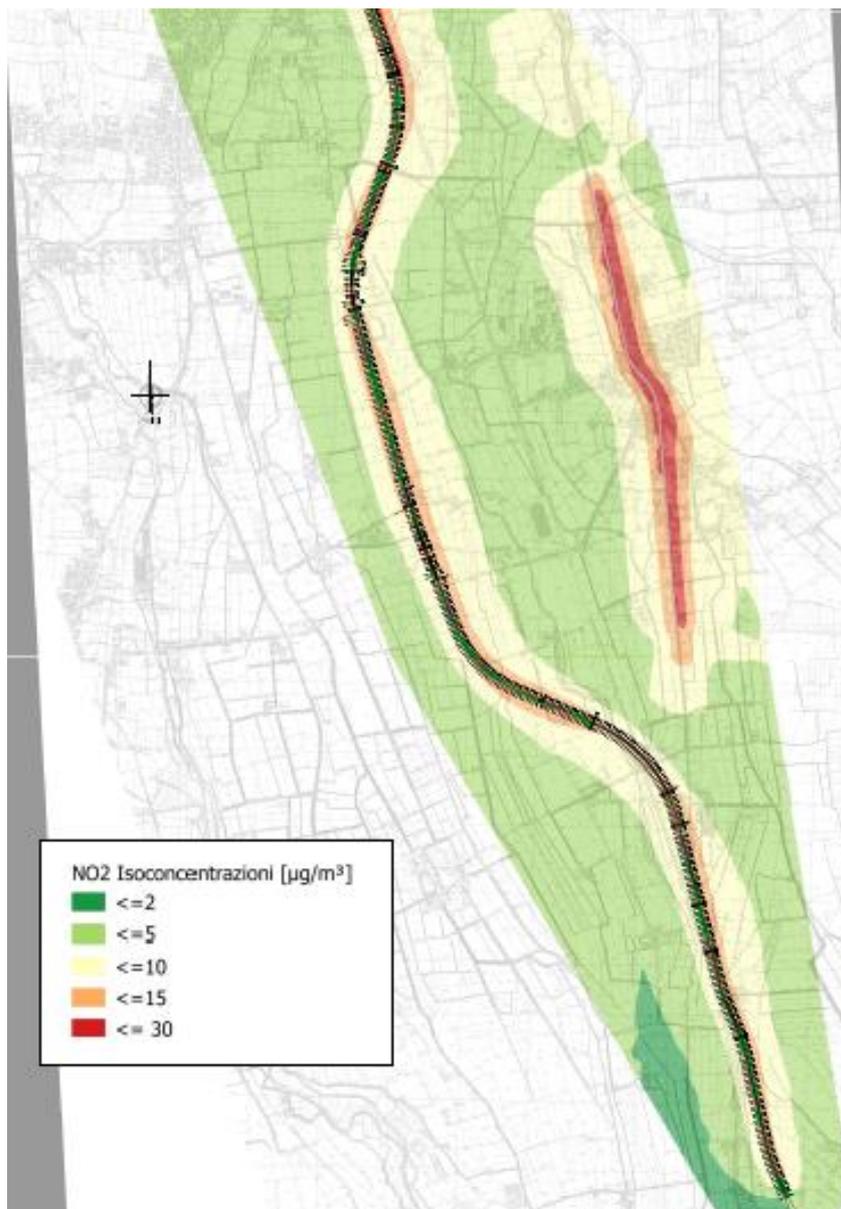


Figura 35 Stralcio planimetrico- Parte Sud

Come si può notare dalle Figura 34 e Figura 35, le concentrazioni massime di NO₂ non superano i 30 µg/m³ in prossimità del sedime stradale. È bene notare, che le concentrazioni decrescono molto rapidamente man a mano che ci si allontana dall'asse stradale. Dai dati emersi per l'inquinante NO₂ è lecito attendersi conformità ai limiti di legge a ridosso della variante stradale oggetto di studio.

9.2 I RICETTORI DI RIFERIMENTO

Per ricettori si intendono, in generale, quegli edifici ubicati lungo gli assi stradali che sono rappresentativi di aree potenzialmente disturbate e caratterizzati dalla presenza di uno o più gruppi di abitazioni. Sono stati perciò in-

dividui alcuni ricettori sensibili nell'abitato di Buttapietra su cui effettuare il confronto tra le concentrazioni previste nei vari scenari.

I ricettori puntuali inseriti nel modello, uguali per tutti gli scenari, sono rappresentati di seguito nella Figura 36.

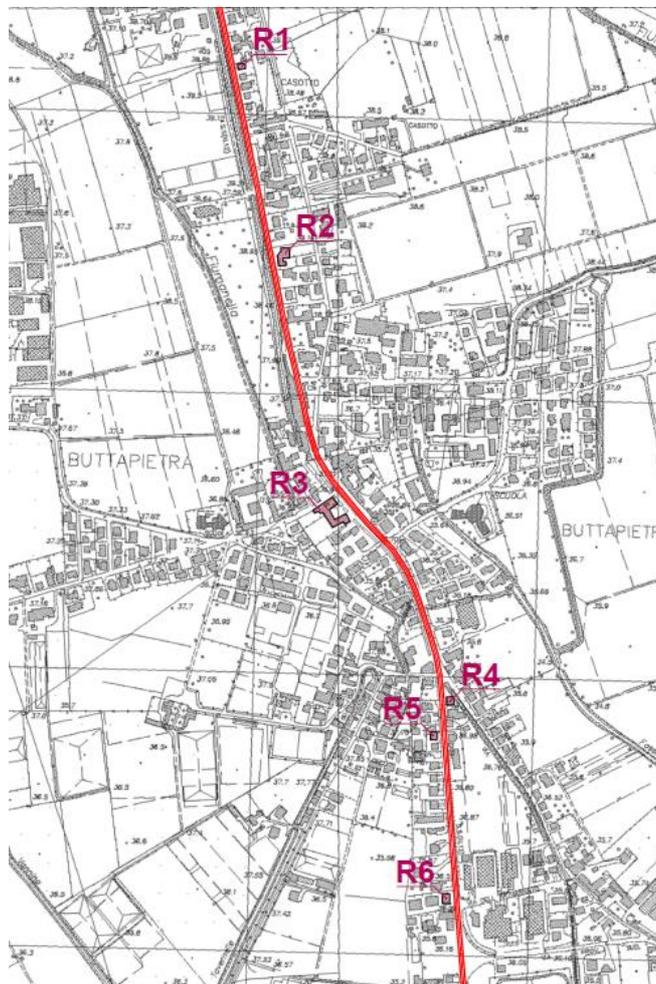


Figura 36 Stralcio cartografico dei ricettori puntuali

Attraverso le simulazioni è possibile, a valle dei risultati ottenuti, effettuare un confronto tra i diversi scenari e per ciascun inquinante del valore di concentrazione in aria al livello del suolo con riferimento alla media annuale.

Di seguito, vengono riportati i risultati delle concentrazioni degli inquinanti di interesse stimati in corrispondenza dei punti ricettori specifici.

Ricettori	Tipologia	NOx- media annua [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
		AO	Opzione 0	PO	Limite per vegetazione
R1	Residenziale	46,9	56,5	32,8	30
R2	Residenziale	39,5	47,6	29,2	30
R3	Residenziale	31,5	38,0	25,6	30
R4	Residenziale	48,0	57,8	34,5	30
R5	Residenziale	29,3	35,3	22,6	30
R6	Residenziale	25,5	30,7	19,8	30

Tabella 23 Concentrazioni ricettori NOx

Ricettori	Tipologia	NO2- media annua [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
		AO	Opzione 0	PO	Limite
R1	Residenziale	35,1	39,7	27,0	40
R2	Residenziale	30,4	34,4	24,5	40
R3	Residenziale	26,5	31,2	22,2	40
R4	Residenziale	35,2	40,1	27,4	40
R5	Residenziale	25,6	29,9	20,1	40
R6	Residenziale	22,6	26,5	17,7	40

Tabella 24 Concentrazioni ricettori NO2

Ricettori	Tipologia	Pm10 - media annua [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
		AO	Opzione 0	PO	limite
R1	Residenziale	3,25	3,92	2,19	40
R2	Residenziale	2,74	3,30	1,95	40
R3	Residenziale	2,19	2,64	1,70	40
R4	Residenziale	3,33	4,02	2,29	40
R5	Residenziale	2,04	2,46	1,51	40
R6	Residenziale	1,77	2,14	1,32	40

Tabella 25 Concentrazioni ricettori PM10

Ricettori	Tipologia	Pm2,5 - media annua [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
		AO	Opzione 0	PO	Limite
R1	Residenziale	2,30	2,78	1,54	25
R2	Residenziale	1,93	2,34	1,37	25
R3	Residenziale	1,54	1,87	1,20	25
R4	Residenziale	2,35	2,84	1,61	25
R5	Residenziale	1,44	1,74	1,06	25
R6	Residenziale	1,25	1,51	0,93	25

Tabella 26 Concentrazioni ricettori PM2.5

Ricettori	Tipologia	CO - media 8h [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
		AO	Opzione 0	PO	Limite
R1	Residenziale	472,4	555,4	249,3	10000
R2	Residenziale	405,9	477,2	226,8	10000
R3	Residenziale	484,7	569,9	264,9	10000
R4	Residenziale	586,2	689,2	308,6	10000
R5	Residenziale	269,6	317,0	183,6	10000
R6	Residenziale	231,0	271,7	148,0	10000

Tabella 27 Concentrazioni ricettori CO

Ricettori	Tipologia	Benzene - media annua [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
		AO	Opzione 0	PO	Limite
R1	Residenziale	0,163	0,182	0,085	5
R2	Residenziale	0,137	0,153	0,076	5
R3	Residenziale	0,109	0,122	0,066	5
R4	Residenziale	0,167	0,186	0,088	5
R5	Residenziale	0,102	0,114	0,058	5
R6	Residenziale	0,089	0,099	0,051	5

Tabella 28 Concentrazioni ricettori Benzene

Si denota come nello scenario di progetto le concentrazioni attese dei vari inquinanti presso i ricettori individuati nell'abitato di Buttapietra siano inferiori a quelle relative allo stato ante operam e soprattutto a quelle relative allo scenario "opzione 0" (traffici futuri 2036 senza realizzazione variante).

10 CONCLUSIONI

Alla luce delle considerazioni esposte nel paragrafo precedente è dunque lecito ritenere che:

- la costruzione della variante in progetto determini una diminuzione dell'inquinamento da traffico stradale sull'abitato di Buttapietra in ragione della diminuzione dei traffici veicolari circolanti sulla SS 12 storica.
- a ridosso della variante stradale oggetto di studio le concentrazioni degli inquinati siano conformi ai limiti di legge.