

**S.S 685 "DELLE TRE VALLI UMBRE"**  
**TRATTO SPOLETO - ACQUASPARTA**  
**1° stralcio: Madonna di Baiano-Firenzuola**

**PROGETTO ESECUTIVO**

COD. **PG143**

**PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA**

**IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:**

Dott. Ing. Nando Granieri  
 Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

**IL PROGETTISTA:**

Dott. Ing. Federico Durastanti  
 Ordine degli Ingegneri della Prov. di Terni n° Terni n°A844

**IL GEOLOGO:**

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglino  
 Ordine dei Geologi della Regione Umbria n°108

**IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:**

Dott. Ing. Filippo Pambianco  
 Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1373

**Il Responsabile di Progetto**

Arch. Pianificatore Marco Colazza

**Il Responsabile del Procedimento**

Dott. Ing.  
 Alessandro Micheli

**PROTOCOLLO**

**DATA**

**IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:**

**MANDATARIA:**

**MANDANTI:**



Dott.Ing. N.Granieri  
 Dott.Arch. N.Kamenicky  
 Dott.Ing. V.Truffini  
 Dott.Arch. A.Bracchini  
 Dott.Ing. F.Durastanti  
 Dott.Ing. E.Bartolucci  
 Dott.Geol. G.Cerquiglino  
 Geom. S.Scopetta  
 Dott.Ing. L.Sbrenna  
 Dott.Ing. E.Sellari  
 Dott.Ing. L.Dinelli  
 Dott.Ing. L.Nani  
 Dott.Ing. F.Pambianco  
 Dott. Agr. F.Berti Nulli

Dott. Ing. D.Carlaccini  
 Dott. Ing. S.Sacconi  
 Dott. Ing. C.Consorti  
 Dott. Ing. E.Loffredo  
 Dott. Ing. C.Chierichini

Dott. Ing. V.Rotisciani  
 Dott. Ing. F.Macchioni  
 Geom. C.Vischini  
 Dott. Ing. V.Piunno  
 Dott. Ing. G.Pulli  
 Geom. C.Sugaroni



**14.IMPATTO\_INSERTIMENTO AMBIENTALE**  
**14.03 QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE - ATMOSFERA**

**Relazione**

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	ANNO	<i>T00IA02AMBRE01A</i>		
DTPG143	E	23	CODICE ELAB. T00IA02AMBRE01	A	-
<b>A</b>	Emissione		<i>Ago 2023</i>	<i>V.Mencaccini</i>	<i>F.Pinardi</i>
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

**SOMMARIO**

1	SINTESI CONTENUTISTICA E METODOLOGICA	1
2	LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
2.1	DECRETO LEGISLATIVO DEL 13 AGOSTO 2010, N.155	6
3	L'ANALISI METEO CLIMATICA	9
3.1	ASPETTI GENERALI	9
3.2	IL DATO STORICO: ANDAMENTO 2010-2021	10
3.2.1	REGIME TERMICO	10
3.2.2	REGIME PLUVIOMETRICO	11
3.2.3	REGIME ANEMOMETRICO	12
3.3	IL DATO METEOROLOGICO ATTUALE: 2021	13
3.3.1	REGIME TERMICO	13
3.3.2	REGIME PLUVIOMETRICO	15
3.3.3	REGIME ANEMOMETRICO	16
3.4	IL CONFRONTO TRA IL DATO STORICO E L'ANNO DI RIFERIMENTO DELLE SIMULAZIONI	18
3.4.1	PARAMETRI DI CONFRONTO	18
3.4.2	REGIME TERMICO	18
3.4.3	REGIME ANEMOMETRICO	19
3.4.4	CONCLUSIONI	21
4	ANALISI DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	21
4.1	PIANO DI RISANAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA E ZONIZZAZIONE	21
4.2	MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	23
4.3	PARTICOLATO	26
4.3.1	PM 10	27
4.3.2	PM 2.5	29
4.4	OSSIDI DI AZOTO: NOX	31
4.4.1	BIOSSIDI DI AZOTO: NO2	32
4.5	MONOSSIDO DI CARBONIO E BENZENE	34
4.5.1	CO	35
4.5.2	BENZENE	37
5	I MODELLI DI SIMULAZIONE UTILIZZATI	39
5.1	COPERT 5	39
5.2	AERMOD VIEW	42

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

6	LO SCENARIO DI ESERCIZIO ATTUALE: ANALISI DELLE CONCENTRAZIONI	46
6.1	AERMOD VIEW: GLI INPUT TERRITORIALI	46
6.1.1	GLI INPUT OROGRAFICI	46
6.1.2	GLI INPUT METEOROLOGICI	47
6.2	AERMOD VIEW: GLI INPUT PROGETTUALI	50
6.2.1	AREA DI STUDIO E INFRASTRUTTURA DI PROGETTO	50
6.2.2	METODOLOGIA DI ANALISI PER IL CALCOLO DEI FATTORI DI EMISSIONE	51
6.2.3	COMPOSIZIONE DEL PARCO VEICOLARE CIRCOLANTE	52
6.2.4	VOLUMI DEL TRAFFICO CIRCOLANTE	54
6.2.5	I FATTORI DI EMISSIONE	54
6.2.6	LA MAGLIA DI CALCOLO	55
6.3	I DATI DI OUTPUT DELLE SIMULAZIONI	56
7	LO SCENARIO DI ESERCIZIO DI PROGETTO ANNO 2032: ANALISI DELLA CONCENTRAZIONI	56
7.1	AERMOD VIEW: GLI INPUT TERRITORIALI	57
7.1.1	GLI INPUT OROGRAFICI	57
7.1.2	GLI INPUT METEOROLOGICI	57
7.2	AERMOD VIEW: GLI INPUT PROGETTUALI	57
7.2.1	L'INFRASTRUTTURA DI PROGETTO	57
7.2.2	METODOLOGIA DI ANALISI PER IL CALCOLO DEI FATTORI DI EMISSIONE	58
7.2.3	COMPOSIZIONE DEL PARCO VEICOLARE CIRCOLANTE	59
7.2.4	LE SORGENTI SIMULATE	59
7.2.5	VOLUMI DEL TRAFFICO CIRCOLANTE	60
7.2.6	I FATTORI DI EMISSIONE	60
7.2.7	LA MAGLIA DI CALCOLO	62
7.3	I DATI DI OUTPUT DELLE SIMULAZIONI	62
8	LO SCENARIO DI ESERCIZIO DI PROGETTO ANNO 2042: ANALISI DELLA CONCENTRAZIONI	63
8.1	AERMOD VIEW: GLI INPUT TERRITORIALI	63
8.1.1	GLI INPUT OROGRAFICI	63
8.1.2	GLI INPUT METEOROLOGICI	63
8.2	AERMOD VIEW: GLI INPUT PROGETTUALI	64
8.2.1	L'INFRASTRUTTURA DI PROGETTO	64
8.2.2	METODOLOGIA DI ANALISI PER IL CALCOLO DEI FATTORI DI EMISSIONE	64
8.2.3	COMPOSIZIONE DEL PARCO VEICOLARE CIRCOLANTE	65

MANDATARIA

MANDANTE



**RELAZIONE ATMOSFERICA**

	8.2.4	LE SORGENTI SIMULATE	65
	8.2.5	VOLUMI DEL TRAFFICO CIRCOLANTE	66
	8.2.6	I FATTORI DI EMISSIONE	67
	8.2.7	LA MAGLIA DI CALCOLO	68
9		VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI	69
	9.1	VALUTAZIONE DELLE SIMULAZIONI	70
	9.2	I RICETTORI DI RIFERIMENTO	75
10		LE INTERFERENZE IN FASE DI CANTIERE	80
	10.1	GLI INPUT TERRITORIALI	81
		10.1.1 I DATI OROGRAFICI	81
		10.1.2 I DATI METEOROLOGICI	81
	10.2	GLI INPUT PROGETTUALI	81
		10.2.1 LA DEFINIZIONE DELLE SORGENTI EMISSIVE DI CANTIERE	81
	10.3	LA METODOLOGIA DI RIFERIMENTO	83
	10.4	I FATTORI DI EMISSIONE	83
		10.4.1 ATTIVITÀ DI SCAVO	84
		10.4.2 REALIZZAZIONE DEL RILEVATO	85
		10.4.3 TRASPORTO SU STRADA PAVIMENTATA	86
		10.4.4 TRASPORTO SU STRADA NON PAVIMENTATA	87
		10.4.5 ATTIVITÀ POLVERULENTE DOVUTE ALL'ATTIVITÀ DI FORMAZIONE ED EROSIONE DI CUMULI	88
		10.4.6 IMPIANTO DI BETONAGGIO	91
		10.4.7 BEST PRACTICE PER IL CANTIERE	92
		10.4.8 MISURE DI CONTENIMENTO DELLE POLVERI	93
		10.4.9 VALUTAZIONI INTERFERENZE IN FASE DI CANTIERE	96

## **1 SINTESI CONTENUTISTICA E METODOLOGICA**

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 allo scenario di esercizio post operam 2032;
- determinazione delle emissioni e delle concentrazioni allo scenario di esercizio post operam 2042.

Il processo logico operativo dell'analisi della componente atmosfera ha pertanto riguardato l'analisi meteo-climatica, a partire dai dati della centralina di Casigliano per l'anno 2021. Tale analisi ha permesso di caratterizzare il regime termico, pluviometrico e anemometrico.

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 (anno di riferimento 2022)
- stato di progetto (anno di riferimento 2032)
- stato di progetto (anno di riferimento 2042)

---

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

---

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 del software COPERT 5.

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

Per quanto riguarda la simulazione della fase di cantiere, è stata effettuata l'analisi sulle concentrazioni di PM10 e PM2.5 prodotte dallo scenario di cantiere ritenuto più critico in termini di dispersione di polveri in atmosfera. Per tale analisi è stato utilizzato sempre il modello di calcolo Aermom View, attraverso il quale è stato possibile stimare i livelli di concentrazione del particolato, generati dalle principali attività di cantiere legate alla movimentazione della terra, caratterizzate dalla demolizione e sbancamento dell'asse stradale, dal carico e scarico del materiale scavato, nonché dalla presenza stessa dei cumuli di materiale nell'area di deposito temporanea.

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

---

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 (SO<sub>2</sub>), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), composti organici volatili non metanici (COV) e ammoniacca (NH<sub>3</sub>);
- 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;
- 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<sub>2.5</sub> tra gli inquinanti da monitorare.

---

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

---

- 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 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

---

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

---

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 disotto 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 introdu-

---

## RELAZIONE ATMOSFERICA

---

cendo, 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

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

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	Nor- mativo	Periodo di media- zione	di media-	Valore stabilito	Margine tolleranza	n° sup. consentiti
<b>Biossido di Zolfo SO2</b>	di	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	-	-
<b>Biossido di azoto NO2</b>	di	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	-	-
<b>Ossidi di azoto NOx</b>		Livelli critici per la vegetazione	anno civile		30 µg/m3	-	-
<b>Particolato PM10</b>		Valore limite protezione salute umana	24 ore		50 µg/m3	-	35
		Valore limite protezione salute umana	anno civile		40 µg/m3	-	-
<b>Particolato fine PM2.5</b>		Valore limite protezione salute umana	anno civile		25 µg/m3	-	-
<b>Piombo</b>		Valore limite protezione salute umana	anno civile		0,5 µg/m3		

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

Inquinante	Indicatore Normativo	Nor- limito	Periodo di media- zione	Valore stabilito	Margine tolleranza	n° sup. consentiti
<b>Benzene</b>	Valore protezione salute umana	limite	anno civile	5 µg/m <sup>3</sup>	-	-
<b>Monossido di carbonio</b>	Valore protezione salute umana	limite	massima media su 8h consecutive	10 mg/m <sup>3</sup>	-	-
<b>Arsenico</b>	Valore obiettivo		anno civile	6 ng/m <sup>3</sup>	-	-
<b>Cadmio</b>	Valore obiettivo		anno civile	5 ng/m <sup>3</sup>	-	-
<b>Nichel</b>	Valore obiettivo		anno civile	20 ng/m <sup>3</sup>	-	-
<b>Benzo(a)pirene</b>	Valore obiettivo		anno civile	1 ng/m <sup>3</sup>	-	-

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 meteorologico 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.

Per la caratterizzazione meteorologica dell’area in esame sono stati acquisiti i dati meteorologici disponibili su Servizio Idrografico della Regione Umbria per gli anni che vanno dal 2010 al 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 Casigliano (LAT 42.7161 LON 12.4958).

## **3.2 IL DATO STORICO: ANDAMENTO 2010-2021**

### *3.2.1 Regime termico*

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

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
<b>T. media (°C)</b>	5,20	6,76	9,42	12,91	15,97	21,18	24,13	24,12	19,55	14,65	10,13	5,99

*Tabella 2 Regime Termico*

Con riferimento alla Temperatura Media registrata è possibile notare come le temperature siano comprese tra 5.20 °C e 24.13 °C, rispettivamente registrate nei mesi di gennaio e di luglio.

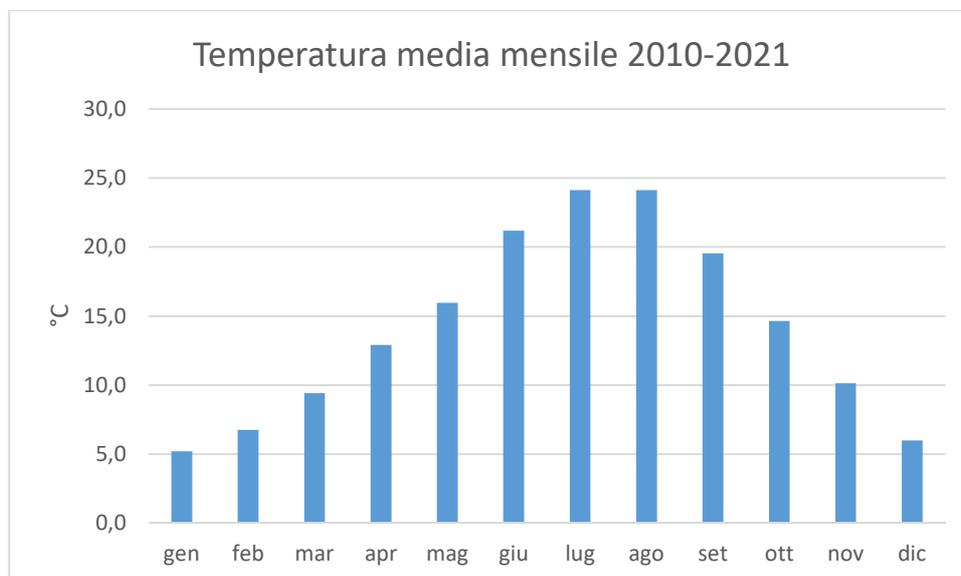
**RELAZIONE ATMOSFERICA**


Figura 1 Temperatura media

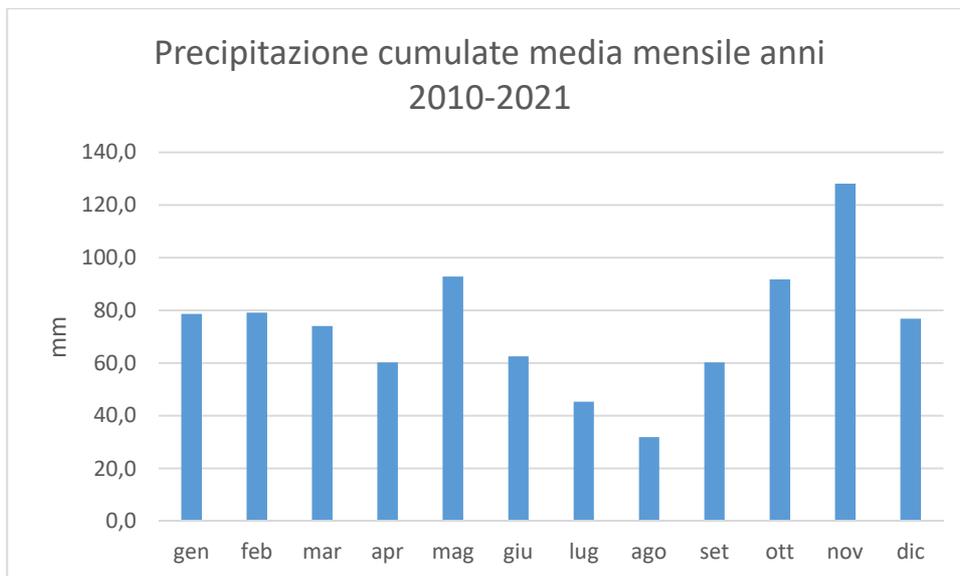
### 3.2.2 Regime pluviometrico

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

Gen- naio	Feb- braio	Mar- zo	Apr- le	Mag- gio	Giu- gno	Lu- glio	Ago- sto	Set- tembre	Otto- bre	No- vembre	Dicem- bre
78,7	79,2	74,2	60,3	92,9	62,5	45,4	31,9	60,3	91,8	128,1	76,9

Tabella 3 Precipitazione mensile media in mm

**RELAZIONE ATMOSFERICA**



*Figura 2 Precipitazione cumulativa mensile media*

È possibile notare come il mese con la media mensile più elevata sia novembre con più di 128 mm di precipitazione, mentre il mese maggiormente asciutto è agosto con un valore di circa 32 mm.

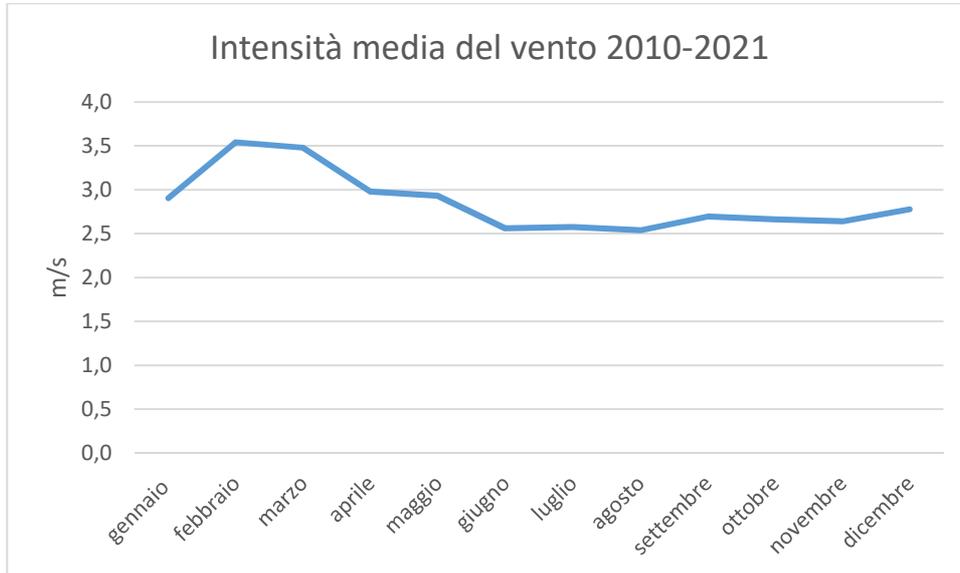
**3.2.3 Regime anemometrico**

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 3.

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
intensità (m/s)	2,9	3,5	3,5	3,0	2,9	2,6	2,6	2,5	2,7	2,7	2,6	2,8

*Tabella 4 Andamento del regime anemometrico*

**RELAZIONE ATMOSFERICA**



*Figura 3 Andamento del regime anemometrico*

È possibile notare come l'intensità media sia intorno a 2.9 m/s.

Analizzando le frequenze percentuali riguardo la direzione del vento per gli anni 2010- 2021, esse sono così ripartite:

- S che si verifica in circa il 27 % dei giorni dell'anno;
- NO che si verifica in circa il 16 % dei giorni dell'anno;
- N che si verifica in circa il 15 % dei giorni dell'anno;
- SE che si verifica in circa l'11 % dei giorni dell'anno;
- O che si verifica in circa il 10 % dei giorni dell'anno.

### 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

Nella Figura 4 è mostrato l'andamento termico giornaliero nell'anno di riferimento.

Si registrano temperature medie maggiori nei mesi estivi di giugno, luglio e agosto, con un massimo assoluto di 38 °C nel mese di agosto.

I mesi più freddi sono dicembre, gennaio e febbraio, registrando temperature medie minime pari a -4.9° C nel mese di gennaio. In generale, la media annua è pari a circa 14.4°C.

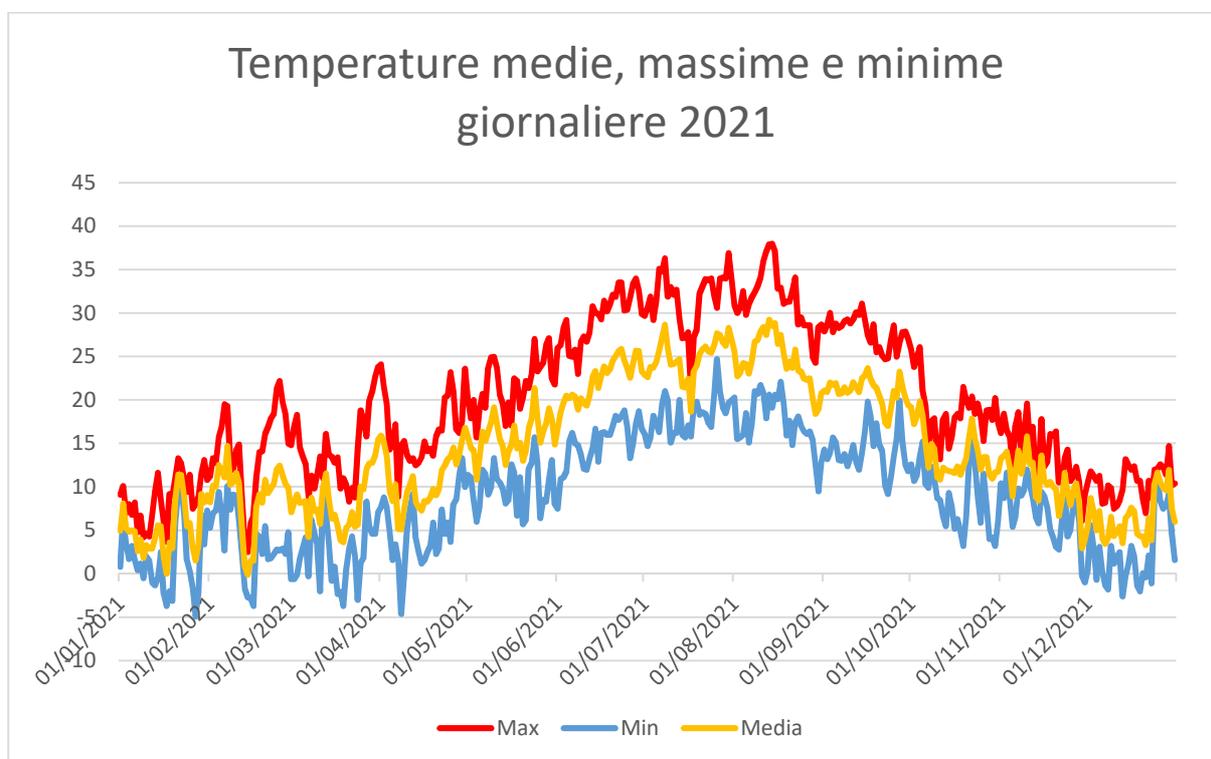


Figura 4 Temperatura giornaliera

Di seguito, in Tabella 5 e Figura 5, è mostrato anche l'andamento medio mensile della temperatura.

	gen- naio	feb- braio	mar- zo	apri- le	mag- gio	giu- gno	lu- glio	ago- sto	settem- bre	otto- bre	novem- bre	dicem- bre
<b>T max</b>	8,6	14,1	14,1	16,5	21,6	29,4	31,6	31,6	27,9	18,8	14,0	10,6
<b>T me- dia</b>	5,2	9,0	8,2	10,8	15,8	22,2	24,9	24,5	21,0	13,8	10,5	6,5
<b>T min</b>	1,7	3,9	2,3	5,1	10,0	15,0	18,2	17,5	14,2	8,8	7,0	2,5

Tabella 5 Temperatura massima, media, minima mensile in °C

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

Analizzando i valori massimi e minimi medi della temperatura si osserva come il trend analizzato per la temperatura media sia individuabile anche in tali valori, evidenziando come mese con temperature massime medie più elevate il mese di agosto con 31.6°C, mentre il mese con le temperature minime medie più basse risulta gennaio con 1.7 °C

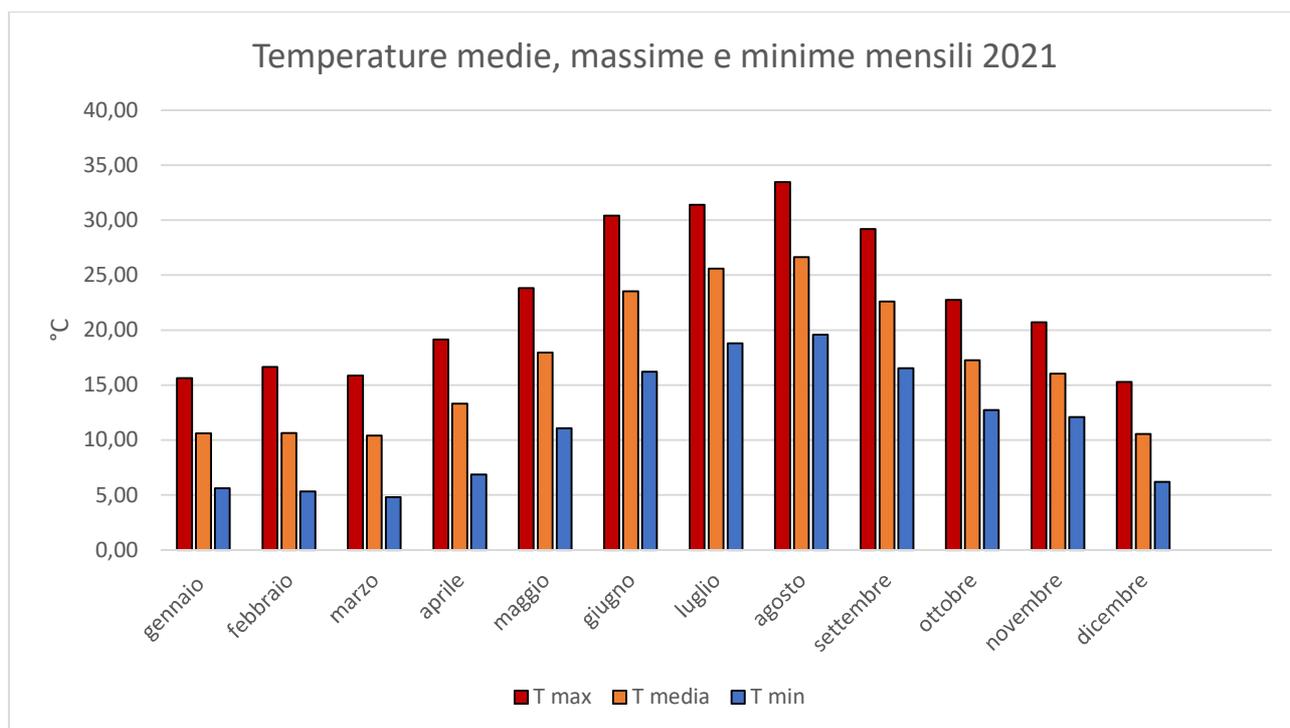


Figura 5 Temperatura mensile

### 3.3.2 Regime Pluviometrico

A partire dai dati giornalieri forniti dalla centralina di Casigliano, è stato calcolato l'andamento delle precipitazioni cumulate mensili per il 2021 (Tabella 6 e Figura 6).

gen- naio	feb- braio	mar- zo	apri- le	mag- gio	giu- gno	lu- glio	ago- sto	settem- bre	otto- bre	novem- bre	dicem- bre
142,4	45,6	23,2	45,4	26,6	37,2	0,6	14,2	12	42	110,2	85

Tabella 6 Precipitazioni mensili cumulate in mm

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

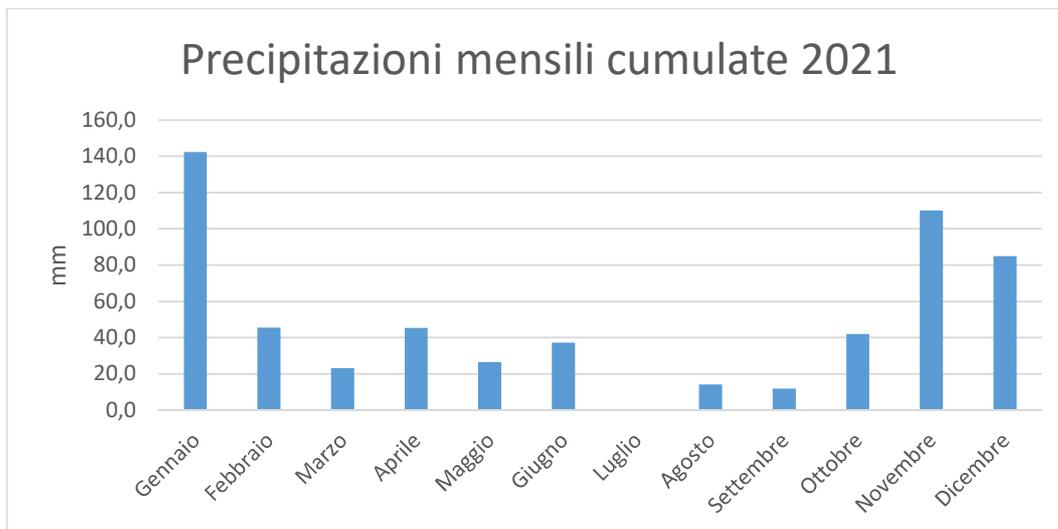


Figura 6 Precipitazioni mensili cumulate

### 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 Casigliano, i grafici della velocità media e della rosa dei venti, come mostrato di seguito nella Figura 7 e nella Figura 8.

gen- naio	feb- braio	mar- zo	apri- le	mag- gio	giu- gno	lu- glio	ago- sto	settem- bre	otto- bre	novem- bre	dicem- bre
3,7	3,0	3,1	3,0	3,6	2,3	3,4	3,0	2,6	3,4	2,6	3,5

Tabella 7 Intensità media mensile del vento in m/s

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

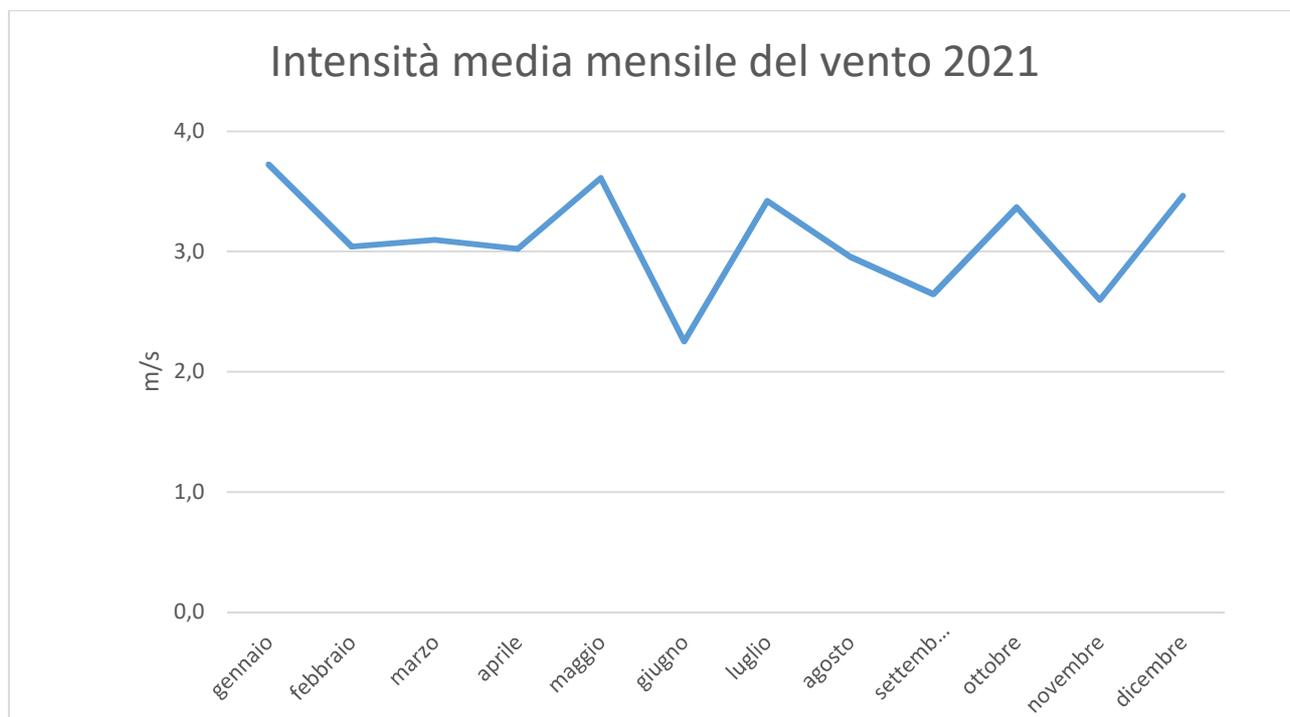


Figura 7 Velocità media del vento

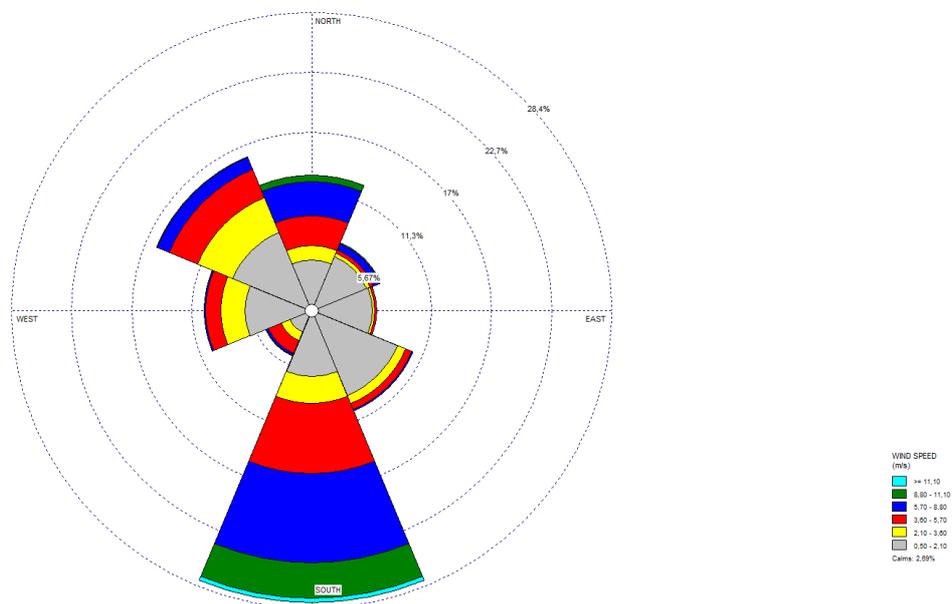


Figura 8 Rosa dei venti

L'intensità del vento registrata, Figura 7, ha una media assoluta di 3.1 m/s.

---

## RELAZIONE ATMOSFERICA

---

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

- S che si verifica in circa il 28 % dei giorni dell'anno;
- NO che si verifica in circa il 16 % dei giorni dell'anno;
- N che si verifica in circa il 13 % dei giorni dell'anno;
- SE che si verifica in circa l'11 % dei giorni dell'anno;
- O che si verifica in circa il 10 % dei giorni dell'anno.

### **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.

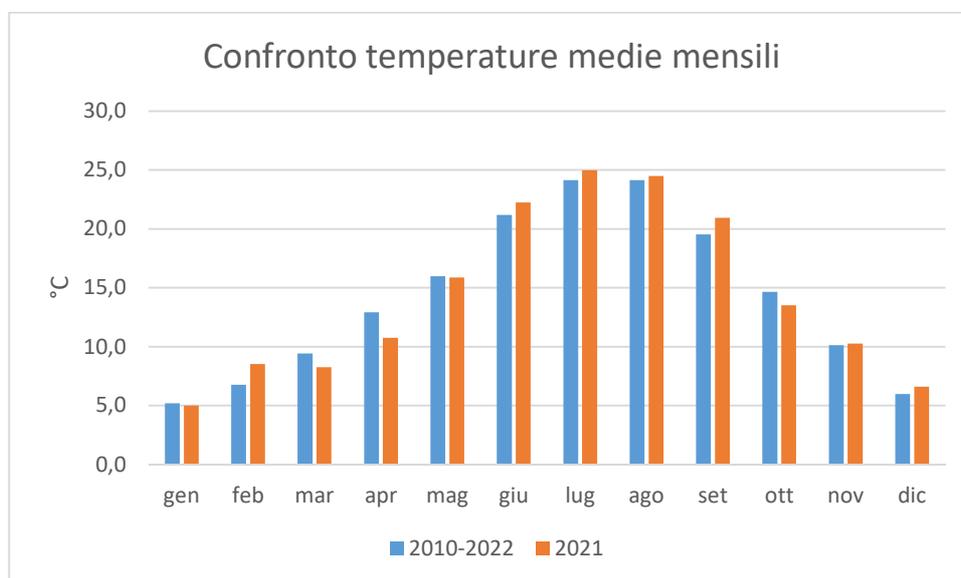
Ciò che si intende valutare, quindi, è la significatività del dato attuale 2021 rispetto alle condizioni meteorologiche che generalmente si verificano nell'area di Casigliano in cui è localizzata la stazione meteo, prossima al luogo di intervento.

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 (cfr.Figura 9). Tale grafico mostra un andamento pressoché invariato tra i

due differenti riferimenti temporali. In particolare, i dati dell'anno di riferimento registrano un incremento medio nell'anno 2021 di 0.1°C per le temperature medie mensili.



*Figura 9 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.

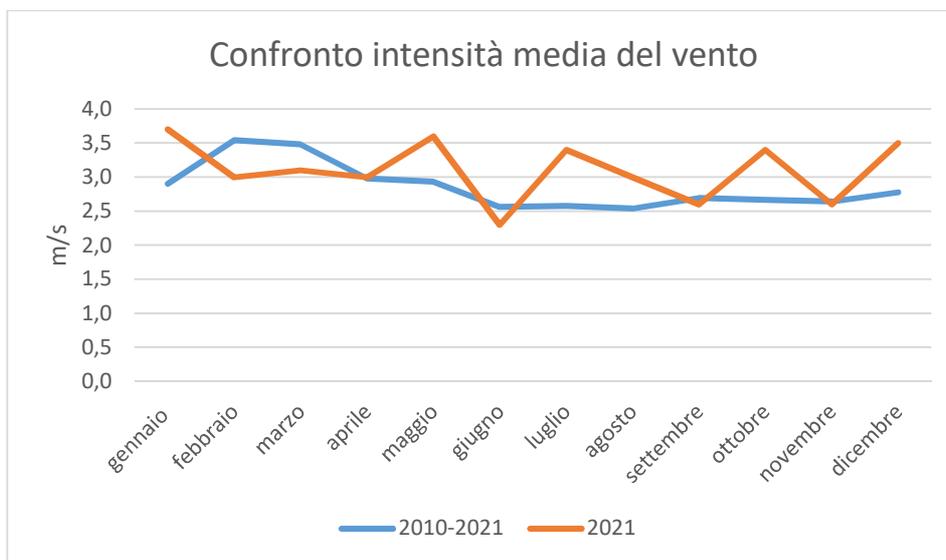
**RELAZIONE ATMOSFERICA**


Figura 10 Confronto intensità media del tempo

Mediamente, negli anni dal 2010 al 2021, la velocità media del vento è di circa 2.9 m/s. Per l'anno 2021, la centralina di Casigliano, registra un'intensità media intorno a 3.1 m/s. Perciò il dato del 2021 si allinea con quello della serie storica.

Di seguito confrontiamo anche le frequenze percentuali delle direzioni del vento:

DIREZIONI DEL VENTO	2010-2021	2021
NE	7,8 %	7,5 %
E	7,7 %	6,7 %
SO	4,6 %	5,0 %
NO	16,5 %	16,6 %
S	26,9 %	28,8 %
O	10,1 %	10,6 %
SE	11,0 %	11,2 %
N	15,4 %	13,6 %

Anche per quanto riguarda le frequenze percentuali delle direzioni del vento, il dato del 2021 si allinea a quello della serie storica.

#### 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 Casigliano, 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 mantenimen-

---

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

---

to della qualità dell'aria al fine di conservare e migliorare i livelli degli inquinanti laddove essi risultino al di sotto dei valori limite.

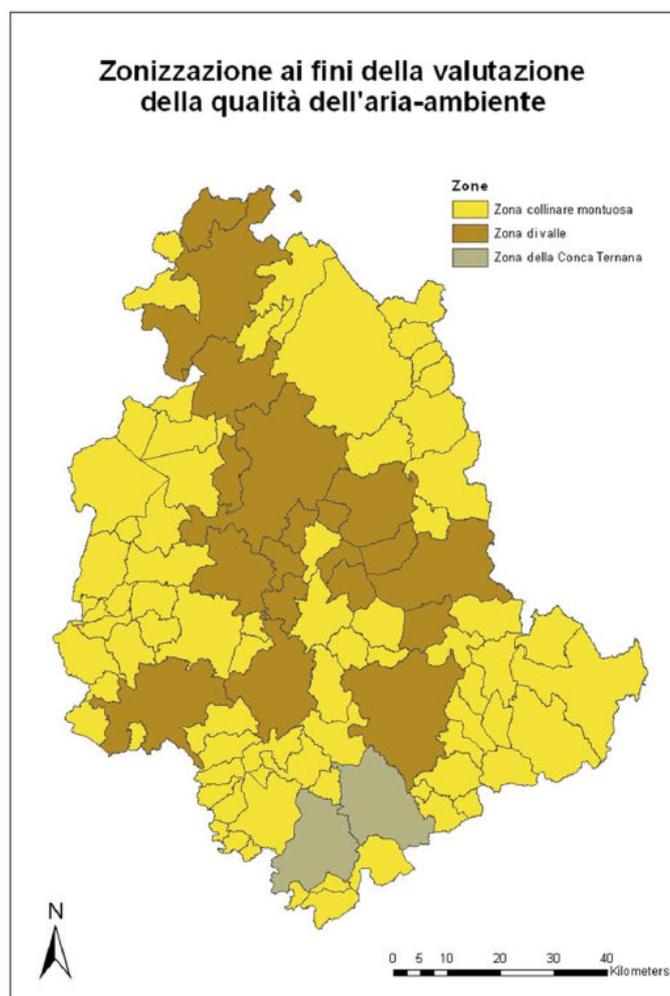
L'articolo 1, comma 4, del d.lgs. 155/2010, definisce, infatti, la zonizzazione del territorio "il presupposto su cui si organizza l'attività di valutazione della qualità dell'aria ambiente", le cui modalità di svolgimento sono individuate sulla base della classificazione delle zone medesime. La valutazione 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 SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, CO, Pb, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, 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 Umbria prevede l'individuazione di tre zone, così ripartite:

- Zona collinare montuosa
- Zona di valle
- Zona della Conca Ternana

In Figura 11 si riporta la suddivisione del territorio regionale nelle diverse zone individuate.



*Figura 11 Zonizzazione della regione Umbria*

Il tratto di strada da noi preso in esame nel seguente studio ricade all'interno della zona di valle.

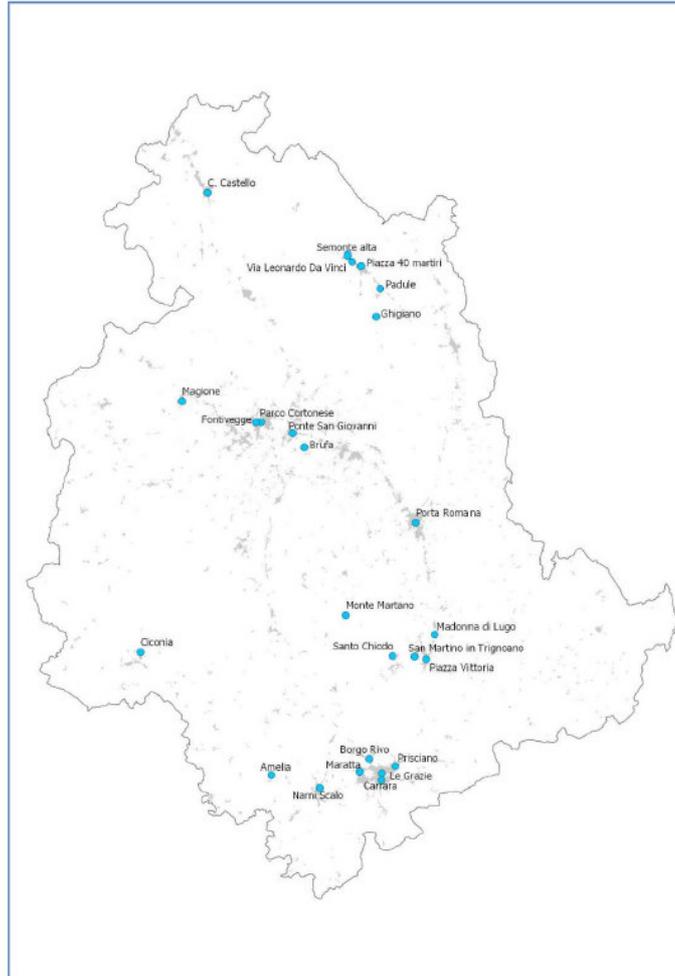
## **4.2 MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA**

La Rete Regionale di Monitoraggio della qualità dell'aria nel 2013 è stata aggiornata in base alle indicazioni del D.Lgs. n. 155/10 sia in termini di strumentazione sia in punti di misura.

Le stazioni della rete sono localizzate nelle aree più urbanizzate e/o industrializzate della regione.

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

Nella *Figura 12* è riportata la dislocazione indicativa delle stazioni fisse per la qualità dell'aria, nella Tabella 8 sono riportati i dati relativi alla collocazione, al tipo di stazione e degli inquinanti misurati.



*Figura 12 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

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

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 sono riportate le stazioni di monitoraggio del Programma di Valutazione con la loro ubicazione e classificazione ed i relativi analizzatori presenti.

Località	Nome Stazione	Tipo stazione	SO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	Pb Ni Cd As	B(a)P
Perugia	Fontivegge	Urbana/Traffico		SI	SI		SI	SI	SI		
Perugia	Ponte San Giovanni	Urbana/Traffico		SI	SI		SI				
Foligno	Porta Romana	Urbana/Traffico		SI	SI		SI	SI	SI		SI
Terni	Carrara	Urbana/Traffico		SI	SI		SI	SI	SI	SI	SI
Terni	Le Grazie <sup>(*)</sup>	Urbana/Traffico-Industriale		SI	SI	SI	SI			SI	SI
Perugia	Parco Cortonese	Urbana/Fondo	SI	SI	SI	SI	SI			SI	SI
Gubbio	Piazza 40 martiri	Urbana / Fondo		SI	SI	SI	SI	SI	SI <sup>(+)</sup>	SI	SI
Città di Castello	C Castello <sup>(*)</sup>	Urbana/Fondo		SI	SI		SI		SI <sup>(+)</sup>		SI
Spoletto	Piazza Vittoria	Urbana/Fondo		SI	SI		SI	SI	SI		
Terni	Borgo Rivo	Urbana/Fondo		SI	SI	SI	SI		SI <sup>(+)</sup>	SI	SI
Amelia	Amelia <sup>(*)</sup>	Urbana/Fondo		SI	SI	SI	SI				
Magione	Magione <sup>(*)</sup>	Suburbana/Fondo		SI	SI	SI	SI		SI <sup>(+)</sup>		
Narni	Narni Scalo <sup>(**)</sup>	Suburbana/Fondo		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Orvieto	Ciconia2 <sup>(*)</sup>	Suburbana/Fondo		SI	SI	SI	SI		SI <sup>(+)</sup>		
Torgiano	Brufa	Rurale/Fondo		SI	SI	SI	SI		SI <sup>(+)</sup>		
Giano dell'Umbria	M Martani	Rurale/Fondo		SI	SI		SI				
Gubbio	Ghigiano	Suburbana/Industriale	SI	SI	SI		SI				
Gubbio	Semonte Alta <sup>(**)</sup>	Suburbana/Industriale	SI	SI	SI		SI				
Gubbio	Via L. Da Vinci	Suburbana/Industriale	SI	SI	SI		SI				SI
Gubbio	Padule	Suburbana/Industriale	SI	SI	SI		SI				
Spoletto	S. Martino in Trignano	Suburbana/Industriale	SI	SI	SI					SI	SI
Spoletto	Madonna di Lugo	Suburbana/Industriale	SI	SI	SI		SI				
Terni	Prisciano <sup>(***)</sup>	Suburbana/Industriale		SI	SI		SI			SI	SI
Terni	Maratta <sup>(***)</sup>	Suburbana/Industriale	SI	SI	SI		SI	SI		SI	SI

<sup>(\*)</sup> Le stazioni di Città di Castello e Magione sono state attivate a fine 2012, mentre le stazioni Amelia e Ciconia2 sono state attivate a fine 2013

<sup>(\*\*)</sup> Le stazioni Narni Scalo e Semonte Alta sono state riposizionata nel febbraio 2013, la stazione di Le Grazie nel novembre 2014.

<sup>(\*\*\*)</sup> La stazione di Prisciano è stata attivata ad agosto 2014 mentre Maratta a dicembre 2014

<sup>(+)</sup> Misure effettuate con campionamento diffuso su assorbente solido e analisi offline

*Tabella 8 Stazioni di monitoraggio della Rete Regionale della Qualità dell'Aria*

La centralina più vicina (circa 7 Km di distanza), che meglio rappresenta la zona oggetto di studio è quella di Spoleto- Piazza Vittorio. Trattasi di una centralina di tipo Urbana di fondo.

Di seguito, si riporta l'ubicazione della centralina rispetto all'area oggetto di studio, indicata in rosso.



*Figura 13 Posizione delle stazioni di misura rispetto all'area di studio*

Nei successivi paragrafi si riportano le analisi dei dati per i vari inquinanti.

In particolare il documento preso in considerazione è “Valutazione della Qualità dell’Aria in Umbria- anno 2021”.

Il panorama dello stato della qualità dell’aria nella regione Umbria emerso dall’analisi dei dati del monitoraggio effettuato sul territorio nel 2021 indica una situazione nel complesso molto 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.

---

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

---

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*

Nella Tabella 9 vengono riportati il numero di superamenti del limite giornaliero di 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e il valore della concentrazione media annua registrati dalle stazioni di monitoraggio nel corso dell'anno 2021. Evidenziato in verde la centralina di riferimento.

In rosso viene riportato il limite dei superamenti consentiti per anno che ai sensi del D.Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii. possono essere al massimo 35 per anno civile.

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

Stazione	Tipo staz. <sup>1</sup>	Media annua $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Superamenti <sup>2</sup>
Perugia - Cortonese	U/F	17	7
Perugia - Fontivegge <sup>3</sup>	U/T	17	4
Perugia - P S Giovanni	U/T	19	12
Foligno - P Romana	U/T	24	18
Terni - Le Grazie	U/T-I	28	34
Terni - Borgo Rivo	U/F	27	30
Terni - Carrara	U/T	25	20
Gubbio - P 40 Martiri	U/F	20	10
Città di Castello - C Castello	U/F	24	25
<b>Spoletto - P Vittoria</b>	U/F	16	2
Torgiano - Brufa	R/F	15	3
Amelia - Amelia	U/F	17	4
Magione - Magione	S/F	18	5
Narni Scalo	S/F	24	16
Orvieto Ciconia	S/F	15	0
Giano dell'Umbria - M. Martani	R/F	11	7
Gubbio - Ghigiano	S/I	18	7
Gubbio - Semonte Alta	S/I	15	4
Gubbio - L da Vinci	S/I	19	7
Gubbio - Padule	S/I	18	5
Spoletto - S. M. in Trignano	S/I	26	16
Spoletto - M di Lugo	S/I	17	5
Terni - Prisciano	S/I	27	14
Terni - Maratta	S/I	32	47

Tabella 9 Particolato PM10. Anno 2021 numero superamenti della concentrazione media 24 H e concentrazione media annua

Nella Figura 14 vengono riportate i trend di concentrazione del PM10 dall'anno 2010 al 2021.

In rosso viene riportata la concentrazione limite media annuale di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ai sensi del D.lgs. 155/2010 e in verde è evidenziato la centralina di riferimento.

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

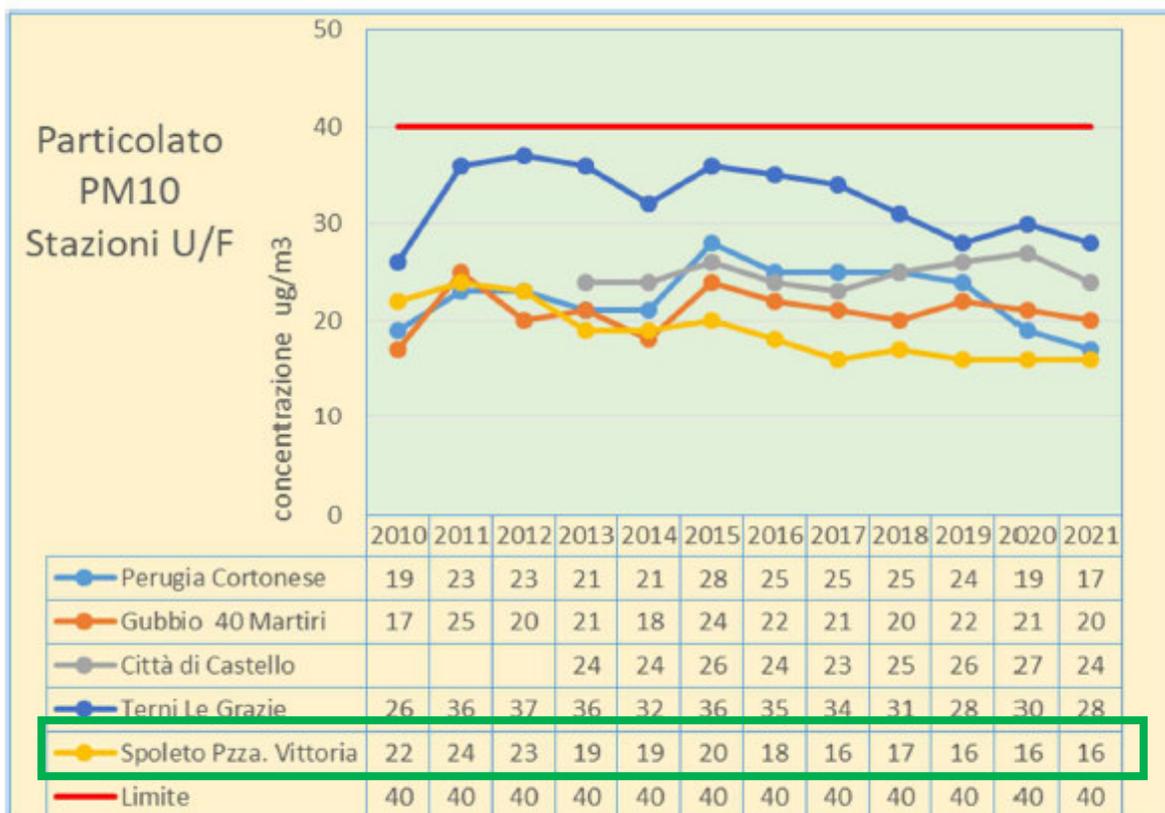


Figura 14 Trend di concentrazione del PM10 dall'anno 2010 al 2021

Come si evince dalle figure sopra, per la centralina di Spoleto Piazza Vittorio, non sono stati riscontrati superamenti, né del numero né del valore limite annuale.

#### 4.3.2 PM 2.5

In Tabella 10 sono riportate, le medie annuali registrate in Umbria nel 2021. La concentrazione limite annuale di 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ai sensi del D.Lgs. 155/2010 è rispettata in tutte le centraline, compresa quella di Spoleto Piazza Vittorio evidenziata in verde.

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

Stazione	Tipo staz. <sup>1</sup>	Media annua µg/m <sup>3</sup>
Perugia - Cortonese	U/F	10
Perugia - Fontivegge <sup>2</sup>	U/T	10
Perugia - P S Giovanni	U/T	12
Foligno - P Romana	U/T	15
Terni - Le Grazie	U/T	17
Terni - Borgo Rivo	U/T-I	19
Terni - Carrara	U/F	15
Gubbio - P 40 Martiri	U/F	9
Città di Castello - C Castello	U/F	17
Spoletto - P Vittoria	U/T	9
Amelia - Amelia	U/F	11
Magione - Magione	S/F	12
Narni - Scalo	S/F	18
Orvieto - Ciconia	S/F	9
Torgiano - Brufa	R/F	10
Giano dell'Umbria - M. Martani	R/F	6
Gubbio - Ghigiano	S/I	10
Gubbio - Semonte Alta	S/I	9
Gubbio - L da Vinci	S/I	14
Gubbio - Padule	S/I	12
Spoletto - S. M. in Trignano	S/I	19
Spoletto - M di Lugo	S/I	12
Terni - Prisciano	S/I	18
Terni - Maratta	S/I	21

(1) U/T-I= Urbana da Traffico e Industriale, U/F = Urbana di Fondo, S/F = Suburbana di Fondo, R/F = Rurale di Fondo, S/I = Suburbana Industriale

(2) I valori sono relativi all'80% dei dati

Tabella 10 Anno 2021 PM<sub>2,5</sub> concentrazione media annua

Di seguito vengono riportati i trend di concentrazione del PM<sub>2.5</sub> dall'anno 2010 al 2021. In rosso viene riportata la concentrazione limite media annuale di 25 µg/m<sup>3</sup> ai sensi del D.lgs. 155/2010 e in verde è evidenziato la centralina di riferimento.

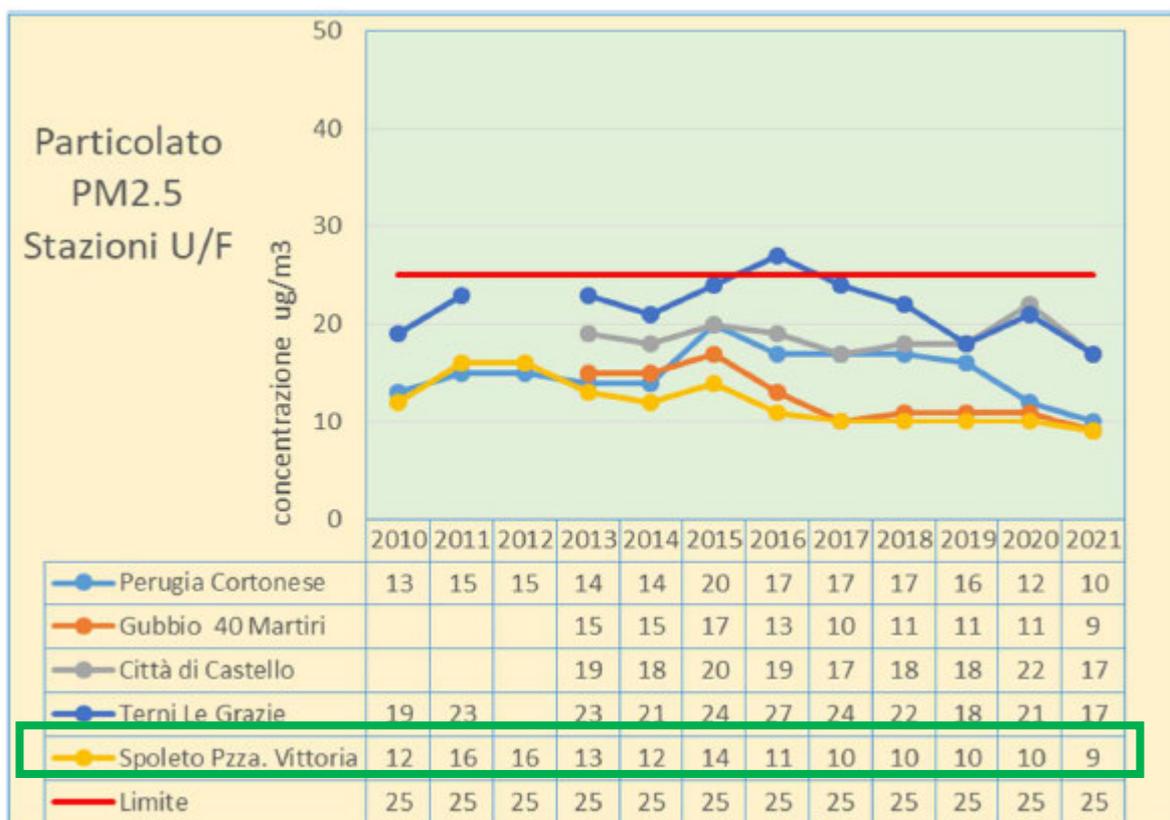


Figura 15 Trend di concentrazione del PM2.5 dall'anno 2010 al 2021.

Si può osservare che non è stato registrato alcun superamento del valore limite di 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per la centralina di Spoleto Piazza Vittorio.

#### 4.4 OSSIDI DI AZOTO: NOX

Con il termine NO<sub>x</sub> 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, NO<sub>2</sub>.

Gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) 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*

Nella Tabella 11 vengono riportate per tutte le stazioni il valore della concentrazione media annuale riscontrato nel corso del 2021 il cui valore limite è di 40 µg/m<sup>3</sup> previsto dal D.Lgs. 155/2010. Si può osservare che il valore limite annuale (40 µg/m<sup>3</sup>) non è stato superato in alcuna delle stazioni della rete.

Oltre al valore limite annuale, la norma fissa per il biossido di azoto un valore limite orario di 200 µg/m<sup>3</sup>, da non superare per più di 18 volte all'anno. Anche tale valore limite nel 2021 risulta rispettato in tutte le centraline della rete.

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

Stazione	Tipo staz. <sup>1</sup>	Media annua $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Superamenti <sup>2</sup>
Perugia - Cortonese	U/F	12	0
Perugia - Fontivegge	U/T	17	0
Perugia - P S Giovanni	U/T	16	0
Foligno - P Romana	U/T	17	0
Terni - Le Grazie	U/T-I	14	0
Terni - Borgo Rivo	U/F	14	0
Terni - Carrara	U/T	21	0
Gubbio - P 40 Martiri	U/F	12	0
Città di Castello - C Castello	U/F	12	0
<b>Spoletto - P Vittoria</b>	U/F	<b>21</b>	<b>0</b>
Torgiano - Brufa	R/F	10	0
Amelia - Amelia	U/F	10	0
Magione - Magione	S/F	11	0
Narni Scalo	S/F	11	0
Orvieto Ciconia	S/F	6	0
Giano dell'Umbria - M. Martani	R/F	2	0
Gubbio - Ghigliano	S/I	5	0
Gubbio - Semonte Alta	S/I	8	0
Gubbio - L da Vinci	S/I	8	0
Gubbio - Padule	S/I	8	0
Spoletto - S. Martino in Trignano	S/I	8	0
Spoletto - M di Lugo	S/I	9	0
Terni - Prisciano	S/I	17	0
Terni - Maratta	S/I	25	0

Tabella 11 Anno 2021- NO<sub>2</sub> concentrazione media annua e numero superamenti della concentrazione massima di 1 ora

Di seguito vengono riportati i trend di concentrazione del NO<sub>2</sub> dall'anno 2010 al 2021. In rosso viene riportata la concentrazione limite media annuale di 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ai sensi del D.lgs. 155/2010 e in verde è evidenziata la centralina di riferimento.

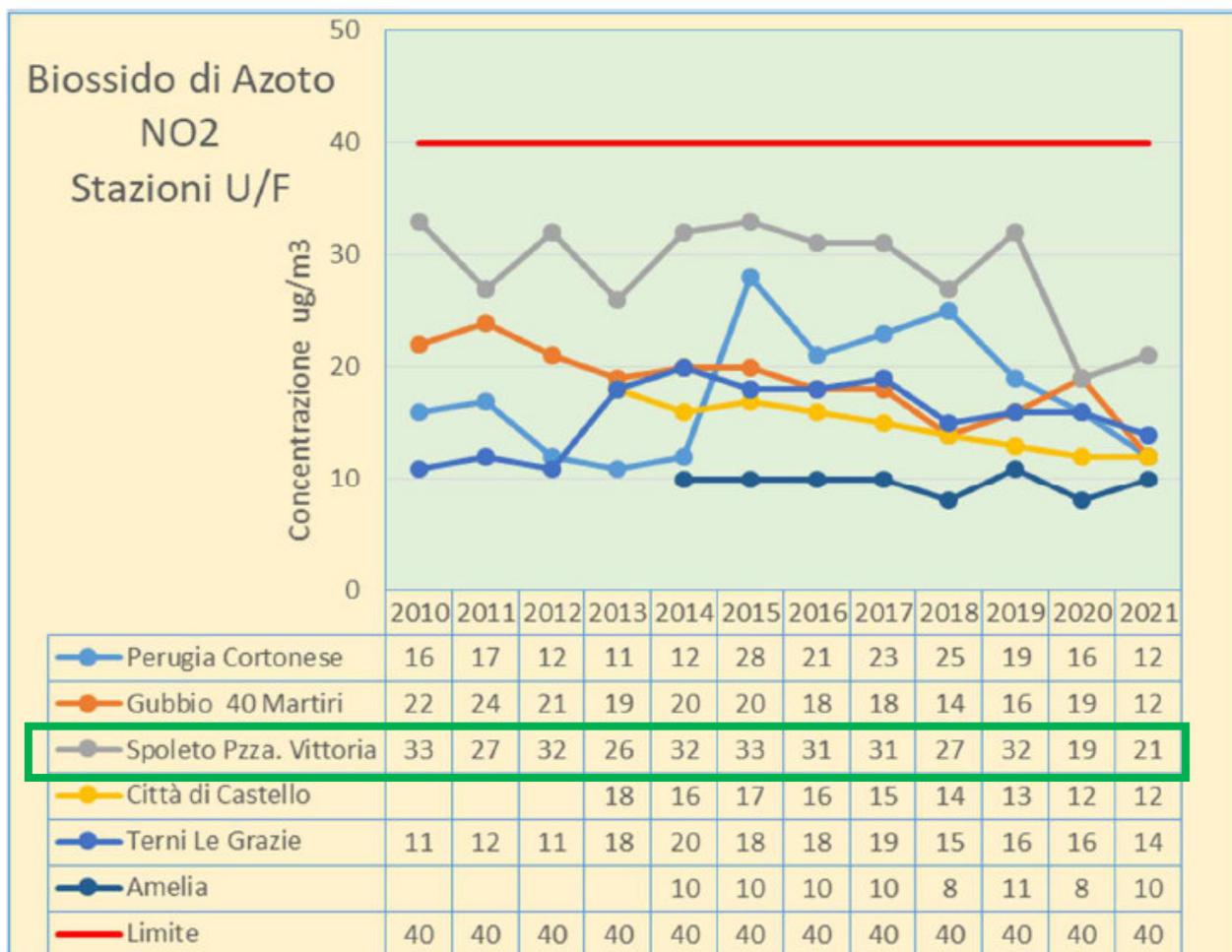


Figura 16 Trend di concentrazione del NO<sub>2</sub> dall'anno 2010 al 2021.

Il valore di NO<sub>2</sub> per la centralina di Spoleto Piazza Vittoria si attesta intorno a 21 µg/m<sup>3</sup>, valore inferiore al limite di legge.

#### 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 17.

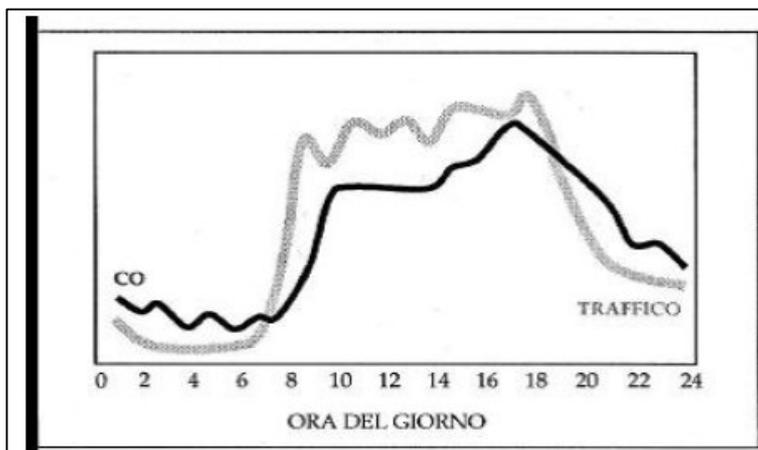


Figura 17 Andamento giornaliero del traffico vs CO

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.

#### 4.5.1 CO

Nella Tabella 12 vengono riportate, per le stazioni in cui è presente l'analizzatore, il valore della massima media mobile giornaliera riscontrata nel corso del 2021.

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

Stazione	Tipo staz. <sup>1</sup>	Massimo media mobile 8 H mg/m <sup>3</sup>
Perugia - Fontivegge	U/T	3.8
Terni - Carrara	U/T	2.7
Foligno - P Romana	U/F	1.3
Gubbio - P 40 Martiri	U/F	1.1
Spoletto - P Vittoria	U/F	1.8
Narni - Scalo	S/F	1.9
Terni - Maratta	S/I	1.8

*Tabella 12 Anno 2021 massimo annuale della concentrazione media mobile massima giornaliera calcolata su otto ore*

Di seguito vengono riportati i trend di concentrazione del CO dall'anno 2010 al 2021. In rosso viene riportata la concentrazione limite media annuale di 10 mg/m<sup>3</sup> ai sensi del D.lgs. 155/2010 e in verde è evidenziata la centralina di riferimento.

Il valore di CO per la centralina di Spoleto Piazza Vittoria si attesta intorno a 1.8 mg/m<sup>3</sup>, valore inferiore al limite di legge.

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

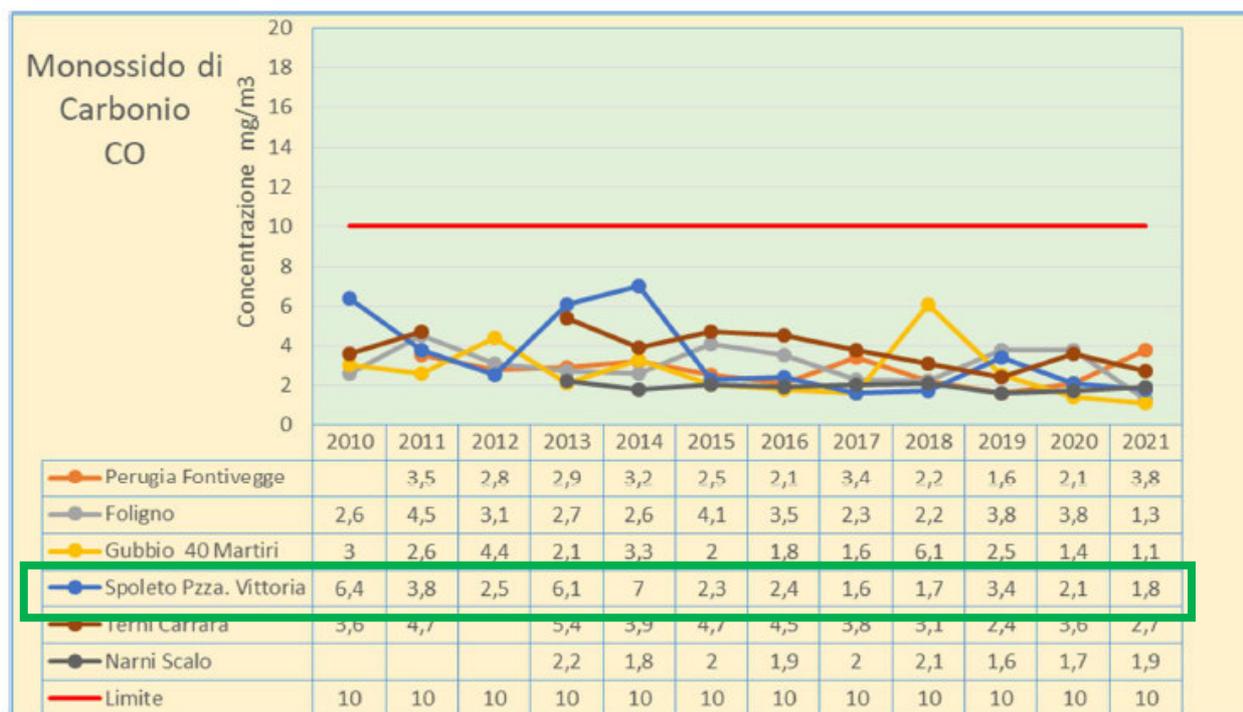


Figura 18 Trend di concentrazione del CO dall'anno 2010 al 2021

**4.5.2 BENZENE**

Dai dati riportati in Tabella 13 si osserva che le concentrazioni medie annuali di Benzene nel 2021 sono di molto inferiori al valore limite di 5,0 µg/m<sup>3</sup>.

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

Stazione	Tipo staz. <sup>1</sup>	Media annua $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Perugia - Fontivegge	U/T	0.5
Terni - Carrara	U/T-I	1.3
Foligno - P Romana	U/T	0.8
Gubbio - P 40 Martiri <sup>(§)</sup>	U/F	0.9
Città di Castello - C Castello <sup>(§)</sup>	U/F	0.9
Spoletto - P Vittoria	U/F	0.8
Terni - Borgo Rivo <sup>(§)</sup>	U/F	1.4
Amelia - Amelia	U/F	0.5
Magione - Magione <sup>(§)</sup>	S/F	0.6
Narni - Scalo	S/F	0.5
Orvieto - Ciconia <sup>(§)</sup>	S/F	0.9
Torgiano - Brufa <sup>(§)</sup>	R/F	0.4

Tabella 13 Anno 2021 concentrazione media annua

Di seguito vengono riportati i trend di concentrazione del Benzene dall'anno 2010 al 2021. In rosso viene riportata la concentrazione limite media annuale di  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ai sensi del D.lgs. 155/2010 e in verde è evidenziata la centralina di riferimento.

Il valore di Benzene per la centralina di Spoleto Piazza Vittoria si attesta intorno a  $0.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , valore inferiore al limite di legge.

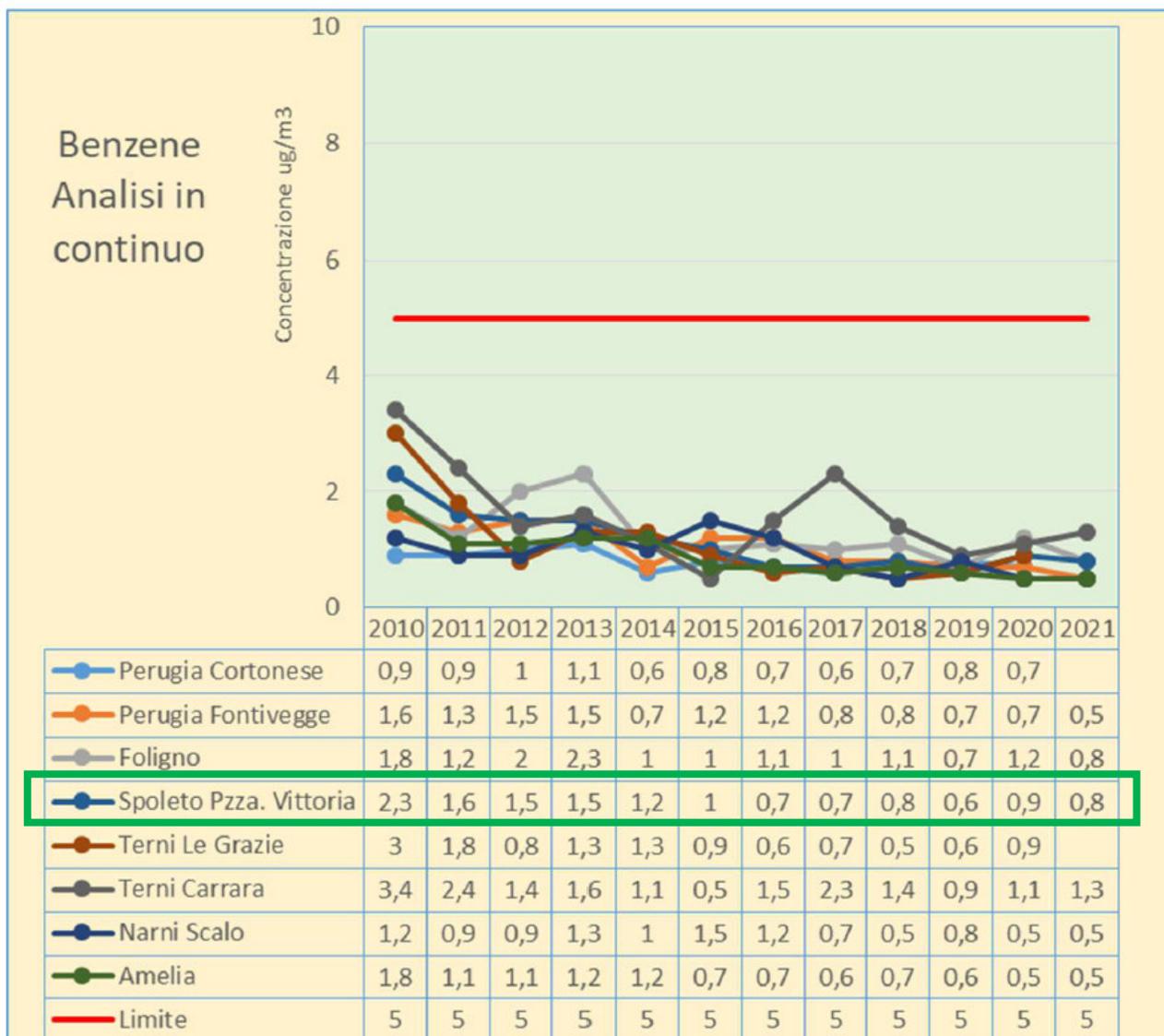


Figura 19 Trend di concentrazione del Benzene dall'anno 2010 al 2021

## 5 I MODELLI DI SIMULAZIONE UTILIZZATI

### 5.1 COPERT 5

Ci si è avvalsi di alcuni modelli di simulazione al fine di condurre le valutazioni e le analisi emissive e diffusionali generate dall'opera in esame. Nello specifico, per la valuta-

---

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

---

zione dei fattori di emissione derivanti da traffico stradale si è fatto riferimento al software di calcolo COPERT 5. Tale software è lo standard europeo per la valutazione delle emissioni da traffico veicolare stradale. Lo sviluppo del software COPERT è coordinato dall'Agenzia Europea dell'Ambiente, all'interno delle attività del "European Topic Centre for Air Pollution and Climate Change Mitigation". Responsabile dello sviluppo scientifico è il European Commission's Joint Research Centre. Il modello è stato realizzato ed è utilizzato per gli inventari delle emissioni stradali degli stati membri.

La metodologia utilizzata da COPERT 5 è parte integrante del EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook per il calcolo dell'inquinamento atmosferico ed è in linea con gli orientamenti IPCC per il calcolo delle emissioni di gas a effetto serra.

COPERT 5 trae le sue origini da una metodologia sviluppata da un gruppo di lavoro che è stato istituito in modo esplicito a tale scopo nel 1989 (COPERT 85). Questo è stato poi seguito da versioni successive aggiornate, fino ad arrivare alla versione attuale che rappresenta una sintesi dei risultati delle varie attività su larga scala e progetti dedicati, quali:

- a) Progetti dedicati finanziati dal Centro comune di ricerca/Trasporti e l'Unità Qualità dell'aria;
- b) Programma annuale di lavoro del "European Topic Centre for Air Pollution and Climate Change Mitigation (ETC / ACM)";
- c) Programma di lavoro del "European Research Group on Mobile Emission Sources (Ermes)";
- d) Progetto MEET (Methodologies to Estimate Emissions from Transport), una Commissione Europea (DG VII) che ha promosso il progetto all'interno del 4° Framework Program (1996-1998);
- e) Il progetto particolato (Characterisation of Exhaust Particulate Emissions from Road Vehicles), una Commissione europea (DG Transport) PROGETTO nell'ambito del 5° Framework Program (2000-2003);

---

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

---

- f) Il progetto ARTEMIS (Assessment and Reliability of Transport Emission Models and Inventory Systems), una Commissione europea (DG Trasporti) PROGETTO nell'ambito del 5° Framework Program (2000-2007);
- g) Il progetto congiunto JRC/CONCAWE/ACEA sull' evaporazione del carburante da veicoli a benzina (2005-2007)<sup>1</sup>.

Attraverso alcuni dati di input, quali la composizione del parco veicolare circolante e la velocità media è possibile calcolare i fattori di emissioni corrispondenti per ogni tipologia di veicolo e per ogni inquinante considerato.

La metodologia prevede che le emissioni siano calcolate usando una combinazione di dati tecnici e di "attività" quali il numero di veicoli circolanti, i chilometri percorsi, la velocità media, ecc. L'algoritmo utilizzato nella metodologia descrive le emissioni totali come la somma di due componenti:

- EHOT: sono le emissioni dovute al regime di funzionamento del motore così detto "a caldo";
- ECOLD: sono le emissioni legate al transitorio termico legato al funzionamento del motore così detto "a freddo".

Inoltre, le emissioni totali sono funzione anche delle diverse condizioni di moto. La metodologia distingue tre grandi famiglie: Urbana, Extraurbana e Autostradale.

L'algoritmo generale di calcolo è quindi definito come:

$$E_i = FE_{i,c} \cdot pc \cdot N_c$$

dove:

- $E_i$  = emissione dell'inquinante in [g];
- $FE_{i,c}$  = fattore di emissione dell'inquinante/i per i veicoli di categoria c [g/km];
- $pc$  = percorrenza media dei veicoli di categoria c [km];

---

<sup>1</sup> Informazioni tratte dal sito <http://www.emisia.com>

- $N_c$  = numero di veicoli di categoria c [-].

L'emissione totale lungo l'arco di strada considerata viene valutata sommando i singoli contributi valutati per ciascuna tipologia di veicolo. Le tipologie di veicolo sono: veicoli commerciali leggeri, veicoli commerciali pesanti, autovetture, autobus e motocicli.

## 5.2 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"<sup>2</sup>, 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.

---

<sup>2</sup> AERMOD Tech Guide – Gaussian Plume Air Dispersion Model. Version 7.6

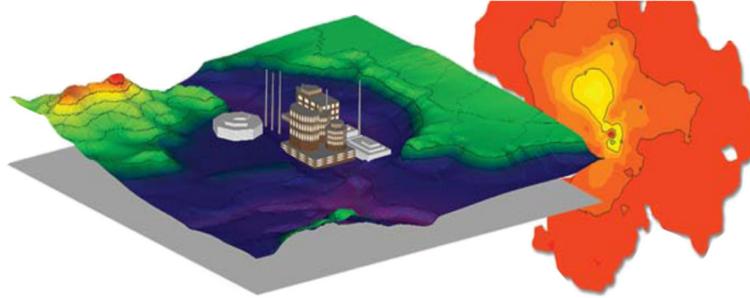
**RELAZIONE ATMOSFERICA**

Figura 20 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 stessa<sup>3</sup>:

- 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.

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

<sup>3</sup> US EPA, User Guide for the AMS EPA regulatory model AERMOD – USA (2004)

dominio d'indagine, in corrispondenza dei punti ricettori i quali possono essere punti singoli, 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.

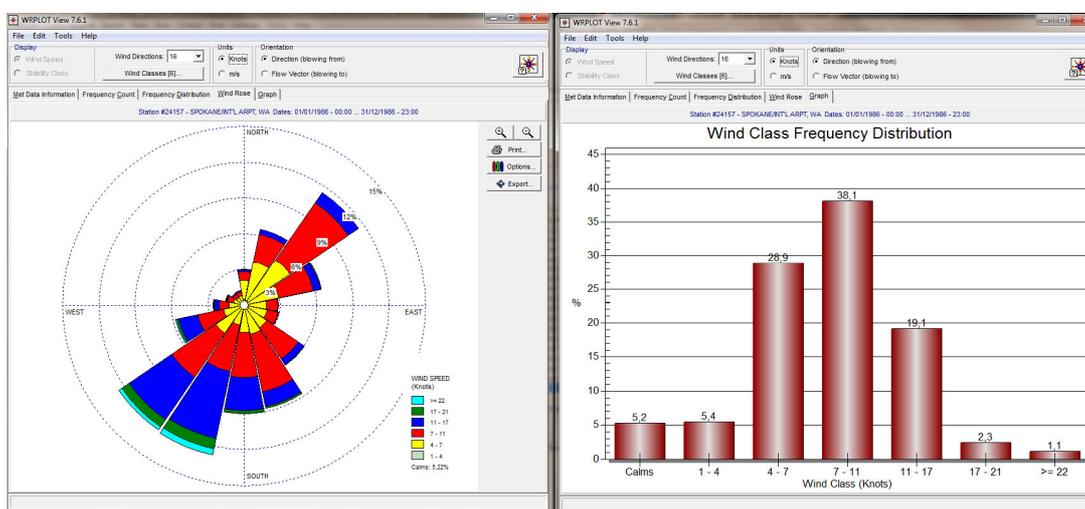


Figura 21 Esempio di applicazione del modulo AERMET

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;

---

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

---

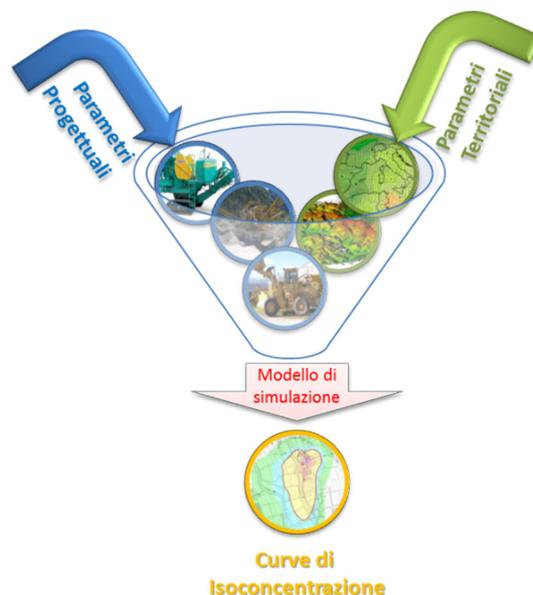
- parametri progettuali.

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

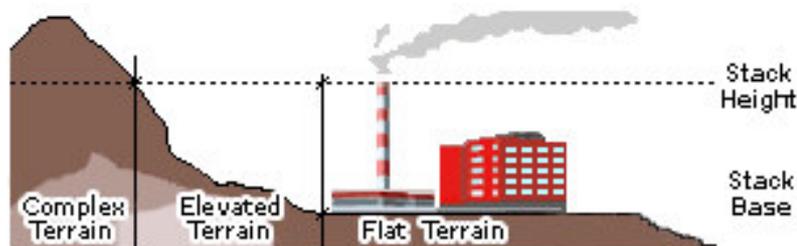
**RELAZIONE ATMOSFERICA**


Figura 23 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.

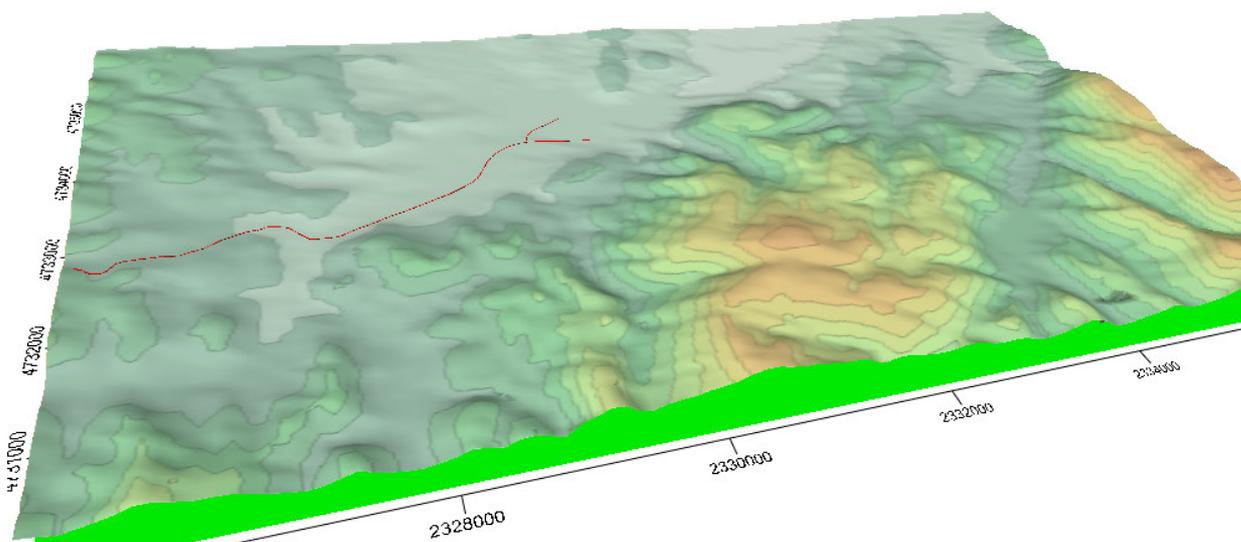


Figura 24 Terreno 3D

### 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 prepro-

cessore 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" 4 sviluppato dalla Lakes Environmental. Tale strumento consente di fornire, attraverso leggi di regressione, il profilo meteorologico in quota. Tale sistema è riconosciuto dalla FAA5 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.

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.

---

4 Worldwide Data Quality Effects on PBL Short-Range Regulatory Air Dispersion Models – Jesse L. Thé, Russell Lee, Roger W. Brode  
5 [http://www.faa.gov/about/office\\_org/headquarters\\_offices/apl/research/models/edms\\_model/](http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/apl/research/models/edms_model/)

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

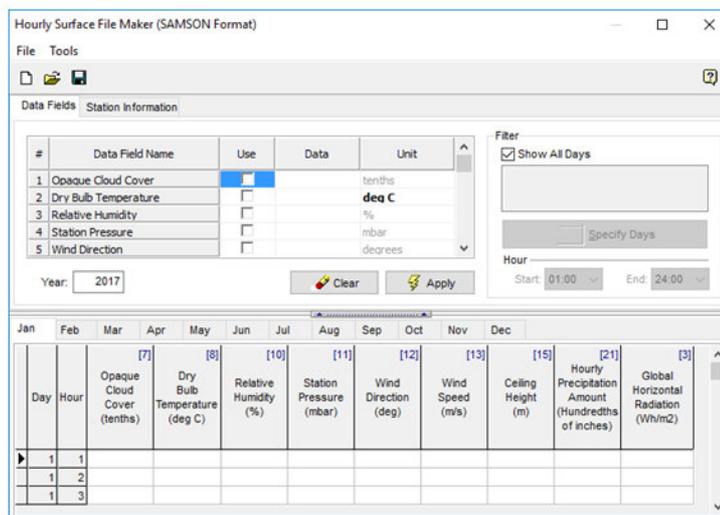


Figura 25 Esempio del tool File Maker

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

Figura 26 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";

---

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

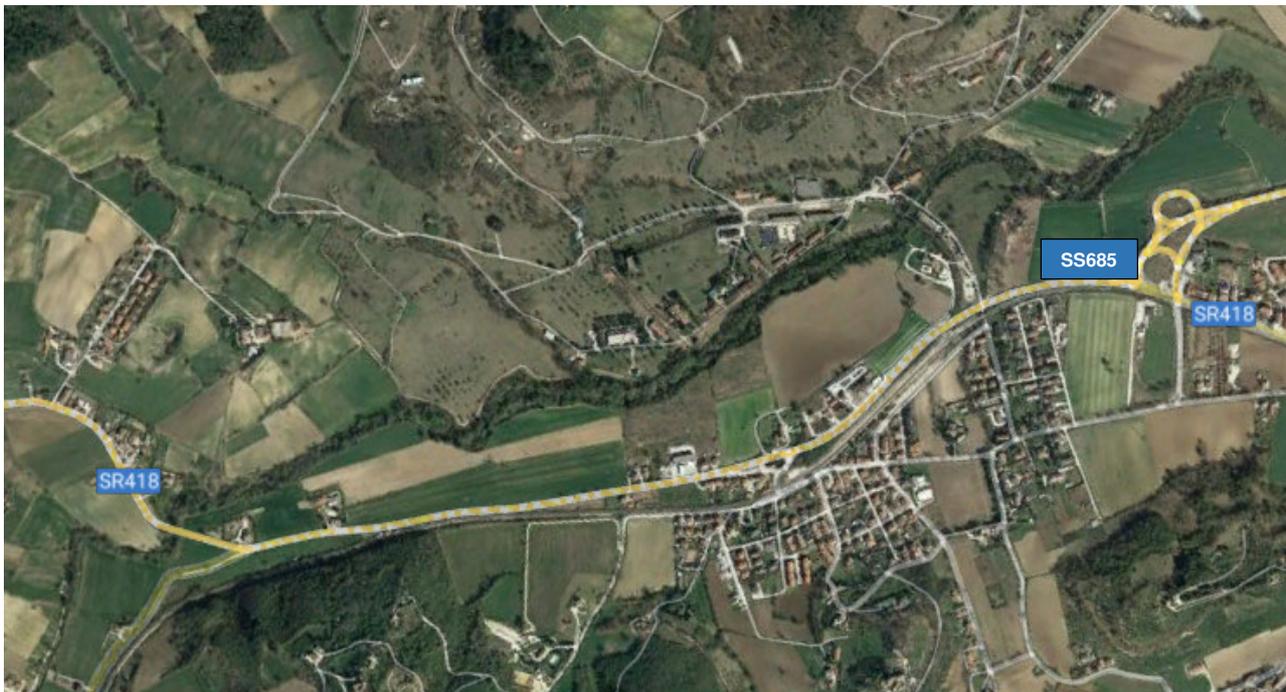
---

- 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/m<sup>2</sup>
- 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 le strade esistenti e nello specifico la SR418 e la SS685, come rappresentato in Figura 27.



*Figura 27 Tratto SR418 e la SS685 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. La metodologia all'interno del modello Copert lega i fattori di emissione alla velocità media tenuta dai veicoli, attraverso leggi di regressione determinate empiricamente. Tali equazioni dipendono dal veicolo considerato, in termini di legislazione emissiva e tipologia di veicolo (autoveicolo, veicolo commerciale, cilindrata o peso del mezzo ecc.).

Nel caso in esame pertanto, una volta stimata la composizione del parco veicolare circolante è stato poi valutato, attraverso Copert, un fattore di emissione per ciascuna categoria di veicoli, aggregando nei veicoli leggeri gli autoveicoli, motocicli e i veicoli commerciali leggeri, mentre nei veicoli pesanti i veicoli industriali pesanti, i trattori stradali e gli autobus.

A tali categorie sono quindi state associate velocità differenti e fattori di emissione differenti. Effettuando poi la media pesata di tali valori è stato possibile determinare il fatto-

re di emissione medio per la descrizione del parco veicolare complessivo. Il fattore di emissione rappresenta uno degli input di base del software Aermid View, utilizzato per valutare le concentrazioni di inquinanti in atmosfera.

### *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 Terni.

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 Terni".

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.

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

<b>PARCO VEICOLARE PROVINCIA DI TERNI</b>						
<b>AUTOVETTURE</b>	<b>Benzina</b>	<b>LPG Bifuel</b>	<b>CNG Bifuel</b>	<b>diesel</b>	<b>Ibrida benzina</b>	<b>Ibrida gasolio</b>
<b>EURO 0</b>	11870	1556	399	1758	0	0
<b>EURO 1</b>	3016	451	98	610	0	0
<b>EURO 2</b>	10630	1103	326	3604	0	0
<b>EURO 3</b>	8962	817	293	11356	0	0
<b>EURO 4</b>	16333	5306	2096	19868	8	0
<b>EURO 5</b>	7013	2235	1546	15109	121	6
<b>EURO 6</b>	9953	3329	1568	15217	677	66
<b>VEICOLI COM-MERCIALI LEGGERI</b>	<b>Benzina</b>	<b>LPG Bifuel</b>	<b>CNG Bifuel</b>	<b>diesel</b>	<b>Ibrida benzina</b>	<b>Ibrida gasolio</b>
<b>EURO 0</b>	673	42	6	3068	0	0
<b>EURO 1</b>	172	12	5	1236	0	0
<b>EURO 2</b>	633	18	9	2592	0	0
<b>EURO 3</b>	118	16	14	3708	0	0
<b>EURO 4</b>	78	72	173	3096	0	0
<b>EURO 5</b>	68	32	172	1658	0	0
<b>EURO 6</b>	31	42	140	1698	0	0
<b>VEICOLI COM-MERCIALI PESANTI</b>	<b>Benzina</b>	<b>LPG Bifuel</b>	<b>CNG Bifuel</b>	<b>diesel</b>	<b>Ibrida benzina</b>	<b>Ibrida gasolio</b>
<b>EURO 0</b>	19	2	1	290	0	0
<b>EURO 1</b>	9	1	0	95	0	0
<b>EURO 2</b>	19	2	0	273	0	0
<b>EURO 3</b>	13	2	0	490	0	0
<b>EURO 4</b>	6	8	0	290	0	0
<b>EURO 5</b>	6	3	0	449	0	0
<b>EURO 6</b>	3	5	0	415	0	0
<b>MOTOCICLI</b>	<b>Benzina</b>	<b>LPG Bifuel</b>	<b>CNG Bifuel</b>	<b>diesel</b>	<b>Ibrida benzina</b>	<b>Ibrida gasolio</b>
<b>EURO 0</b>	5803	0	2	3	0	0
<b>EURO 1</b>	4194	0	0	0	0	0
<b>EURO 2</b>	3639	0	0	1	0	0
<b>EURO 3</b>	8021	0	0	0	3	0
<b>EURO 4</b>	1897	0	0	0	0	0
<b>EURO 5</b>	0	0	0	0	0	0
<b>EURO 6</b>	0	0	0	0	0	0
<b>AUTOBUS</b>	<b>Benzina</b>	<b>LPG Bifuel</b>	<b>CNG Bifuel</b>	<b>diesel</b>	<b>Ibrida benzina</b>	<b>Ibrida gasolio</b>
<b>EURO 0</b>	0	0	0	54	0	0
<b>EURO 1</b>	1	0	0	24	0	0
<b>EURO 2</b>	0	6	0	41	0	0
<b>EURO 3</b>	0	0	0	35	0	0
<b>EURO 4</b>	0	0	0	19	0	0
<b>EURO 5</b>	0	0	5	35	0	0
<b>EURO 6</b>	0	0	3	31	0	0

Tabella 14 Parco veicolare provincia di Terni

#### 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 15 la sintesi dei dati per quanto riguarda i flussi di traffico circolanti sull'infrastruttura attuale di riferimento presa in esame.

Scenario Attuale - Anno 2022	Traffico Giornaliero Medio Annuo			
	Tratta	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Veicoli Totali
<b>SR418</b>		1933	60	1993
<b>SS685</b>		3853	20	3873

Tabella 15 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 16.

A questo punto si è proceduto al calcolo del fattore di emissione per ciascun inquinante (Tabella 17): esso è il risultato della media pesata tra i fattori di emissione della singola tipologia di veicoli (dato calcolato tramite Copert) 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;

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

- i fattori di emissione pesati sui traffici orari specifici per ogni inquinante, espressi in g/km\*veic (Tabella 17) e in g/km\*s (Tabella 18).

Strada	Traffico leggero			Traffico pesante	
	T.O.M. autovetture [veh/h]	T.O.M. motocicli [veh/h]	T.O.M. veicoli comm. leggeri [veh/h]	T.O.M. veicoli comm. pesanti [veh/h]	T.O.M. autobus [veh/h]
SR418	63	9	8	2	0
SS685	126	19	16	1	0

Tabella 16 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)
SR418	0,547	0,050	0,037	1,413	0,0025
SS685	0,464	0,047	0,035	1,426	0,0026

Tabella 17 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)
SR418	0,01261	0,00115	0,00085	0,03259	0,00006
SS685	0,02079	0,00209	0,00155	0,06391	0,00012

Tabella 18 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 costituita da 420 punti 100 m x 100 m, così come riportato nella Figura

28.

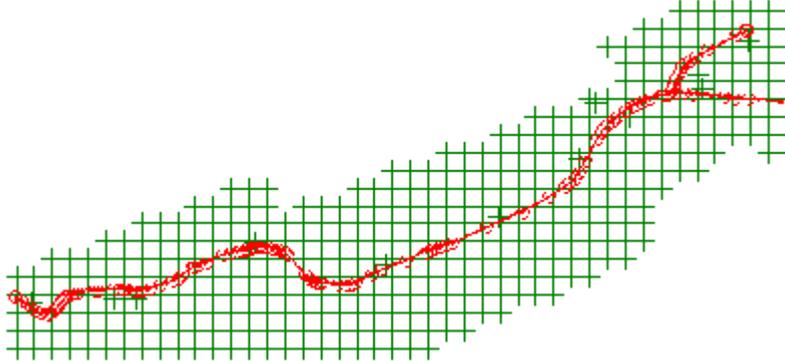


Figura 28 Rappresentazione grafica maglia di punti

### 6.3 I DATI DI OUTPUT DELLE SIMULAZIONI

Dopo aver completato la fase di modellazione dell'input, 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<sub>x</sub>;
- Monossido di Carbonio CO;
- Particolato PM<sub>10</sub>;
- Particolato PM<sub>2.5</sub>;
- Benzene C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>.

## 7 LO SCENARIO DI ESERCIZIO DI PROGETTO ANNO 2032: 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, all'orizzonte temporale dell'anno 2032, con strada di tipo C2 (velocità 90 km/h).

## 7.1 AERMOD VIEW: GLI INPUT TERRITORIALI

### 7.1.1 Gli Input Orografici

Come già evidenziato nell'analisi dello scenario attuale, uno degli input principali per l'applicazione del modello di simulazione in Aermot è il dato orografico. Il software Aermot View, grazie al processore territoriale AERMAP, permette di configurare essenzialmente tre tipologie di territorio così come mostrato in Figura 29.

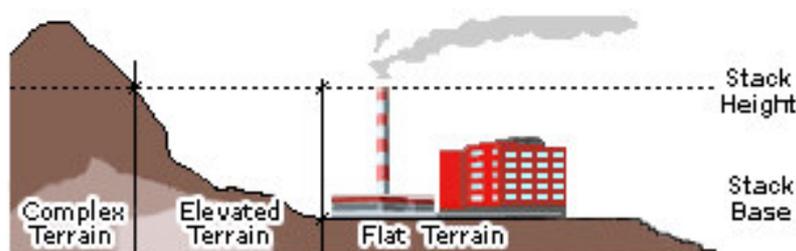


Figura 29 Tipologie di configurazioni territoriali

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

### 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 Aermot, il dato grezzo derivante dal bollettino per la centralina di Casigliano 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.

## 7.2 AERMOD VIEW: GLI INPUT PROGETTUALI

### 7.2.1 L'infrastruttura Di Progetto

È prevista la realizzazione di una nuova infrastruttura stradale, rappresentata in rosso in Figura 30.



*Figura 30 Infrastruttura di progetto*

### *7.2.2 Metodologia Di Analisi Per Il Calcolo Dei Fattori Di Emissione*

Come già esplicitato precedentemente, parte centrale del metodo di stima delle concentrazioni è la definizione dei fattori di emissione. La metodologia all'interno del modello Copert lega i fattori di emissione alla velocità media tenuta dai veicoli, attraverso leggi di regressione determinate empiricamente. Tali equazioni dipendono dal veicolo considerato, in termini di legislazione emissiva e tipologia di veicolo (autoveicolo, veicolo commerciale, cilindrata o peso del mezzo ecc.).

Nel caso in esame pertanto, una volta stimata la composizione del parco veicolare futuro è stato poi valutato, attraverso Copert, un fattore di emissione per ciascuna categoria di veicoli, aggregando nei veicoli leggeri gli autoveicoli, motocicli e i veicoli commerciali leggeri, mentre nei veicoli pesanti i veicoli industriali pesanti, i trattori stradali e gli autobus.

A tali categorie sono quindi state associate velocità differenti e fattori di emissione differenti. Effettuando poi la media pesata di tali valori è stato possibile determinare il fattore di emissione medio per la descrizione del parco veicolare complessivo.

### 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.

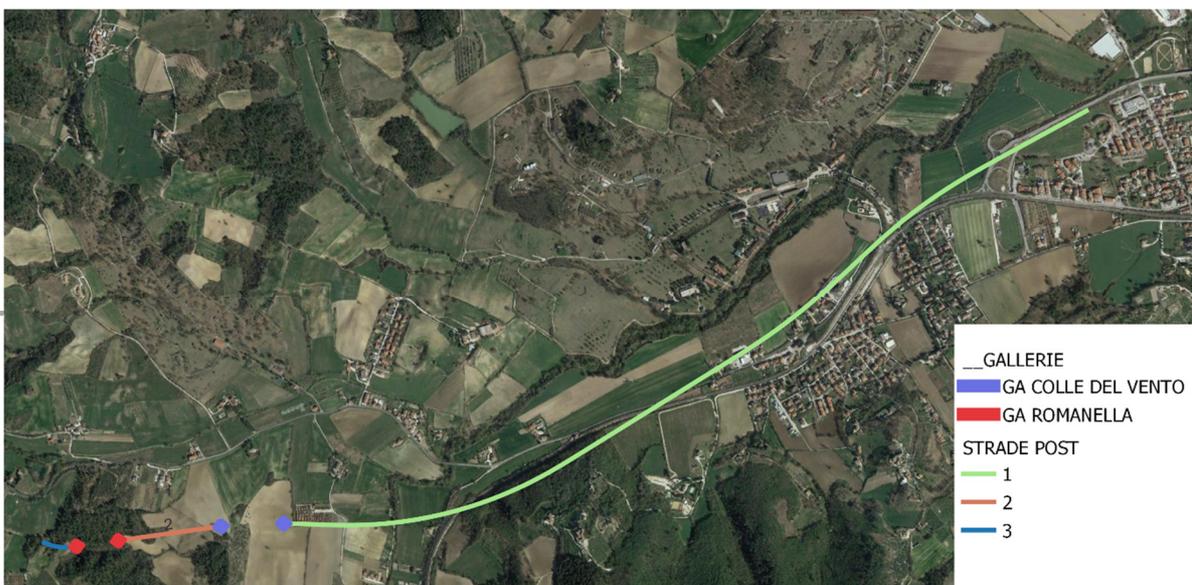
Le tipologie veicolari che sono state considerate riguardano:

- 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 in Tabella 14.

### 7.2.4 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. Inoltre, laddove il progetto si sviluppa in galleria, la strada emette solo in prossimità degli imbocchi della stessa, simulati attraverso sorgenti areali. In questo caso il coefficiente emissivo è stato



**RELAZIONE ATMOSFERICA**

calcolato considerando la lunghezza del tunnel ed è stato poi inserito negli imbocchi.

*Figura 31 Rappresentazione sorgenti emissive post operam*

### 7.2.5 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 2032 del traffico previsto.

Scenario di progetto

Traffico Giornaliero Medio Annuo

TRATTA	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Veicoli Totali
SR418	833	40	873
SS685	8153	107	8260
<b>STRADA PROGETTO</b>	8240	113	8353

*Tabella 19 Flussi di traffico – configurazione di progetto anno 2032*

### 7.2.6 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 2032, 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 calcolato tramite Copert), ottenendo un unico fattore di emissione per ciascun inquinante.

Come per lo scenario attuale, 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 20);
- i fattori di emissione pesati sui traffici orari specifici per ogni inquinante, espressi in g/km\*veic (Tabella 21) e in g/km\*s ( Tabella 22).

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

Strada	Traffico leggero			Traffico pesante	
	T.O.M. autovetture [veh/h]	T.O.M. motocicli [veh/h]	T.O.M. veicoli comm. leggeri [veh/h]	T.O.M. veicoli comm. pesanti [veh/h]	T.O.M. autobus [veh/h]
SR418	27	4	3	2	0,2
SS685	267	40	33	4	0,4
STRADA PROGETTO tratta 1	269	40	34	4	0,5
GA COLLE DEL VENTO	269	40	34	4	0,5
STRADA PROGETTO tratta 2	269	40	34	4	0,5
GA ROMANELLA	269	40	34	4	0,5
STRADA PROGETTO tratta 3	269	40	34	4	0,5

Tabella 20 Transiti orari per classe veicolare– configurazione di progetto anno 2032

Tratta	NOx g/(km*veic )	PM10 g/(km*veic )	PM2.5 g/(km*veic )	CO g/(km*veic )	BENZENE g/(km*veic )
SR418	0,599	0,052	0,039	1,405	0,0025
SS685	0,490	0,048	0,035	1,422	0,0026
STRADA PROGETTO tratta 1	0,551	0,040	0,033	1,348	0,0026
GA COLLE DEL VENTO	0,551	0,040	0,033	1,348	0,0026
STRADA PROGETTO tratta 2	0,551	0,040	0,033	1,348	0,0026
GA ROMANELLA	0,551	0,040	0,033	1,348	0,0026
STRADA PROGETTO tratta 3	0,551	0,040	0,033	1,348	0,0026

Tabella 21 Transiti orari per classe veicolare– configurazione di progetto anno 2032

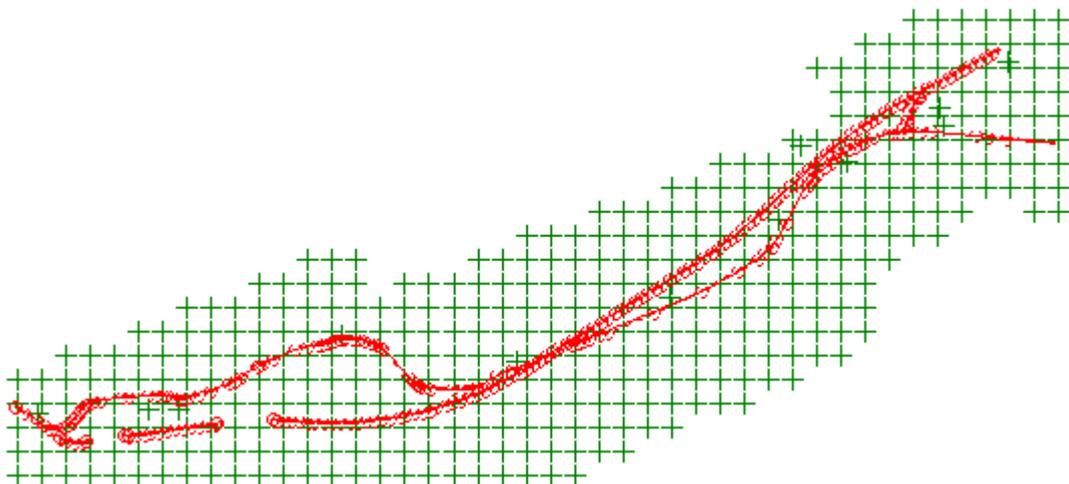
Tratta	NOx g/(km*s)	PM10 g/(km*s)	PM2.5 g/(km*s)	CO g/(km*s)	BENZENE g/(km*s)
SR418	0,00605	0,00053	0,00039	0,01420	0,00003
SS685	0,04681	0,00456	0,00338	0,13592	0,00025
STRADA PROGETTO tratta 1	0,05325	0,00387	0,00323	0,13037	0,00025
GA COLLE DEL VENTO	0,05325	0,00387	0,00323	0,13037	0,00025
STRADA PROGETTO tratta 2	0,05325	0,00387	0,00323	0,13037	0,00025
GA ROMANELLA	0,05325	0,00387	0,00323	0,13037	0,00025
STRADA PROGETTO tratta 3	0,05325	0,00387	0,00323	0,13037	0,00025

*Tabella 22 Emissioni per km di strada - configurazione di progetto anno 2032*

### 7.2.7 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 costituita da 420 punti, 100m x 100m, così come riportato in Figura 32.

*Figura 32 Rappresentazione grafica maglia di punti*

## 7.3 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<sub>x</sub>- mediazione annua;
- Monossido di Carbonio CO;
- Particolato PM<sub>10</sub>- mediazione annua;
- Particolato PM<sub>2.5</sub>;

- Benzene C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>.

## 8 LO SCENARIO DI ESERCIZIO DI PROGETTO ANNO 2042: 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, all'orizzonte temporale 2042 con strada di tipo B (velocità 110 km/h).

### 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 Aermid è il dato orografico. Il software Aermid View, grazie al processore territoriale AERMAP, permette di configurare essenzialmente tre tipologie di territorio così come mostrato in Figura 29.

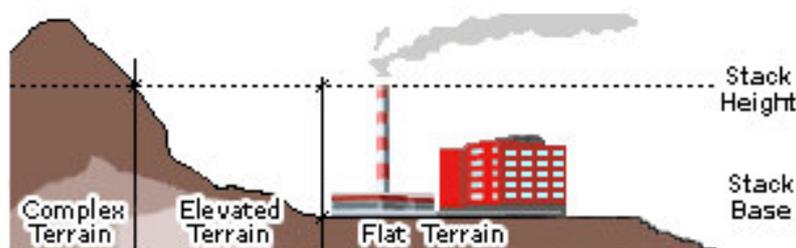


Figura 33 Tipologie di configurazioni territoriali

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 Aermid è il dato meteorologico. Al fine di realizzare un dato compatibile con il preprocessore Aermid, il dato grezzo derivante dal bollettino per la centralina di Casigliano 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, rappresentata in rosso in Figura 30.



Figura 34 Infrastruttura di progetto

### 8.2.2 Metodologia Di Analisi Per Il Calcolo Dei Fattori Di Emissione

Come già esplicitato precedentemente, parte centrale del metodo di stima delle concentrazioni è la definizione dei fattori di emissione. La metodologia all'interno del modello Copert lega i fattori di emissione alla velocità media tenuta dai veicoli, attraverso leggi di regressione determinate empiricamente. Tali equazioni dipendono dal veicolo considerato, in termini di legislazione emissiva e tipologia di veicolo (autoveicolo, veicolo commerciale, cilindrata o peso del mezzo ecc.).

Nel caso in esame pertanto, una volta stimata la composizione del parco veicolare futuro è stato poi valutato, attraverso Copert, un fattore di emissione per ciascuna categoria di veicoli, aggregando nei veicoli leggeri gli autoveicoli, motocicli e i veicoli commerciali leggeri, mentre nei veicoli pesanti i veicoli industriali pesanti, i trattori stradali e gli autobus.

A tali categorie sono quindi state associate velocità differenti e fattori di emissione differenti. Effettuando poi la media pesata di tali valori è stato possibile determinare il fattore di emissione medio per la descrizione del parco veicolare complessivo.

### *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 in Tabella 14.

### *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. Inoltre, laddove il

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

progetto si sviluppa in galleria, la strada emette solo in prossimità degli imbocchi della stessa, simulati attraverso sorgenti areali. In questo caso il coefficiente emissivo è stato calcolato considerando la lunghezza del tunnel ed è stato poi inserito negli imbocchi.

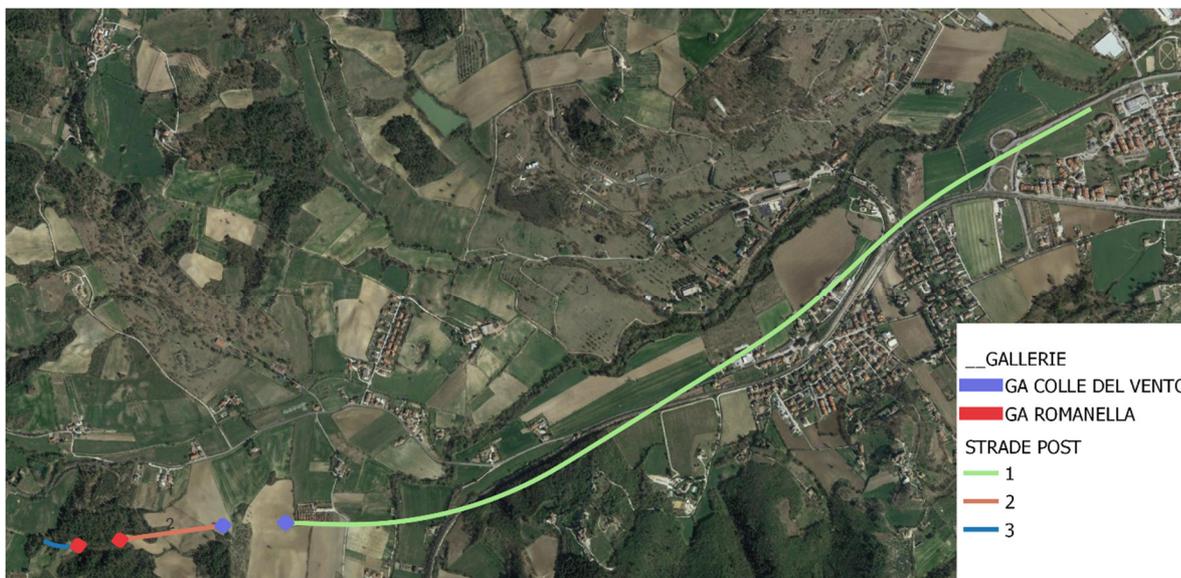


Figura 35 Rappresentazione sorgenti emissive post operam

### 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 2042 del traffico previsto.

Scenario di progetto

Traffico Giornaliero Medio Annuo

TRATTA	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Veicoli Totali
SR418	907	47	954
SS685	9793	240	10033
<b>STRADA PROGETTO</b>	<b>10060</b>	<b>240</b>	<b>10300</b>

Tabella 23 Flussi di traffico – configurazione di progetto anno 2042

**RELAZIONE ATMOSFERICA**
**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 2042, 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 calcolato tramite Copert), ottenendo un unico fattore di emissione per ciascun inquinante.

Come per lo scenario attuale, 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 24);
- i fattori di emissione pesati sui traffici orari specifici per ogni inquinante, espressi in g/km\*veic (Tabella 25) e in g/km\*s (

<b>Tratta</b>	<b>NOx g/(km*s)</b>	<b>PM10 g/(km*s)</b>	<b>PM2.5 g/(km*s)</b>	<b>CO g/(km*s)</b>	<b>BENZENE g/(km*s)</b>
<b>SR418</b>	0,00674	0,00058	0,00043	0,01549	0,00003
<b>SS685</b>	0,06110	0,00571	0,00423	0,16443	0,00030
<b>STRADA PROGETTO tratta 1</b>	0,06891	0,00489	0,00407	0,16006	0,00031
<b>GA COLLE DEL VENTO</b>	0,06891	0,00489	0,00407	0,16006	0,00031
<b>STRADA PROGETTO tratta 2</b>	0,06891	0,00489	0,00407	0,16006	0,00031
<b>GA ROMANELLA</b>	0,06891	0,00489	0,00407	0,16006	0,00031
<b>STRADA PROGETTO tratta 3</b>	0,06891	0,00489	0,00407	0,16006	0,00031

- Tabella 26).

<b>Strada</b>	<b>Traffico leggero</b>			<b>Traffico pesante</b>	
	<b>T.O.M. autovetture [veh/h]</b>	<b>T.O.M. motocicli [veh/h]</b>	<b>T.O.M. veicoli comm. leggeri [veh/h]</b>	<b>T.O.M. veicoli comm. pesanti [veh/h]</b>	<b>T.O.M. autobus [veh/h]</b>
<b>SR418</b>	30	4	4	2	0,2

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

Strada	Traffico leggero			Traffico pesante	
	T.O.M. autovetture [veh/h]	T.O.M. motocicli [veh/h]	T.O.M. veicoli comm. leggeri [veh/h]	T.O.M. veicoli comm. pesanti [veh/h]	T.O.M. autobus [veh/h]
SS685	320	48	40	9	1,0
STRADA PROGETTO tratta 1	329	49	41	9	1,0
GA COLLE DEL VENTO	329	49	41	9	1,0
STRADA PROGETTO tratta 2	329	49	41	9	1,0
GA ROMANELLA	329	49	41	9	1,0
STRADA PROGETTO tratta 3	329	49	41	9	1,0

Tabella 24 Transiti orari per classe veicolare – configurazione di progetto anno 2042

Tratta	NOx g/(km*veic)	PM10 g/(km*veic)	PM2.5 g/(km*veic)	CO g/(km*veic)	BENZENE g/(km*veic)
SR418	0,610	0,053	0,039	1,403	0,0025
SS685	0,526	0,049	0,036	1,416	0,0026
STRADA PROGETTO tratta 1	0,578	0,041	0,034	1,343	0,0026
GA COLLE DEL VENTO	0,578	0,041	0,034	1,343	0,0026
STRADA PROGETTO tratta 2	0,578	0,041	0,034	1,343	0,0026
GA ROMANELLA	0,578	0,041	0,034	1,343	0,0026
STRADA PROGETTO tratta 3	0,578	0,041	0,034	1,343	0,0026

Tabella 25 Transiti orari per classe veicolare – configurazione di progetto anno 2042

Tratta	NOx g/(km*s)	PM10 g/(km*s)	PM2.5 g/(km*s)	CO g/(km*s)	BENZENE g/(km*s)
SR418	0,00674	0,00058	0,00043	0,01549	0,00003
SS685	0,06110	0,00571	0,00423	0,16443	0,00030
STRADA PROGETTO tratta 1	0,06891	0,00489	0,00407	0,16006	0,00031
GA COLLE DEL VENTO	0,06891	0,00489	0,00407	0,16006	0,00031
STRADA PROGETTO tratta 2	0,06891	0,00489	0,00407	0,16006	0,00031
GA ROMANELLA	0,06891	0,00489	0,00407	0,16006	0,00031
STRADA PROGETTO tratta 3	0,06891	0,00489	0,00407	0,16006	0,00031

Tabella 26 Emissioni per km di strada - configurazione di progetto anno 2042

### 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 costituita da 420 punti, 100m x 100m, così come riportato in Figura 32.

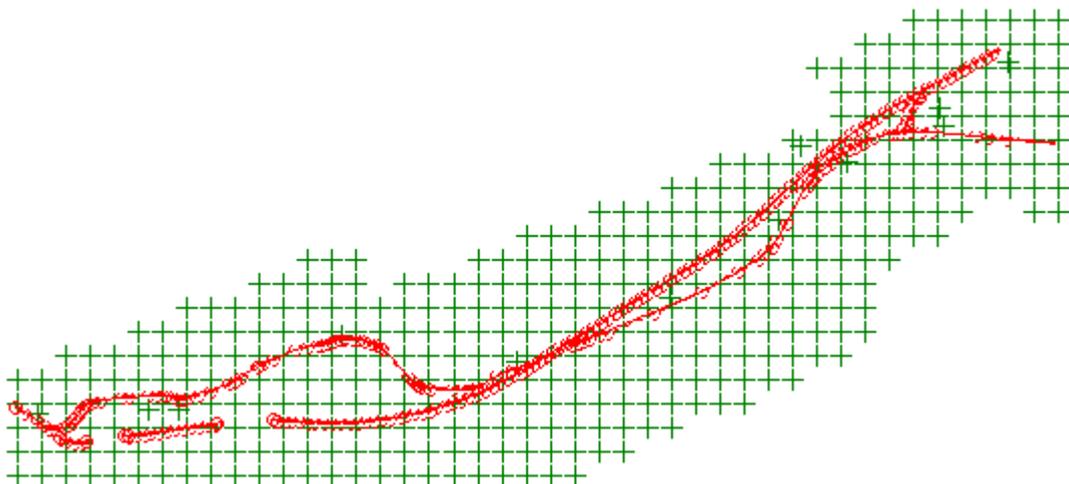


Figura 36 Rappresentazione grafica maglia di punti

## 9 VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI

I risultati delle simulazioni della dispersione di inquinanti in atmosfera relativi allo stato attuale, e allo stato di progetto sono rappresentati nelle mappe di concentrazione in aria al livello del suolo relative ai diversi inquinanti.

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

T00IA02AMBPP01A	Atmosfera: Mappa delle concentrazioni inquinante NOx - Stato attuale
T00IA02AMBPP02A	Atmosfera: Mappa delle concentrazioni inquinante NOx - Post operam 2032 C2

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

T00IA02AMBPP03A	Atmosfera: Mappa delle concentrazioni inquinante NOx - Post operam 2042 B
T00IA02AMBPP04A	Atmosfera: Mappa delle concentrazioni inquinante NOx - Stato attuale- Mediazione oraria
T00IA02AMBPP05A	Atmosfera: Mappa delle concentrazioni inquinante NOx - Post operam 2032 C2 - Mediazione oraria
T00IA02AMBPP06A	Atmosfera: Mappa delle concentrazioni inquinante NOx - Post operam 2042 B - Mediazione oraria
T00IA02AMBPP07A	Atmosfera: Mappa delle concentrazioni inquinante PM10 - Stato attuale
T00IA02AMBPP08A	Atmosfera: Mappa delle concentrazioni inquinante PM10 - Post operam 2032 C2
T00IA02AMBPP09A	Atmosfera: Mappa delle concentrazioni inquinante PM10 - Post operam 2042 B
T00IA02AMBPP10A	Atmosfera: Mappa delle concentrazioni inquinante PM10 - Stato attuale - Mediazione giornaliera
T00IA02AMBPP11A	Atmosfera: Mappa delle concentrazioni inquinante PM10 - Post operam 2032 C2 - Mediazione giornaliera
T00IA02AMBPP12A	Atmosfera: Mappa delle concentrazioni inquinante PM10 - Post operam 2042 B- Mediazione giornaliera
T00IA02AMBPP13A	Atmosfera: Mappa delle concentrazioni inquinante PM2,5 - Stato attuale
T00IA02AMBPP14A	Atmosfera: Mappa delle concentrazioni inquinante PM2,5 - Post operam 2032 C2
T00IA02AMBPP15A	Atmosfera: Mappa delle concentrazioni inquinante PM2,5 - Post operam 2042 B
T00IA02AMBPP16A	Atmosfera: Mappa delle concentrazioni inquinante CO - Stato attuale
T00IA02AMBPP17A	Atmosfera: Mappa delle concentrazioni inquinante CO - Post operam 2032 C2
T00IA02AMBPP18A	Atmosfera: Mappa delle concentrazioni inquinante CO - Post operam 2042 B
T00IA02AMBPP19A	Atmosfera: Mappa delle concentrazioni inquinante Benzene - Stato attuale
T00IA02AMBPP20A	Atmosfera: Mappa delle concentrazioni inquinante Benzene - Post operam 2032 C2
T00IA02AMBPP21A	Atmosfera: Mappa delle concentrazioni inquinante Benzene - Post operam 2042 B

## 9.1 VALUTAZIONE DELLE SIMULAZIONI

Per i principali inquinanti atmosferici, al fine di salvaguardare la salute e l'ambiente, la

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

normativa relativa alla qualità dell'aria stabilisce limiti di concentrazione a cui attenersi (vedi Tabella 1).

Nello scenario post operam, a seguito degli interventi previsti, non si evidenziano differenze sostanziali con la situazione ante operam: in tutti gli scenari le concentrazioni degli inquinanti sono attese inferiori ai valori limite fissati per legge.

Per una migliore caratterizzazione degli impatti atmosferici si è inoltre provveduto a considerare anche il valore di concentrazione "di fondo", cioè quella concentrazione considerata rappresentativa della situazione ambientale pre-esistente nella zona.

La valutazione dell'inquinamento di fondo è stata sviluppata a partire dalle centraline della Rete di Rilevamento della qualità dell'aria della regione Umbria.

La scelta delle centraline da analizzare è stata effettuata in maniera tale da avere dati in grado di fornire indicazioni relative all' inquinamento di fondo in cui non sia sensibile l'influenza del traffico stradale.

È stata perciò individuata la centralina di fondo (background) più vicina all'area di nostro interesse, che, come già analizzato nel Capitolo 4, risulta essere quella di Spoleto-Piazza Vittorio, centralina Urbana di fondo.

All'interno del software di simulazione AERMOD sono stati perciò inseriti, per ciascun inquinante, i rispettivi valori di fondo, come riportato di seguito:

<b>INQUINANTE</b>	<b>VALORE DI FONDO- CENTRALINA P. VITTORIO [µg/m<sup>3</sup>]</b>
<b>NO2</b>	21
<b>PM10</b>	16
<b>PM2.5</b>	9
<b>CO</b>	1800
<b>BENZENE</b>	0.8

*Tabella 27 Valori di fondo della centralina di riferimento*

Le mappe delle concentrazioni sono perciò comprensive dei suddetti valori di fondo.

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  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  su una mediazione temporale di 8 h. Pertanto il confronto viene effettuato tra i valori medi massimi registrati in tale intervallo temporale.

In tutti i casi, i valori delle concentrazioni sono ben al di sotto dei limiti di legge.

### **Benzene**

Per il benzene la normativa fissa un limite di 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Anche per tale inquinante è lecito attendersi la conformità ai limiti di legge.

### **Particolato PM10 e PM2.5**

Per il particolato PM10, la normativa prevede due intervalli di mediazione temporale:

1. Il valore medio annuo fissato a 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2. Il valore medio giornaliero con limite fissato a 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e con un massimo di 35 superamenti l'anno.

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

Le mappe di concentrazione del PM10, sia per mediazione annua che per mediazione giornaliera, e del PM2.5 mostrano una situazione del tutto analoga ai precedenti inquinanti.

### **NOx ed NO2**

La normativa vigente sulla qualità dell'aria prevede dei valori limite per la protezione della salute umana espressi come NO2, in particolare:

1. Media annua fissata a 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2. Media massima oraria 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  con 18 superamenti annui ammissibili.

---

## RELAZIONE ATMOSFERICA

---

Il modello di simulazione utilizzato e gli inventari sulle emissioni sono invece espressi in termini di NO<sub>x</sub>.

Pertanto di seguito si ritiene necessario fare delle precisazioni sui meccanismi di formazione del NO<sub>2</sub>.

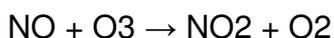
Gli ossidi di azoto sono presenti in atmosfera sotto diverse specie, di cui le due più importanti, dal punto di vista dell'inquinamento atmosferico sono l'ossido di azoto, NO, ed il biossido di azoto, NO<sub>2</sub>, la cui origine primaria nei bassi strati dell'atmosfera è costituita dai processi di combustione e, nelle aree urbane, dai gas di scarico degli autoveicoli e dal riscaldamento domestico. La loro somma pesata prende il nome di NO<sub>x</sub> e la loro origine deriva dalla reazione di due gas (N<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>) 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 NO<sub>2</sub> dai processi di combustione prevede che, una volta emesso in atmosfera, l'NO prodotto si converte parzialmente in NO<sub>2</sub> (produzione di origine secondaria) in presenza di ozono (O<sub>3</sub>). L'insieme delle reazioni chimiche che intervengono nella trasformazione di NO in NO<sub>2</sub> è detto ciclo fotolitico e può essere così schematizzato:

l'O<sub>3</sub> reagisce con l'emesso per formare NO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>



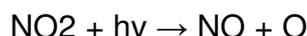
le molecole di NO<sub>2</sub> presenti nelle ore diurne e soleggiate assorbono energia dalla radiazione ultravioletta (fotoni  $h\nu$  di lunghezza d'onda inferiore a 430 nm). L'energia assorbita

---

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

---

scinde la molecola di NO<sub>2</sub> 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 O<sub>2</sub> presenti in aria per generare ozono (O<sub>3</sub>) 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'NO<sub>2</sub> si convertirebbe in NO per convertirsi nuovamente in NO<sub>2</sub> senza modifiche nella concentrazione delle due specie, mantenendo costante il rapporto tra NO<sub>2</sub> e NO in aria.

In condizioni di aria inquinata da scarichi veicolari (fonte di NO primario e NO<sub>2</sub> 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 NO<sub>2</sub>, con conseguente accumulo di NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub> in atmosfera.

Poiché il modello di simulazione utilizzato per l'analisi della dispersione delle concentrazioni di inquinanti in atmosfera non tiene conto dei vari meccanismi chimici di trasformazione che portano alla formazione secondaria degli NO<sub>2</sub> a partire dagli NO, l'analisi modellistica eseguita è stata effettuata per l'NO<sub>x</sub>. È difficile prevedere la percentuale di NO<sub>2</sub> contenuta negli NO<sub>x</sub>, in quanto come riportato precedentemente questa dipende da molteplici fattori, come la presenza di Ozono (O<sub>3</sub>) e di luce. Inoltre i casi in cui si verificano tali condizioni, generalmente sono caratterizzate da condizioni meteo tali da favorire la dispersione degli inquinanti.

Al fine di utilizzare un approccio il più cautelativo possibile, nel seguito della trattazione si è assunto che l'NO<sub>x</sub> emesso sia da considerarsi totalmente come NO<sub>2</sub>, cioè NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> = 1 (situazione limite poco probabile).

Le mappe, quindi, possono essere esemplificative dell'inquinante NO<sub>2</sub> stimato a partire dall'equazione cautelativa NO<sub>2</sub>=NO<sub>x</sub>.

---

## RELAZIONE ATMOSFERICA

---

Per tutti e tre gli scenari le mappe di concentrazione di NO<sub>2</sub> mostrano una situazione del tutto conforme ai limiti di legge.

Perciò, anche assumendo che il rapporto NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> è pari a 1, i valori di concentrazione degli ossidi di azoto stimati sui ricettori con il modello di dispersione in atmosfera risultano al di sotto dei valori limite previsti dalla normativa.

Lo stesso dicasi per le mappe dell'NO<sub>2</sub> con mediazione oraria.

### 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.

Perciò sono stati individuati, in prossimità della viabilità di progetto, i principali ricettori sensibili che potrebbero essere maggiormente esposti all'inquinamento atmosferico. Nel complesso sono stati individuati 12 ricettori.

La localizzazione di tali ricettori è avvenuta considerando le seguenti caratteristiche:

- Sono identificativi di gruppi di edifici abitativi o case singole, potenzialmente più esposti all'inquinamento atmosferico generato dai flussi di traffico
- Si trovano a ridosso dell'asse stradale in progetto e agli imbocchi delle gallerie dove si prevede una maggiore concentrazione dell'inquinamento

I ricettori puntuali inseriti nel modello, uguali per lo scenario attuale e per gli scenari di progetto, vengono di seguito illustrati nella Figura 37.

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.

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

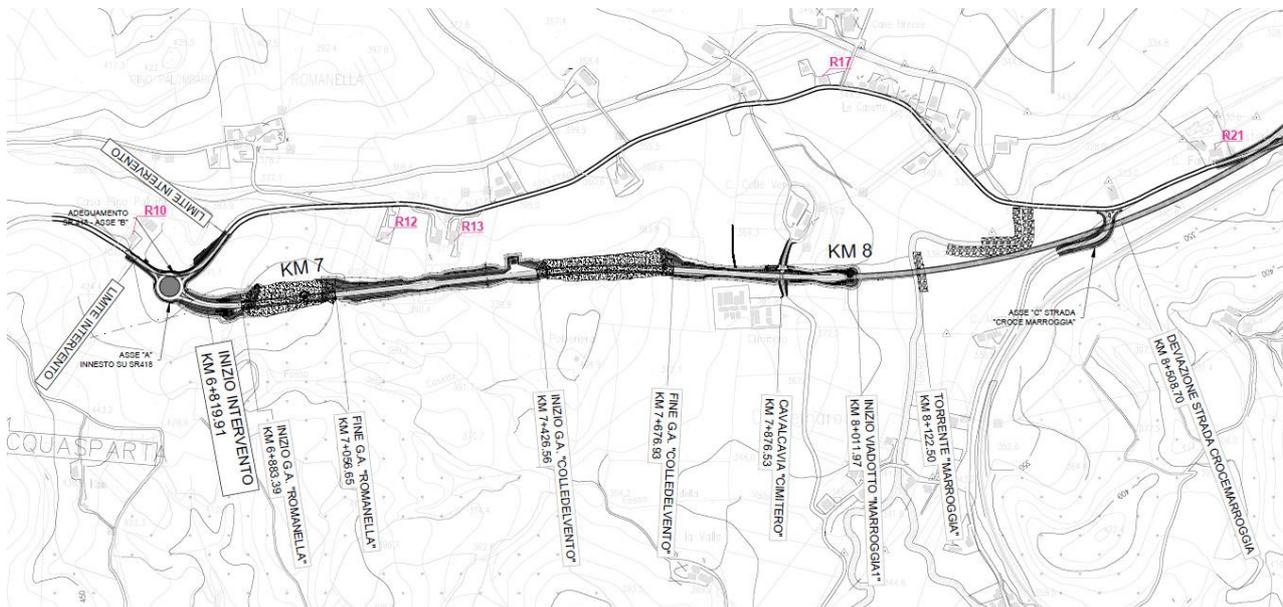


Figura 37 Ricettori di riferimento

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

Di seguito, vengono riportati i risultati delle concentrazioni degli inquinanti di interesse stimati in corrispondenza dei punti ricettori specifici, al fine di condurre le verifiche con i limiti definiti in normativa per ogni inquinante.

Per i codici ricettori è stato utilizzato lo stesso presente nel documento “Schede di censimento dei ricettori”.

In tutti i casi analizzati, per ogni inquinante, le concentrazioni calcolate per ciascun ricettore risultano al di sotto del limite normativo corrispondente.

	NO <sub>2</sub> - media annua [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]			
	Ante	Post 2032	Post 2042	Limite
R10	22,7	25,4	26,2	40
R12	21,6	27,1	28,6	40
R13	21,6	27,7	29,3	40
R17	24,2	27,7	28,9	40
R21	23,6	32,0	34,6	40
R24	23,2	26,6	27,7	40
R32	22,8	26,0	27,0	40
R33	22,6	28,6	30,5	40
R35c	22,3	25,2	26,1	40
R36	24,1	26,5	27,7	40
R37d	23,2	24,1	25,0	40
R200	23,5	25,6	26,8	40

	NO <sub>2</sub> - media oraria [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]			
	Ante	Post 2032	Post 2042	Limite
R10	28,9	65,3	76,1	200
R12	28,9	65,6	77,5	200
R13	29,0	68,2	81,2	200
R17	48,4	68,7	75,9	200
R21	46,1	119,1	142,8	200
R24	39,1	102,5	123,4	200
R32	46,2	98,6	120,6	200
R33	39,8	79,4	97,5	200
R35c	47,6	101,9	122,5	200
R36	48,0	78,0	90,8	200
R37d	52,7	84,0	102,2	200
R200	46,9	95,4	116,0	200

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

Pm10 - media annua [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]				
	Ante	Post 2032	Post 2042	limite
R10	16,17	16,34	16,48	40
R12	16,06	16,37	16,59	40
R13	16,06	16,40	16,64	40
R17	16,32	16,56	16,61	40
R21	16,26	16,85	16,98	40
R24	16,22	16,45	16,50	40
R32	16,18	16,40	16,45	40
R33	16,16	16,59	16,68	40
R35c	16,13	16,33	16,38	40
R36	16,31	16,51	16,54	40
R37d	16,22	16,24	16,28	40
R200	16,25	16,42	16,46	40

Pm10 - media giornaliera [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]				
	Ante	Post 2032	Post 2042	Limite
R10	16,21	16,47	16,68	50
R12	16,10	16,47	16,79	50
R13	16,10	16,52	16,84	50
R17	16,42	16,75	16,82	50
R21	16,33	17,09	17,25	50
R24	16,27	16,52	16,61	50
R32	16,23	16,49	16,54	50
R33	16,21	16,79	16,92	50
R35c	16,17	16,48	16,54	50
R36	16,36	16,67	16,74	50
R37d	16,35	16,36	16,42	50
R200	16,31	16,59	16,66	50

Pm2,5 - media annua [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]				
	Ante	Post 2032	Post 2042	Limite
R10	9,11	9,28	9,32	25
R12	9,04	9,34	9,46	25
R13	9,04	9,36	9,49	25
R17	9,21	9,42	9,47	25
R21	9,17	9,68	9,81	25

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

	Pm <sub>2,5</sub> - media annua [µg/m <sup>3</sup> ]			
	Ante	Post 2032	Post 2042	Limite
R24	9,14	9,35	9,40	25
R32	9,12	9,31	9,36	25
R33	9,10	9,48	9,57	25
R35c	9,08	9,27	9,31	25
R36	9,20	9,41	9,44	25
R37d	9,12	9,20	9,24	25
R200	9,15	9,36	9,39	25

	CO - media annua [µg/m <sup>3</sup> ]			
	Ante	Post 2032	Post 2042	Limite
R10	1817,9	1858,9	1894,1	10000
R12	1814,1	1871,8	1887,3	10000
R13	1815,2	1880,4	1898,1	10000
R17	1847,5	1852,7	1862,7	10000
R21	1833,2	1898,7	1919,9	10000
R24	1827,2	1903,6	1926,3	10000
R32	1835,2	1879,4	1897,3	10000
R33	1827,7	1879,8	1899,5	10000
R35c	1832,9	1884,7	1902,8	10000
R36	1839,0	1879,0	1903,6	10000
R37d	1849,6	1875,0	1893,0	10000
R200	1838,0	1898,4	1928,6	10000

	Benzene - media annua [µg/m <sup>3</sup> ]			
	Ante	Post 2032	Post 2042	Limite
R10	0,809	0,813	0,817	5
R12	0,803	0,827	0,829	5
R13	0,803	0,830	0,832	5
R17	0,816	0,818	0,820	5
R21	0,813	0,842	0,846	5
R24	0,811	0,818	0,819	5
R32	0,809	0,816	0,818	5
R33	0,808	0,831	0,834	5
R35c	0,806	0,815	0,817	5
R36	0,816	0,817	0,819	5

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

	Benzene - media annua [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]			
	Ante	Post 2032	Post 2042	Limite
R37d	0,811	0,813	0,815	5
R200	0,812	0,818	0,820	5

Tabella 28 Valori concentrazione su ricettori puntuali per ogni inquinante

Si precisa che:

- I valori delle concentrazioni sui ricettori riportate nelle tabelle sono comprensive dei relativi valori di fondo
- per il valore di NO<sub>2</sub> relativo al valore medio orario, i risultati sono riferiti al 99.8° percentile annuo, parametro che consente il confronto effettivo con lo standard di 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e con i superamenti massimi consentiti.
- per i valori di PM<sub>10</sub> relativi al valore medio giornaliero, i risultati sono riferiti al 90.4° percentile annuo, in modo da poterlo effettivamente confrontare con il limite normativo di 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e con i superamenti massimi consentiti.

## 10 LE INTERFERENZE IN FASE DI CANTIERE

Gli impatti più significativi esercitati dai cantieri sulla componente atmosfera è sicuramente generata dal sollevamento di polveri nonché da tutte quelle attività di scavo, movimentazione dei materiali terrigeni potenzialmente polverulenti e stoccaggio in cumulo dei materiali delle lavorazioni.

La significatività degli effetti stimati per la dispersione delle polveri prodotte dalle attività di cantiere dipende dalla tipologia e dall'entità delle attività stesse e dalla tipologia e dalla localizzazione dei ricettori, ossia dalla quantità di popolazione esposta alle attività di cantiere.

## **10.1 GLI INPUT TERRITORIALI**

### *10.1.1 I Dati Orografici*

Come per le simulazioni in fase di esercizio, anche per la valutazione delle interferenze in fase di cantiere è stato utilizzato il software Aermod View. Questo, grazie al processore territoriale AERMAP, permette di configurare l'orografia del territorio in esame. Come per le precedenti simulazioni, con riferimento all'area di intervento si è adottata una conformazione del territorio di tipo "elevated terrain".

### *10.1.2 I Dati Meteorologici*

Un altro input fondamentale per l'applicazione del modello di simulazione in Aermod è il dato meteorologico. Come già detto in precedenza, al fine di realizzare un dato compatibile con il preprocessore AERMET, il dato grezzo della centralina di Casigliano è stato elaborato e trasformato in formato SAMSON. Pertanto, come dato meteorologico di riferimento per le simulazioni della fase di cantiere sono stati considerati gli stessi dati utilizzati per le simulazioni della fase di esercizio.

## **10.2 GLI INPUT PROGETTUALI**

### *10.2.1 La definizione delle sorgenti emissive di cantiere*

Nel caso in esame, le attività di cantiere sono considerate contemporanee tra loro in termini temporali e spaziali al fine di simulare la configurazione di cantiere peggiore.

Le attività previste sono le seguenti:

1. Attività di scavo
2. Realizzazione del rilevato
3. Trasporto del materiale su strade asfaltate
4. Trasporto del materiale su strade non asfaltate
5. Attività dell'impianto di betonaggio

## 6. Formazione ed erosione dei cumuli

come riportato graficamente nella Figura 38.

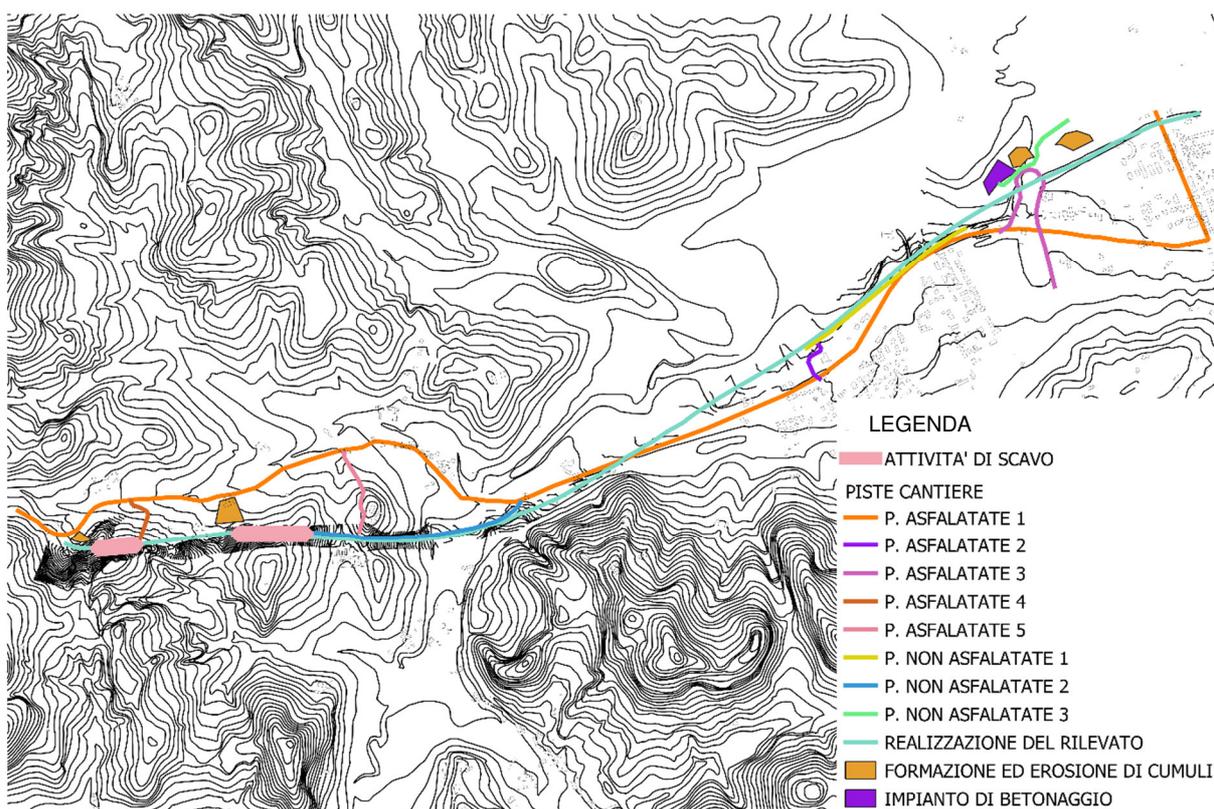


Figura 38 Attività di cantiere

Gli scenari oggetto delle simulazioni modellistiche in fase di cantiere sono caratterizzati da sorgenti areali dell'area di deposito e da sorgenti lineari della strada su cui si lavora.

In relazione alle attività previste, dalle quali vengono generate le emissioni polverulente, sarà effettuata la stima dei fattori di emissione, che rappresentano uno degli input principali per l'applicazione del modello di simulazione.

Si specifica come per tali attività di movimentazione di terra verranno valutati come inquinanti le polveri (PM10 e PM2.5), tralasciando gli altri inquinanti di poco interesse per la tipologia di sorgente individuata.

### **10.3 LA METODOLOGIA DI RIFERIMENTO**

I fattori di emissione rappresentano la capacità unitaria di emissione delle attività che si stanno analizzando. Il fattore di emissione, quindi, rappresenta la parte unitaria delle emissioni che, moltiplicata per l'unità di tempo in cui la sorgente rimane in condizione "attive", permette il calcolo delle emissioni di inquinanti totali "uscenti" dalla sorgente.

Per la stima di tali valori si è ricorso ai dati bibliografici messi a disposizione dalla U.S. E.P.A. (United States Environmental Protection Agency) Emission Factors & AP42 "Compilation of Air Pollutant Emission Factor". In tale documento sono riportati tutti i fattori di emissione riguardanti le principali sorgenti, dagli impianti industriali, agli impianti estrattivi, sino alle operazioni di costruzioni civili.

Nei seguenti paragrafi, verranno calcolati i singoli fattori di emissione relativi al PM10 e al PM2.5 (principali inquinanti generati dalle attività di cantiere), in relazione alle attività di cantiere ritenute critiche per l'inquinamento atmosferico.

### **10.4 I FATTORI DI EMISSIONE**

Nel seguente paragrafo verrà trattato in maniera approfondita il calcolo dei fattori di emissione per ogni scenario, valutando il contributo di ciascuna attività all'impatto atmosferico correlato alla polverosità indotta su tutto il periodo di lavorazione.

Le emissioni di inquinanti sono dovute sia a sorgenti lineari che areali. Fra le prime è possibile riconoscere strade di cantiere percorse dagli autoveicoli e dai mezzi pesanti per il trasporto del materiale scavato; le seconde sono costituite dalle zone di deposito.

Le emissioni che si originano dalle strade dipendono essenzialmente dal numero e dal peso dei mezzi che vi transitano oltre che dal tipo di ricoprimento della strada stessa. Le emissioni che derivano dagli accumuli di inerti sono dovute al vento, che, quando assume particolare intensità è in grado di risospingere la frazione fine del materiale depositato.

#### 10.4.1 Attività di scavo

Per il calcolo del fattore di emissione dovuto all'attività di scavo si è ritenuta idonea la formulazione dell'EPA al capitolo 11.9.2 "Bulldozing Overburden". L'equazione è la seguente:

$$EF_{PM10} = 0.45 * 0.75 * \frac{(s)^{1.5}}{(M)^{1.4}} \quad [kg/h]$$

$$EF_{PM2.5} = 2.6 * 0.105 * \frac{(s)^{1.2}}{(M)^{1.3}} \quad [kg/h]$$

Dove:

- s è il contenuto di silt (limo) espresso in %
- M è il contenuto di umidità espresso in %

Per i valori di s e M si è fatto riferimento alla tabella del documento EPA riportata qui sotto, scegliendo come fonte Overburden, in particolare:

- s= 8.6 %
- M= 10.4 %

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

 Table 11.9-3 (Metric And English Units). TYPICAL VALUES FOR CORRECTION FACTORS APPLICABLE TO THE PREDICTIVE EMISSION FACTOR EQUATIONS<sup>a</sup>

Source	Correction Factor	Number Of Test Samples	Range	Geometric Mean	Units	
Blasting	Area blasted	17	100 - 6,800	1,590	m <sup>2</sup>	
	Area blasted	17	1100 - 73,000	17,000	ft <sup>2</sup>	
Coal loading	Moisture	7	6.6 - 38	17.8	%	
Bulldozers	Coal	Moisture	3	4.0 - 22.0	10.4	%
		Silt	3	6.0 - 11.3	8.6	%
Overburden	Moisture	8	2.2 - 16.8	7.9	%	
	Silt	8	3.8 - 15.1	6.9	%	
Dragline	Drop distance	19	1.5 - 30	8.6	m	
	Drop distance	19	5 - 100	28.1	ft	
Scraper	Moisture	7	0.2 - 16.3	3.2	%	
	Silt	10	7.2 - 25.2	16.4	%	
	Weight	15	33 - 64	48.8	Mg	
Grader	Weight	15	36 - 70	53.8	ton	
	Speed	7	8.0 - 19.0	11.4	kph	
Haul truck	Speed		5.0 - 11.8	7.1	mph	
	Silt content	61	1.2 - 19.2	4.3	%	
	Moisture	60	0.3 - 20.1	2.4	%	
	Weight	61	20.9 - 260	110	mg	
	Weight	61	23.0 - 290	120	ton	

Tabella 29 Valori tipici di limo e umidità

Applicando la formulazione precedente, le emissioni di PM10 e PM2. risultano pari rispettivamente a **0,03 g/s** e **0,02 g/s**.

#### 10.4.2 Realizzazione del rilevato

Per il calcolo del fattore di emissione dovuto all'attività di costruzione del rilevato si è ritenuta idonea la formulazione dell'EPA al capitolo 11.9.2 "Grading". L'equazione è la seguente:

$$EF_{PM10} = 0.00336 * (S)^2 \quad [kg/VKT]$$

$$EF_{PM2.5} = 0.000105 * (S)^{2.5} \quad [kg/VKT]$$

Dove:

- S è la velocità media del veicolo.

---

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

---

Essendo il coefficiente espresso in VKT (veicolo per Km percorso), si consideri che il grader percorra 16 km al giorno.

Applicando la formulazione precedente e supponendo una velocità media del grader di 2km/h, le emissioni di PM10 e PM2.5 risultano pari rispettivamente a **0,002 g/se** **0,0001 g/s**.

#### 10.4.3 Trasporto su strada pavimentata

Il fattore di emissione rappresentativo di queste attività ci è fornito dal già menzionato documento dell'EPA, al capitolo 13.2.1 con la seguente equazione:

$$EF = k * (sL)^{0.91} * (W)^{1.02} \quad [g/VKT]$$

Il valore di K è pari a 0.62 per il PM10 e 0.15 per il PM2.5, sL rappresenta il contenuto di limo presente sul fondo stradale espresso in [g/m<sup>2</sup>] e W è il peso medio dei veicoli di cantiere espresso in tonnellate.

L'effetto di mitigazione naturale operato dalle precipitazioni viene considerato mediante l'assunzione semplificata che l'emissione media annua sia inversamente proporzionale al numero di giorni con precipitazione superiore a 0,2 mm (precipitazione misurabile):

$$E_{ext} = E[1 - P/(4 * N)] \quad (\text{eq.3: EPA, AP-42 13.2.2})$$

dove:

E<sub>ext</sub>: fattore di emissione ridotto per mitigazione naturale (g/VKT);

P: numero di giorni all'anno con precipitazioni superiori a 0,2 mm (assunto pari a 123 giorni piovosi in un anno misurati alla stazione meteorologica di Casigliano);

N: numero di giorni nel periodo di mediazione (pari a 365 per una media annuale).

Il sollevamento di particolato dalle strade asfaltate è pari al prodotto del fattore di emissione E<sub>ext</sub> per il veicolo chilometri viaggiati, ricavato dal prodotto del numero di mezzi/ora per i chilometri percorsi.

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

Il coefficiente è espresso in VKT (veicolo per km percorso), perciò considerando 48 veicoli/giorno, otteniamo per ciascun percorso i seguenti fattori di emissione:

PERCORSO	Lunghezza percorso [km]	PM 10 [g/s]	PM 2.5 [g/s]
1	5.5	0,06	0,02
2	0.18	0,002	0,001
3	0.77	0,009	0,002
4	0.2	0,002	0,001
5	0.3	0,004	0,001

#### 10.4.4 Trasporto su strada non pavimentata

All'interno del cantiere viene preso in considerazione il sollevamento delle polveri originato dall'azione di polverizzazione del materiale superficiale delle piste, indotta dalle ruote dei mezzi. Tale attività può essere schematizzata attraverso la formulazione dell'EPA 13.2.2 qui riportata:

$$EF = k(s/12)^a * (W/3)^b \quad [g/VKT]$$

Dove:

- s= contenuto di silt in %
- W= peso medio dei mezzi sul cantiere
- K, a , b dipendono dalla dimensione del particolato considerato, facendo riferimento alla tabella sottostante

	PM 2,5	PM 10	PM 30
K	0,15	1,5	4,9
a	0,9	0,9	0,7
b	0,45	0,45	0,45

Tabella 30 Coefficienti di K, a, b

Il coefficiente è espresso in VKT (veicolo per km percorso), perciò considerando 92 veicoli/giorno, otteniamo per ciascun percorso i seguenti fattori di emissione:

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

PERCORSO	Lunghezza percorso [Km]	PM 10 [g/s]	PM 2.5 [g/s]
<b>1</b>	0.75	<b>0.3</b>	<b>0.03</b>
<b>2</b>	0.82	<b>0.3</b>	<b>0.04</b>
<b>3</b>	0.37	<b>0.16</b>	<b>0.02</b>

#### 10.4.5 Attività polverulente dovute all'attività di formazione ed erosione di cumuli

La produzione totale di polvere legata all'attività di formazione e stoccaggio è legata alle seguenti singole attività:

- carico e scarico dei mezzi;
- traffico dei mezzi nelle aree di stoccaggio, carico e scarico;
- erosione del vento nella fase di carico e scarico.

La quantità di polveri generate da tali attività viene stimata utilizzando la seguente formula empirica:

$$E = k(0.0016) \left( \frac{U}{2.2} \right)^{1.3} \left( \frac{M}{2} \right)^{-1.4}$$

dove:

E: fattore di emissione di particolato (kg/Mg);

k: parametro dimensionale (dipende dalla dimensione del particolato);

U: velocità media del vento (m/s) assunta pari a 3.1 m/s;

M: umidità del terreno pre-innaffiamento (%) assunta pari al 2,5% sottofalda.

Il parametro k varia a seconda della dimensione del particolato come riportato in tabella:

Aerodynamic Particle Size Multiplier (k) For Equation 1				
< 30 µm	< 15 µm	< 10 µm	< 5 µm	< 2.5 µm
0.74	0.48	0.35	0.20	0.053 <sup>a</sup>

---

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

---

Per il PM10 si assume quindi  $k$  pari a 0,35, per il PM2.5 si assume  $k$  pari a 0.053. La diffusione di particolato legata alle attività di movimentazione e stoccaggio di materiale è pari al prodotto del fattore di emissione  $E$  per le tonnellate di materiale movimentate giornalmente.

Considerando per ciascun'area un movimento di materiale pari a 200 m<sup>3</sup>/giorno, si ottengono i seguenti fattori di emissione: **0.002 g/s** per il PM10 e **0.0003 g/s** per il PM2.5.

Le emissioni causate dall'erosione del vento sono dovute all'occorrenza di venti intensi su cumuli soggetti a movimentazione. Nell'AP-42 (paragrafo 13.2.5 Industrial Wind Erosion) queste emissioni sono trattate tramite la potenzialità di emissione del singolo cumulo in corrispondenza di certe condizioni di vento. In questa sede si è scelto di seguire l'approccio delle "Linee Guida di ARPA Toscana per la valutazione delle polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti". Tali linee guida considerano, per l'erosione del vento dai cumuli, l'effettiva emissione dell'unità di area di ciascun cumulo soggetto a movimentazione dovuta alle condizioni anemologiche attese nell'area di interesse.

Il rateo emissivo orario è calcolato con l'espressione:

$$E_i = EF_i * a * movh$$

dove:

$I$ : particolato (PTS, PM10, PM2.5),

$EF_i$ : fattore di emissione areale dell' $i$ -esimo tipo di particolato (kg/m<sup>2</sup>);

$a$ : superficie dell'area movimentata in m<sup>2</sup>; si assume che nel corso di ogni movimentazione venga movimentata una superficie 25 m<sup>2</sup>.

$movh$ : numero di movimentazioni/ora, si assumono 2 movimentazioni/ora.

Per il calcolo del fattore di emissione areale si distinguono i cumuli bassi da quelli alti a seconda del rapporto altezza/diametro. Per semplicità, inoltre, si assume che la forma di un cumulo sia conica, sempre a base circolare. Nel caso di cumuli non a base circolare

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

(come in questo caso), si ritiene sufficiente stimarne una dimensione lineare che ragionevolmente rappresenti il diametro della base circolare equivalente a quella reale.

Dai valori di:

altezza del cumulo (intesa come altezza media della sommità nel caso di un cumulo a sommità piatta)  $H$  in m;

diametro della base  $D$  in m;

si individua il fattore di emissione areale  $EF_i$  dell' $i$ -esimo tipo di particolato per ogni movimentazione dalla sottostante tabella:

cumuli alti $H/D > 0.2$	
	$EF_i(kg/m^2)$
PTS	1.6E-05
PM <sub>10</sub>	7.9E-06
PM <sub>2.5</sub>	1.26E-06
cumuli bassi $H/D \leq 0.2$	
	$EF_i(kg/m^2)$
PTS	5.1E-04
PM <sub>10</sub>	2.5 E-04
PM <sub>2.5</sub>	3.8 E-05

Nel caso in oggetto si assume:

$H = 2$  m;

$D = 5$  m;

$H/D = 0.4 > 0.2 \rightarrow$  cumuli alti

quindi si utilizza un EF per il PM<sub>10</sub> pari a 0.0000079 kg/m<sup>2</sup> e un EF per il PM<sub>2.5</sub> pari a 0,00000126 kg/m<sup>2</sup>

Si ottengono così i seguenti fattori di emissione: **0.00011 g/s** per il PM<sub>10</sub> e **0.00002 g/s** per il PM<sub>2.5</sub>.

---

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

---

Complessivamente quindi, per l'attività di formazione ed erosione di cumuli, otteniamo un fattore di emissione pari a:

- **0.002 g/s** per il PM10
- **0.0004 g/s** per il PM2.5.

#### 10.4.6 Impianto di betonaggio

Per quando riguarda le emissioni connesse agli impianti di betonaggio, le operazioni impattanti sono:

- Truck Mix (carico betoniera)
- Central Mix (carico miscelatore)

I fattori di emissione relativi alle attività di Truck Mix e Central Mix sono stati calcolati seguendo la formula 11.12-1 delle direttive EPA AP 42:

$$E = k (0.0032) \left[ \frac{U^a}{M^b} \right] + c$$

dove:

E: attore di emissione in lbs/ton di cemento

k: costante moltiplicativa adimensionale variabile in funzione della dimensione delle particelle

U: velocità del vento al punto di caduta di materiale [mph], assunto pari a 3,09 m/s, ovvero 6,9 mph

M: umidità minima (% in peso) di cemento, assunta pari a 0,125%

a,b,c costanti adimensionali

I parametri k, a, b, c utilizzati sono quelli riportati nelle tabelle 11.12-3 e 11-12-4 dell'EPA AP 42:

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

Table 11.12-3. Equation Parameters for Truck Mix Operations

Condition	Parameter Category	k	a	b	c
Controlled <sup>1</sup>	Total PM	0.8	1.75	0.3	0.013
	PM <sub>10</sub>	0.32	1.75	0.3	0.0052
	PM <sub>10-2.5</sub>	0.288	1.75	0.3	0.00468
	PM <sub>2.5</sub>	0.048	1.75	0.3	0.00078
Uncontrolled <sup>1</sup>	Total PM			0.995	
	PM <sub>10</sub>			0.278	
	PM <sub>10-2.5</sub>			0.228	
	PM <sub>2.5</sub>			0.050	

Table 11.12-4. Equation Parameters for Central Mix Operations

Condition	Parameter Category	k	a	b	c
Controlled <sup>1</sup>	Total PM	0.19	0.95	0.9	0.0010
	PM <sub>10</sub>	0.13	0.45	0.9	0.0010
	PM <sub>10-2.5</sub>	0.12	0.45	0.9	0.0009
	PM <sub>2.5</sub>	0.03	0.45	0.9	0.0002
Uncontrolled <sup>1</sup>	Total PM	5.90	0.6	1.3	0.120
	PM <sub>10</sub>	1.92	0.4	1.3	0.040
	PM <sub>10-2.5</sub>	1.71	0.4	1.3	0.036
	PM <sub>2.5</sub>	0.38	0.4	1.3	0

Per convertire i fattori di emissione calcolati con l'equazione 11,12-1 da lbs/ton a kg/ton si applica un fattore di divisione pari a 2,0, come indicato nelle stesse direttive EPA AP 42.

Come ipotesi di lavoro si è assunto che ogni impianto di betonaggio produca circa 70 m<sup>3</sup>/h di calcestruzzo e che il calcestruzzo abbia una densità di 550 kg/m<sup>3</sup>.

In questo modo otteniamo i seguenti ratei emissivi complessivi:

- **0.4 g/s** per il PM<sub>10</sub>
- **0.07 g/s** per il PM<sub>2.5</sub>

#### 10.4.7 Best practice per il cantiere

Al fine di ridurre la dispersione delle polveri in atmosfera, si prevedono, durante lo svolgimento delle attività, alcune best practice finalizzate, appunto, ad abbattere le concentrazioni di PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>, nonché a ridurre le emissioni generate dai mezzi di cantiere.

Tra queste misure si evidenzia:

---

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

---

- utilizzare, per le macchine di cantiere, filtri di abbattimento del particolato, nonché gruppi elettrogeni e di produzione di calore in grado di assicurare le massime prestazioni energetiche e minimizzare le emissioni; impiegare inoltre, ove possibile, apparecchi con motore elettrico;
- limitare la velocità di scarico del materiale al fine di evitare lo spargimento di polveri; il materiale verrà depositato gradualmente modulando l'altezza del cassone e mantenendo la più bassa altezza di caduta;
- ottimizzare il carico dei mezzi di trasporto al fine di ridurre il numero dei veicoli in circolazione;
- applicare appositi teloni di copertura degli automezzi durante l'allontanamento e/o l'approvvigionamento di materiale polverulento per garantire il contenimento della dispersione di polveri in atmosfera;
- umidificare i depositi di materiale sciolto caratterizzati da frequente movimentazione, e coprire con teli e stuoie quelli con scarsa movimentazione;
- utilizzare barriere antipolvere
- bagnamento delle piste di cantiere non pavimentate.

#### *10.4.8 Misure di contenimento delle polveri*

Dalle stime ottenute, pur considerando il carattere temporaneo delle emissioni e delle assunzioni cautelative adottate nelle simulazioni modellistiche, risulta necessario prevedere, durante lo svolgimento delle attività, una serie di misure finalizzate al contenimento dei valori di concentrazione di PM10 e PM2.5; in particolare durante la fase di transito dei veicoli su strada non pavimentata.

Le misure di controllo e abbattimento proposte nel documento dell'EPA, al fine di contenere la produzione di polveri generata dal passaggio dei mezzi di cantiere, prevede il trattamento della superficie- bagnamento (wet suppression) e trattamento chimico (dust suppressants). I costi sono moderati, ma richiedono applicazioni periodiche e costanti. Inoltre bisogna considerare un sistema di monitoraggio per verificare che il trattamento venga effettuato.

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

L'efficienza di abbattimento è proporzionale al contenuto di umidità, secondo l'andamento sperimentale della curva mostrata in Figura 39 in cui l'efficienza di controllo è calcolata in base al rapporto del contenuto di umidità  $M$  tra strada trattata (bagnata) e non trattata (asciutta).  $M$  è calcolabile secondo le indicazioni di appendice C.1 e C.2 dell'AP-42. Come è prevedibile più il terreno è asciutto minore è l'efficienza di rimozione. Per avere un coefficiente di abbattimento almeno del 75% è necessario un rapporto bagnato/asciutto pari a 2.

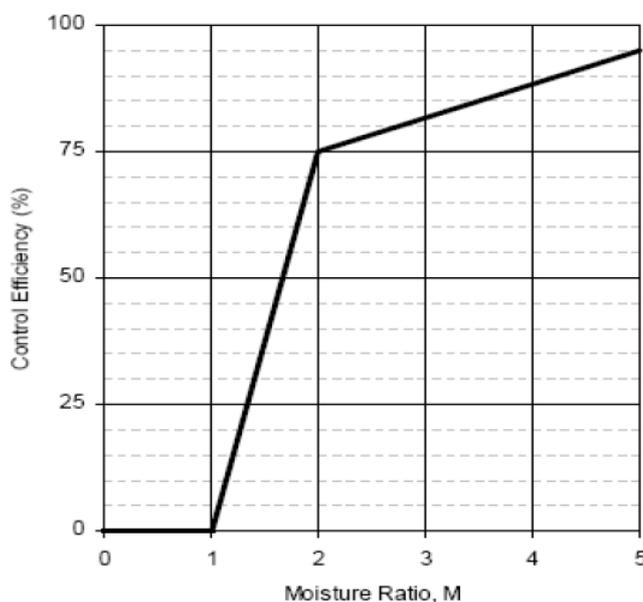


Figura 39 Andamento dell'efficienza di abbattimento delle emissioni in funzione del contenuto di umidità del suolo

Per raggiungere una determinata efficienza media di bagnatura si può agire sia sulla frequenza delle applicazioni, sia sulla quantità di acqua per unità di superficie impiegata in ogni trattamento, in relazione al traffico medio orario e al potenziale medio di evaporazione, utilizzando la formula proposta da Cowherd et al (1998):

$$C(\%) = 100 - (0.8 * P * trh * T) / I$$

Dove:

- C efficienza di abbattimento del bagnamento (%)

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

- P potenziale medio dell'evaporazione giornaliera (mm/h) per tale parametro si è utilizzato un valore di 0.34 mm/h
- trh traffico medio orario (h-1)
- I quantità media del trattamento applicato (l/m<sup>2</sup>)
- T Intervallo di tempo che intercorre tra le applicazioni (h)

Nel nostro caso, sulla base della capacità giornaliera di approvvigionamento si stima un traffico medio orario pari a 12 veic./h. Imponendo di eseguire una bagnatura ogni 4 h e di distribuire sul terreno un quantitativo di acqua pari a 1 l/m<sup>2</sup> si riesce ad ottenere un abbattimento delle polveri di circa l'85% .

L'uso di sostanze chimiche, come polimeri a base d'acqua, richiede un'applicazione meno frequente, ma bisogna considerare che può produrre una variazione nel contenuto di particolato della strada con un aumento del contenuto di limo. L'efficienza effettiva di questo tipo di controllo dipende da molti fattori ed è in generale difficile da stimare. In caso di utilizzo di sostanze chimiche si richiede di fornire i dati riportati nella scheda tecnica del prodotto utilizzato.

Applicando tale fattore di riduzione alle sole strade di cantiere non pavimentate otteniamo i seguenti valori:

<b>PERCORSO</b>	<b>Lunghezza percorso [Km]</b>	<b>PM 10 [g/s]</b>	<b>PM 2.5 [g/s]</b>
<b>1</b>	0.75	0.04	0.004
<b>2</b>	0.82	0.05	0.005
<b>3</b>	0.37	0.02	0.002

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva con indicate le varie attività di cantiere e i rispettivi fattori emissivi utilizzati nelle simulazioni.

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

<b>ATTIVITA' CANTIERE</b>		<b>PM 10 (g/s)</b>	<b>PM 2,5 (g/s)</b>
ATTIVITA' DI SCAVO		<b>0,03</b>	<b>0,02</b>
REALIZZAZIONE DEL RILEVATO		<b>0,002</b>	<b>0,0001</b>
PISTE DI CANTIERE ASFALTATE	PERCORSO 1	<b>0,06</b>	<b>0,02</b>
	PERCORSO 2	<b>0,002</b>	<b>0,001</b>
	PERCORSO 3	<b>0,01</b>	<b>0,002</b>
	PERCORSO 4	<b>0,002</b>	<b>0,001</b>
	PERCORSO 5	<b>0,004</b>	<b>0,001</b>
PISTE DI CANTIERE NON ASFALTATE	PERCORSO 1	<b>0,04</b>	<b>0,004</b>
	PERCORSO 2	<b>0,05</b>	<b>0,005</b>
	PERCORSO 3	<b>0,02</b>	<b>0,002</b>
FORMAZIONE ED EROSIONE DI CUMULI		<b>0,002</b>	<b>0,0004</b>
IMPIANTO DI BETONAGGIO		<b>0,4</b>	<b>0,07</b>

Tabella 31 Fattori emissivi per ciascuna attività di cantiere

*10.4.9 Valutazioni interferenze in fase di cantiere*

Per quanto riguarda la rappresentazione cartografica delle concentrazioni di PM10 e PM2.5 è possibile far riferimento agli elaborati:

T00IA02AMBPP22A	Atmosfera: Mappa delle concentrazioni inquinante PM10 - Corso Operam
T00IA02AMBPP23A	Atmosfera: Mappa delle concentrazioni inquinante PM10 - Corso Operam- Mediazione giornaliera
T00IA02AMBPP24A	Atmosfera: Mappa delle concentrazioni inquinante PM2,5 - Corso Operam

Al fine di poter valutare la protezione della salute umana durante la fase di cantiere, si è fatto riferimento a punti ricettori.

Tali ricettori sono identificativi di gruppi di edifici abitativi o case singole che si trovano a ridosso delle attività di cantiere e che quindi sono potenzialmente più esposte al sollevamento polveri generato dalle lavorazioni.

Sono stati presi in considerazione gli stessi punti ricettori della fase di esercizio, essendo questi anche i più esposti durante la fase di corso d'opera.

**RELAZIONE ATMOSFERICA**

Con riferimento alle polveri PM10 e PM2.5 si è analizzato il contributo totale delle sorgenti simulate e di seguito viene riportata la Tabella 32 con i valori di concentrazione attesi di PM10, e di PM2.5 per i ricettori.

**Pm10 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]**

Ricettori	Mediazione annuale	Limite normativo	Mediazione giornaliera	Limite normativo
R10	16,69	40	16,9336	50
R12	16,88	40	17,26526	50
R13	17,13	40	18,01226	50
R17	18,27	40	19,42212	50
R21	17,56	40	18,89528	50
R24	16,61	40	16,77068	50
R32	17,57	40	19,33325	50
R33	17,11	40	18,08327	50
R35c	17,76	40	19,58988	50
R36	19,76	40	26,07834	50
R37d	18,92	40	19,1369	50
R200	26,40	40	42,9365	50

**Pm25 - media annua [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]**

Ricettori	mediazione annuale	Limite normativo
R10	9,3	25
R12	9,4	25
R13	9,3	25
R17	9,4	25
R21	9,3	25
R24	9,2	25
R32	9,2	25
R33	9,2	25
R35c	9,3	25
R36	9,7	25
R37d	9,5	25
R200	10,8	25

Tabella 32 Valori di concentrazione PM10 e PM2.5 calcolati per i punti ricettori

Si precisa che:

## **RELAZIONE ATMOSFERICA**

---

- I valori delle concentrazioni sui ricettori riportate nelle tabelle sono comprensive dei relativi valori di fondo (16  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per il PM10 e 9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per il PM2.5)
- per i valori di PM10 relativi al valore medio giornaliero, i risultati sono riferiti al 90.4° percentile annuo, in modo da poterlo effettivamente confrontare con il limite normativo di 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e con i superamenti massimi consenti.

È dunque lecito ritenere che, adottando le opportune misure di controllo delle emissioni delle polveri di cantiere, in corrispondenza dei ricettori, le concentrazioni di PM10 e PM2.5 risultino inferiori ai limiti normativi.