

SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA

Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti
tra Ponte a Moriano ed i caselli dell'autostrada A11
del Frizzone e di Lucca Est - 1° Stralcio

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

I PROGETTISTI:

Ing. Vincenzo Marzi
Ordine Ing. di Bari n. 3594

Ing. Giuseppe Danilo Malgeri
Ordine Ing. di Roma n. A34610

Geol. Serena Majetta
Ordine Geologi del Lazio n. 928

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Geom. Fabio Quondam

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :

Ing. Achille Devitofranceschi

PROTOCOLLO

DATA

STUDIO ATMOSFERICO RELAZIONE ATMOSFERICA

CODICE PROGETTO

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

L**O****6****0****1****A** **D** **1****6****0****1**

NOME FILE

T00IA03AMBRE01A.dwg

REVISIONE

SCALA

CODICE ELAB. **T****0****0** **I****A****0****3** **A****M****B** **R****E****0****1**

A

-

D

C

B

A

EMISSIONE

12/2018

Ing.

Ing.

Ing.

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

INDICE

1	INTRODUZIONE	5
2	INQUADRAMENTO NORMATIVO	9
2.1	PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI EUROPEI	9
2.2	PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI NAZIONALI	9
2.3	PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI REGIONALI	12
3	INQUADRAMENTO METEO CLIMATICO	13
3.1	IL DATO STORICO: ANDAMENTO 1971-2000	13
3.1.1	LA STAZIONE METEOROLOGICA DI RIFERIMENTO	13
3.1.2	REGIME TERMICO	16
3.1.3	REGIME PLUVIOMETRICO	18
3.1.4	REGIME ANEMOMETRICO	21
3.2	IL DATO CONSIDERATO NELLE SIMULAZIONI MODELLISTICHE	26
4	ANALISI EMISSIVA	28
4.1	ASPETTI GENERALI	28
4.2	EMISSIONI REGIONALI: FONTE IRSE	28
4.3	EMISSIONI PROVINCIALI: FONTE IRSE	32
4.4	EMISSIONI COMUNE DI LUCCA: FONTE IRSE	35
4.5	EMISSIONI COMUNE DI CAPANNORI: FONTE IRSE	38
5	ANALISI DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	43
5.1	PIANI E PROGRAMMI SULLA QUALITÀ DELL'ARIA	43
5.1.1	PROGRAMMA REGIONALE DI SVILUPPO 2016-2020 (PRS)	43
5.1.2	PIANO REGIONALE PER LA QUALITÀ DELL'ARIA AMBIENTE (PRQA)	43
5.1.3	PAC D'AREA 2016-2018 DEI CINQUE COMUNI DELLA PIANA LUCCHESE: ALTOPASCIO, CAPANNORI, LUCCA, MONTECARLO E PORCARI	46
5.2	LA RETE DI MONITORAGGIO E LA CENTRALINA DI RIFERIMENTO	47
5.3	ANALISI DEGLI INQUINANTI DI INTERESSE	50
5.3.1	OSSIDI E BIOSSIDI DI AZOTO	50
5.3.1.1	Caratteristiche ed effetti sull'uomo e sull'ambiente	50
5.3.1.2	Concentrazioni di NO _x	51
5.3.1.3	Concentrazioni di NO ₂	55
5.3.1.4	Relazione NO _x – NO ₂	58
5.3.2	PARTICOLATO	60
5.3.2.1	Caratteristiche ed effetti sull'uomo e sull'ambiente	60
5.3.2.2	Concentrazioni di PM ₁₀	62
5.3.2.3	Concentrazioni di PM _{2.5}	65
5.3.3	BENZENE	65
5.3.3.1	Caratteristiche ed effetti sull'uomo e sull'ambiente	65
5.3.3.2	Concentrazioni di Benzene	67
5.3.4	IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (BENZO(A)PIRENE)	67
5.3.4.1	Caratteristiche ed effetti sull'uomo e sull'ambiente	67
5.3.4.2	Concentrazioni degli IPA	68
5.3.5	MONOSSIDO DI CARBONIO	68
5.3.5.1	Caratteristiche ed effetti sull'uomo e sull'ambiente	68
5.3.5.2	Concentrazioni di CO	69
5.4	QUADRO SINOTTICO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	69
6	I MODELLI DI SIMULAZIONE UTILIZZATI	70
6.1	COPERT V	70
6.2	CALROADS	71
6.3	AERMOD VIEW	72
7	LE INTERFERENZE IN FASE DI ESERCIZIO	76
7.1	LA DEFINIZIONE DEGLI SCENARI E LE ANALISI CONDOTTE	76
7.2	GLI INPUT DEL MODELLO DI CALCOLO	77
7.2.1	INPUT METEOROLOGICI	77

7.2.2	LA RETE STRADALE DI RIFERIMENTO	77
7.2.3	VOLUMI E VELOCITÀ DEL TRAFFICO CIRCOLANTE	78
7.2.4	LA COMPOSIZIONE DEL PARCO VEICOLARE CIRCOLANTE	87
7.2.5	I FATTORI DI EMISSIONE	98
7.3	ANALISI DI DETTAGLIO: STIMA DELLA MODIFICAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA NEI PRESSI DELL'INTERVENTO IN ESAME	104
7.3.1	OBIETTIVO DELLA PRESENTE ANALISI	104
7.3.2	DEFINIZIONE DEI PUNTI DI CALCOLO	104
7.3.2.1	Individuazione dei recettori puntuali	104
7.3.2.2	Definizione della maglia di calcolo	106
7.3.3	I RISULTATI DELL'ANALISI	106
7.3.3.1	Aspetti generali	106
7.3.3.2	L'analisi delle Concentrazioni di NO _x sui recettori	107
7.3.3.3	L'analisi delle Concentrazioni di NO ₂ sui recettori	108
7.3.3.4	L'analisi delle Concentrazioni di IPA (BaP) sui recettori	112
7.3.3.5	L'analisi delle Concentrazioni di CO sui recettori	113
7.3.3.6	L'analisi delle Concentrazioni di C ₆ H ₆ sui recettori	115
7.3.3.7	L'analisi delle Concentrazioni di PM ₁₀ sui recettori	116
7.3.3.8	L'analisi delle Concentrazioni di PM _{2.5} sui recettori	119
7.4	ANALISI SULL'AREA VASTA: DETERMINAZIONE DEI BENEFICI/AGGRAVI APPORTATI DAL PROGETTO IN TERMINI DI QUALITÀ DELL'ARIA	122
7.4.1	OBIETTIVO DELLA PRESENTE ANALISI	122
7.4.2	DEFINIZIONE DELLA MAGLIA DI CALCOLO	122
7.4.3	I RISULTATI DELL'ANALISI	122
7.4.3.1	Aspetti generali	122
7.4.3.2	L'analisi delle concentrazioni di NO _x sull'area vasta	124
7.4.3.3	L'analisi delle concentrazioni di NO ₂ sull'area vasta	125
7.4.3.4	L'analisi delle concentrazioni di IPA (BaP) sull'area vasta	127
7.4.3.5	L'analisi delle concentrazioni di CO sull'area vasta	129
7.4.3.6	L'analisi delle concentrazioni di C ₆ H ₆ sull'area vasta	131
7.4.3.7	L'analisi delle concentrazioni di PM ₁₀ sull'area vasta	133
7.4.3.8	L'analisi delle concentrazioni di PM _{2.5} sull'area vasta	134
8	LE INTERFERENZE IN FASE DI CANTIERE	137
8.1	ASPETTI GENERALI	137
8.2	LA STIMA DELLE POLVERI PRODOTTE DALLE ATTIVITÀ DI CANTIERE	137
8.2.1	INPUT TERRITORIALI	137
8.2.1.1	I dai meteorologici	137
8.2.1.2	I dati orografici	137
8.2.2	INPUT PROGETTUALI	138
8.2.2.1	La metodologia del worst case scenario	138
8.2.2.2	La definizione delle sorgenti areali emissive	139
8.2.2.3	Il traffico di cantiere e la definizione delle sorgenti lineari emissive	147
8.2.2.4	La metodologia per il calcolo dei fattori di emissione	149
8.2.2.5	I fattori di emissione relativi allo scotico e sbancamento del materiale superficiale	150
8.2.2.6	I fattori di emissione relativi alla formazione e stoccaggio dei cumuli	150
8.2.2.7	I fattori di emissione relativi all'erosione del vento dai cumuli	151
8.2.2.8	I fattori di emissione relativi al transito dei mezzi su strade non asfaltate	155
8.2.2.9	I fattori di emissione relativi alla circolazione dei mezzi pesanti	156
8.2.3	MODELLAZIONE DELLE SORGENTI IN AERMOD VIEW	156
8.2.4	DEFINIZIONE DEI PUNTI DI CALCOLO	161
8.2.5	I DATI DI OUTPUT	164

8.3	LA STIMA DELLE CONCENTRAZIONI DI NO _x E DI NO ₂ PRODOTTE DAL TRAFFICO DI CANTIERE	172
8.3.1	INPUT METEOROLOGICI	172
8.3.2	INPUT PROGETTUALI	172
8.3.3	MODELLAZIONE DELLE SORGENTI LINEARI IN CALROADS	173
8.3.4	DEFINIZIONE DEI PUNTI DI CALCOLO	174
8.3.5	I DATI DI OUTPUT	176
8.4	BEST PRACTICE E MITIGAZIONI SPECIFICHE PER LA FASE DI CANTIERE	181
8.4.1	BEST PRACTICE DA ADOTTARE DURANTE LA FASE DI CANTIERE	181
8.4.2	INSTALLAZIONE DI BARRIERE ANTIPOLVERE	181
8.4.3	BAGNATURA DELLE PISTE DI CANTIERE	182
9	CONCLUSIONI DELLO STUDIO	184
9.1	CONCLUSIONI IN MERITO ALLA FASE DI ESERCIZIO	184
9.2	CONCLUSIONI IN MERITO ALLA FASE DI CANTIERE	184

1 INTRODUZIONE

Lo studio atmosferico condotto nell'ambito della Progettazione Definitiva del 1° stralcio funzionale del sistema tangenziale di Lucca (*Viabilità est di Lucca comprendente i collegamenti tra Ponte a Moriano ed i caselli dell'autostrada A11 del Frizzone e di Lucca est*) ha tenuto in considerazione il precedente studio atmosferico effettuato nell'ambito dello Studio di Impatto Ambientale (e successive integrazioni) relativo alla progettazione preliminare ed è stato, inoltre, redatto in ottemperanza alle prescrizioni della Delibera del CIPE n. 38 del 10 agosto 2016, in merito alla tematica in oggetto.

Il presente studio atmosferico ha come scopo quello di stimare le concentrazioni di inquinanti generate dall'esercizio del nuovo progetto in esame, nonché dalla realizzazione dello stesso tenendo in considerazione tutte le attività di cantiere previste.

Relativamente alla fase di esercizio, l'obiettivo del presente documento è quello di valutare le modificazioni della qualità dell'aria sul territorio in esame, stimando le concentrazioni degli inquinanti in atmosfera prodotte dal traffico veicolare circolante sulla rete stradale di riferimento. Ciò che si vuole andare ad analizzare, pertanto, è l'incidenza del progetto in esame sulla qualità dell'aria, in modo da evidenziarne i benefici e/o gli aggravii, sia in corrispondenza dei recettori puntuali, sia sul territorio di area vasta.

La metodologia utilizzata per la stima delle concentrazioni degli inquinanti ha visto l'analisi, in primo luogo, delle condizioni meteo climatiche dell'area interessata dall'intervento, nonché dello stato emissivo e diffusivo degli inquinanti di interesse presente nella zona di Lucca, in cui è prevista l'opera in esame.

Per quanto riguarda l'inquadramento meteo climatico dell'area, da un punto di vista storico, si è fatto riferimento ai dati forniti dall'Aeronautica Militare relativi alla stazione più vicina all'area di intervento e caratteristica del territorio in esame, rappresentata dalla centralina di Pisa San Giusto. Per quanto riguarda, invece, i dati meteorologici utilizzati per le simulazioni modellistiche si è fatto riferimento a dati più recenti forniti e rielaborati da ARPA Toscana, derivati dal modello WRF in esercizio presso il Consorzio LaMMA3 (in rianalisi e alta risoluzione ovvero su di un reticolo con passo a 3 km), relativi al punto di coordinate UTM WGS84 F32N (622400 E, 4855000 N) posto alla periferia orientale della città di Lucca, rappresentativi dell'anno 2014.

Si è scelto di utilizzare questi dati in quanto da un'analisi speditiva, effettuata sui dati rilevati disponibili, sono state evidenziate molte difficoltà per l'impiego dei dati anemometrici raccolti dalle stazioni meteorologiche gestite dalla Regione Toscana presenti sull'area di interesse (Piana Lucchese).

Per analizzare lo stato attuale delle emissioni, invece, si è fatto riferimento alla banca dati IRSE (Inventario Regionale delle Sorgenti di Emissione in aria ambiente) dalla quale è stato possibile ricavare i valori emissivi, suddivisi per macro – settore, rappresentativo della sorgente inquinante, e riferiti alla Regionale Toscana, alla provincia di Lucca e ai Comuni interferiti dal progetto (Capannori e Lucca).

Al fine di uno studio conoscitivo sulla qualità dell'aria della zona di intervento, dopo un excursus dei principali strumenti di pianificazione settoriale, sono stati analizzati i dati disponibili dai monitoraggi, forniti da ARPA Toscana, rispetto agli inquinanti di interesse, di seguito elencati:

- Ossido di azoto (NO_x);
- Biossido di azoto (NO_2);
- Monossido di carbonio (CO);
- Particolato PM_{10} ;
- Particolato $\text{PM}_{2.5}$;
- Benzene (C_6H_6);
- Benzo(a)pirene ($\text{C}_{20}\text{H}_{12}$).

Al fine di caratterizzare al meglio la qualità dell'aria nella zona di intervento si è scelto di far riferimento alla centralina di qualità dell'aria della rete di monitoraggio regionale più vicina al progetto, denominata LU – Capannori. Dalla suddetta centralina è stato possibile analizzare i valori di concentrazione degli inquinanti monitorati, caratterizzati da NO_x , NO_2 , PM_{10} e $\text{PM}_{2.5}$.

Attraverso l'elaborazione dei dati rilevati dalla centralina di monitoraggio scelta, è stato individuato il valore di fondo di qualità dell'aria per ogni inquinante analizzato (valore di concentrazione per ogni inquinante monitorato, relativo alla media annua del 2017). Il valore di fondo, sommato ai valori stimati di concentrazione, generati dal traffico veicolare, consente di determinare il valore complessivo di qualità dell'aria, da confrontare con i limiti normativi riferiti ai singoli inquinanti.

Una volta concluse le analisi conoscitive, si è proceduto all'applicazione dei modelli di simulazione, grazie ai quali è stato possibile stimare le concentrazioni di inquinanti con riferimento a differenti scenari di traffico veicolare. Nello specifico sono stati simulati i seguenti scenari:

- Scenario attuale;
- Opzione zero al 2033;
- Scenario di progetto al 2033.

Per tutti e tre gli scenari è stata considerata la medesima rete stradale, come individuata dallo studio trasportistico, nonché gli stessi input meteorologici. Per ogni scenario, attraverso l'utilizzo del software Copert 5, sono stati calcolati i fattori di emissione sugli archi della rete stradale, che sono funzione del parco veicolare circolante e della velocità media percorsa considerata. Implementando, quindi, tutti gli input necessari (meteo, traffico, velocità, fattore di emissione, ecc.) all'interno del software di simulazione Calroads è stato possibile stimare i valori di concentrazione degli inquinanti di interesse.

In funzione dell'obiettivo prefissato sono state condotte due differenti analisi. La prima mette a confronto i livelli di concentrazione stimati allo stato attuale in prossimità della nuova infrastruttura con quelli stimati allo scenario di progetto, al fine di stimare la modificazione della qualità dell'aria nell'intorno del progetto

ed in particolare in corrispondenza dei recettori residenziali e sensibili individuati per l'analisi. La seconda analisi, invece, è volta alla stima della qualità dell'aria su un territorio più vasto, in modo da quantificare i benefici/aggravi del progetto rispetto alla situazione di non intervento (opzione zero). Le due analisi, pertanto, si differenziano rispetto agli scenari da confrontare, nonché al dettaglio della maglia di calcolo su cui calcolare le concentrazioni, per la quale, nella prima analisi si è considerata una maglia più fitta, come un buffer intorno ai rami della rete stradale, mentre nella seconda analisi una maglia regolare meno fitta della prima, ma di dimensioni maggiori per comprendere l'intera area di analisi.

Alla luce dei risultati ottenuti sono state fatte alcune considerazioni in merito alla modificazione della qualità dell'aria in prossimità dei recettori puntuali e, in generale, sul territorio di area vasta.

Per ogni recettore, pertanto, dopo una prima verifica dei limiti normativi, sempre rispettati, è emerso quasi per tutti gli inquinanti e per tutti i recettori un beneficio del progetto su questi, stante la differente distribuzione del traffico prevista, nonché il miglioramento tecnologico dei veicoli che vede una riduzione delle emissioni. Si sottolineano solamente due recettori, quelli più vicini all'infrastruttura (il recettore 4 ed il 6) per i quali, in relazione all' NO_x e all' NO_2 è emerso un lieve peggioramento rispetto allo stato attuale, che comunque si ritiene non critico.

In relazione alla seconda analisi sull'area vasta, in generale, nonostante l'incremento delle concentrazioni in prossimità della nuova infrastruttura rispetto all'opzione zero, è emerso che il progetto apporta notevoli benefici in termini di qualità dell'aria, principalmente sull'urbanizzato della città di Lucca e su alcune frazioni del comune di Capannori, grazie alla differente distribuzione del traffico che, in particolare, vedrà lo spostamento dei veicoli dalle attuali infrastrutture limitrofe alla città di Lucca alla nuova infrastruttura prevista.

Per quanto riguarda la valutazione delle concentrazioni di inquinanti nell'atmosfera durante la fase di cantiere, invece, è stato utilizzato il software di simulazione modellistica Aermid View attraverso il quale è stato possibile ricreare gli scenari di cantieri ritenuti più critici (*Worst case scenario*) e stimare le concentrazioni polverulente di PM_{10} e di $\text{PM}_{2.5}$ generate dalle lavorazioni legate alla movimentazione del materiale, nonché le concentrazioni di NO_x e di NO_2 generate dai traffici di cantiere.

In particolare, sono stati selezionati quattro scenari critici (A-B-C-D) ognuno dei quali caratterizzato dall'area di stoccaggio posta internamente ai cantieri operativi e al cantiere base e un'area di lavorazione caratterizzata dalla realizzazione del corpo stradale. Per ogni scenario, pertanto, sono state definite le sorgenti areali da modellare all'interno del software di simulazione e sono stati stimati i fattori di emissione relativi alla singola attività prevista con riferimento alle "*Linee Guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti*" di ARPA Toscana. Tali scenari, insieme alle sorgenti lineari relative alla viabilità di cantiere ritenuta significativa ai fini della modellazione, sono stati simulati contemporaneamente. Alla luce di tali input progettuali, nonché degli input territoriali relativi all'orografia ed alle condizioni meteorologiche di riferimento, è stato possibile stimare le concentrazioni di PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ e di NO_x per la situazione critica di

cantiere e verificare queste rispetto alle soglie limite definite in normativa.

Dai risultati ottenuti è emerso come in termini di NO_x e di $\text{PM}_{2.5}$ non si riscontrano criticità in fase di cantiere, in quanto anche in prossimità dei recettori più vicini alle aree di lavorazione e alla viabilità di cantiere i valori rientrano nei limiti normativi. Lo stesso non si può dire per le concentrazioni di PM_{10} stimate in prossimità di alcuni recettori, per i quali vengono rilevati dei superamenti. Si prevede, pertanto, l'installazione di barriere mobili con funzione antipolvere, laddove necessario, nonché misure di bagnatura a frequenza periodica stabilita sulle piste di cantiere non pavimentate.

Alla luce di quanto fin qui sinteticamente esposto, il presente documento è volto alla stima delle concentrazioni degli inquinanti di interesse generati dalla fase di esercizio e dalla fase di cantiere del progetto in esame relativo al sistema tangenziale di Lucca, con la finalità di valutare il rispetto dei limiti normativi e di quantificare le interferenze tra l'opera in progetto e la componente atmosferica.

Nel prosieguo della trattazione sono riportate nel dettaglio le analisi atmosferiche.

2 INQUADRAMENTO NORMATIVO

2.1 PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI EUROPEI

In relazione ai principali riferimenti normativi europei, l'Unione Europea negli anni ha emanato una serie di direttive, finalizzate al controllo del livello di qualità dell'aria di alcuni inquinanti.

In particolare, si evidenziano le seguenti Direttive:

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

2.2 PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI NAZIONALI

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 essere redatti sulla base delle indicazioni del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare. La normativa riporta anche valori a lungo termine (al di sotto dei quali non ci si attende alcun effetto sulla salute), soglie di informazione (valori al di sopra dei quali possono esserci rischi per gruppi sensibili) e soglie di allarme (concentrazioni che possono determinare effetti anche per esposizioni a breve termine);
 - Il D. Lgs. 171 del 21 maggio 2004, recepisce la direttiva europea 2001/81/CE, riguardante i limiti massimi per le emissioni annue degli Stati membri, individua gli strumenti per assicurare che le emissioni nazionali annue per il biossido di zolfo, per gli ossidi di azoto, per i composti volatili e per l'ammoniaca, rispettino entro il 2010 e negli anni successivi i limiti nazionali di emissione;
 - Il D.Lgs. 152/2007 (che recepisce la direttiva 2004/107/CE) è l'ultima norma figlia emanata e si riferisce ad un gruppo di inquinanti (l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), per cui non è ancora possibile una misura in continuo e che si trovano prevalentemente all'interno del particolato sottile. Anche in questo caso vengono stabiliti i limiti di qualità dell'aria, le modalità di misura e le informazioni da fornire al pubblico.

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

Il **D.lgs. 155/2010**, "*Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa*", recepisce la Direttiva 2008/50/CE 107/CE. 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 ed introducendo, in base alle nuove evidenze epidemiologiche, tra gli inquinanti da monitorare anche il PM_{2.5}, ormai ben noto per la sua pericolosità.

Oltre a fornire una metodologia di riferimento per la caratterizzazione delle zone (zonizzazione), definisce

i valori di riferimento che permettono una valutazione della qualità dell'aria, su base annuale, in relazione alle concentrazioni dei diversi inquinanti. Nella tabella seguente vengono riportati il riepilogo degli adeguamenti normativi stabiliti dal D.Lgs. 155/2010. Nella Tabella 2-1 seguente vengono riportati il riepilogo degli adeguamenti normativi stabiliti dal D.Lgs. 155/2010, agli allegati XI e XIII.

Inquinante	Indicatore Normativo	Periodo di mediazione	Valore stabilito	Margine tolleranza	n° sup. consentiti
Biossido di Zolfo SO₂	Valore limite protezione salute umana	1 ora	350 µg/m ³	-	24
	Valore limite protezione salute umana	24 ore	125 µg/m ³	-	3
	Soglia di allarme	3 ore consecutive in una stazione con rappresentatività > 100 kmq	500 µg/m ³	-	-
	Livelli critici per la vegetazione	anno civile e inverno	20 µg/m ³	-	-
Biossido di azoto NO₂	Valore limite protezione salute umana	1 ora	200 µg/m ³	-	18
	Valore limite protezione salute umana	anno civile	40 µg/m ³	-	-
	Soglia di allarme	3 ore consecutive in una stazione con rappresentatività > 100 kmq	400 µg/m ³	-	-
Ossidi di azoto NO_x	Livelli critici per la vegetazione	anno civile	30 µg/m ³	-	-
Particolato PM₁₀	Valore limite protezione salute umana	24 ore	50 µg/m ³	-	35
	Valore limite protezione salute umana	anno civile	40 µg/m ³	-	-
Particolato fine PM_{2.5}	Valore limite protezione salute umana	anno civile	25 µg/m ³	-	-
Piombo	Valore limite protezione salute umana	anno civile	0,5 µg/m ³	-	-
Benzene	Valore limite protezione salute umana	anno civile	5 µg/m ³	-	-
Monossido di carbonio	Valore limite protezione salute umana	massima media su 8h consecutive	10 mg/m ³	-	-
Arsenico	Valore obiettivo	anno civile	6 ng/m ³	-	-
Cadmio	Valore obiettivo	anno civile	5 ng/m ³	-	-
Nichel	Valore obiettivo	anno civile	20 ng/m ³	-	-
Benzo(a)pirene	Valore obiettivo	anno civile	1 ng/m ³	-	-

Tabella 2-1 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 D.Lgs. 155/2010 introduce, quindi, norme, criteri e strumenti finalizzati a una migliore conoscenza dell'inquinamento atmosferico e assicura elevata qualità, uniformità e conformità di applicazione sul territorio nazionale. A tal fine, la Regione Toscana ha già approvato (DGR 964/2015) e trasmesso al Ministero il nuovo progetto di zonizzazione e classificazione del proprio territorio e il nuovo progetto volto all'adeguamento della propria rete alle relative disposizioni contenente il programma della valutazione.

Il Decreto attribuisce alle Regioni e alle Province autonome la competenza ad 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 dei valori limite dei valori critici 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.

2.3 PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI REGIONALI

In ultimo, il quadro normativo di riferimento regionale è costituito da:

- L.R. 9/2010 “Norme per la tutela della qualità dell’aria ambiente”;
- L.R. 1/2015 “Disposizioni in materia di programmazione regionale”, che contiene le strategie e gli indirizzi per la tutela della qualità dell’aria;
- L.R. 14/2007 “Istituzione del Piano ambientale ed energetico regionale”, che contiene le strategie per la riduzione delle emissioni dei gas climalteranti;
- Delibera di Giunta Regionale n. 814 del 1 agosto 2016 “Linee guida per la predisposizione dei Piani di Azione Comunale (PAC)” che prevedono interventi ed azioni per il miglioramento della qualità dell’aria;
- L.R. 27/2016, modifiche alla L.R. 9/2010 con particolare riferimento alla determinazione di specifici indici di criticità per la qualità dell’aria (ICQA), così come definiti dalla DGR n. 814 sopracitata, e delle relative modalità di calcolo per l’individuazione delle situazioni di rischio di superamento dei valori limite e delle soglie di allarme dei singoli inquinanti.

3 INQUADRAMENTO METEO CLIMATICO

3.1 IL DATO STORICO: ANDAMENTO 1971-2000

3.1.1 LA STAZIONE METEOROLOGICA DI RIFERIMENTO

L'analisi meteorologica dell'area di intervento è stata effettuata sulla base dei dati presenti nell'Atlante Climatico dell'Aeronautica Militare, il quale raccoglie i dati relativi ad un arco temporale di un trentennio, permettendo così la ricostruzione, in termini medi, dell'andamento meteo climatico.

L'Atlante è gestito dall'Aeronautica Militare e risulta coerente con quanto espresso dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale (OMM), dove il clima è definito come lo stato medio delle variabili fisiche atmosferiche, con riferimento ad uno specifico periodo temporale e ad un'area circoscritta.

Nei paragrafi successivi verranno analizzati separatamente diversi indicatori climatici appartenenti a tre categorie: Temperature, Precipitazioni e Venti. Per comprendere e rendere facilmente leggibili tali indicatori, di seguito si riportano le legende.

Con specifico riferimento alle temperature, gli indicatori analizzati sono riportati in Tabella 3-1.

Simbolo	Descrizione	U.M.
Tm	Temperatura media (max + min)/2	°C
Tx 1d	Temperatura massima media della 1° decade	°C
Tx 2d	Temperatura massima media della 2° decade	°C
Tx 3d	Temperatura massima media della 3° decade	°C
Txm	Temperatura massima media mensile	°C
Tn 1d	Temperatura minima media della 1° decade	°C
Tn 2d	Temperatura minima media della 2° decade	°C
Tn 3d	Temperatura minima media della 3° decade	°C
Tnm	Temperatura minima media mensile	°C
TxP85-15	Differenza fra 85° e 15° percentile della distribuzione delle temperature massime	°C
TnP85-15	Differenza fra 85° e 15° percentile della distribuzione delle temperature minime	°C
P99x (P99n)	99° percentile della distribuzione delle temperature massime (minime)	°C
P85x (P85n)	85° percentile della distribuzione delle temperature massime (minime)	°C
P15x (P15n)	15° percentile della distribuzione delle temperature massime (minime)	°C
P1x (P1n)	1° percentile della distribuzione delle temperature massime (minime)	°C
NgTn<=0	N° giorni con Tn (temperatura minima) <= 0 °C	(conteggio)
NgTn<=-5	N° giorni con Tn (temperatura minima) <= -5 °C	(conteggio)
NgTx>=25	N° giorni con Tx (temperatura massima) >= 25 °C	(conteggio)
NgTx>=30	N° giorni con Tx (temperatura massima) >= 30 °C	(conteggio)
GrGi>0	Gradi-giorno (Somme (Tm-S) solo se (Tm-S) > 0°), dove S = 0°C	°C
GrGi>5	Gradi-giorno (Somme (Tm-S) solo se (Tm-S) > 0°), dove S = 5°C	°C

Simbolo	Descrizione	U.M.
GrGi_18	Gradi-giorno (Somme (S-Tm) solo se (S-Tm) > 0°), dove S = 18°C	°C
Txx	Temperatura massima assoluta	°C
An Txx	Anno in cui si è verificata Txx	
Tnn	Temperatura minima assoluta	°C
An Tnn	Anno in cui si è verificata Tnn	

Tabella 3-1 Indicatori della Temperatura (Fonte: Atlante Climatico Aeronautica Militare)

Con riferimento alle precipitazioni ed eventi correlabili, i principali indicatori sono riportati in Tabella 3-2.

Simbolo	Descrizione	U. M.
RTot	Precipitazione totale media mensile	mm
RQ0	Minimo della distribuzione in quintili delle precipitazioni	mm
RQ1	Primo quintile della distribuzione delle precipitazioni	mm
RQ2	Secondo quintile della distribuzione delle precipitazioni	mm
RQ3	Terzo quintile della distribuzione delle precipitazioni	mm
RQ4	Quarto quintile della distribuzione delle precipitazioni	mm
RQ5	Massimo della distribuzione in quintili delle precipitazioni	mm
Rx12a	Precipitazione massima fra le ore 00 e le 12 (ora UTC)	mm
Rx12b	Precipitazione massima fra le ore 12 e le 24 (ora UTC)	mm
Rx24	Precipitazione massima in 24 ore	mm
An Rx24	Anno in cui si è verificata Rx24	
Ng R>1	Numero medio di giorni al mese con precipitazioni > 1 mm	(conteggio)
Ng R>5	Numero medio di giorni al mese con precipitazioni > 5 mm	(conteggio)
Ng R>10	Numero medio di giorni al mese con precipitazioni > 10 mm	(conteggio)
Ng R>50	Numero medio di giorni al mese con precipitazioni > 50 mm	(conteggio)
Ng Fog	Numero medio di giorni al mese con nebbia	(conteggio)
Ux%	Media mensile dell'umidità percentuale massima	%
Un%	Media mensile dell'umidità percentuale minima	%
Ng h6 Nuv<=4	Numero medio di giorni al mese con copertura nuvolosa <= 4/8 alle ore 6	(conteggio)
Ng h6 Nuv>4	Numero medio di giorni al mese con copertura nuvolosa > 4/8 alle ore 6	(conteggio)
Ngh18 Nuv<=4	Numero medio di giorni al mese con copertura nuvolosa <= 4/8 alle ore 18	(conteggio)
Ngh18 Nuv>4	Numero medio di giorni al mese con copertura nuvolosa > 4/8 alle ore 18	(conteggio)

Tabella 3-2 Indicatori delle precipitazioni (Fonte: Atlante Climatico Aeronautica Militare)

Infine, in relazione alla distribuzione dei venti è possibile fare riferimento alla Tabella 3-3.

Simbolo	Descrizione	U. M.
HH	Orario	UTC
MM	Mese	
Calme	Percentuali dei casi di vento con intensità = 0 nodi	%
N1-10	Percentuali dei casi di vento da Nord con intensità tra 1 e 10 nodi	%

Simbolo	Descrizione	U. M.
N11-20	Percentuali dei casi di vento da Nord con intensità tra 11 e 20 nodi	%
N>20	Percentuali dei casi di vento da Nord con intensità superiore a 20 nodi	%
NE1-10	Percentuali dei casi di vento da Nord-Est con intensità tra 1 e 10 nodi	%
NE11-20	Percentuali dei casi di vento da Nord-Est con intensità tra 11 e 20 nodi	%
NE>20	Percentuali dei casi di vento da Nord-Est con intensità superiore a 20 nodi	%
E1-10	Percentuali dei casi di vento da Est con intensità tra 1 e 10 nodi	%
E11-20	Percentuali dei casi di vento da Est con intensità tra 11 e 20 nodi	%
E>20	Percentuali dei casi di vento da Est con intensità superiore a 20 nodi	%
SE1-10	Percentuali dei casi di vento da Sud-Est con intensità tra 1 e 10 nodi	%
SE11-20	Percentuali dei casi di vento da Sud-Est con intensità tra 11 e 20 nodi	%
SE>20	Percentuali dei casi di vento da Sud-Est con intensità superiore a 20 nodi	%
S1-10	Percentuali dei casi di vento da Sud con intensità tra 1 e 10 nodi	%
S11-20	Percentuali dei casi di vento da Sud con intensità tra 11 e 20 nodi	%
S>20	Percentuali dei casi di vento da Sud con intensità superiore a 20 nodi	%
SW1-10	Percentuali dei casi di vento da Sud-Ovest con intensità tra 1 e 10 nodi	%
SW11-20	Percentuali dei casi di vento da Sud-Ovest con intensità tra 11 e 20 nodi	%
SW>20	Percentuali dei casi di vento da Sud-Ovest con intensità superiore a 20 nodi	%
W1-10	Percentuali dei casi di vento da Ovest con intensità tra 1 e 10 nodi	%
W11-20	Percentuali dei casi di vento da Ovest con intensità tra 11 e 20 nodi	%
W>20	Percentuali dei casi di vento da Ovest con intensità superiore a 20 nodi	%
NW1-10	Percentuali dei casi di vento da Nord-Ovest con intensità tra 1 e 10 nodi	%
NW11-20	Percentuali dei casi di vento da Nord-Ovest con intensità tra 11 e 20 nodi	%
NW>20	Percentuali dei casi di vento da Nord-Ovest con intensità superiore a 20 nodi	%
Vxx	Intensità massima del vento	KT

Tabella 3-3 Indicatori della distribuzione dei venti (Fonte: Atlante Climatico Aeronautica Militare)

Per il rilevamento dei dati meteorologici 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 Pisa San Giusto**, che dista dall'area di studio circa 25 chilometri e può essere ritenuta significativa e rappresentativa delle condizioni meteorologiche dell'area in esame, in quanto, come riporta il documento dell'APAT "Dati e informazioni per la caratterizzazione della componente Atmosfera e prassi corrente di utilizzo dei modelli di qualità dell'aria nell'ambito della procedura di V.I.A.", le osservazioni rilevate dalle stazioni meteo dell'Aeronautica Militare sono rappresentative di un'area di circa 70 chilometri di raggio.

La stazione meteo di riferimento è inquadrata in Figura 3-1, con le seguenti coordinate:

- Lat: 43.6825;
- Lng: 10.3955.

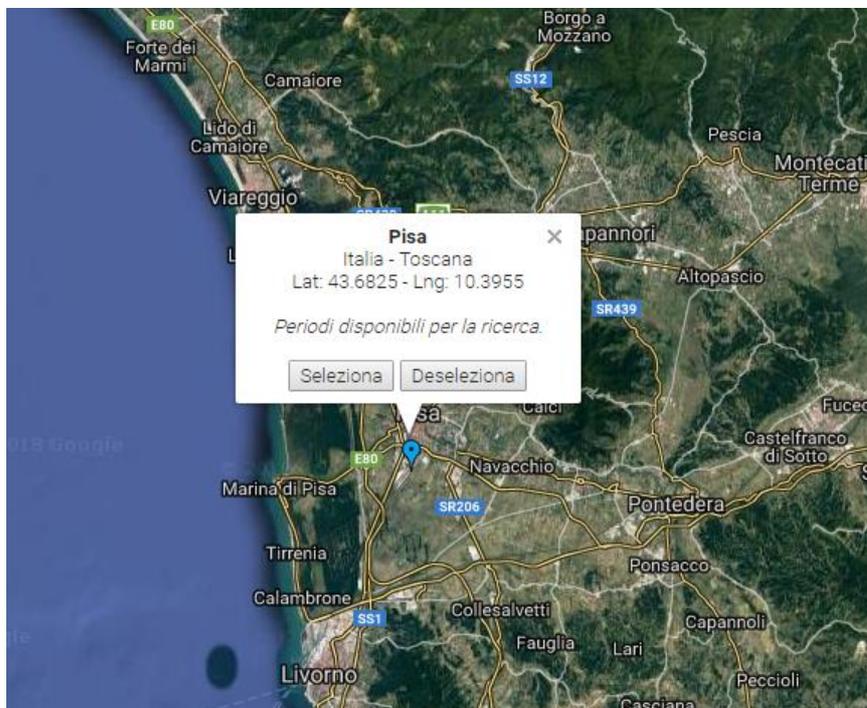


Figura 3-1 Stazione meteorologica di riferimento – Pisa San Giusto (Fonte: Atlante Climatico Aeronautica Militare)

3.1.2 REGIME TERMICO

Analizzando le serie storiche dai dati dell'Aeronautica Militare dal 1971 al 2000, relativi alla centralina di Pisa San Giusto, si può notare come la media annua risulta essere pari a 14,5 °C.

Di seguito, in Tabella 3-4 è possibile osservare i valori registrati dalla centralina nelle tre decadi analizzate.

Mese	Tm	Tx1d	Tx2d	Tx3d	Txm	Tn1d	Tn2d	Tn3d	Tnm	TxP85-15	TnP85-15
Gen	6.8	10.9	11.3	11.9	11.4	2.0	2.1	2.5	2.2	6.2	9.2
Feb	7.6	12.7	12.1	13.2	12.6	2.7	2.4	2.5	2.5	6.2	8.8
Mar	9.8	14.0	15.6	16.1	15.2	3.5	4.3	5.4	4.4	5.9	8.0
Apr	12.5	17.1	17.4	18.8	17.8	6.9	6.5	8.0	7.2	5.6	6.7
Mag	16.4	20.6	22.3	23.4	22.2	9.5	10.9	11.5	10.7	7.2	5.4
Giu	20.0	25.3	25.7	27.0	26.0	13.3	14.0	14.9	14.1	6.8	5.0
Lug	23.1	28.8	29.2	30.0	29.4	16.0	16.8	17.2	16.7	5.4	4.9
Ago	23.4	30.5	30.0	28.2	29.5	17.7	17.5	16.6	17.2	6.4	5.0
Set	20.0	26.9	25.8	24.5	25.7	15.0	14.2	13.8	14.3	5.9	6.0
Ott	15.8	22.6	21.3	19.0	20.9	12.2	11.1	8.9	10.7	6.8	8.2
Nov	10.7	17.2	15.5	13.1	15.3	7.9	6.1	4.2	6.1	6.8	9.7
Dic	7.6	12.2	11.9	11.3	11.8	3.6	3.4	3.1	3.4	6.1	9.2
Mese	NgTn≤0	NgTn≤-5	NgTx≥25	NgTx≥30	GrGi>0	GrGi>5	GrGi_18	Txx	AnTx	Tnn	AnTn
Gen	9.7	1.1	0.0	0.0	214	61	349	17.6	1992	-13.8	1985
Feb	8.3	0.7	0.0	0.0	215	74	295	21.0	1990	-8.4	1993
Mar	4.0	0.3	0.0	0.0	305	151	253	24.0	1989	-8.2	1985
Apr	0.6	0.0	0.2	0.0	376	225	167	27.9	1975	-3.2	1973
Mag	0.0	0.0	6.6	0.0	512	356	62	30.9	1975	2.8	1976
Giu	0.0	0.0	18.7	3.4	593	445	8	35.0	1990	5.8	1975
Lug	0.0	0.0	29.2	13.5	714	559	0	37.8	1983	8.8	1975
Ago	0.0	0.0	29.3	14.9	728	572	0	38.8	1984	8.2	1972
Set	0.0	0.0	18.3	2.5	581	436	9	36.2	1975	3.8	1972
Ott	0.0	0.0	3.5	0.0	492	336	81	30.2	1990	0.3	1971
Nov	2.9	0.2	0.0	0.0	322	171	221	24.0	1985	-7.2	1973
Dic	7.6	0.6	0.0	0.0	236	82	325	20.4	1989	-7.2	1988

Tabella 3-4 Regime termico fonte: Atlante Climatico Aeronautica Militare

Con riferimento alla media delle tre decadi, per le temperature minime, medie e massime si può fare riferimento alla Figura 3-2, per il numero di giorni con temperature <-5 , <0 , >25 , >30 °C si può osservare la Figura 3-3, per i percentili delle temperature massime alla Figura 3-4, per i percentili delle temperature minime alla Figura 3-5.

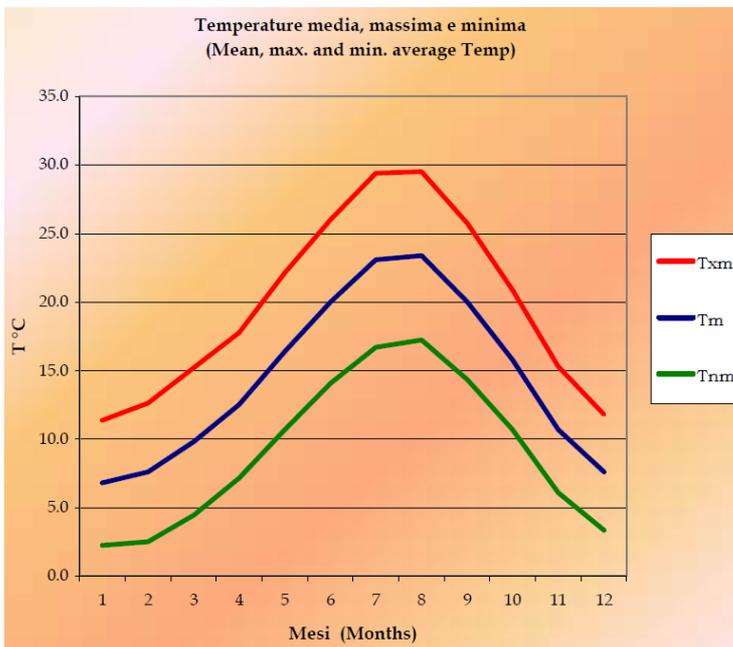


Figura 3-2 Andamento delle temperature mediate nelle tre decadi fonte: Atlante Climatico Aeronautica Militare

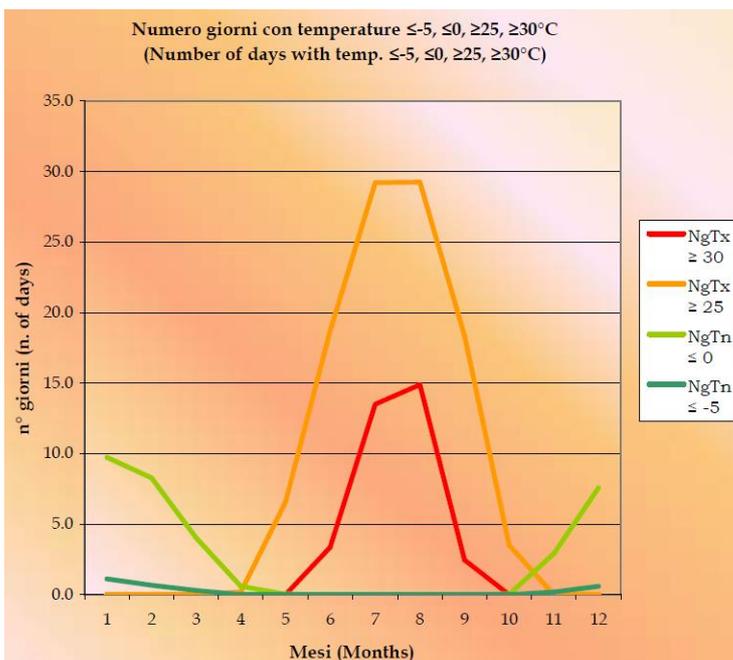


Figura 3-3 Andamento del numero di giorni con temperature <-5 , <0 , >25 , >30 °C fonte: Atlante Climatico Aeronautica Militare

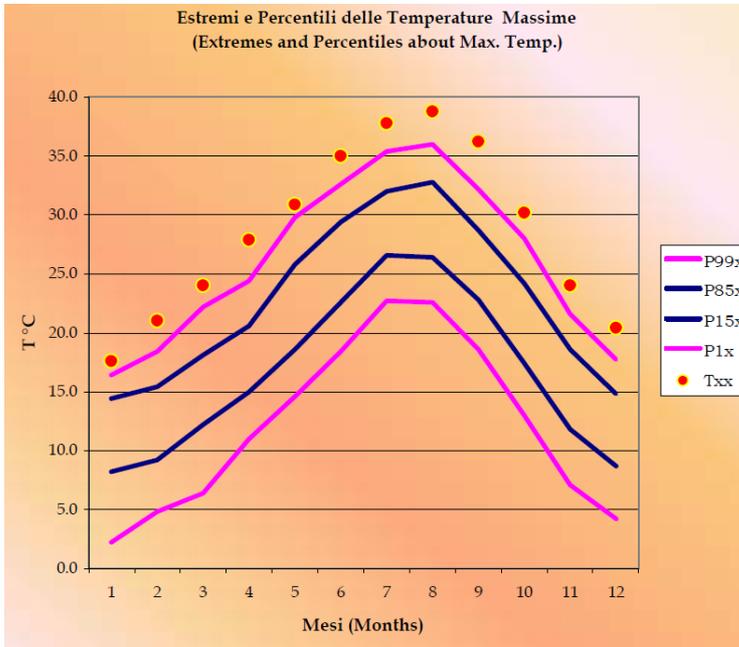


Figura 3-4 Andamento dei percentili delle temperature massime mediate nelle tre decadi fonte: Atlante Climatico Aeronautica Militare

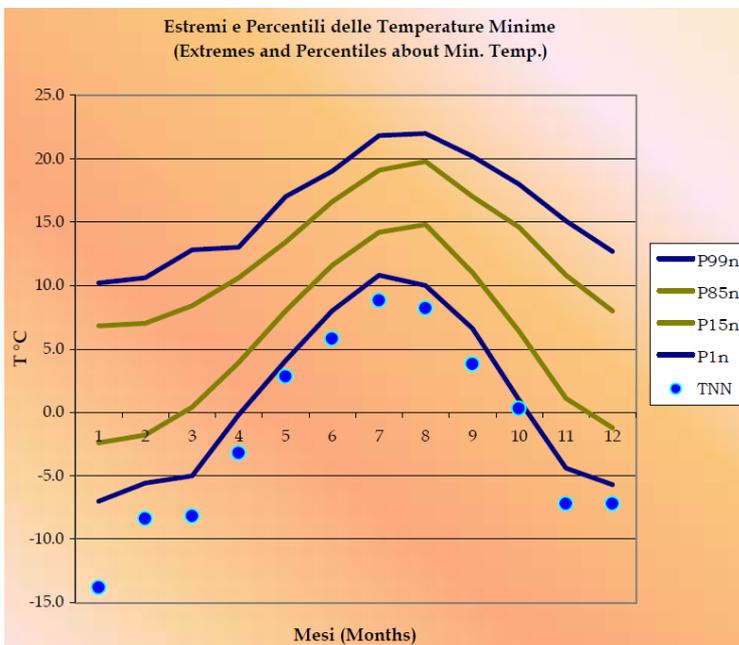


Figura 3-5 Andamento dei percentili delle temperature minime mediate nelle tre decadi fonte: Atlante Climatico Aeronautica Militare

3.1.3 REGIME PLUVIOMETRICO

Analogamente a quanto è stato descritto in merito al regime termico, di seguito si riportano i valori di precipitazione, nonché della copertura nuvolosa, relativi alla serie storica della centralina di Pisa San Giusto. Dalla Tabella 3-5 emergono valori di precipitazione medi che passano da un minimo nel mese di Luglio di

25,4 mm, ad un massimo nel mese di Novembre di 123,5 mm. Questo andamento risulta evidente in Figura 3-6 e in Figura 3-7.

Mese	RTot	RQ0	RQ1	RQ2	RQ3	RQ4	RQ5	Rx12a	Rx12b	Rx24	AnRx24
Gen	63.4	3.3	22.9	46.3	64.7	102.4	153.6	49	43.8	76	1987
Feb	57.5	1.5	17.3	41	72.4	93.7	121.9	47.6	41.6	47.6	1976
Mar	59.8	0.4	20	43.9	60.6	94.8	153.7	36.2	34.4	43.6	1977
Apr	89.1	9.2	48.2	64.9	87	113.8	251.1	44	28	50.8	1990
Mag	61.5	0.4	21.6	29.2	45.9	114.5	173.8	129.4	66.6	129.6	1992
Giu	47.8	5	20.6	36.6	49.8	70.8	116.6	31.2	29.8	45.2	1971
Lug	25.4	0	3.1	9.1	17	45.6	160.5	56.8	157.2	165.8	1991
Ago	49.4	0	7.6	29.6	50.9	85.4	133.4	71.4	45.4	71.4	1985
Set	101.5	1.6	38.8	76.6	98.3	148.5	414.9	91.2	167.2	223.6	1991
Ott	140.3	8.5	60.5	106.1	134.7	231.1	351.6	115.2	92.6	131	1987
Nov	123.5	0.5	59.8	77.3	117	193.4	362.4	50.8	122	134.6	1990
Dic	74.4	12.4	39.7	52	73.4	111.5	193.2	59.2	32	62.8	1990
Mese	NgR>1	NgR>5	NgR>10	NgR>50	NgFog	Ux%	Un%	Ngh6Nuv ≤4	Ngh6Nuv >4	Ngh18Nuv ≤4	Ngh18Nuv >4
Gen	8.1	4	2.3	0.1	7.1	93	57	13.3	17.7	14.9	15.4
Feb	7.2	3.6	1.7	0	5.8	92	50	12.9	15.3	13.7	15.5
Mar	7.6	3.9	2.1	0	6.4	93	47	12.7	18	14.2	17.2
Apr	9.7	5.4	3.3	0	5.4	94	52	10.7	20.1	11.9	17.5
Mag	7.3	3.8	2	0.1	5.3	95	51	14.3	16.6	14.4	14.6
Giu	5.2	2.8	1.5	0	3.7	94	47	15.5	14.3	17.4	8.7
Lug	2.5	1.1	0.6	0.1	2.4	94	42	21.2	9.8	22.9	4.1
Ago	3.6	2.6	1.7	0.1	2.3	94	44	20.6	10.3	21.9	5.7
Set	6.3	3.9	3	0.4	2.9	94	49	16.1	13.8	18.2	11.3
Ott	8.8	5.9	4.2	0.5	4.7	94	55	14.5	16.4	16.4	15.1
Nov	9.4	5.8	3.8	0.2	4.1	94	59	12.9	17	13.9	14.4
Dic	8.5	4.6	2.6	0	6	93	60	13.6	17.3	14.8	15

Tabella 3-5 Regime pluviometrico fonte: Atlante Climatico Aeronautica Militare

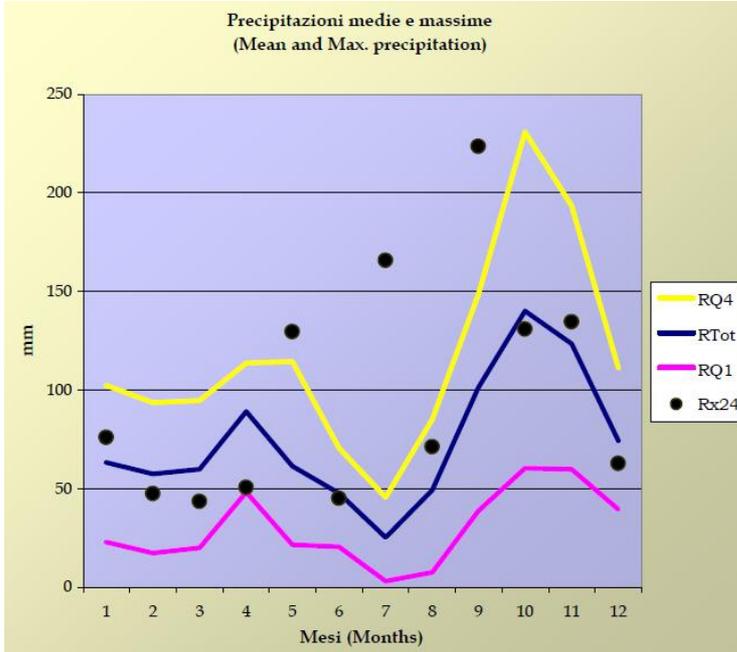


Figura 3-6 Andamento delle precipitazioni medie e massime: Atlante Climatico Aeronautica Militare

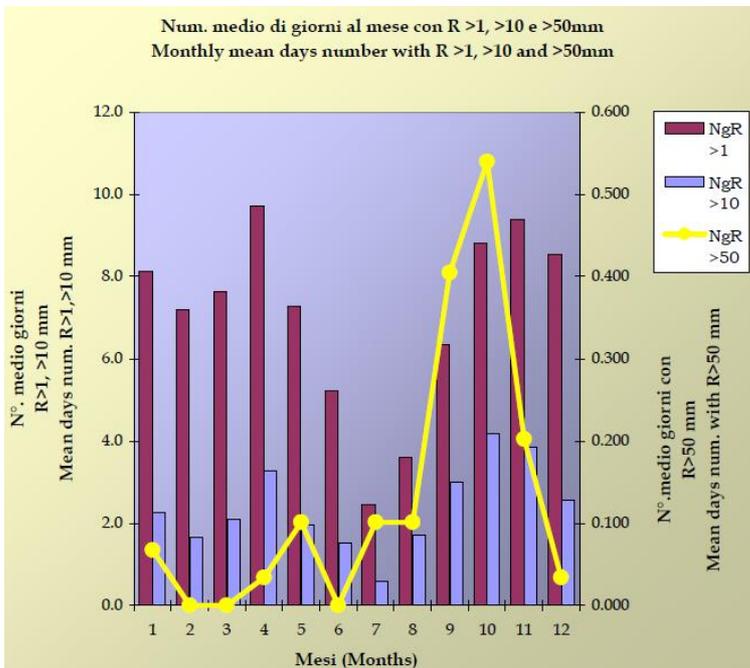


Figura 3-7 Indicatori di giorni con precipitazioni fonte: Atlante Climatico Aeronautica Militare

Con riferimento alla nuvolosità registrata nei due periodi di riferimento (mattina 06:00 e sera 18:00), questa segue un andamento analogo a quello visto per le precipitazioni, registrando, quindi, un valore minimo in corrispondenza del mese di Luglio e valori massimi nei mesi invernali, nonché nel mese di aprile.

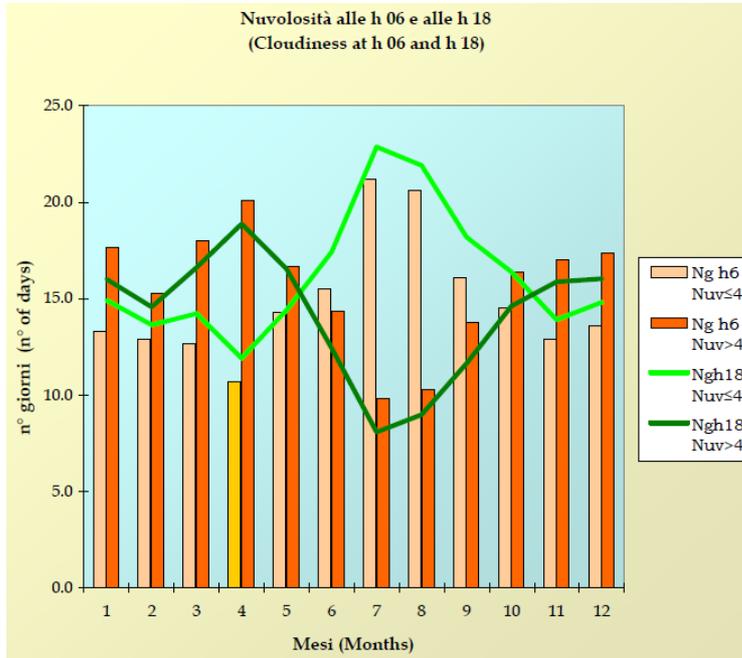


Figura 3-8 Andamento della copertura nuvolosa fonte: Atlante Climatico Aeronautica Militare

3.1.4 REGIME ANEMOMETRICO

Per lo studio anemometrico dell'area di intervento si è fatto sempre riferimento ai dati forniti dall'Aeronautica Militare relativi alla centralina di Pisa San Giusto grazie ai quali è possibile identificarne sia la direzione sia l'entità del vento, espressa in nodi, suddivisa nelle classi definite in Tabella 3-3. I risultati dell'analisi sono sinteticamente riportati nelle tabelle seguenti, con riferimento a quattro orari: 00:00, 06:00, 12:00, 18:00.

HH00													
Mes e	Calm e	N1-10	N11-20	N>20	NE1-10	NE11-20	NE>20	E1-10	E11-20	E>20	SE1-10	SE11-20	SE>20
Gen	34.59	0.97	0	0	2.16	0.86	0	26.27	8.32	0.32	12.43	3.68	0
Feb	33.18	1.18	0.24	0	0.71	1.65	0	26.92	8.5	0.12	12.04	4.72	0
Mar	41.86	0.86	0.11	0	1.94	1.83	0.11	17.69	7.44	0.22	12.94	1.94	0
Apr	47.19	0.65	0.11	0	2.92	1.08	0.11	16.63	4.1	0.22	9.5	1.51	0
Mag	54.96	0.43	0	0	2.26	0.32	0	13.58	1.51	0	10.88	0.43	0
Giu	55.13	1.45	0	0	1.67	0.11	0	12.95	1.45	0	11.05	0.67	0
Lug	59.05	0.32	0	0	1.83	0.11	0	12.28	0.86	0	10.88	0.11	0
Ago	56.74	0.97	0.11	0	1.83	0.11	0	16.07	1.29	0	12.3	0.97	0
Set	47.88	1.56	0	0	0.89	0.45	0	24.67	3.01	0	9.15	1.45	0
Ott	38.32	0.75	0.22	0	2.37	1.08	0	26.48	6.57	0.22	11.3	2.26	0
Nov	37.19	1.22	0.11	0	2.67	1	0	24.05	8.46	0	11.36	3.34	0
Dic	34.38	0.97	0.11	0	2.59	0.86	0.11	22.74	9.81	0.11	12.18	4.42	0
Mes e	S1-10	S11-20	S>20	SW1-10	SW11-20	SW>20	W1-10	W11-20	W>20	NW1-10	NW11-20	NW>20	Vxx
Gen	1.51	0.86	0.11	0.97	1.84	0.32	1.62	1.62	0.22	0.76	0.32	0	65
Feb	2.01	0.35	0	1.18	2.01	0.24	1.42	2.01	0.24	1.18	0.12	0	62
Mar	2.59	0.32	0	0.97	2.16	0.54	1.83	2.91	0.32	0.97	0	0	57
Apr	3.56	0	0	1.73	1.94	0.54	4	2.27	0.11	1.62	0.11	0	48
Mag	4.42	0.22	0	3.13	1.29	0	3.56	2.59	0.11	0.22	0.11	0	54
Giu	4.69	0.11	0	2.23	1.67	0.33	4.35	1	0	1	0.11	0	74
Lug	4.31	0.22	0	4.2	0.65	0.22	3.34	0.54	0	0.97	0	0	74
Ago	3.13	0.22	0	1.73	1.29	0.32	1.73	0.43	0	0.65	0.11	0	72

Set	2.34	0.22	0	1.34	2.68	0.33	1.56	1.56	0.22	0.56	0.11	0	80
Ott	2.05	0.54	0	0.97	2.58	0.32	1.29	1.4	0.32	0.86	0.11	0	49
Nov	1.56	0.78	0	0.78	2.23	0.56	0.78	2.9	0.22	0.67	0	0.11	59
Dic	1.29	0.32	0.11	1.19	2.16	0.65	1.08	3.02	0.97	0.65	0.32	0	63

Tabella 3-6 Andamento del regime anemometrico ore 00:00 fonte: Atlante Climatico Aeronautica Militare

HH06

Mes e	Calm e	N1-10	N11-20	N>20	NE1-10	NE11-20	NE>20	E1-10	E11-20	E>20	SE1-10	SE11-20	SE>20
Gen	33.15	0.75	0.43	0.11	1.94	0.75	0	23.47	9.9	0.22	16.25	3.34	0
Feb	32.27	0.95	0.12	0	1.89	0.95	0	25.41	9.93	0.24	14.78	4.85	0
Mar	36.48	0.76	0.33	0	2.17	1.3	0	25.3	8.14	0	13.03	2.71	0
Apr	39.5	1.08	0	0.11	3.57	0.97	0	21.54	5.52	0	12.88	1.95	0
Mag	43.58	0.86	0	0	1.08	0.32	0	25.03	2.8	0	14.13	1.4	0
Giu	41.68	1.01	0	0.11	1.34	0.34	0	26.37	1.34	0.11	15.53	0.89	0
Lug	44.41	0.65	0	0	1.61	0	0	25.7	1.61	0	15.16	0.65	0
Ago	44.44	0.43	0.11	0	1.51	0.32	0	28.26	2.7	0.11	15.43	1.19	0
Set	42.91	0.45	0	0.11	1.56	0.45	0	24.8	5.03	0.11	15.2	1.12	0
Ott	35.6	0.65	0.11	0	2.05	0.43	0.11	23.41	8.74	0	16.94	3.02	0
Nov	33.82	1.22	0.11	0.11	3.23	1	0	20.8	10.68	0	15.35	3.34	0
Dic	31.03	0.97	0.11	0	1.51	1.83	0.11	22.95	11.53	0.11	15.3	3.34	0
Mes e	S1-10	S11-20	S>20	SW1-10	SW11-20	SW>20	W1-10	W11-20	W>20	NW1-10	NW11-20	NW>20	
Gen	1.83	0.22	0	1.51	1.61	0.22	0.86	2.48	0.43	0.54	0	0	
Feb	1.3	0.71	0	1.06	1.18	0.47	1.3	1.3	0.35	0.35	0.24	0	
Mar	1.63	0.11	0	1.09	2.82	0.11	1.19	1.74	0.22	0.76	0	0.11	
Apr	2.6	0.54	0	1.19	2.71	0.22	2.49	2.06	0.11	0.87	0	0	
Mag	2.7	0	0	2.05	1.4	0	2.05	1.62	0.11	0.86	0	0	
Giu	2.12	0.45	0	1.23	2.35	0.11	2.91	1.45	0.11	0.56	0	0	
Lug	2.47	0.11	0	1.4	0.54	0.22	2.15	1.61	0	1.72	0	0	
Ago	0.86	0.11	0	0.22	1.62	0.11	0.97	0.76	0	0.76	0	0	
Set	1.79	0.11	0	0.89	1.9	0.45	1.12	1.34	0	0.56	0.11	0	
Ott	1.29	1.19	0	0.76	1.83	0.22	0.86	1.94	0.32	0.54	0	0	
Nov	1.78	0.67	0	0.89	2.45	0.22	1.78	1.56	0.33	0.67	0	0	
Dic	1.94	0.11	0.11	0.54	1.4	0.65	1.51	2.48	1.19	1.19	0	0	

Tabella 3-7 Andamento del regime anemometrico ore 06:00 fonte: Atlante Climatico Aeronautica Militare

HH12

Mes e	Calm e	N1-10	N11-20	N>20	NE1-10	NE11-20	NE>20	E1-10	E11-20	E>20	SE1-10	SE11-20	SE>20
Gen	20.47	1.51	0.54	0	1.62	1.29	0.22	23.38	19.5	0.22	13.36	4.42	0
Feb	17.02	1.06	0.35	0	1.77	1.65	0.24	17.02	22.1	0.47	10.76	6.97	0.12
Mar	15.26	1.52	0.65	0	2.06	2.27	0.43	10.93	12.9	0.87	9.52	3.03	0.11
Apr	12.43	1.62	0.76	0	2.05	2.16	0.11	8.32	9.51	0.32	6.38	2.16	0
Mag	8.34	1.52	0.22	0	0.87	0.54	0	7.8	4.55	0	4.44	0.76	0
Giu	3.35	2.01	0.45	0	2.01	0.45	0	5.02	3.24	0.11	3.46	0.56	0
Lug	3.56	3.23	0.65	0	2.48	0.32	0	5.6	2.48	0	3.56	1.19	0
Ago	7.11	4.42	0.65	0	2.26	1.08	0	6.36	2.48	0	4.2	1.19	0
Set	15.05	3.79	0.67	0	2.45	1.45	0	10.59	10.0	3	6.58	1.9	0
Ott	19.16	1.83	0.11	0	1.83	1.29	0.11	17.33	15.8	2	12.16	3.66	0
Nov	17.69	1.56	0.11	0	1.89	1.89	0.11	18.58	21.0	2	15.91	5.12	0.22
Dic	18.86	0.75	0.75	0	1.08	1.83	0.32	20.91	19.8	3	14.44	4.96	0.11
Mes e	S1-10	S11-20	S>20	SW1-10	SW11-20	SW>20	W1-10	W11-20	W>20	NW1-10	NW11-20	NW>20	
Gen	1.4	0.43	0	1.62	2.05	0.22	2.05	2.69	0.86	1.51	0.43	0.22	

Feb	2.36	1.65	0.12	1.77	2.13	1.3	3.19	3.19	0.83	2.72	0.71	0.12
Mar	3.03	1.73	0.11	3.25	4.87	1.08	12.23	8.44	0.32	4.55	0.43	0.32
Apr	4	3.46	0.11	4	4.65	0.97	15.89	14.59	0.86	4.65	0.86	0
Mag	3.58	1.73	0.22	5.74	5.31	0.76	26.11	20.91	0.43	4.23	1.95	0
Giu	2.68	1.9	0	6.81	8.15	0.67	24.89	25	0.33	5.47	3.24	0
Lug	1.62	0.97	0	4.2	7.33	0.22	22.41	25.97	0.75	9.48	3.56	0
Ago	2.69	1.4	0.11	4.74	6.79	0.32	19.5	22.95	0.43	8.73	2.59	0
Set	2.45	2.12	0	4.46	6.24	1.11	13.15	9.7	1	6.47	0.56	0
Ott	3.55	1.94	0	3.12	2.91	1.08	4.95	5.38	0.75	2.37	0.11	0
Nov	2.11	1.78	0	1.33	2.78	0.78	1.89	2.78	0.78	1	0.33	0.11
Dic	0.86	0.75	0.11	1.19	2.8	1.08	1.62	3.66	0.97	1.62	0.97	0

Tabella 3-8 Andamento del regime anemometrico ore 12:00 fonte: Atlante Climatico Aeronautica Militare

HH18													
Mes e	Calm e	N1-10	N11-20	N>20	NE1-10	NE11-20	NE>20	E1-10	E11-20	E>20	SE1-10	SE11-20	SE>20
Gen	39.07	2.8	0.32	0	2.58	1.18	0.11	15.07	10.33	0.32	8.29	3.34	0
Feb	37.19	2.48	0.59	0	2.48	1.18	0.24	10.63	8.5	0	5.31	2.36	0
Mar	33.69	2.48	0.43	0	2.05	1.84	0	5.83	6.91	0.22	2.7	1.51	0
Apr	27.78	1.73	0.65	0.11	2.27	1.19	0.11	5.3	4	0	3.03	0.76	0
Mag	24.54	2.15	0.11	0	0.43	0.22	0	3.55	1.4	0	1.94	0.32	0
Giu	15.83	2.01	0.22	0	1.11	0.11	0.11	2.12	1.67	0	1.34	0.67	0
Lug	10.23	2.48	0.65	0	0.54	0.32	0	1.94	0.97	0	0.75	0.54	0
Ago	18.43	3.02	0.32	0	0.86	0.54	0	3.02	1.19	0	1.29	0.32	0
Set	37.72	2.12	0	0	1.67	0.33	0	5.92	2.79	0	1.9	0.89	0
Ott	44.9	3.65	0.21	0	2.79	0.32	0	10.74	6.77	0.11	6.12	1.07	0
Nov	43.24	1.23	0.11	0	3.46	1.79	0	14.53	9.61	0	8.83	2.91	0.11
Dic	37.15	1.51	0.22	0	3.89	1.51	0	16.31	11.66	0.22	10.04	2.81	0
Mes e	S1-10	S11-20	S>20	SW1-10	SW11-20	SW>20	W1-10	W11-20	W>20	NW1-10	NW11-20	NW>20	
Gen	2.15	0.75	0	2.58	2.37	0.11	3.12	2.15	0	2.8	0.43	0	
Feb	4.72	0.12	0	4.01	2.6	0.94	7.91	1.3	0.24	6.73	0.47	0	
Mar	4	1.19	0	4.32	2.92	0.65	16.95	2.16	0.11	9.4	0.43	0	
Apr	2.7	1.95	0	6.27	3.78	0.22	20.54	6.7	0.11	10.38	0.43	0	
Mag	2.48	1.18	0	7.1	1.61	0.32	29.82	6.67	0.32	14.64	0.97	0	
Giu	2.12	1.56	0	4.46	3.9	0.45	33.56	12.49	0.33	13.15	2.68	0	
Lug	2.37	1.08	0	5.06	2.8	0.22	33.91	13.99	0.11	17.76	4.31	0	
Ago	1.19	1.4	0.22	5.17	2.16	0	27.26	9.38	0.11	21.66	2.48	0	
Set	1.79	1	0.22	6.03	2.79	0.22	18.53	3.68	0	11.5	0.78	0	
Ott	3.11	0.86	0	3.33	1.83	0.21	6.02	2.26	0.21	5.37	0.11	0	
Nov	2.23	0.11	0	1.12	2.91	0.78	2.23	1.56	0.22	2.68	0.34	0	
Dic	2.81	0.32	0.11	1.3	2.81	0.11	2.27	3.13	0.65	0.97	0.22	0	

Tabella 3-9 Andamento del regime anemometrico ore 18:00 fonte: Atlante Climatico Aeronautica Militare

I valori così tabellati possono essere sinteticamente espressi dalle seguenti rose dei venti, in cui le differenti aree colorate rappresentano la frequenza della direzione del vento osservata in funzione delle classi di intensità, rispettivamente partendo dal margine interno a quello esterno:

- tra 1 e 10 nodi – area in giallo;
- tra 11 e 20 nodi – area in rosso;
- maggiore di 20 nodi – area in violetto.

La frequenza percentuale di ciascuna classe si ottiene sottraendo al valore mostrato nel diagramma, quello riferito all'area più interna. Solo per la prima classe (area in giallo) il valore evidenziato sul diagramma anemometrico coincide con la frequenza.

Ogni rosa è rappresentativa di una stagione, nello specifico, partendo dal quadrante in alto a sinistra si ha la stagione invernale (Dic.-Gen.-Feb.), in alto a destra la stagione primaverile (Mar.-Apr.-Mag.), in basso a sinistra l'estate (Giu.-Lug.-Ago.) ed in basso a destra l'autunno (Set.-Ott.-Nov.).

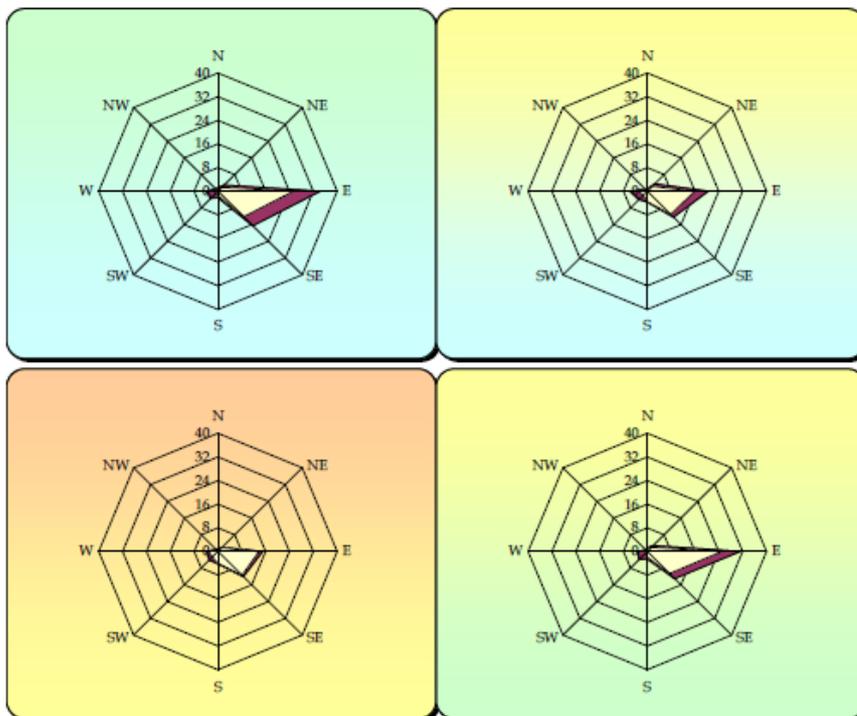


Figura 3-9 Rosa dei venti periodo 1971-2000 ore 00:00 fonte: Atlante Climatico Aeronautica Militare

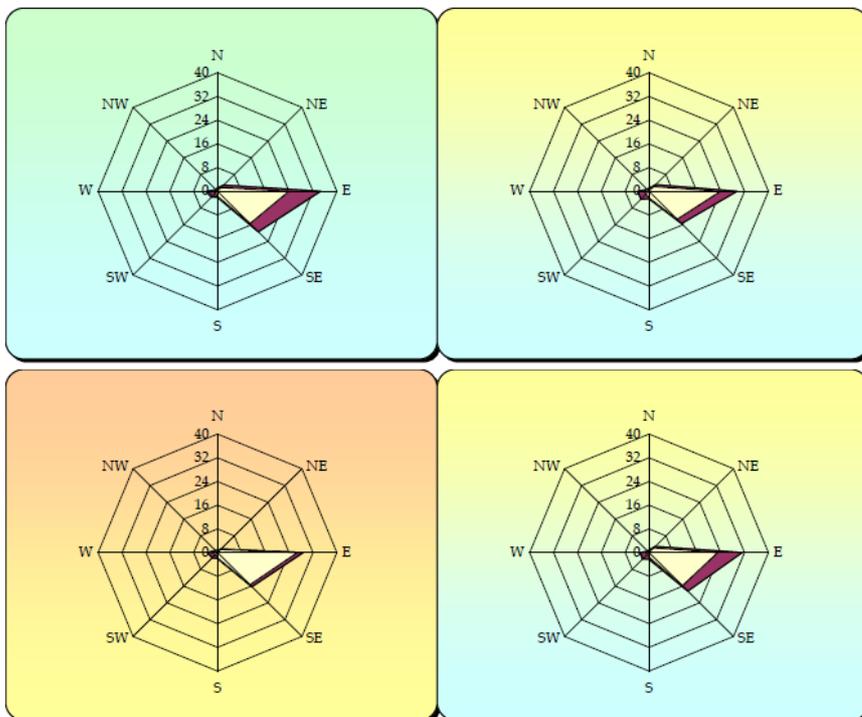


Figura 3-10 Rosa dei venti periodo 1971-2000 ore 06:00 fonte: Atlante Climatico Aeronautica Militare

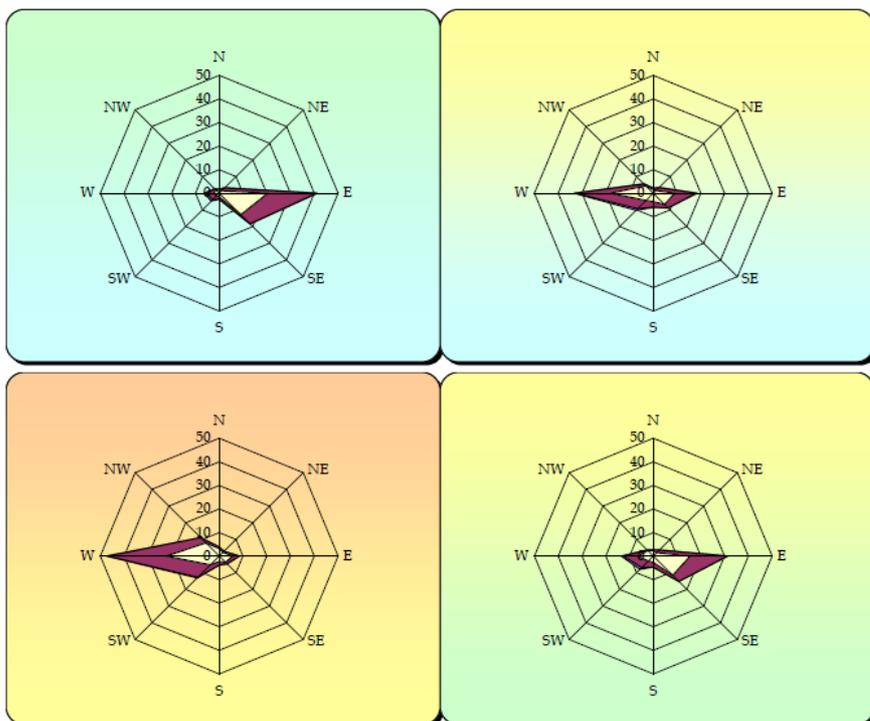


Figura 3-11 Rosa dei venti periodo 1971-2000 ore 12:00 fonte: Atlante Climatico Aeronautica Militare

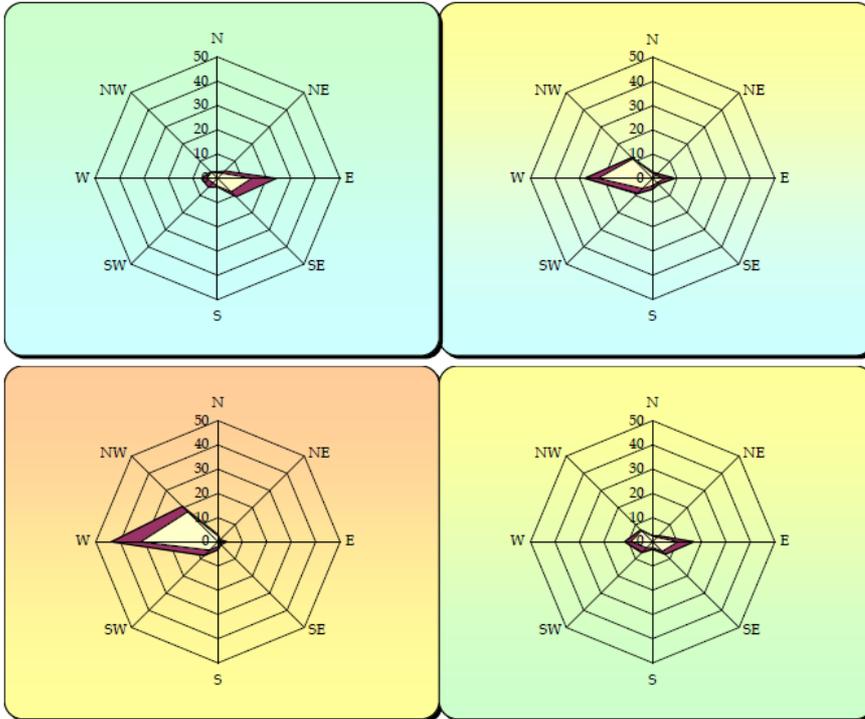


Figura 3-12 Rosa dei venti periodo 1971-2000 ore 18:00 fonte: Atlante Climatico Aeronautica Militare

3.2 IL DATO CONSIDERATO NELLE SIMULAZIONI MODELLISTICHE

I dati meteo a cui si è fatto riferimento per le successive analisi modellistiche sono stati rielaborati da AR-PAT-Settore Modellistica previsionale, sulla base di **dati WRF forniti dal Consorzio LaMMA**¹. Tali dati fanno riferimento all'anno 2014 e sono relativi al punto di coordinate UTM WGS84 F32N (622400 E, 4855000 N), posto alla periferia orientale della città di Lucca, come indicato in Figura 3-13.

¹ Si veda il sito internet di LaMMA: <http://www.lamma.rete.toscana.it/modelli/atmo/wrf-info-sul-modello>.

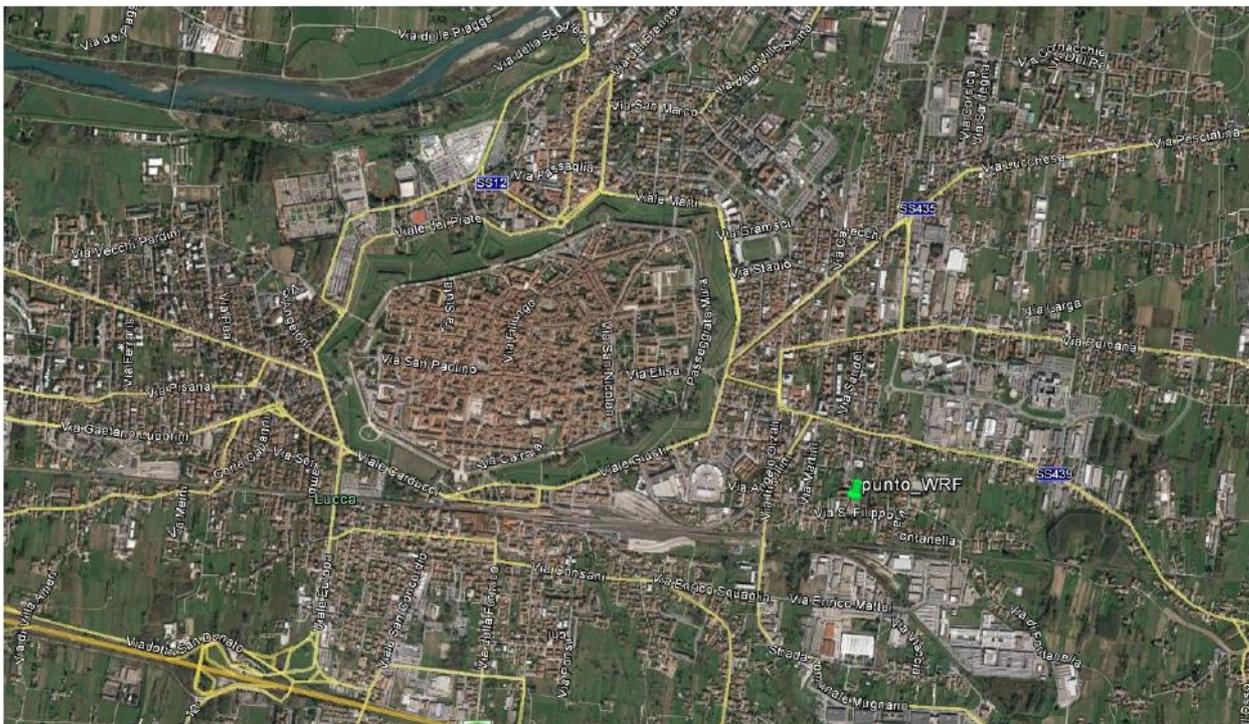


Figura 3-13 Posizione del punto cui si riferiscono i valori delle variabili meteorologiche ottenuti dal modello WRF di LaMMA

4 ANALISI EMISSIVA

4.1 ASPETTI GENERALI

Uno degli strumenti conoscitivi su cui si fonda l'operato regionale nell'ambito del processo di gestione della qualità dell'aria è costituito dall'**Inventario Regionale delle Sorgenti di Emissione in aria ambiente (IRSE)**. In particolare, l'inventario delle emissioni costituisce uno degli strumenti principali per lo studio delle pressioni e dello stato della qualità dell'aria, nonché per la definizione dei relativi Piani di tutela e risanamento. L'IRSE si configura, quindi, come strumento conoscitivo indispensabile nell'ambito del Piano Ambientale Energetico Regionale (PAER) e nell'ambito del Piano Regionale sulla Qualità dell'Aria (PRQA).

Si riportano, di seguito, le informazioni relative alle fonti emmissive ricavate dall'Inventario Regionale delle Sorgenti di Emissioni in atmosfera (IRSE) della Regione Toscana, relative all'ultimo anno disponibile, il 2010.

Dapprima sono forniti i dati di emissione dei parametri CO, CO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5} e SO_x relativi alla Regione Toscana, nonché alla provincia di Lucca e poi i dati di emissione relativi ai singoli Comuni interessati dall'opera (Lucca e Capannori). Tutti i dati sono disaggregati per macro - settore e sono relativi agli anni 1995, 2000, 2003, 2005, 2007 e 2010.

4.2 EMISSIONI REGIONALI: FONTE IRSE

Le tabelle seguenti riportano i valori di emissione generati dall'intera regione Toscana, suddivisi per macro - settore negli anni monitorati (1995 – 2000 – 2003 – 2005 – 2007 – 2010).

Macro - settore	CO (Mg/anno)	CO ₂ (Mg/anno)	NO _x (Mg/anno)	PM ₁₀ (Mg/anno)	PM _{2.5} (Mg/anno)	SO _x (Mg/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	2,595.68	10,139,671.26	15,807.28	1,348.93	996.44	75,331.52
02 Impianti di combustione non industriali	70,423.24	6,183,749.68	4,243.02	12,825.83	12,448.61	3,483.97
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	19,021.47	4,830,625.93	12,120.31	363.99	303.89	8,537.99
04 Processi produttivi	14,108.08	3,133,427.36	192.89	3,018.13	1,147.58	2,990.38
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	0.00	1,867,957.23	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	0.00	0.00	0.00	146.44	106.30	0.00
07 Trasporti stradali	414,215.60	7,044,654.59	66,466.73	4,605.91	4,207.74	5,586.84
08 Altre sorgenti mobili e macchine	3,607.21	810,219.08	12,980.09	566.51	562.99	4,146.32
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	77.63	264,824.14	484.17	12.47	11.81	336.93
10 Agricoltura	5.08	0.00	0.23	1,488.61	193.02	0.03
11 Altre sorgenti/Natura	3,046.11	44,666.79	85.40	370.09	370.09	28.47
Totale	527,100.10	34,319,796.07	112,380.13	24,746.90	20,348.46	100,442.44

Tabella 4-1 Valori di emissione regionali – anno 1995 Fonte: IRSE Regione Toscana

Macro - settore	CO (Mg/anno)	CO ₂ (Mg/anno)	NO _x (Mg/anno)	PM ₁₀ (Mg/anno)	PM _{2.5} (Mg/anno)	SO _x (Mg/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	2,871.68	10,573,706.76	15,675.23	1,848.14	1,414.12	66,754.65
02 Impianti di combustione non industriali	77,008.88	6,610,522.47	4,480.91	13,995.34	13,609.91	2,660.24
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	6,071.50	4,901,690.41	12,668.33	338.54	296.40	5,760.98

Macro - settore	CO (Mg/anno)	CO ₂ (Mg/anno)	NO _x (Mg/anno)	PM ₁₀ (Mg/anno)	PM _{2,5} (Mg/anno)	SO _x (Mg/anno)
04 Processi produttivi	12,694.29	4,111,560.56	198.82	3,086.23	1,125.46	1,750.50
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	0.00	1,867,960.15	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	0.00	0.00	0.00	143.47	103.34	0.00
07 Trasporti stradali	300,118.27	7,564,682.92	55,575.50	4,330.48	3,902.05	1,270.56
08 Altre sorgenti mobili e macchine	2,597.21	686,048.59	10,198.41	444.30	441.46	2,277.66
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	71.45	318,750.71	570.88	12.55	12.39	347.72
10 Agricoltura	4.95	0.00	0.22	1,674.97	186.24	0.03
11 Altre sorgenti/Natura	4,249.06	62,306.29	119.13	516.24	516.24	39.71
Totale	405,687.30	36,697,228.86	99,487.44	26,390.25	21,607.62	80,862.06

Tabella 4-2 Valori di emissione regionali – anno 2000 Fonte: IRSE Regione Toscana

Macro - settore	CO (Mg/anno)	CO ₂ (Mg/anno)	NO _x (Mg/anno)	PM ₁₀ (Mg/anno)	PM _{2,5} (Mg/anno)	SO _x (Mg/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	2,502.76	8,912,161.61	7,457.85	689.35	519.19	20,495.96
02 Impianti di combustione non industriali	84,175.09	6,750,890.31	4,539.84	15,248.32	14,868.03	1,325.94
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	5,308.05	4,784,923.37	13,440.49	173.50	164.82	3,460.01
04 Processi produttivi	25,306.93	3,881,551.67	301.70	2,879.84	805.66	2,227.20
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	0.00	2,081,977.86	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	0.00	0.00	0.00	71.32	55.19	0.00
07 Trasporti stradali	232,924.04	8,336,648.05	55,158.04	4,485.39	4,041.48	1,476.70
08 Altre sorgenti mobili e macchine	3,051.30	830,842.92	12,429.16	558.26	555.67	3,044.71
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	71.04	318,614.83	510.70	7.37	6.75	371.63
10 Agricoltura	66.21	0.00	2.96	986.70	128.51	0.41
11 Altre sorgenti/Natura	16,473.73	241,563.34	461.88	2,001.48	2,001.48	153.96
Totale	369,879.15	36,139,173.95	94,302.63	27,101.53	23,146.77	32,556.52

Tabella 4-3 Valori di emissione regionali – anno 2003 Fonte: IRSE Regione Toscana

Macro - settore	CO (Mg/anno)	CO ₂ (Mg/anno)	NO _x (Mg/anno)	PM ₁₀ (Mg/anno)	PM _{2,5} (Mg/anno)	SO _x (Mg/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	1,838.10	8,340,000.50	6,959.19	553.16	426.76	15,646.05
02 Impianti di combustione non industriali	98,251.49	7,678,542.35	5,138.09	17,813.41	17,373.02	1,307.70
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	6,100.12	4,965,160.31	15,756.03	207.21	201.51	2,946.48
04 Processi produttivi	29,540.22	3,808,415.80	386.67	3,266.93	965.31	1,956.13
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	0.00	1,936,868.64	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	0.00	0.00	0.00	35.47	31.36	0.00
07 Trasporti stradali	161,766.84	8,349,835.43	48,847.86	3,983.14	3,533.17	273.51
08 Altre sorgenti mobili e macchine	2,886.89	800,382.07	11,462.72	542.24	539.66	2,406.17
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	74.06	339,760.18	515.47	2.51	2.43	384.17
10 Agricoltura	3.32	0.00	0.15	1,449.06	152.13	0.02
11 Altre sorgenti/Natura	2,159.85	31,671.13	60.56	262.41	262.41	20.19
Totale	302,620.88	36,250,636.42	89,126.73	28,115.53	23,487.75	24,940.42

Tabella 4-4 Valori di emissione regionali – anno 2005 Fonte: IRSE Regione Toscana

Macro - settore	CO (Mg/anno)	CO ₂ (Mg/anno)	NO _x (Mg/anno)	PM ₁₀ (Mg/anno)	PM _{2,5} (Mg/anno)	SO _x (Mg/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	1,497.87	9,034,487.71	5,574.49	353.58	287.75	10,029.40
02 Impianti di combustione non industriali	87,671.09	6,808,457.30	4,541.25	15,882.03	15,491.46	1,035.61

Macro - settore	CO (Mg/anno)	CO ₂ (Mg/anno)	NO _x (Mg/anno)	PM ₁₀ (Mg/anno)	PM _{2,5} (Mg/anno)	SO _x (Mg/anno)
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	5,190.05	5,428,240.00	12,189.25	134.68	126.90	2,402.08
04 Processi produttivi	12,102.27	4,316,350.16	276.01	3,513.99	1,028.26	2,194.26
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	0.00	1,917,941.15	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	0.00	0.00	0.00	56.28	49.28	0.00
07 Trasporti stradali	121,673.88	8,381,262.37	44,840.90	3,568.54	3,104.84	271.04
08 Altre sorgenti mobili e macchine	2,709.87	772,229.39	11,430.63	540.15	537.49	2,727.11
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	76.82	347,198.53	498.48	3.13	3.07	399.73
10 Agricoltura	9.27	0.00	0.41	1,153.03	134.39	0.06
11 Altre sorgenti/Natura	3,272.82	47,991.15	91.76	397.63	397.63	30.59
Totale	234,203.93	37,054,157.74	79,443.20	25,603.04	21,161.07	19,089.86

Tabella 4-5 Valori di emissione regionali – anno 2007 Fonte: IRSE Regione Toscana

Macro - settore	CO (Mg/anno)	CO ₂ (Mg/anno)	NO _x (Mg/anno)	PM ₁₀ (Mg/anno)	PM _{2,5} (Mg/anno)	SO _x (Mg/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	1,361.33	6,397,240.08	3,721.20	168.84	141.71	4,786.20
02 Impianti di combustione non industriali	92,861.94	7,108,974.89	4,713.50	16,797.91	16,392.02	549.35
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	3,873.79	3,792,899.58	7,573.20	107.75	101.53	1,398.06
04 Processi produttivi	15,731.93	3,082,038.12	236.51	2,041.38	516.76	1,663.50
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	0.00	1,827,232.28	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	0.00	0.00	0.00	47.48	43.92	0.00
07 Trasporti stradali	97,963.83	7,771,478.55	38,714.81	3,139.27	2,663.79	49.36
08 Altre sorgenti mobili e macchine	2,588.89	736,871.59	11,022.36	387.16	384.95	525.64
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	72.13	432,412.59	526.72	2.65	2.62	380.30
10 Agricoltura	1.47	0.00	0.07	1,117.86	128.14	0.01
11 Altre sorgenti/Natura	381.04	5,587.34	10.68	46.29	46.29	3.56
Totale	214,836.34	31,154,735.01	66,519.04	23,856.58	20,421.73	9,355.98

Tabella 4-6 Valori di emissione regionali – anno 2010 Fonte: IRSE Regione Toscana

Alla luce dei dati emissivi registrati per i singoli inquinanti negli anni sopra citati, di seguito si riportano i valori sintetizzati totali delle emissioni degli inquinanti nei diversi anni. Come è possibile osservare dalla Tabella 4-7 dal 1995 al 2010 le emissioni della regione Toscana si sono ridotte notevolmente. La loro riduzione, però risulta più lineare dal 2003 al 2010: in tabella si riporta il valore percentuale di riduzione di emissioni.

Inquinanti	1995	2000	2003	2005	2007	2010	Riduzione % dal 2003 al 2010
CO (Mg/anno)	527,100.10	405,687.30	369,879.15	302,620.88	234,203.93	214,836.34	41.9%
CO₂ (Mg/anno)	34,319,796.07	36,697,228.86	36,139,173.95	36,250,636.42	37,054,157.74	31,154,735.01	13.8%
NO_x (Mg/anno)	112,380.13	99,487.44	94,302.63	89,126.73	79,443.20	66,519.04	29.5%
PM₁₀ (Mg/anno)	24,746.90	26,390.25	27,101.53	28,115.53	25,603.04	23,856.58	12.0%
PM_{2,5} (Mg/anno)	20,348.46	21,607.62	23,146.77	23,487.75	21,161.07	20,421.73	11.8%
SO_x (Mg/anno)	100,442.44	80,862.06	32,556.52	24,940.42	19,089.86	9,355.98	71.3%

Tabella 4-7 Sintesi emissioni totali regionali Fonte: IRSE Regione Toscana

Di seguito si riporta la rappresentazione grafica delle emissioni di CO, CO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2,5} e SO_x, suddivise nei diversi macro - settori indicati nelle tabelle precedenti e nei differenti anni di registrazione.

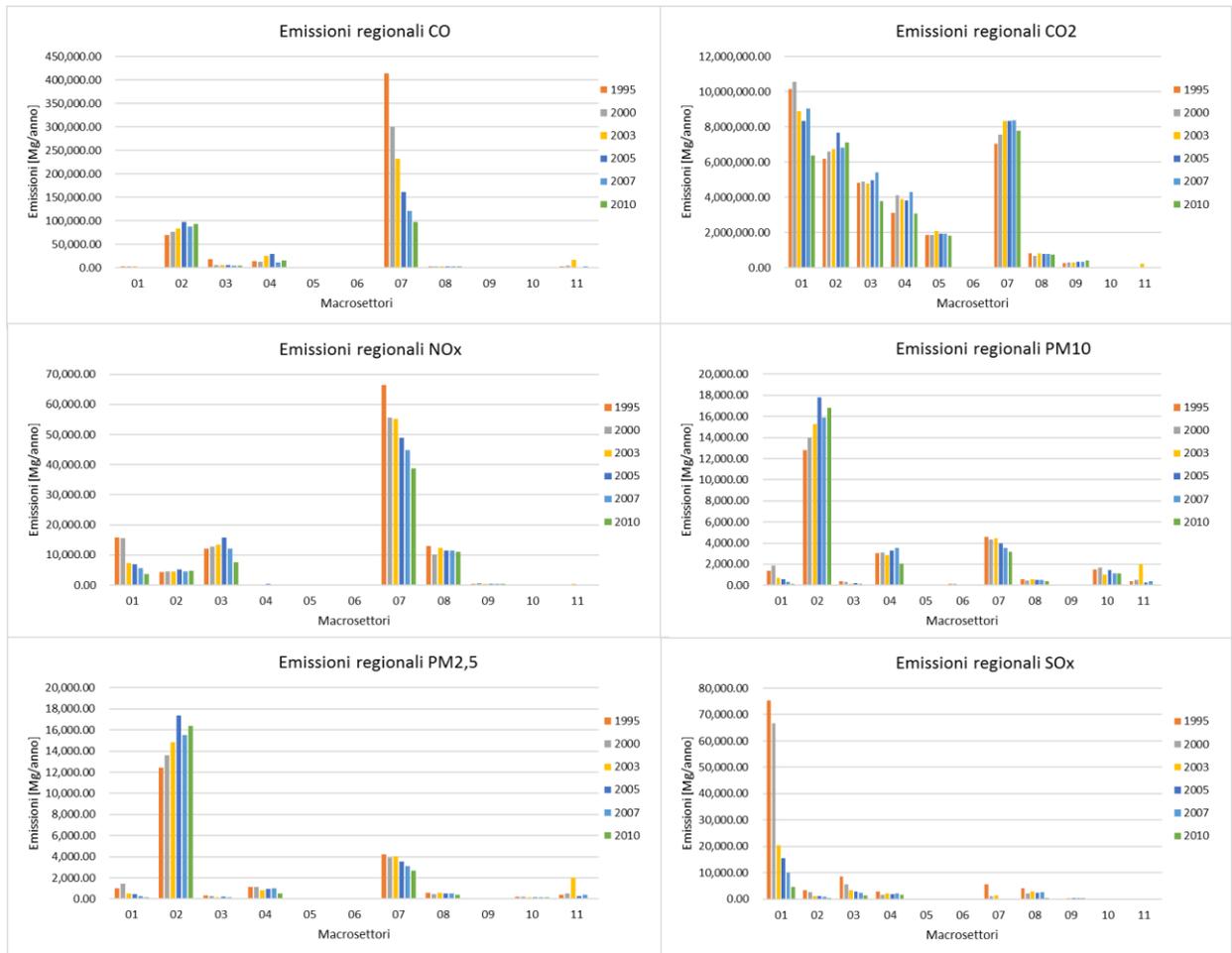


Figura 4-1 Emissioni regionali anni 1995-2000-2003-2005-2007-2010 Fonte: elaborazione dati IRSE

4.3 EMISSIONI PROVINCIALI: FONTE IRSE

Con riferimento alla Provincia di Lucca in cui è inserito l'intervento in esame, di seguito si riportano i valori emissivi relativi ai differenti macro - settori nei diversi anni di riferimento (1995 – 2000 – 2003 – 2005 – 2007 – 2010).

Macro - settore	CO (Mg/anno)	CO ₂ (Mg/anno)	NO _x (Mg/anno)	PM ₁₀ (Mg/anno)	PM _{2,5} (Mg/anno)	SO _x (Mg/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02 Impianti di combustione non industriali	11,758.89	779,712.57	514.23	2,162.68	2,102.84	411.69
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	2,020.70	686,819.64	2,106.79	95.81	63.17	1,646.59
04 Processi produttivi	0.23	12,978.71	17.74	270.41	84.32	34.70
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	0.00	11.40	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07 Trasporti stradali	42,961.19	724,984.40	6,761.59	474.70	434.15	573.80
08 Altre sorgenti mobili e macchine	328.00	39,114.42	590.72	21.40	20.95	67.14
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10 Agricoltura	0.09	0.00	0.00	63.58	9.06	0.00
11 Altre sorgenti/Natura	323.32	4,741.06	9.07	39.28	39.28	3.02
Totale	57,392.50	2,248,362.21	10,000.15	3,127.87	2,753.77	2,736.94

Tabella 4-8 Valori di emissione provinciali – anno 1995 Fonte: IRSE Regione Toscana

Macro - settore	CO (Mg/anno)	CO ₂ (Mg/anno)	NO _x (Mg/anno)	PM ₁₀ (Mg/anno)	PM _{2,5} (Mg/anno)	SO _x (Mg/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	64.91	311,293.54	170.65	1.11	1.11	1.56
02 Impianti di combustione non industriali	13,016.47	845,205.30	549.52	2,389.79	2,326.74	313.41
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	1,428.07	791,256.38	1,540.03	61.77	53.62	444.73
04 Processi produttivi	0.20	10,048.72	20.83	286.15	93.65	5.98
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	0.00	12.29	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07 Trasporti stradali	30,966.43	797,678.52	5,857.57	453.75	409.44	133.53
08 Altre sorgenti mobili e macchine	159.43	31,930.63	508.99	17.07	16.66	7.42
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	0.55	7,700.00	11.78	1.50	1.50	0.96
10 Agricoltura	0.09	0.00	0.00	58.64	7.91	0.00
11 Altre sorgenti/Natura	1,539.92	22,580.77	43.18	187.09	187.09	14.39
Totale	47,176.06	2,817,706.16	8,702.54	3,456.88	3,097.72	921.99

Tabella 4-9 Valori di emissione provinciali – anno 2000 Fonte: IRSE Regione Toscana

Macro - settore	CO (Mg/anno)	CO ₂ (Mg/anno)	NO _x (Mg/anno)	PM ₁₀ (Mg/anno)	PM _{2,5} (Mg/anno)	SO _x (Mg/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	58.30	336,323.00	154.60	1.22	1.22	1.71
02 Impianti di combustione non industriali	14,257.47	882,788.32	569.56	2,610.46	2,546.09	163.52
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	1,045.84	1,077,677.56	1,708.57	49.53	45.10	288.39
04 Processi produttivi	0.18	2,628.51	18.90	341.00	55.71	5.70
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	0.00	14.15	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07 Trasporti stradali	23,745.89	873,756.40	5,758.59	468.57	422.92	154.88

Macro - settore	CO (Mg/anno)	CO ₂ (Mg/anno)	NO _x (Mg/anno)	PM ₁₀ (Mg/anno)	PM _{2,5} (Mg/anno)	SO _x (Mg/anno)
08 Altre sorgenti mobili e macchine	166.88	35,954.70	534.47	19.64	19.27	7.93
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	0.58	7,865.90	12.03	1.54	1.03	0.98
10 Agricoltura	1.09	0.00	0.05	37.30	5.62	0.01
11 Altre sorgenti/Natura	5,970.33	87,546.28	167.39	725.37	725.37	55.80
Totale	45,246.57	3,304,554.83	8,924.16	4,254.63	3,822.33	678.92

Tabella 4-10 Valori di emissione provinciali – anno 2003 Fonte: IRSE Regione Toscana

Macro - settore	CO (Mg/anno)	CO ₂ (Mg/anno)	NO _x (Mg/anno)	PM ₁₀ (Mg/anno)	PM _{2,5} (Mg/anno)	SO _x (Mg/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	52.75	306,384.00	195.68	1.11	1.11	1.56
02 Impianti di combustione non industriali	16,727.38	1,126,230.81	735.24	3,055.08	2,980.21	164.36
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	1,868.29	1,288,385.34	1,951.13	144.21	141.96	225.12
04 Processi produttivi	0.18	701.07	22.18	414.73	68.79	4.00
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	0.00	21.70	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07 Trasporti stradali	16,260.19	897,796.09	5,342.14	427.77	381.00	29.34
08 Altre sorgenti mobili e macchine	165.17	37,883.35	572.47	20.78	20.37	3.35
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	0.64	8,673.00	13.27	0.03	0.03	1.08
10 Agricoltura	0.05	0.00	0.00	234.22	18.91	0.00
11 Altre sorgenti/Natura	514.88	7,549.91	14.44	62.56	62.56	4.81
Totale	35,589.53	3,673,625.28	8,846.55	4,360.48	3,674.92	433.61

Tabella 4-11 Valori di emissione provinciali – anno 2005 Fonte: IRSE Regione Toscana

Macro - settore	CO (Mg/anno)	CO ₂ (Mg/anno)	NO _x (Mg/anno)	PM ₁₀ (Mg/anno)	PM _{2,5} (Mg/anno)	SO _x (Mg/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	79.05	317,959.60	200.84	1.17	1.17	1.65
02 Impianti di combustione non industriali	14,902.75	1,007,902.13	657.10	2,720.79	2,654.34	131.72
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	1,379.55	1,030,760.84	1,640.44	48.77	47.97	192.72
04 Processi produttivi	0.26	636.55	23.12	471.31	81.40	5.00
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	0.00	11.96	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07 Trasporti stradali	11,807.50	882,690.95	4,798.56	378.52	330.77	28.48
08 Altre sorgenti mobili e macchine	153.98	36,083.62	554.36	19.74	19.33	3.11
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	1.11	7,700.00	5.47	0.03	0.03	0.17
10 Agricoltura	0.15	0.00	0.01	37.75	5.67	0.00
11 Altre sorgenti/Natura	1,145.47	16,796.66	32.12	139.17	139.17	10.71
Totale	29,469.83	3,300,542.31	7,912.01	3,817.25	3,279.85	373.56

Tabella 4-12 Valori di emissione provinciali – anno 2007 Fonte: IRSE Regione Toscana

Macro - settore	CO (Mg/anno)	CO ₂ (Mg/anno)	NO _x (Mg/anno)	PM ₁₀ (Mg/anno)	PM _{2,5} (Mg/anno)	SO _x (Mg/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	56.24	353,790.00	297.48	1.25	1.25	1.75
02 Impianti di combustione non industriali	15,780.94	1,015,923.44	655.12	2,879.93	2,810.45	77.26
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	1,165.16	840,952.90	1,130.36	30.29	30.07	95.26
04 Processi produttivi	0.26	609.57	0.00	227.14	22.26	0.00
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	0.00	13.32	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Macro - settore	CO (Mg/anno)	CO ₂ (Mg/anno)	NO _x (Mg/anno)	PM ₁₀ (Mg/anno)	PM _{2.5} (Mg/anno)	SO _x (Mg/anno)
07 Trasporti stradali	9,639.60	810,625.70	4,100.36	327.96	279.49	5.14
08 Altre sorgenti mobili e macchine	151.13	37,043.00	560.06	19.91	19.53	3.14
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	1.73	18,064.59	19.11	0.04	0.04	0.97
10 Agricoltura	0.03	0.00	0.00	29.80	4.12	0.00
11 Altre sorgenti/Natura	7.95	116.61	0.22	0.97	0.97	0.07
Totale	26,803.04	3,077,139.12	6,762.72	3,517.28	3,168.17	183.61

Tabella 4-13 Valori di emissione provinciali – anno 2010 Fonte: IRSE Regione Toscana

Alla luce dei dati emissivi registrati per i singoli inquinanti negli anni sopra citati, di seguito si riportano i valori sintetizzati totali delle emissioni provinciali degli inquinanti nei diversi anni. Come è possibile osservare dalla tabella seguente, dal 1995 al 2010 le emissioni della provincia di Lucca si sono ridotte notevolmente. La loro riduzione, però risulta più lineare dal 2003 al 2010: in tabella si riporta il valore percentuale di riduzione di emissioni.

Inquinanti	1995	2000	2003	2005	2007	2010	Riduzione % dal 2003 al 2010
CO (Mg/anno)	57,392.50	47,176.06	45,246.57	35,589.53	29,469.83	26,803.04	40.8%
CO₂ (Mg/anno)	2,248,362.21	2,817,706.16	3,304,554.83	3,673,625.28	3,300,542.31	3,077,139.12	6.9%
NO_x (Mg/anno)	10,000.15	8,702.54	8,924.16	8,846.55	7,912.01	6,762.72	24.2%
PM₁₀ (Mg/anno)	3,127.87	3,456.88	4,254.63	4,360.48	3,817.25	3,517.28	17.3%
PM_{2.5} (Mg/anno)	2,753.77	3,097.72	3,822.33	3,674.92	3,279.85	3,168.17	17.1%
SO_x (Mg/anno)	2,736.94	921.99	678.92	433.61	373.56	183.61	73.0%

Tabella 4-14 Sintesi emissioni totali provinciali Fonte: IRSE Regione Toscana

Di seguito si riporta la rappresentazione grafica delle emissioni provinciali di CO, CO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5} e SO_x, suddivise nei diversi macro - settori e nei differenti anni di registrazione.

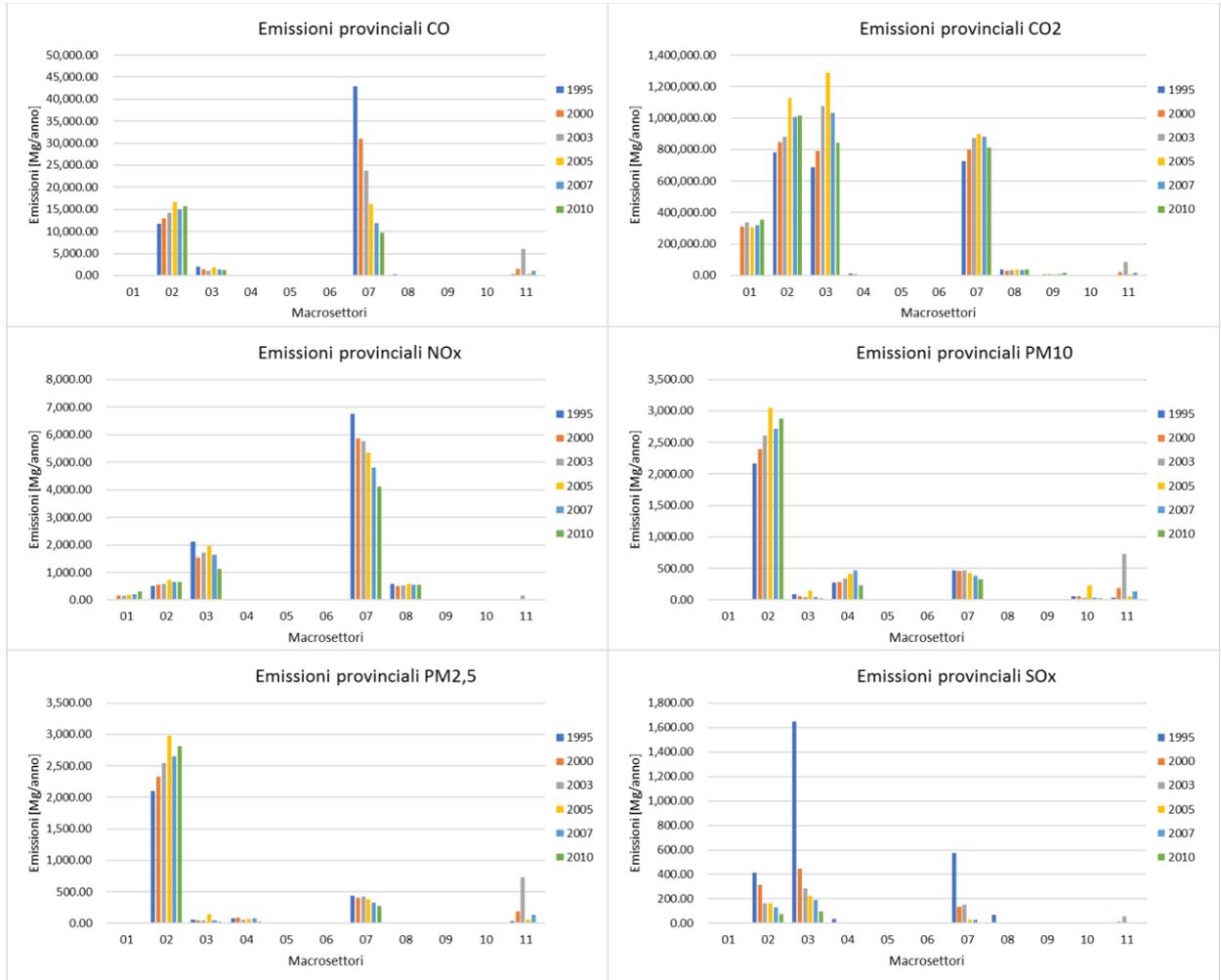


Figura 4-2 Emissioni provinciali anni 1995-2000-2003-2005-2007-2010 Fonte: elaborazione dati IRSE

4.4 EMISSIONI COMUNE DI LUCCA: FONTE IRSE

Relativamente ai valori di emissione degli inquinanti generati dalle sorgenti presenti nel comune di Lucca, è possibile far riferimento alle seguenti tabelle in cui sono indicati i valori di emissione registrati nei differenti anni ed in funzione dei diversi macro – settori.

Macro - settore	CO (Mg/anno)	CO ₂ (Mg/anno)	NO _x (Mg/anno)	PM ₁₀ (Mg/anno)	PM _{2,5} (Mg/anno)	SO _x (Mg/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02 Impianti di combustione non industriali	1,263.12	163,059.49	115.48	229.01	221.72	85.89
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	64.38	87,668.75	164.64	21.93	16.25	779.39
04 Processi produttivi	0.00	10,357.14	0.00	60.09	11.31	0.00
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	0.00	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07 Trasporti stradali	9,631.67	162,045.19	1,500.75	106.20	97.22	128.25
08 Altre sorgenti mobili e macchine	28.19	6,247.53	78.87	3.34	3.30	7.81
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Macro - settore	CO (Mg/anno)	CO ₂ (Mg/anno)	NO _x (Mg/anno)	PM ₁₀ (Mg/anno)	PM _{2,5} (Mg/anno)	SO _x (Mg/anno)
10 Agricoltura	0.01	0.00	0.00	10.26	1.33	0.00
11 Altre sorgenti/Natura	10.98	160.96	0.31	1.33	1.33	0.10
Totale	10,998.36	429,541.95	1,860.04	432.15	352.46	1,001.44

Tabella 4-15 Valori di emissione Comune di Lucca – anno 1995 Fonte: IRSE Regione Toscana

Macro - settore	CO (Mg/anno)	CO ₂ (Mg/anno)	NO _x (Mg/anno)	PM ₁₀ (Mg/anno)	PM _{2,5} (Mg/anno)	SO _x (Mg/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02 Impianti di combustione non industriali	1,656.43	163,348.31	111.58	301.07	292.55	59.33
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	58.97	79,992.43	85.15	0.79	0.79	7.39
04 Processi produttivi	0.00	7,429.82	0.00	58.06	5.66	0.00
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	0.00	2.76	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07 Trasporti stradali	6,639.08	169,976.67	1,247.95	97.34	87.94	28.50
08 Altre sorgenti mobili e macchine	19.08	5,004.80	62.39	2.69	2.66	1.10
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10 Agricoltura	0.01	0.00	0.00	9.44	1.10	0.00
11 Altre sorgenti/Natura	52.66	772.19	1.48	6.40	6.40	0.49
Totale	8,426.23	426,526.98	1,508.54	475.79	397.11	96.80

Tabella 4-16 Valori di emissione Comune di Lucca – anno 2000 Fonte: IRSE Regione Toscana

Macro - settore	CO (Mg/anno)	CO ₂ (Mg/anno)	NO _x (Mg/anno)	PM ₁₀ (Mg/anno)	PM _{2,5} (Mg/anno)	SO _x (Mg/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02 Impianti di combustione non industriali	1,811.21	164,774.68	111.77	328.06	319.81	26.32
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	49.66	89,549.74	93.14	0.97	0.97	4.65
04 Processi produttivi	0.00	35.29	0.00	57.56	5.46	0.00
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	0.00	2.92	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07 Trasporti stradali	5,101.06	189,982.00	1,249.16	101.92	92.10	33.66
08 Altre sorgenti mobili e macchine	21.36	5,744.47	69.21	3.16	3.13	1.26
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10 Agricoltura	0.16	0.00	0.01	6.03	0.75	0.00
11 Altre sorgenti/Natura	204.17	2,993.81	5.72	24.81	24.81	1.91
Totale	7,187.63	453,082.90	1,529.01	522.52	447.03	67.80

Tabella 4-17 Valori di emissione Comune di Lucca – anno 2003 Fonte: IRSE Regione Toscana

Macro - settore	CO (Mg/anno)	CO ₂ (Mg/anno)	NO _x (Mg/anno)	PM ₁₀ (Mg/anno)	PM _{2,5} (Mg/anno)	SO _x (Mg/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02 Impianti di combustione non industriali	2,119.86	192,485.23	130.44	383.78	374.22	25.77
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	40.52	82,373.57	79.16	0.83	0.83	4.07
04 Processi produttivi	0.00	37.74	0.00	79.21	7.58	0.00
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	0.00	3.38	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07 Trasporti stradali	3,488.81	204,379.88	1,236.95	97.24	86.91	6.66
08 Altre sorgenti mobili e macchine	25.16	6,918.99	80.65	3.85	3.82	0.22

Macro - settore	CO (Mg/anno)	CO ₂ (Mg/anno)	NO _x (Mg/anno)	PM ₁₀ (Mg/anno)	PM _{2,5} (Mg/anno)	SO _x (Mg/anno)
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10 Agricoltura	0.01	0.00	0.00	35.32	2.73	0.00
11 Altre sorgenti/Natura	24.07	352.90	0.67	2.92	2.92	0.22
Totale	5,698.43	486,551.69	1,527.87	603.14	479.02	36.95

Tabella 4-18 Valori di emissione Comune di Lucca – anno 2005 Fonte: IRSE Regione Toscana

Macro - settore	CO (Mg/anno)	CO ₂ (Mg/anno)	NO _x (Mg/anno)	PM ₁₀ (Mg/anno)	PM _{2,5} (Mg/anno)	SO _x (Mg/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02 Impianti di combustione non industriali	1,901.98	210,347.59	145.09	341.71	333.26	20.56
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	55.02	71,619.28	101.06	0.75	0.75	0.66
04 Processi produttivi	0.00	28.32	0.00	12.25	0.62	0.00
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	0.00	2.80	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07 Trasporti stradali	2,431.58	190,177.66	1,064.24	82.74	72.60	6.14
08 Altre sorgenti mobili e macchine	22.74	6,262.89	73.92	3.48	3.45	0.20
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10 Agricoltura	0.03	0.00	0.00	6.26	0.81	0.00
11 Altre sorgenti/Natura	45.19	662.65	1.27	5.49	5.49	0.42
Totale	4,456.54	479,101.20	1,385.57	452.69	416.98	27.97

Tabella 4-19 Valori di emissione Comune di Lucca – anno 2007 Fonte: IRSE Regione Toscana

Macro - settore	CO (Mg/anno)	CO ₂ (Mg/anno)	NO _x (Mg/anno)	PM ₁₀ (Mg/anno)	PM _{2,5} (Mg/anno)	SO _x (Mg/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02 Impianti di combustione non industriali	2,017.30	223,881.41	154.22	361.59	352.83	11.41
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	25.88	73,727.20	43.24	1.15	1.15	0.61
04 Processi produttivi	0.00	23.73	0.00	11.79	0.60	0.00
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	0.00	3.09	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07 Trasporti stradali	2,016.04	174,703.22	890.78	70.64	60.36	1.11
08 Altre sorgenti mobili e macchine	19.77	5,437.28	62.91	2.99	2.97	0.17
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10 Agricoltura	0.00	0.00	0.00	3.59	0.40	0.00
11 Altre sorgenti/Natura	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totale	4,078.99	477,775.94	1,151.14	451.75	418.32	13.29

Tabella 4-20 Valori di emissione Comune di Lucca – anno 2010 Fonte: IRSE Regione Toscana

Alla luce dei dati emissivi registrati per i singoli inquinanti negli anni di riferimento, di seguito si riportano i valori sintetizzati totali delle emissioni degli inquinanti prodotti nel comune di Lucca nei diversi anni. Come è possibile osservare dalla tabella seguente, dal 1995 al 2010 le emissioni del comune di Lucca si sono ridotte notevolmente. La loro riduzione risulta più lineare dal 2003 al 2010 ad eccezione della CO₂ che aumenta leggermente: in tabella si riporta il valore percentuale di riduzione di emissioni.

Inquinanti	1995	2000	2003	2005	2007	2010	Riduzione % dal 2003 al 2010
CO (Mg/anno)	10,998.36	8,426.23	7,187.63	5,698.43	4,456.54	4,078.99	43.2%

Inquinanti	1995	2000	2003	2005	2007	2010	Riduzione % dal 2003 al 2010
CO₂ (Mg/anno)	429,541.95	426,526.98	453,082.90	486,551.69	479,101.20	477,775.94	-5.5%
NO_x (Mg/anno)	1,860.04	1,508.54	1,529.01	1,527.87	1,385.57	1,151.14	24.7%
PM₁₀ (Mg/anno)	432.15	475.79	522.52	603.14	452.69	451.75	13.5%
PM_{2,5} (Mg/anno)	352.46	397.11	447.03	479.02	416.98	418.32	6.4%
SO_x (Mg/anno)	1,001.44	96.80	67.80	36.95	27.97	13.29	80.4%

Tabella 4-21 Sintesi emissioni totali Comune di Lucca Fonte: IRSE Regione Toscana

Di seguito si riporta la rappresentazione grafica delle emissioni di CO, CO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5} e SO_x prodotte dal Comune di Lucca, suddivise nei diversi macro - settori e nei differenti anni di registrazione.

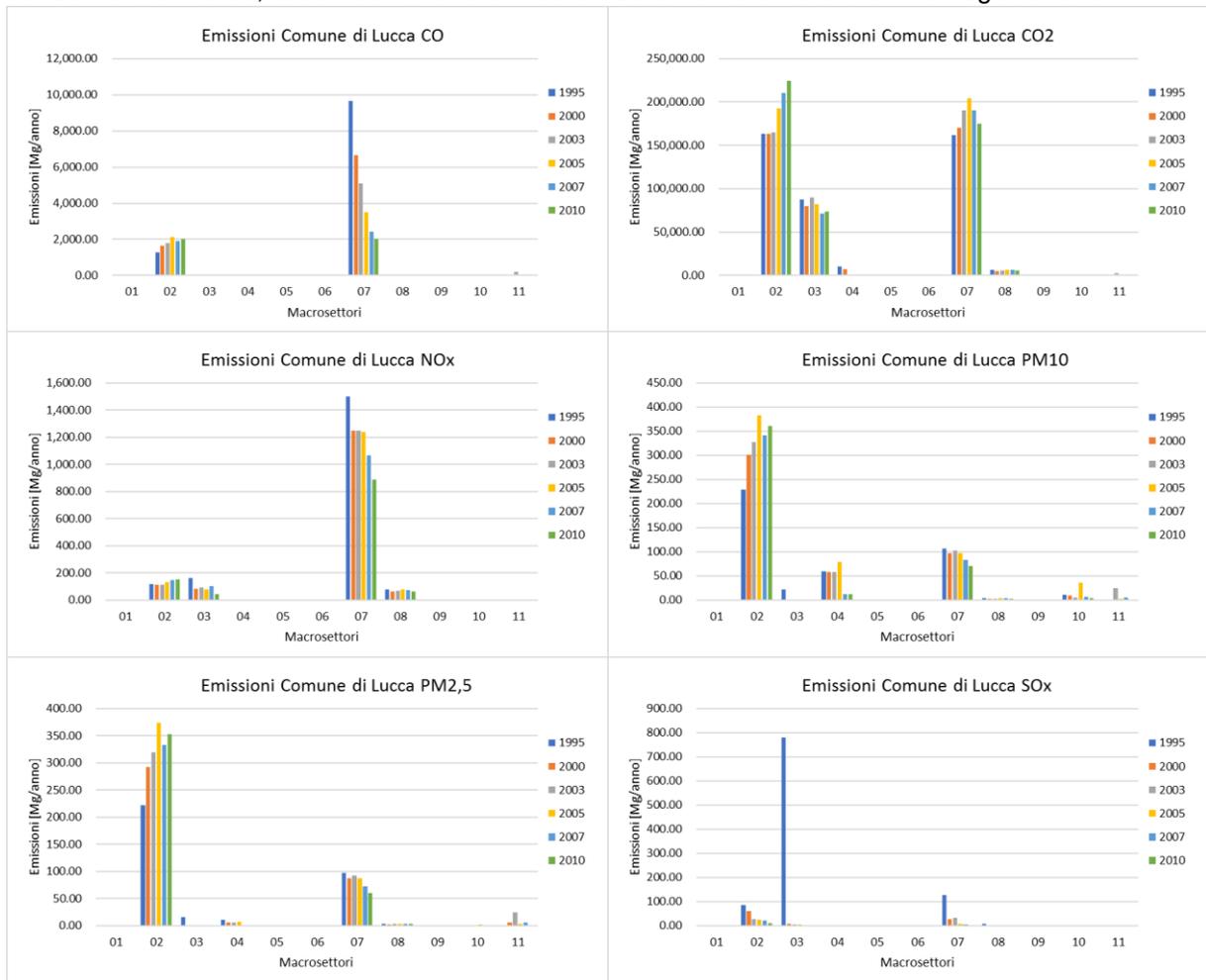


Figura 4-3 Emissioni Comune di Lucca anni 1995-2000-2003-2005-2007-2010 Fonte: elaborazione dati IRSE

4.5 EMISSIONI COMUNE DI CAPANNORI: FONTE IRSE

Relativamente ai valori di emissione degli inquinanti generati dalle sorgenti presenti nel comune di Capannori, è possibile far riferimento alle seguenti tabelle in cui sono indicati i valori di emissione registrati nei differenti anni ed in funzione dei diversi macro – settori.

Macro - settore	CO (Mg/anno)	CO ₂ (Mg/anno)	NO _x (Mg/anno)	PM ₁₀ (Mg/anno)	PM _{2.5} (Mg/anno)	SO _x (Mg/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02 Impianti di combustione non industriali	1,759.70	99,239.23	64.40	324.15	315.74	45.18
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	7.25	48,173.07	92.16	0.23	0.23	0.32
04 Processi produttivi	0.00	25.95	0.00	14.07	0.77	0.00
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	0.00	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07 Trasporti stradali	5,288.26	92,195.05	879.23	59.84	54.58	72.77
08 Altre sorgenti mobili e macchine	18.88	3,633.11	39.70	2.13	2.13	4.53
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10 Agricoltura	0.03	0.00	0.00	11.66	1.52	0.00
11 Altre sorgenti/Natura	10.26	150.45	0.29	1.25	1.25	0.10
Totale	7,084.37	243,417.59	1,075.77	413.33	376.22	122.90

Tabella 4-22 Valori di emissione Comune di Capannori – anno 1995 Fonte: IRSE Regione Toscana

Macro - settore	CO (Mg/anno)	CO ₂ (Mg/anno)	NO _x (Mg/anno)	PM ₁₀ (Mg/anno)	PM _{2.5} (Mg/anno)	SO _x (Mg/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02 Impianti di combustione non industriali	1,752.74	93,989.49	59.33	323.01	314.81	34.48
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	4.11	49,740.15	81.43	0.25	0.25	0.25
04 Processi produttivi	0.00	30.45	0.00	14.18	0.78	0.00
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07 Trasporti stradali	3,782.26	97,611.19	719.10	55.24	49.68	16.36
08 Altre sorgenti mobili e macchine	10.86	2,618.53	28.90	1.50	1.50	0.57
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10 Agricoltura	0.03	0.00	0.00	11.39	1.23	0.00
11 Altre sorgenti/Natura	599.13	8,785.35	16.80	72.79	72.79	5.60
Totale	6,149.13	252,776.15	905.55	478.36	441.05	57.27

Tabella 4-23 Valori di emissione Comune di Capannori – anno 2000 Fonte: IRSE Regione Toscana

Macro - settore	CO (Mg/anno)	CO ₂ (Mg/anno)	NO _x (Mg/anno)	PM ₁₀ (Mg/anno)	PM _{2.5} (Mg/anno)	SO _x (Mg/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02 Impianti di combustione non industriali	1,921.23	100,484.76	63.01	353.22	344.61	21.57
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	44.81	86,310.74	123.66	1.09	1.09	0.43
04 Processi produttivi	0.00	26.63	0.00	14.18	0.78	0.00
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	0.00	1.15	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07 Trasporti stradali	2,961.51	108,777.61	719.34	57.49	51.67	19.20
08 Altre sorgenti mobili e macchine	13.52	3,467.87	37.88	2.01	2.01	0.76
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10 Agricoltura	0.36	0.00	0.02	7.48	0.89	0.00
11 Altre sorgenti/Natura	2,322.84	34,061.04	65.13	282.21	282.21	21.71
Totale	7,264.27	333,129.80	1,009.04	717.68	683.26	63.67

Tabella 4-24 Valori di emissione Comune di Capannori – anno 2003 Fonte: IRSE Regione Toscana

Macro - settore	CO (Mg/anno)	CO ₂ (Mg/anno)	NO _x (Mg/anno)	PM ₁₀ (Mg/anno)	PM _{2.5} (Mg/anno)	SO _x (Mg/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02 Impianti di combustione non industriali	2,247.20	112,544.14	69.78	413.33	403.28	21.91
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	42.19	86,884.30	124.07	1.08	1.08	0.44
04 Processi produttivi	0.00	28.64	0.00	14.99	0.87	0.00
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	0.00	2.21	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07 Trasporti stradali	2,043.50	106,958.75	618.90	49.97	44.16	3.50
08 Altre sorgenti mobili e macchine	13.09	3,407.87	37.00	2.00	2.00	0.11
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10 Agricoltura	0.02	0.00	0.00	57.28	4.26	0.00
11 Altre sorgenti/Natura	37.13	544.50	1.04	4.51	4.51	0.35
Totale	4,383.12	310,370.41	850.79	543.15	460.16	26.29

Tabella 4-25 Valori di emissione Comune di Capannori – anno 2005 Fonte: IRSE Regione Toscana

Macro - settore	CO (Mg/anno)	CO ₂ (Mg/anno)	NO _x (Mg/anno)	PM ₁₀ (Mg/anno)	PM _{2.5} (Mg/anno)	SO _x (Mg/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02 Impianti di combustione non industriali	2,006.25	110,895.98	69.95	368.15	359.22	17.72
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	32.28	73,309.41	179.61	3.03	2.96	1.98
04 Processi produttivi	0.00	21.73	0.00	12.80	0.65	0.00
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07 Trasporti stradali	1,566.17	106,922.44	558.01	44.70	38.71	3.45
08 Altre sorgenti mobili e macchine	12.13	3,173.43	34.47	1.87	1.86	0.10
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10 Agricoltura	0.03	0.00	0.00	6.77	0.81	0.00
11 Altre sorgenti/Natura	35.60	522.06	1.00	4.33	4.33	0.33
Totale	3,652.47	294,845.08	843.05	441.64	408.54	23.58

Tabella 4-26 Valori di emissione Comune di Capannori – anno 2007 Fonte: IRSE Regione Toscana

Macro - settore	CO (Mg/anno)	CO ₂ (Mg/anno)	NO _x (Mg/anno)	PM ₁₀ (Mg/anno)	PM _{2.5} (Mg/anno)	SO _x (Mg/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02 Impianti di combustione non industriali	2,126.02	114,441.84	71.43	389.75	380.37	10.40
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	44.48	84,895.89	93.99	0.94	0.94	0.46
04 Processi produttivi	0.00	17.31	0.00	9.44	0.48	0.00
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07 Trasporti stradali	1,309.96	102,336.70	499.62	40.70	34.50	0.65
08 Altre sorgenti mobili e macchine	13.35	3,574.61	39.13	2.02	2.02	0.11
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10 Agricoltura	0.01	0.00	0.00	5.45	0.61	0.00
11 Altre sorgenti/Natura	2.29	33.55	0.06	0.28	0.28	0.02
Totale	3,496.10	305,299.93	704.23	448.57	419.19	11.64

Tabella 4-27 Valori di emissione Comune di Capannori – anno 2010 Fonte: IRSE Regione Toscana

Alla luce dei dati emissivi registrati per i singoli inquinanti negli anni di riferimento, di seguito si riportano i valori sintetizzati totali delle emissioni degli inquinanti prodotti nel comune di Capannori nei diversi anni. Come è possibile osservare dalla tabella seguente, dal 1995 al 2010 le emissioni del comune si sono ridotte notevolmente. La loro riduzione, come per il Comune di Lucca, risulta più lineare dal 2003 al 2010: In tabella si riporta il valore percentuale di riduzione di emissioni.

Inquinanti	1995	2000	2003	2005	2007	2010	Riduzione % dal 2003 al 2010
CO (Mg/anno)	7,084.37	6,149.13	7,264.27	4,383.12	3,652.47	3,496.10	51.9%
CO₂ (Mg/anno)	243,417.59	252,776.15	333,129.80	310,370.41	294,845.08	305,299.93	8.4%
NO_x (Mg/anno)	1,075.77	905.55	1,009.04	850.79	843.05	704.23	30.2%
PM₁₀ (Mg/anno)	413.33	478.36	717.68	543.15	441.64	448.57	37.5%
PM_{2,5} (Mg/anno)	376.22	441.05	683.26	460.16	408.54	419.19	38.6%
SO_x (Mg/anno)	122.90	57.27	63.67	26.29	23.58	11.64	81.7%

Tabella 4-28 Sintesi emissioni totali Comune di Lucca Fonte: IRSE Regione Toscana

Di seguito si riporta la rappresentazione grafica delle emissioni di CO, CO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2,5} e SO_x prodotte dal Comune di Capannori, suddivise nei diversi macro - settori e nei differenti anni di registrazione.

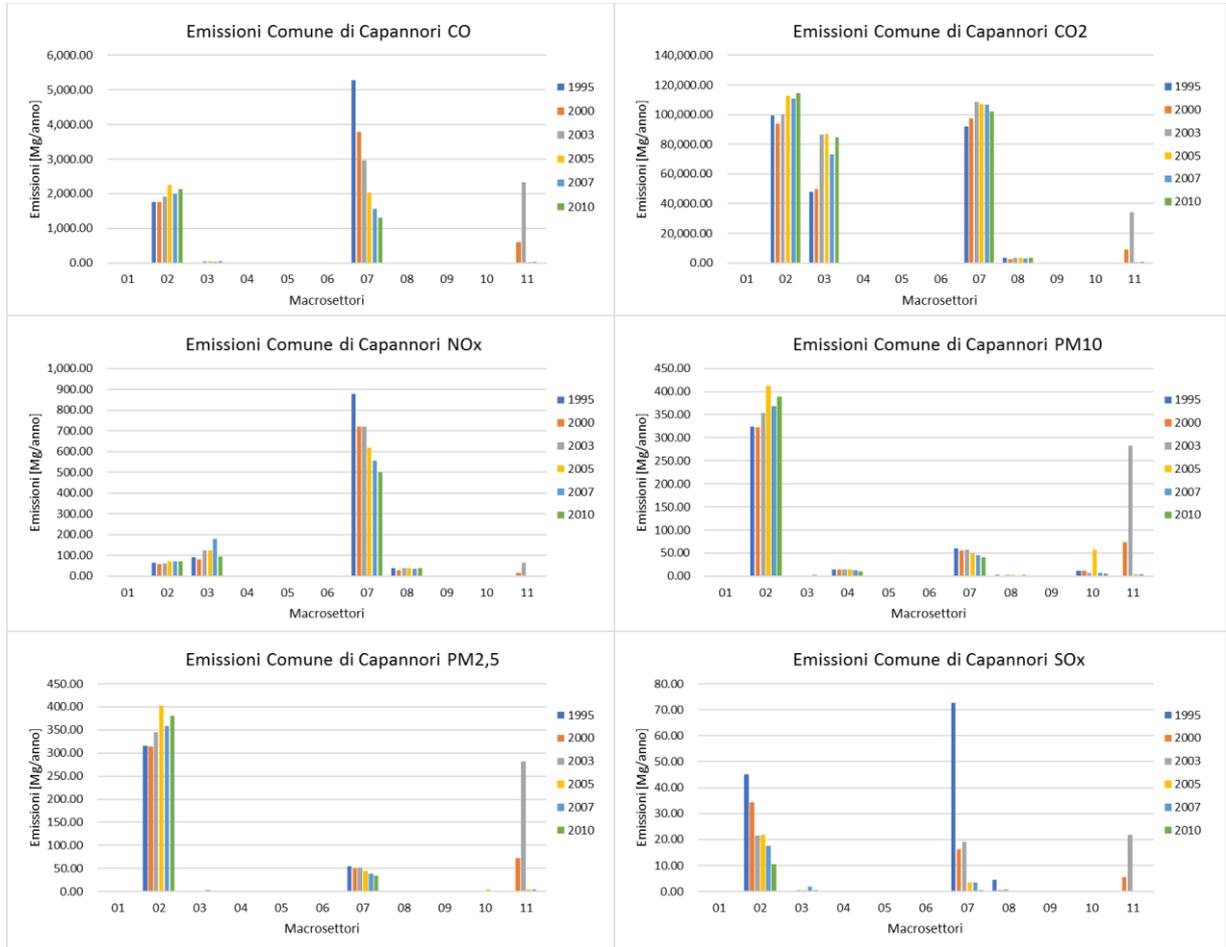


Figura 4-4 Emissioni Comuni di Capannori anni 1995-2000-2003-2005-2007-2010 Fonte: elaborazione dati IRSE

5 ANALISI DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

5.1 PIANI E PROGRAMMI SULLA QUALITÀ DELL'ARIA

5.1.1 PROGRAMMA REGIONALE DI SVILUPPO 2016-2020 (PRS)

Il Programma Regionale di Sviluppo 2016-2020 prevede che nel corso della legislatura sia redatto il nuovo Piano regionale per la qualità dell'aria ambiente (PRQA). Le azioni che saranno messe in campo per il raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni inquinanti contenuti nel PRQA avranno effetti positivi anche per quanto previsto nel PRS 2016-2020, che fa propri gli obiettivi di Europa 2020 con particolare riferimento ai target di riduzione delle emissioni di gas serra, dei consumi energetici e di aumento delle fonti rinnovabili.

Il PRS 2016-2020 inoltre individua le priorità strategiche dell'azione regionale della X legislatura, attraverso la definizione di progetti regionali che rispondono a una logica di intervento sia sul versante della crescita economica che su quello della tutela sociale, con un'attenzione crescente ai temi ambientali. I progetti regionali (PR) che sviluppano interventi e azioni finalizzati al miglioramento della qualità dell'aria sono il PR 1 "Interventi per lo sviluppo della piana fiorentina", il PR 6 "Agricoltura e sviluppo rurale", il PR 7 relativa alla riqualificazione e rigenerazione urbana, il PR 13 dedicato al tema del contrasto ai cambiamenti climatici ed economia circolare ed il PR 15 "Grandi infrastrutture regionali e nazionali, accessibilità e mobilità integrata".

5.1.2 PIANO REGIONALE PER LA QUALITÀ DELL'ARIA AMBIENTE (PRQA)

Il 20 novembre 2017 con la proposta di deliberazione al Consiglio regionale n. 14, la Giunta regionale ha inviato al Consiglio regionale la proposta di Piano regionale per la qualità dell'aria ambiente (PRQA) per la sua approvazione definitiva.

Il 18 Luglio 2018 con delibera consiliare n. 72/2018, il Consiglio regionale della Toscana ha approvato il Piano regionale per la qualità dell'aria ambiente (PRQA).

Il Piano regionale per la qualità dell'aria ambiente (PRQA), previsto dalla L.R.9/2010, è l'atto di governo del territorio attraverso cui la Regione Toscana persegue in attuazione del Programma regionale di sviluppo 2016-2020 (PRS) e in coerenza con il Piano ambientale ed energetico regionale (PAER) il progressivo e costante miglioramento della qualità dell'aria ambiente, allo scopo di preservare la risorsa aria.

Anche se l'arco temporale del piano, in coerenza con il PRS 2016-2020, è il 2020, molti delle azioni e prescrizioni contenuti hanno valenza anche oltre l'orizzonte temporale sopracitato.

Sulla base del quadro conoscitivo dei livelli di qualità dell'aria e delle sorgenti di emissione, il PRQA interviene prioritariamente con azioni finalizzate alla riduzione delle emissioni di materiale particolato fine PM10 (componete primaria e precursori) e di ossidi di azoto NOx, che costituiscono elementi di parziale criticità nel raggiungimento degli obiettivi di qualità imposti dall'Unione Europea con la Direttiva 2008/50/CE e dal D. Lgs. 155/2010. Il PRQA fornisce, quindi, il quadro conoscitivo in materia di emissioni di sostanze climateranti e, in accordo alla strategia definita dal PAER, contribuisce alla loro mitigazione grazie agli effetti che

la riduzione delle sostanze inquinanti produce.

Gli **obiettivi principali del Piano** in oggetto sono di seguito riportati.

- a) portare a zero entro il 2020 la percentuale di popolazione esposta a livelli di inquinamento atmosferico superiori ai valori limite: è l'obiettivo principale che potrà essere raggiunto a valle di azioni coordinate con gli altri settori regionali e con i comuni al fine di fornire a tutti un'educazione ambientale. Si ha la necessità, quindi, di ridurre le emissioni in atmosfera in considerazione degli attuali superamenti dei limiti normativi per alcune sostanze più critiche (particolato fine - PM10, PM2.5 - e gli ossidi di azoto);
- b) ridurre la percentuale di popolazione esposta a livelli di inquinamento superiori al valore obiettivo per l'ozono: la riduzione dell'ozono rappresenta un fenomeno complesso in quanto, essendo un inquinante secondario che si genera da reazioni tra altre sostanze, è difficoltoso individuare misure utili al controllo dei livelli di concentrazione dello stesso. Per queste ragioni si dovrà agire sui precursori dell'ozono, che sono anche i precursori del PM10. Pertanto, le azioni di riduzione delle emissioni previste per l'obiettivo precedente valgono anche per il contenimento dell'ozono;
- c) mantenere una buona qualità dell'aria nelle zone e negli agglomerati in cui i livelli degli inquinamenti siano stabilmente al di sotto dei valori limite: in tali aree territoriali in cui i livelli di qualità dell'aria sono buoni, o comunque risultano essere al di sotto dei limiti normativi, si prevede l'adozione, da parte della regione, di misure atte a preservare la qualità dell'aria, coerentemente a quanto indicato dall'art. 9 comma 3 del D. Lgs. 155/2010;
- d) aggiornare e migliorare il quadro conoscitivo e diffusione delle informazioni: il continuo aggiornamento del sistema di monitoraggio della qualità dell'aria, già ottimizzato grazie alla nuova rete di rilevamento adottata con la DGR 959/2015, riveste un ruolo fondamentale per l'attuazione del PRQA e per la verifica degli effetti delle azioni previste.

Uno tra gli elementi principali del Piano è l'aggiornamento del quadro conoscitivo della qualità dell'aria nella regione Toscana. L'analisi delle caratteristiche orografiche, paesaggistiche e climatiche e delle caratteristiche legate alle pressioni esercitate sul territorio come demografia, uso del suolo ed emissioni in atmosfera ha portato alla classificazione del territorio regionale in zone ed agglomerati.

La zonizzazione, adottata con delibera di Giunta regionale n. 964 del 12 ottobre 2015, definisce le unità territoriali sulle quali viene eseguita la valutazione della qualità dell'aria ed alle quali si applicano le misure gestionali. Nella seguente Figura 5-1 è illustrata la classificazione delle zone effettuata secondo i criteri stabiliti dal D.Lgs. 155/2010: per la zonizzazione del territorio relativa agli inquinanti indicati all'allegato V del Decreto è mostrata nella Figura 1 mentre in Figura 2 viene riportata la zonizzazione relativa all'ozono (All. VII e IX del Dlgs. 155/2010) ed è stata definita con la DGRT 1125/2010.

Figura 1. Zonizzazione inquinanti All V
 Dlgs 155/2010

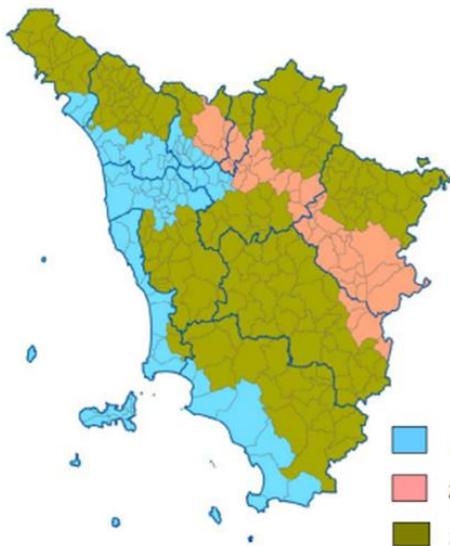
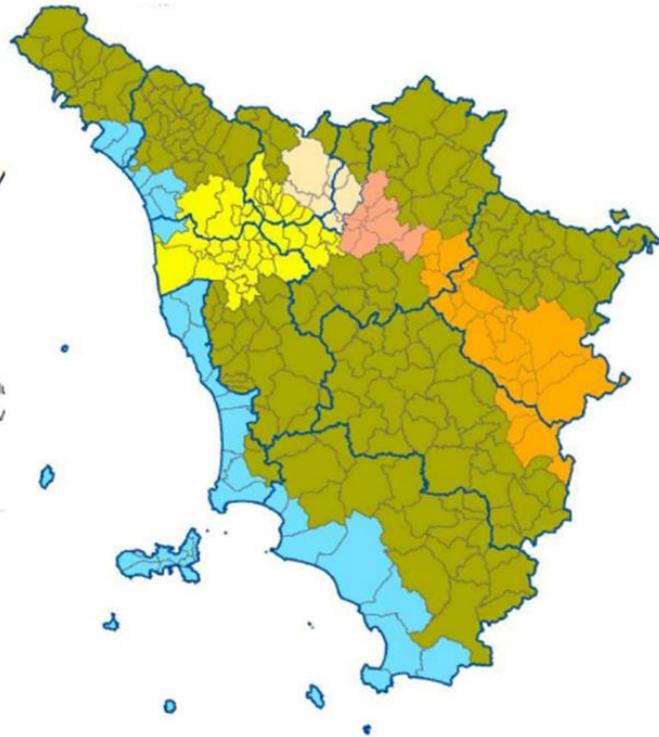


Figura 2. Zonizzazione ozono

Figura 5-1 Zonizzazione territoriale fonte: Piano regionale per la qualità dell'aria ambiente (PRQA)

A seguito delle modifiche introdotte dalla DGR 964/2015 “Nuova zonizzazione e classificazione del territorio regionale, nuova struttura della rete regionale di rilevamento della qualità dell'aria e adozione del programma di valutazione ai sensi della L.R. n. 9/2010 e del D.Lgs. n. 155/2010”, è stato affinato il sistema regionale di rilevazione della qualità dell'aria. Sulla base della valutazione della qualità dell'aria effettuata nelle zone e negli agglomerati in cui è stato suddiviso il territorio, mediante le informazioni acquisite dalla rete regionale di rilevamento, dall'Inventario delle emissioni e delle applicazioni modellistiche predisposte dal Consorzio LaMMA e da Arpat sono state individuate le aree in cui si superano i valori limite di qualità dell'aria (DGR 1182/2015). In particolare, con la DGR 1182/2015 “Nuova identificazione delle aree di superamento dei Comuni soggetti all'elaborazione ed approvazione dei PAC e delle situazioni a rischio di superamento ai sensi della l.r. 9/2010. Revoca DGR 1025/2010, DGR 22/2011” sono state quindi individuate le aree di superamento, cioè “porzione del territorio regionale toscano comprendente parte del territorio di uno o più comuni anche non contigui, rappresentata da una stazione di misura della qualità dell'aria

che ha registrato nell'ultimo quinquennio almeno un superamento del valore limite o del valore obiettivo di un inquinante”.

I risultati di tale classificazione per il PM₁₀ hanno permesso di individuare 60 Comuni critici suddivisi in 10 aree di superamento. Per NO₂ sono stati individuati 16 Comuni critici suddivisi in 9 aree di superamento. I contenuti del PRQA si integrano con le linee guida per la predisposizione dei Piani di Azione Comunale (PAC), di cui alla DGR 814/2016, che i comuni ricadenti nelle aree di superamento sono tenuti ad adottare. I PAC prevedono interventi e azioni per il miglioramento della qualità dell'aria in attuazione della strategia e degli obiettivi definiti nel PRQA. In particolare, gli interventi (strutturali e contingibili) individuati nei PAC devono essere concentrati sostanzialmente nei settori per i quali il Comune ha specifiche competenze, ed in particolare:

- interventi nel settore della mobilità;
- interventi nel settore del condizionamento degli edifici e del risparmio energetico;
- interventi per l'educazione ambientale e miglioramento dell'informazione al pubblico.

Tra i comuni per i quali vengono rilevati superamenti di PM10 emergono Lucca e Capannori di interesse per il caso in esame, che appartengono alla zona “Valdarno Pisano e Piana Lucchese”. Nel paragrafo successivo si riportano, pertanto, le misure da adottare definite all'interno del Piano d'Azione Comunale d'area 2016-2018 dei cinque comuni della Piana Lucchese: Altopascio, Capannori, Lucca, Montecarlo e Porcari.

5.1.3 PAC D'AREA 2016-2018 DEI CINQUE COMUNI DELLA PIANA LUCCHESE: ALTOPASCIO, CAPANNORI, LUCCA, MONTECARLO E PORCARI

Il PAC d'Area della piana di Lucca prende avvio dalla presa di coscienza delle pubbliche amministrazioni di Lucca, Capannori, Porcari, Altopascio e Montecarlo della necessità di unire le forze per riuscire ad arginare con maggiore efficacia gli effetti dannosi dell'inquinamento dell'aria presente nella piana.

Il PAC d'Area in esame, fortemente voluto dai cinque comuni, ha l'obiettivo di selezionare una serie di azioni multisettoriali, che siano sinergiche e coordinate tra loro, in grado di incidere sul livello di emissioni prodotte dalle attività antropiche che insistono sul territorio della piana, consapevoli che alcuni fattori caratteristici della piana, quali ad esempio orografia e condizioni climatiche, potranno ridurne l'efficacia.

Il documento di piano è suddiviso in tre sezioni:

- la prima contenente il *Quadro conoscitivo* di base che ha portato all'elaborazione delle misure di Piano;
- la seconda contenente il *Quadro propositivo* con la descrizione delle misure da adottare per il miglioramento della qualità dell'aria;
- la terza contenente la *Matrice di piano* con le principali informazioni relative alle singole azioni previste.

In relazione alle misure previste per il mantenimento e miglioramento della qualità dell'aria è possibile far

riferimento alle seguenti categorie:

- settore mobilità;
- settore edilizia ed energia;
- promozione accordi istituzionali;
- settore educazione e informazione ambientale.

Più specificatamente, per il settore della mobilità sono indicati i seguenti interventi:

- Misure di limitazione del traffico:
 - Istituzione di aree LEZ.
- Promozione trasporto pubblico locale:
 - Attivazione dei centri di interscambio modale per il trasporto passeggeri;
 - Agevolazioni tariffarie per l'acquisto di abbonamenti mensili del trasporto pubblico;
 - Elaborazione del piano del traffico d'area e della mobilità sostenibile;
 - Potenziamento del TPL su gomma a specifica destinazione;
 - Forme di incentivazione del TPL in occasioni di grandi eventi.
- Razionalizzazione logistica urbana e flussi di traffico:
 - Snellimento dei flussi veicolari con interventi di "traffic calming";
 - Misure inerenti al risollevarimento delle polveri dalla superficie stradale.
- Promozione mobilità pedonale e ciclabile:
 - Promozione della mobilità pedonale e ciclabile;
 - Potenziamento del servizio Pedibus per gli spostamenti casa – scuola;
 - Incentivi all'utilizzo della bicicletta per gli spostamenti casa – lavoro.
- Promozione all'uso di carburanti a basso impatto ambientale:
 - Adeguamento parco veicolare pubblico;
 - Incentivazione dell'uso di carburanti a basso impatto ambientale;
 - Promozione del car sharing;
 - Promozione del car pooling.

5.2 LA RETE DI MONITORAGGIO E LA CENTRALINA DI RIFERIMENTO

La struttura delle Rete Regionale di rilevamento della Qualità dell'Aria della Toscana è stata modificata negli anni a partire da quella descritta dall'allegato III della DGRT 1025/2010, fino alla struttura attualmente ufficiale che è quella dell'allegato C della Delibera n. 964 del 12 ottobre 2015.

Con riferimento all'ultimo rapporto annuale relativo al 2017 (*"Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria nella regione Toscana anno 2017"*), sono attive tutte le 37 stazioni previste dalla DGRT n. 964/2015.

La normativa sulla qualità dell'aria si fonda sul principio della classificazione del territorio in zone e agglomerati con caratteristiche omogenee.

In generale per la suddivisione del territorio regionale in zone sono state prese in considerazione:

- caratteristiche orografiche, paesaggistiche e climatiche che contribuiscono a definire “zone di influenza” degli inquinanti in termini di diffusività atmosferica;
- caratteristiche legate alle pressioni esercitate sul territorio come demografia, uso del suolo ed emissioni in atmosfera.

Per l’ozono sono invece state considerate prevalenti altre caratteristiche, legate principalmente all’altitudine e alla vicinanza alla costa, individuando così una diversa zonizzazione.

Si distinguono pertanto:

- zone individuate per tutti gli inquinanti di cui all'allegato V del D.Lgs 155/2010 (escluso l'ozono);
- zone individuate per l'ozono.

Nelle figure seguenti si riporta la suddivisione regionale in zone omogenee.

Rete regionale inquinanti (escluso ozono)

Rete regionale ozono

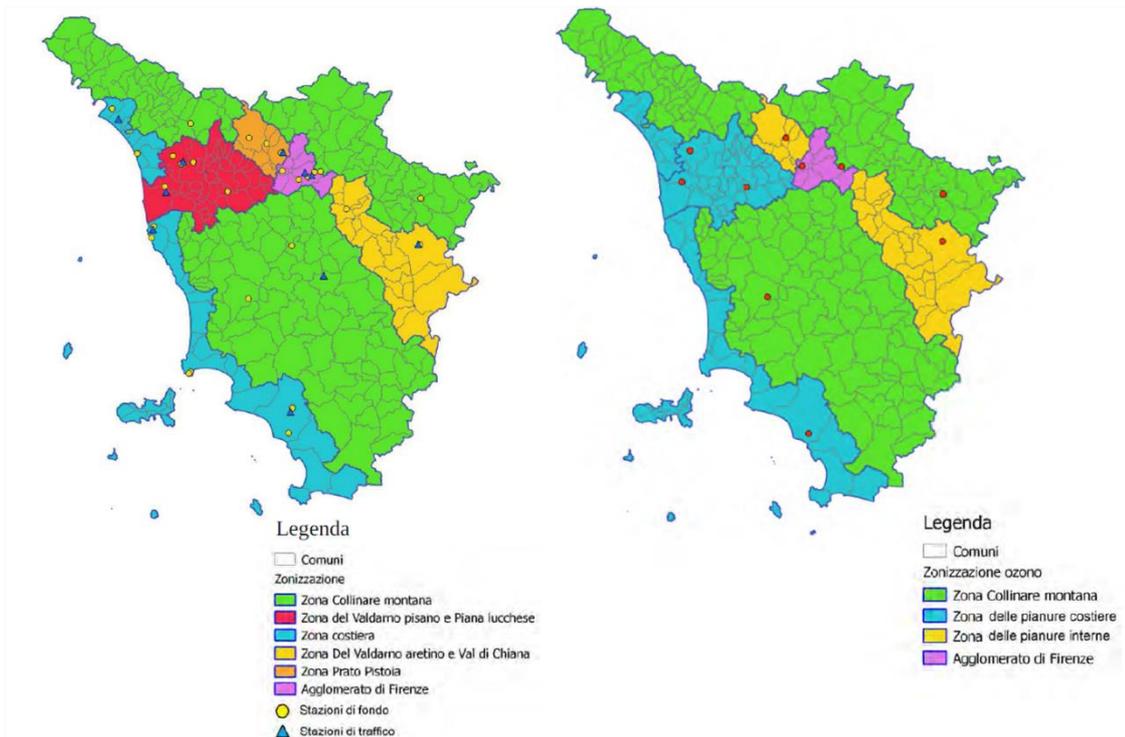


Figura 5-2 Zonizzazione territoriale – Regione Toscana Fonte: “Relazione annuale sullo stato della qualità dell’aria nella regione Toscana anno 2017”

Ogni centralina di monitoraggio della qualità dell’aria ha il compito di controllare le concentrazioni di alcuni inquinanti. I dettagli sono riportati nella figura sottostante.

Zonizzazione territorio Regione Toscana rel.inq. All V	Class. Zona e stazione		Provincia e Comune	Nome stazione	PM ₁₀	PM _{2,5}	NO ₂	SO ₂	CO	Benzene	IPA	As	Ni	Cd	Pb	O ₃	Class. Zona per Ozono	Zonizzazione territorio Regione Toscana O ₃
Agglomerato Firenze	U	F	FI	Firenze	FI-Boboli	x												
	U	F	FI	Firenze	FI-Bassi	x	x	x	x		x	X						
	U	T	FI	Firenze	FI-Gramsci	x	x	x		x	x	X	X	X	X			
	U	T	FI	Firenze	FI-Mosse	x	x											
	U	F	FI	Scandicci	FI-Scandicci	x	x											
	U	F	FI	Signa	FI-Signa	x	x										x	U
Zona Prato Pistoia	S	F	FI	Firenze	FI-Setignano			x								x	S	
	U	F	PO	Prato	PO-Rcma	x	x	x			x	X						
	U	T	PO	Prato	PO-Ferucci	x	x	x		x								
	U	F	PT	Pistoia	PT-Signorelli	x	x	x										
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	S	F	PT	Montale	PT-Mortale	X	X	X								X	S	
	U	F	AR	Arezzo	AR-Acropolis	X	X	X								X	S	
Zona costiera	U	F	FI	Figline ed Incisa Valdarno	FI-Figline	x		x										
	U	T	AR	Arezzo	AR-Repubblica	X		X		X								
	U	F	GR	Grosseto	GR-URSS	x	x	x										
	U	T	GR	Grosseto	GR-Sominno	x		x										
	R	F	GR	Grosseto	GR-Maremma			x								x		R
	U	F	LI	Livorno	LI-Cappiello	X	X	X										
	U	F	LI	Livorno	LI-Via La Pira	X		X	X		X	X	X	X	X			
	U	T	LI	Livorno	LI-Carducci	X	X	X		X								
	U	F	LI	Piombino	LI-Parco 8 Marzo	X		X			X	X	X	X	X			
	S	I	LI	Piombino	LI-Colone	X		X		X	X	X						
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	U	F	MS	Carrara	MS-Colombarotto	X		X										
	U	T	MS	Massa	MS-Marina vecchia	X	X	X										
	U	F	LU	Viareggio	LU-Viareggio	X	X	X										
	U	F	LU	Capannori	LU-Capannori	X	X	X	X									
	U	F	LU	Lucca	LU-San Concordio	X		X			X	X						S
	U	T	LU	Lucca	LU-Micheletto	X		X										
	R	F	LU	Lucca	LU-Carignano			X									x	S
	U	F	PI	Pisa	PI-Passi	X	X	X									x	S
Zona collinare e montana	U	T	PI	Pisa	PI-Borghetto	X	X	X		X								
	S	F	PI		PI-Santa Croce(1)	X		X	X								x	S
	U	F	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	X	X	X										
	U	T	SI	Siena	SI-Bracci	X		X		X								
	S	F	PI	Pomarance	PI-Montecorboli (1)	X		X	X				X				x	S
	U	F	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	x		x										
R reg	F	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	X		X									x	R	

Figura 5-3 Caratteristiche centraline di monitoraggio - Regione Toscana Fonte: "Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria nella regione Toscana anno 2017"

Con riferimento al progetto in esame, la zona in cui ricade l'intervento è "Zona Valdarno Pisano e Piana Lucchese" per tutti gli inquinanti ad eccezione dell'ozono, per il quale si fa riferimento, invece, alla "Zona delle pianure costiere".

Attualmente, la rete regionale nella Piana Lucchese prevede:

- una postazione di fondo urbano situata nel comune di Capannori, dedicata al monitoraggio dei parametri PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂ ed SO₂;
- una stazione di fondo urbano all'interno del Comune di Lucca, presso San Concordio, per il rilevamento di NO₂, PM₁₀, benzene e IPA;
- una stazione di fondo rurale situata presso Carignano nel comune di Lucca, adibita al rilevamento dell'ozono e dell'NO₂ (a partire dal mese di agosto 2011);
- una stazione di traffico urbano all'interno del Comune di Lucca, presso Micheletto, per il rilevamento di NO₂ e PM₁₀.

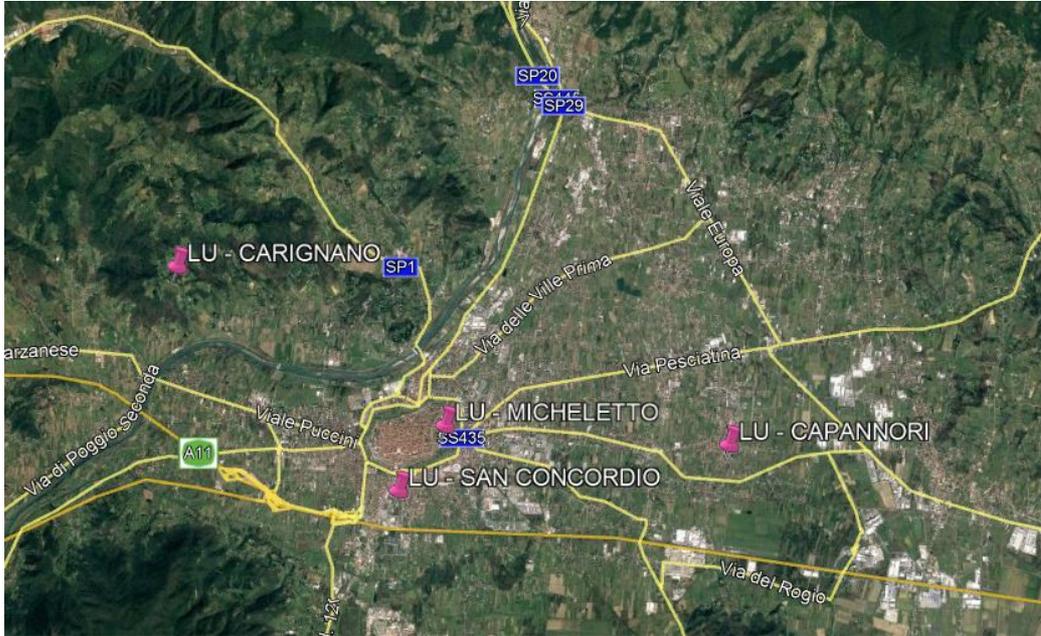


Figura 5-4 Localizzazione centraline qualità dell'aria della Piana Lucchese

In termini di vicinanza all'intervento ed in relazione alla tipologia di centralina, si è scelto di far riferimento per la qualità dell'aria di fondo, alla **centralina LU – Capannori**. I dati di concentrazione di PM₁₀, PM_{2.5}, NO_x ed NO₂ registrati da questa centralina al 2017 verranno utilizzati come valori di fondo della qualità dell'aria, a valle di un'analisi relativa al trend storico degli inquinanti di interesse, che testimoniano l'attendibilità dell'ultimo dato disponibile (cfr. Par. 5.3).

5.3 ANALISI DEGLI INQUINANTI DI INTERESSE

5.3.1 OSSIDI E BISSIDI DI AZOTO

5.3.1.1 Caratteristiche ed effetti sull'uomo e sull'ambiente

Pur essendo presenti in atmosfera diverse specie di ossidi di azoto, per quanto riguarda l'inquinamento dell'aria si fa quasi esclusivamente riferimento al termine NO_x che sta ad indicare la somma pesata del monossido di azoto (NO) e del biossido di azoto (NO₂).

Durante le combustioni l'azoto molecolare (N₂) presente nell'aria, che brucia insieme al combustibile, si ossida a monossido di azoto (NO). Nell'ambiente esterno il monossido si ossida a biossido di azoto (NO₂), che è quindi un inquinante secondario, poiché non viene emesso direttamente. Il biossido di azoto è "ubiquitario" ciò significa che si ritrova in atmosfera un po' ovunque, con concentrazioni abbastanza costanti. L'ossido di azoto (NO), anche chiamato ossido nitrico, è un gas incolore, insapore ed inodore con una tossicità limitata, al contrario di quella del biossido di azoto che risulta invece notevole. Il biossido di azoto è un gas tossico di colore giallo - rosso, dall'odore forte e pungente e con grande potere irritante. Il ben noto colore giallognolo delle foschie che ricoprono le città ad elevato traffico è dovuto per l'appunto all'elevata presenza di questo gas. Il biossido di azoto svolge un ruolo fondamentale nella formazione dello smog fotochimico in quanto costituisce l'intermedio di base per la produzione di tutta una serie di inquinanti

secondari molto pericolosi tra cui l'ozono, l'acido nitrico, l'acido nitroso e gli alchilnitrati. Da notare che gli NO_x vengono per lo più emessi da sorgenti al suolo e sono solo parzialmente solubili in acqua, ciò influenza notevolmente il trasporto e gli effetti a distanza.

L'azione sull'uomo dell'ossido di azoto è relativamente bassa. A causa della rapida ossidazione a biossido di azoto, si fa spesso riferimento esclusivo solo a quest'ultimo inquinante, in quanto risulta molto più tossico del monossido.

Il biossido di azoto è un gas irritante per le mucose e può contribuire all'insorgere di varie alterazioni delle funzioni polmonari, di bronchiti croniche, di asma e di enfisema polmonare. Lunghe esposizioni anche a basse concentrazioni provocano una drastica riduzione delle difese polmonari, con conseguente aumento di rischio di infezioni alle vie respiratorie soprattutto in soggetti bronchitici ed asmatici, negli anziani e nei bambini.

L'inquinamento da biossido di azoto ha un impatto sulla vegetazione di minore entità rispetto al biossido di zolfo. In alcuni casi, brevi periodi di esposizione a basse concentrazioni possono incrementare i livelli di clorofilla, mentre lunghi periodi possono causare la senescenza e la caduta delle foglie più giovani.

Il meccanismo principale di aggressione comunque è costituito dall'acidificazione del suolo: gli inquinanti acidi causano un impoverimento del terreno per la perdita di ioni calcio, magnesio, sodio e potassio e conducono alla liberazione di ioni metallici tossici per le piante. Inoltre, l'abbassamento del pH compromette anche molti processi microbici del terreno, fra cui l'azotofissazione.

Si stima infine che gli ossidi di azoto e i loro derivati contribuiscono per il 30% alla formazione delle piogge acide, danneggiando anche edifici e monumenti e provocandone un invecchiamento accelerato, in molti casi irreversibile.

5.3.1.2 Concentrazioni di NO_x

Tramite i dati della centralina LU – Capannori è stato possibile analizzare l'evoluzione negli anni dell'inquinante NO_x, in particolare è stato preso in considerazione un intervallo temporale di 10 anni, dal 2008 al 2017. Nella Tabella 5-1 sono riportati tutti i valori calcolati per l'NO_x nei diversi anni.

Anno	Valore Medio	Percentili					Valore Massimo	Superamenti
		50°	85°	90°	95°	99°		
2008	68.86	52.00	108.00	130.00	172.00	280.00	602.00	-
2009	73.03	58.00	114.00	138.00	179.00	275.00	471.00	-
2010	59.66	41.00	105.00	132.00	177.00	281.56	494.00	-
2011	67.45	41.00	123.00	159.00	221.00	363.25	572.00	-
2012	68.86	48.00	114.00	144.00	206.00	335.62	545.00	-
2013	52.38	30.00	94.00	123.00	177.00	342.58	606.00	-
2014	50.29	33.00	90.00	113.00	158.00	270.47	510.00	-
2015	57.27	36.00	105.00	134.00	186.00	302.00	512.00	-
2016	52.47	31.00	98.00	126.00	181.00	312.09	504.00	-
2017	52.27	29.00	99.00	132.00	190.00	308.00	635.00	-

Tabella 5-1 Analisi dei percentili NO_x negli anni 2008-2017 – Centralina di LU – Capannori (Fonte: elaborazione dati ARPA Toscana)

Al fine di agevolare la lettura del dato tabellare sono stati quindi elaborati i grafici mostrati nella Figura 5-5 e Figura 5-6. In particolare, la Figura 5-5 riporta l'analisi della distribuzione dei percentili. Quello che è possibile evidenziare è come le diverse distribuzioni annuali si discostino in modo significativo solo nell'ultima parte della distribuzione (ovvero per poche ore all'anno). Le differenze più marcate si possono notare, infatti, rispetto al 99° percentile e rispetto ai valori massimi.

Effettuando un'analisi storica di questi valori si può notare come negli anni sia leggermente diminuita la quantità media di concentrazione oraria dell'inquinante, passando dai $68,86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ del 2008 ai $52,27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ del 2017. Per i valori massimi invece, non è possibile definire un trend di riduzione, in quanto i valori sono maggiormente dispersi negli anni.

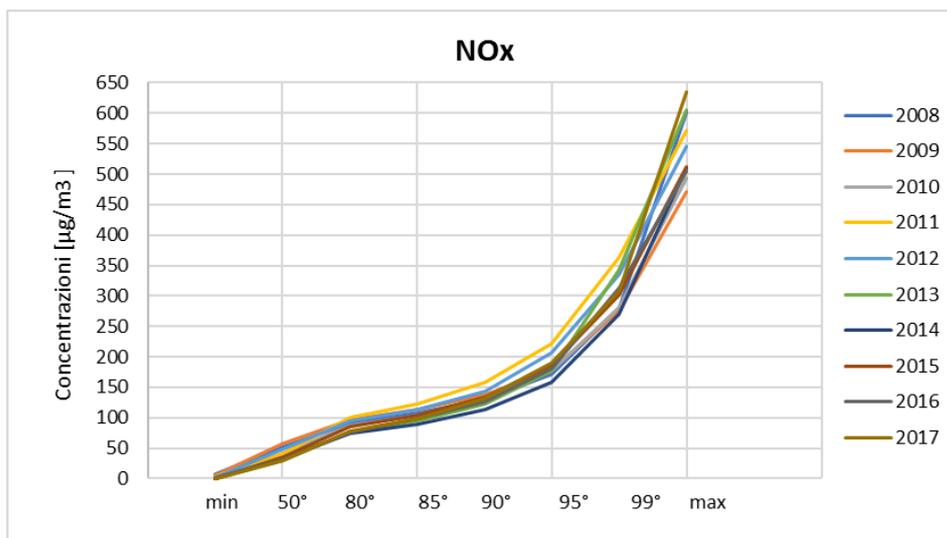


Figura 5-5 Percentili e valori massimi annuali NO_x (Fonte: elaborazione dati ARPA Toscana)

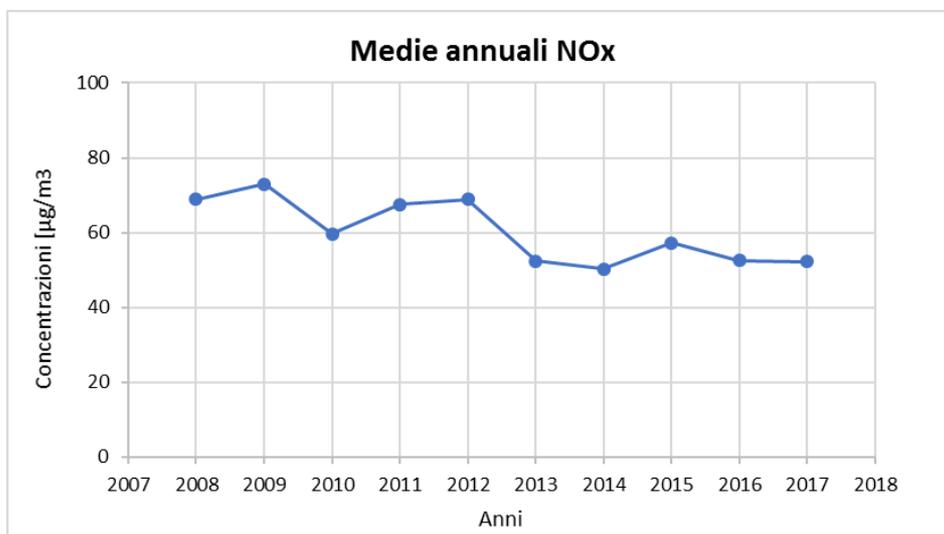


Figura 5-6 Medie annuali NO_x (Fonte: elaborazione dati ARPA Toscana)

Vengono, inoltre, presentati tutti i valori registrati, ora per ora, di tutti gli anni analizzati, 2008-2017, degli Ossidi di Azoto. Si nota come sia possibile evidenziare un trend pressoché costante all'interno dell'arco temporale di riferimento, caratterizzato da massimi nel periodo invernale e minimi nel periodo estivo (cfr. Figura 5-7).

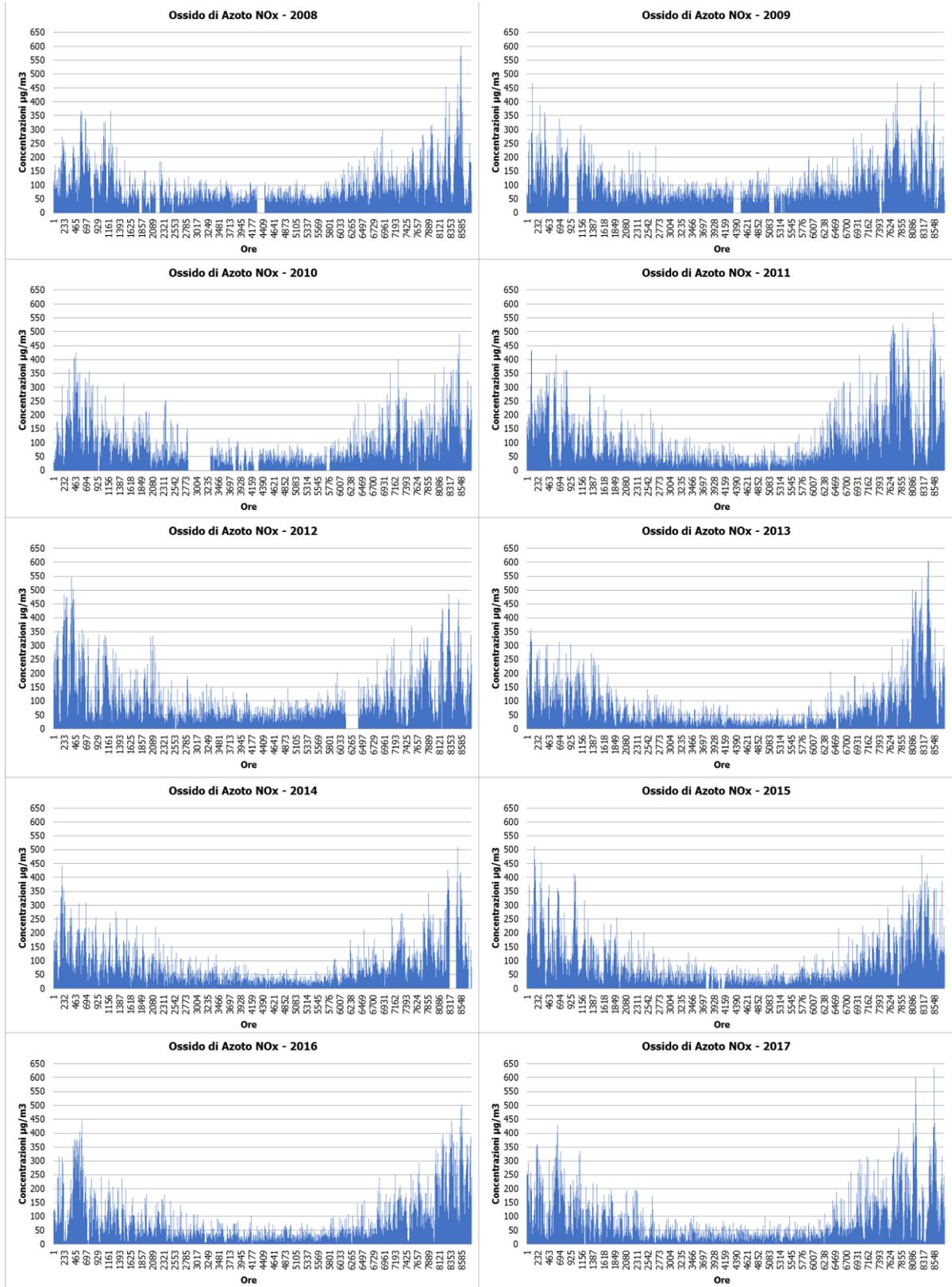


Figura 5-7 Valori orari di NO_x anni 2008-2017 Centralina di LU - Capannori (Fonte: elaborazione dati ARPA Toscana)

5.3.1.3 Concentrazioni di NO₂

I soli NO_x, tuttavia, non forniscono dati sufficienti ad un'analisi completa del territorio e soprattutto non verificano i limiti normativi. Pertanto, è stato condotto uno studio analogo anche sul Biossido di Azoto NO₂. Sono stati riassunti, nella Tabella 5-2, i dati presenti per il Biossido di Azoto dei 10 anni rilevati.

Anno	Valore Medio	Percentili					Valore Massimo	Superamenti
		50°	85°	90°	95°	99°		
2008	41.30	40.00	56.00	60.00	68.00	84.00	117.00	0
2009	42.51	40.00	59.00	64.00	71.00	86.00	131.00	0
2010	32.32	30.00	52.00	58.00	66.00	82.00	123.00	0
2011	34.54	30.00	58.00	66.00	78.00	102.25	129.00	0
2012	37.60	35.00	57.00	63.00	73.00	93.54	132.00	0
2013	26.76	23.00	46.00	53.00	64.00	84.00	108.00	0
2014	26.24	23.00	45.00	50.00	59.00	77.00	107.00	0
2015	29.13	26.00	47.00	53.00	63.00	85.00	123.00	0
2016	26.39	23.00	45.00	51.00	62.00	82.32	111.00	0
2017	25.27	22.00	45.00	51.00	61.00	81.00	128.00	0

Tabella 5-2 Analisi dei percentili NO₂ negli anni 2008-2017 – Centralina di LU - Capannori (Fonte: elaborazione dati ARPA Toscana)

In analogia a quanto visto per gli NO_x, rappresentando in forma grafica i valori di NO₂ riportati nella tabella sopra, è possibile ottimizzare la lettura del dato. Il primo grafico proposto (cfr. Figura 5-8) permette di notare, come già visto nel medesimo grafico relativo agli Ossidi di Azoto, come i valori relativi a tutte i percentili analizzati siano leggermente diminuiti negli anni.

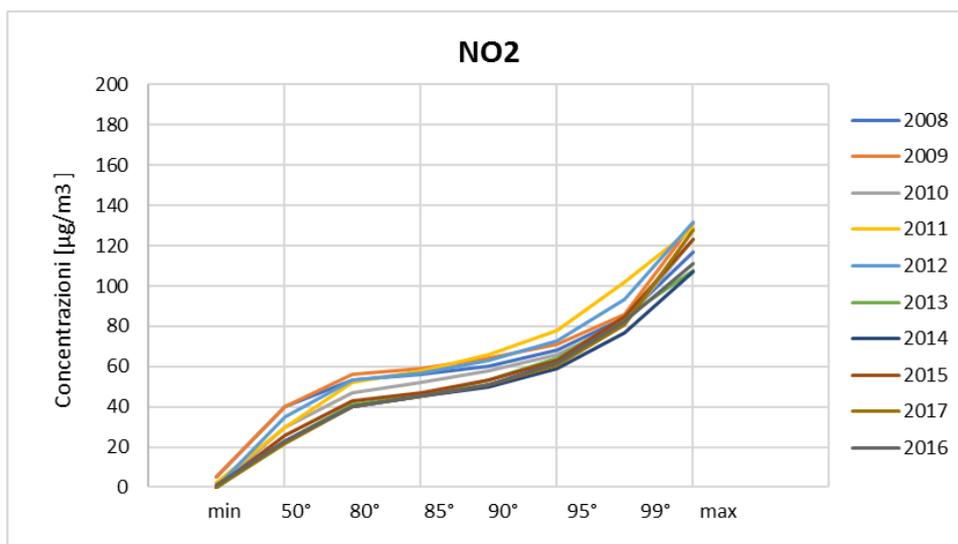


Figura 5-8 Percentili e valori massimi annui NO₂ (Fonte: elaborazione dati ARPA Toscana)

In accordo con gli Ossidi di Azoto, per quanto riguarda le medie (cfr. Figura 5-9), si può notare come col passare degli anni il trend sia decrescente, rimanendo all'incirca costante negli ultimi 5 anni dal 2013 al 2017.

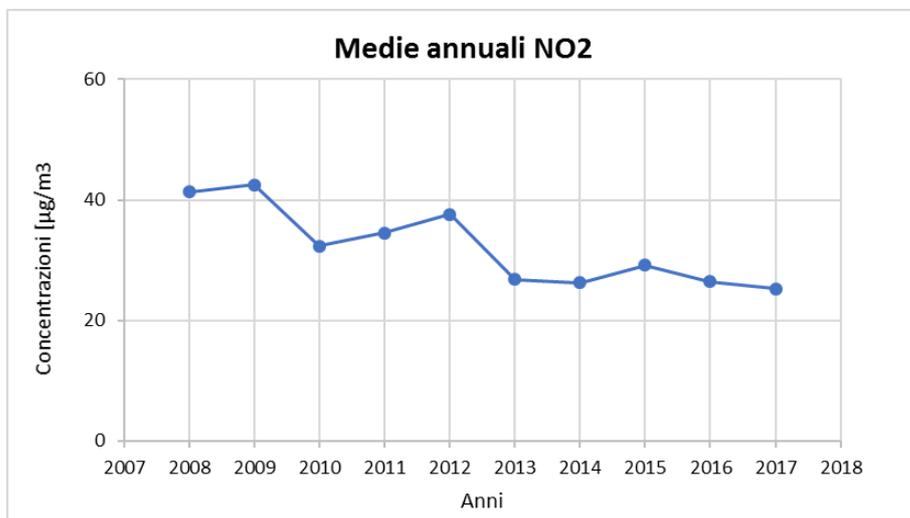


Figura 5-9 Medie annuali NO₂ (Fonte: elaborazione dati ARPA Toscana)

Sono stati, inoltre, presentati i valori registrati, ora per ora, di tutti gli anni analizzati, 2008-2017, dei Biossidi di Azoto. Dai valori orari si può notare un trend costante nell'arco temporale preso in considerazione (cfr. Figura 5-10).

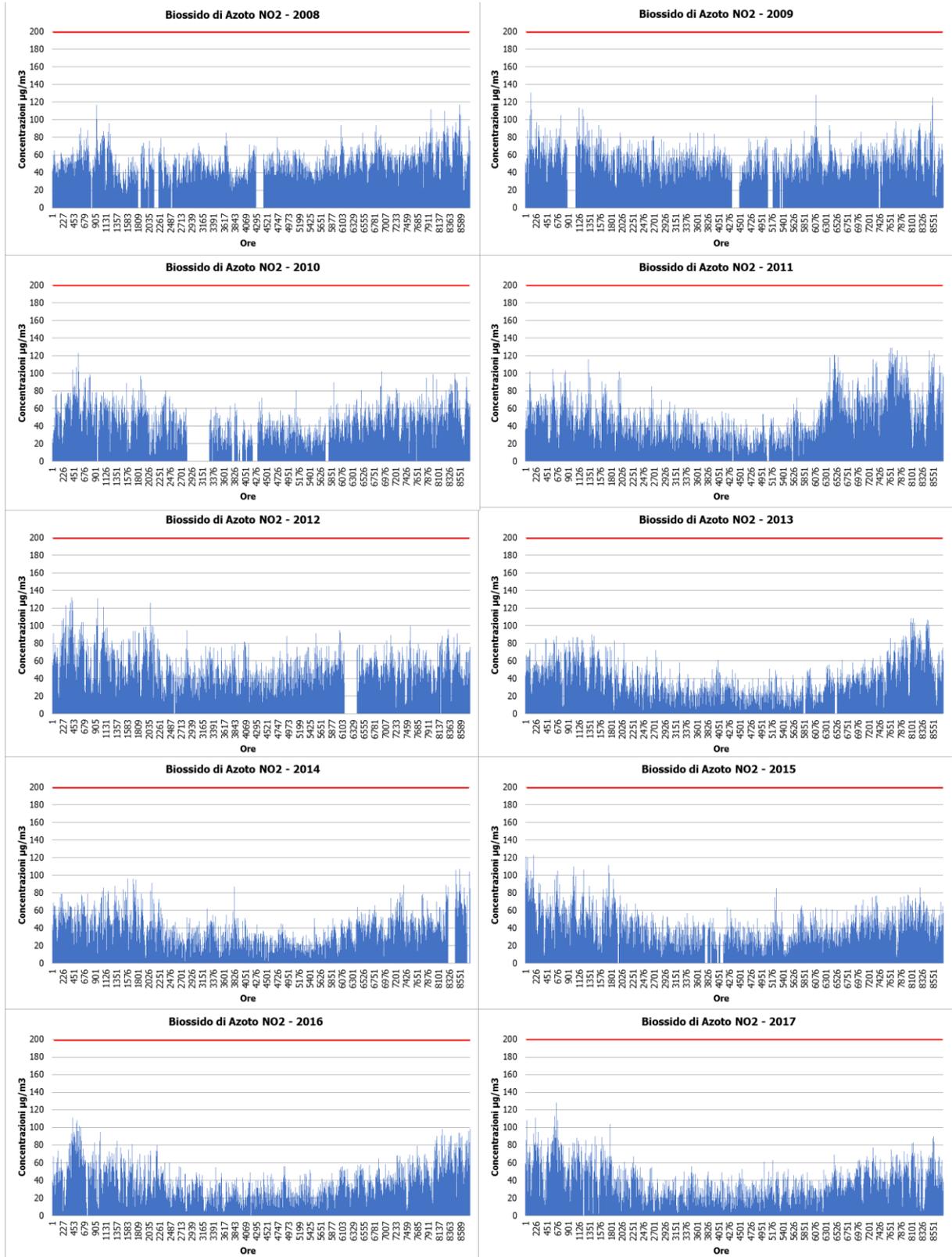


Figura 5-10 Valori orari di NO₂ anni 2008-2017 Centralina di LU - Capannori (Fonte: elaborazione dati ARPA Toscana)

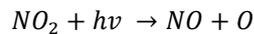
5.3.1.4 Relazione NO_x – NO₂

Il dato di partenza delle analisi, con particolare riferimento a quanto calcolato attraverso i modelli di analisi diffusionale degli inquinati, è relativo agli ossidi di azoto NO_x. Con questo termine generalmente vengono indicate le due componenti più importanti, ovvero l'ossido di azoto NO ed il biossido di azoto NO₂.

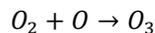
Tali ossidi sono prodotti dal processo di combustione e dipendono fortemente dalla temperatura e dalla presenza di ossigeno durante la combustione. In termini generali la produzione primaria di ossidi di azoto da combustione è perlopiù composta da ossido di azoto (90%) e solo da una quota parte di biossido di azoto (10%). Tuttavia, una volta emesso in atmosfera, l'NO prodotto nei processi di combustione si può convertire in NO₂, costituendo così una produzione secondaria di biossido di azoto, nonché producendo ozono.

L'insieme di reazioni chimiche che intervengono nella trasformazione di NO in NO₂ è detto ciclo fotolitico, che può essere schematizzato dalle seguenti reazioni.

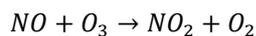
L'NO₂ prodotto nelle ore diurne assorbe energia dalle radiazioni UV, scindendosi in una molecola di NO ed in atomi di ossigeno reattivi.



Gli atomi di ossigeno altamente reattivi si combinano con le molecole di O₂ dando origine all'ozono O₃.



L'O₃ reagisce con l'NO per formare nuovamente NO₂ e O₂.



Le reazioni sin qui esposte rappresentano un ciclo che a sua volta rappresenta solo una quota parte delle reazioni chimiche che hanno luogo nella parte inferiore dell'atmosfera. Gli idrocarburi presenti in aria interferiscono nel ciclo, favorendo la conversione di NO in NO₂ in maniera più rapida rispetto al processo inverso, favorendo così l'accumulo di NO₂ e O₃ in atmosfera. Allo stesso modo andrebbero poi considerate le interazioni tra tali gas e l'umidità atmosferica, la quale porterebbe alla produzione acido nitrico e di nitrati. Come descritto il processo di trasformazione da ossidi di azoto in biossido di azoto (inquinante rispetto al quale è possibile effettuare un confronto con i limiti normativi) è molto complesso e dipende da molte variabili.

Per stimare questi valori esistono alcune leggi di correlazione empirica che permettono di calcolare la quota parte di ossidi di azoto che si trasforma in biossido di azoto. Un esempio di valutazione è il metodo "Derwent and Middleton" 1996² il quale deriva da una stima di tipo empirico basata sul rapporto NO_x-NO₂ ricavato da numerose misure sperimentali nell'area di Londra.

Un altro metodo è quello sviluppato da "Düring et al." nel 2011³, anch'esso derivante da studi sperimentali

2 Derwent, R.G. and Middleton, D.R., 1996. An empirical function to the ratio NO₂:NO_x. Clean Air, 26: 57-60.

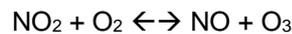
3 Düring I, Bächlin W, Ketzler M, et al. (2011) A new simplified NO/NO₂ conversion model under consideration of direct NO₂-emissions. Meteorologische Zeitschrift 20:67–73. doi: 10.1127/0941-2948/2011/0491

di correlazione effettuati in Germania.

Da ulteriori fonti bibliografiche, "ARPA Emilia Romagna" ⁴, è stato evidenziato come il valore del rapporto NO_2/NO_x sia pari al 10% "...si può ritenere che la produzione di NO_2 , quale inquinante primario, sia pari al 10 % dell'ossido di azoto complessivamente generato...".

Continuando l'analisi bibliografica è stato possibile determinare ulteriori relazioni relative alle trasformazioni degli NO_x nelle due componenti principali NO e NO_2 . Uno studio condotto in Cina (Suqin Han et al.,2011).⁵ ha valutato il rapporto NO_2/NO_x relazionandolo all'ozono, O_3 .

Werner SCHOLZ e Peter RABL, 2006 ⁶ hanno messo in evidenza come lo sviluppo, nel tempo, dei rapporti NO_2/NO_x e l'ozono O_3 indichi la correlazione fotochimica tra gli ossidi di azoto e ozono. Un approccio semplice è l'equilibrio foto-stazionario:



Secondo la legge di azione di massa si ha la seguente relazione:

$$\frac{NO * O_3}{NO_2} = k$$

dove k è la costante di equilibrio.

Tuttavia, per la valutazione del caso in esame, ed in funzione delle variabili da cui dipende il ciclo di trasformazione sopraesposto, si è ritenuto importante considerare una legge empirica che potesse tener conto delle condizioni locali. A tale scopo è stata effettuata un'elaborazione specifica per determinare la correlazione tra NO_x e NO_2 in funzione dei dati rilevati dalla centralina di LU – Capannori della rete di monitoraggio della qualità dell'aria di riferimento, esposti precedentemente.

L'analisi svolta ha mostrato un andamento polinomiale di grado 6 della relazione tra $\frac{NO_2}{NO_x}$.

Infatti, dalla nuvola di punti, Figura 5-11, è stato possibile determinare una legge di regressione tra NO_x e NO_2 , considerando l'affidabilità di questa dal valore del coefficiente di determinazione R^2 , pari a 0,8268.

4 Arpa Emilia Romagna

5 Analysis of the Relationship between O_3 , NO and NO_2 in Tianjin, China Suqin Han, Hai Bian, Yinchang Feng, Aixia Liu, Xiangjin Li, Fang Zeng, Xiaoling Zhang, 2011

6 Unexpectedly low decrease of NO_2 air pollution – Correlation with ozone concentration and altered exhaust emissions Werner SCHOLZ e Peter RABL, 2006

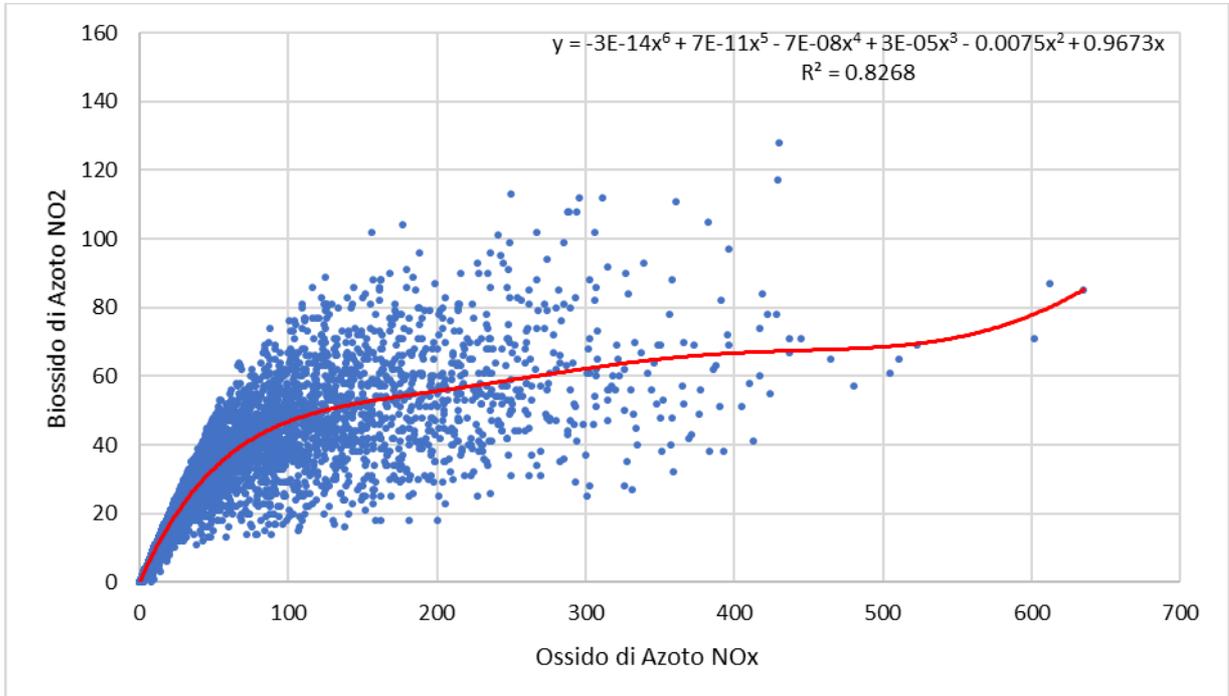


Figura 5-11 Nuvola di punti concentrazioni NO_x - NO_2 medie orarie [$\mu g/m^3$] (Fonte: elaborazione dati ARPA Toscana)

Alla luce dell'elaborazione effettuata, la formulazione considerata per ricavare gli NO_2 a partire dagli NO_x , con riferimento ai valori orari, pertanto, sarà la seguente:

$$NO_2 = -3E - 14NO_x^6 + 7E - 11 NO_x^5 - 7E - 08NO_x^4 + 3E - 05NO_x^3 - 0.0075NO_x^2 + 0.9673NO_x$$

5.3.2 PARTICOLATO

5.3.2.1 Caratteristiche ed effetti sull'uomo e sull'ambiente

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 per ridurre il fenomeno.

Le particelle sospese, anche indicate come PM (Particulate Matter), sono sostanze allo stato solido o liquido che, a causa delle loro piccole dimensioni, restano sospese in atmosfera per tempi più o meno lunghi. Il particolato nell'aria può essere costituito da diverse sostanze: sabbia, ceneri, polveri, fuliggine, sostanze silicee di varia natura, sostanze vegetali, composti metallici, fibre tessili naturali e artificiali, sali, elementi come il carbonio o il piombo, ecc.

In base alla natura e alle dimensioni delle particelle possiamo distinguere:

- gli aerosol, costituiti da particelle solide o liquide sospese in aria e con un diametro inferiore a 1 micron ($1 \mu m$);
- le foschie, date da goccioline con diametro inferiore a $2 \mu m$;
- le esalazioni, costituite da particelle solide con diametro inferiore ad $1 \mu m$ e rilasciate solitamente da processi chimici e metallurgici;
- il fumo, dato da particelle solide di solito con diametro inferiore ai $2 \mu m$ e trasportate da miscele di gas;

- le polveri, costituite da particelle solide con diametro fra 0,25 e 500 μm ;
- le sabbie, date da particelle solide con diametro superiore ai 500 μm .

Le particelle primarie sono quelle che vengono emesse come tali dalle sorgenti naturali ed antropiche, mentre le secondarie si originano da una serie di reazioni chimiche e fisiche in atmosfera.

Conseguenze diverse si hanno in relazione alla differente grandezza della particella inalata, distinguiamo le particelle fini che sono quelle che hanno un diametro inferiore a 2,5 μm , e le altre dette grossolane. Da notare che il particolato grossolano è costituito esclusivamente da particelle primarie.

Le polveri PM_{10} rappresentano il particolato che ha un diametro inferiore a 10 μm e vengono anche dette polveri inalabili perché sono in grado di penetrare nel tratto superiore dell'apparato respiratorio (dal naso alla laringe). Una frazione di circa il 60% di queste è costituita dalle polveri $\text{PM}_{2,5}$ che rappresentano il particolato che ha un diametro inferiore a 2,5 micron. Le $\text{PM}_{2,5}$ sono anche dette polveri respirabili perché possono penetrare nel tratto inferiore dell'apparato respiratorio (dalla trachea fino agli alveoli polmonari).

A prescindere dalla tossicità, le particelle che possono produrre degli effetti indesiderati sull'uomo sono sostanzialmente quelle di dimensioni più ridotte, infatti nel processo della respirazione le particelle maggiori di 15 μm vengono generalmente rimosse dal naso.

Il particolato che si deposita nel tratto superiore dell'apparato respiratorio (cavità nasali, faringe e laringe) può generare vari effetti irritativi come l'infiammazione e la secchezza del naso e della gola; tutti questi fenomeni sono molto più gravi se le particelle hanno assorbito sostanze acide (come il biossido di zolfo, gli ossidi di azoto, ecc.).

Per la particolare struttura della superficie, le particelle possono anche adsorbire dall'aria sostanze chimiche cancerogene, trascinandole nei tratti respiratori e prolungandone i tempi di residenza, accentuandone gli effetti.

Le particelle più piccole penetrano nel sistema respiratorio a varie profondità e possono trascorrere lunghi periodi di tempo prima che vengano rimosse, per questo sono le più pericolose, possono infatti aggravare le malattie respiratorie croniche come l'asma, la bronchite e l'enfisema.

Le persone più vulnerabili sono gli anziani, gli asmatici, i bambini e chi svolge un'intensa attività fisica all'aperto, sia di tipo lavorativo che sportivo. Nei luoghi di lavoro più soggetti all'inquinamento da particolato l'inalazione prolungata di queste particelle può provocare reazioni fibrose croniche e necrosi dei tessuti che comportano una broncopolmonite cronica accompagnata spesso da enfisema polmonare.

Gli effetti del particolato sul clima e sui materiali sono piuttosto evidenti. Il particolato dei fumi e delle esalazioni provoca una diminuzione della visibilità atmosferica; allo stesso tempo diminuisce anche la luminosità assorbendo o riflettendo la luce solare. Negli ultimi 50 anni si è notata una diminuzione della visibilità del 50%, ed il fenomeno risulta tanto più grave quanto più ci si avvicina alle grandi aree abitative ed industriali. Le polveri sospese favoriscono la formazione di nebbie e nuvole, costituendo i nuclei di condensazione attorno ai quali si condensano le gocce d'acqua, di conseguenza favoriscono il verificarsi dei fenomeni delle nebbie e delle piogge acide, che comportano effetti di erosione e corrosione dei materiali e dei

metalli. Il particolato inoltre danneggia i circuiti elettrici ed elettronici, insudicia gli edifici e le opere d'arte e riduce la durata dei tessuti.

Le polveri (ad esempio quelle emesse dai cementifici) possono depositarsi sulle foglie delle piante e formare così una patina opaca che, schermanto la luce, ostacola il processo della fotosintesi.

Gli effetti del particolato sul clima della terra sono invece piuttosto discussi; sicuramente un aumento del particolato in atmosfera comporta una diminuzione della temperatura terrestre per un effetto di riflessione e schermatura della luce solare, in ogni caso questa azione è comunque mitigata dal fatto che le particelle riflettono anche le radiazioni infrarosse provenienti dalla terra.

È stato comunque dimostrato che negli anni immediatamente successivi alle più grandi eruzioni vulcaniche di tipo esplosivo (caratterizzate dalla emissione in atmosfera di un'enorme quantità di particolato) sono seguiti degli anni con inverni particolarmente rigidi.

Alcune ricerche affermano che un aumento di 4 volte della concentrazione del particolato in atmosfera comporterebbe una diminuzione della temperatura globale della terra pari a 3,5° C.

5.3.2.2 Concentrazioni di PM₁₀

Per analizzare i valori di concentrazione del PM₁₀ sono stati visionati i dati registrati nello stesso arco di riferimento delle analisi effettuate per gli ossidi di azoto, ossia dal 2008 al 2017. Questi dati hanno permesso di comprendere l'evoluzione, in questo arco temporale, dell'inquinante.

Sono stati riassunti, nella Tabella 5-3, i dati presenti per il PM₁₀ negli anni rilevati, dalla quale emerge la criticità del PM₁₀ nell'area di riferimento, dato l'elevato numero di superamenti del limite normativo.

Anno	Valore Medio	Percentili					Valore Massimo	Superamenti
		50°	85°	90°	95°	99°		
2008	29.04	23.00	46.70	55.60	77.00	105.16	119.00	40
2009	27.40	22.00	42.00	51.20	60.00	71.84	102.00	35
2010	26.51	21.00	44.60	51.00	62.00	96.88	110.00	38
2011	31.12	22.00	56.35	64.90	77.45	91.07	117.00	57
2012	25.57	20.00	43.00	51.00	63.00	77.50	105.00	36
2013	24.23	18.00	43.00	49.00	67.00	84.92	109.00	30
2014	29.45	22.00	52.10	59.40	68.00	101.00	124.00	59
2015	33.15	24.00	59.00	67.50	88.50	106.00	151.00	68
2016	28.92	21.00	46.75	59.50	71.50	103.45	126.00	44
2017	30.95	21.00	51.00	62.90	80.95	122.73	140.00	55

Tabella 5-3 Analisi dei percentili PM₁₀ negli anni 2008-2017 – Centralina di LU - Capannori (Fonte: elaborazione dati ARPA Toscana)

La sintesi di questi dati, attraverso i grafici di seguito riportati, permette una lettura più chiara dell'andamento nel tempo del PM₁₀.

Dai grafici è possibile notare come non sia evidente un trend ben preciso dei valori registrati, pertanto l'andamento delle concentrazioni di PM₁₀, sia in termini di percentili che di media e massima, può considerarsi pressoché costante negli ultimi dieci anni di riferimento. Come si nota infatti in Figura 5-13, il valore medio risulta essere oscillante negli anni, senza evidenziare un preciso andamento crescente o decrescente.

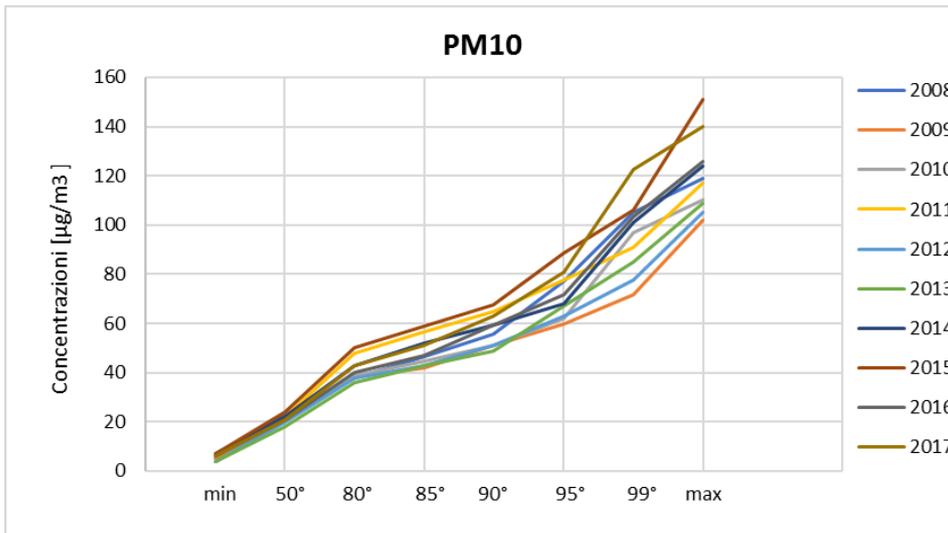


Figura 5-12 Percentili e valori massimi annuali PM₁₀ (Fonte: elaborazione dati ARPA Toscana)

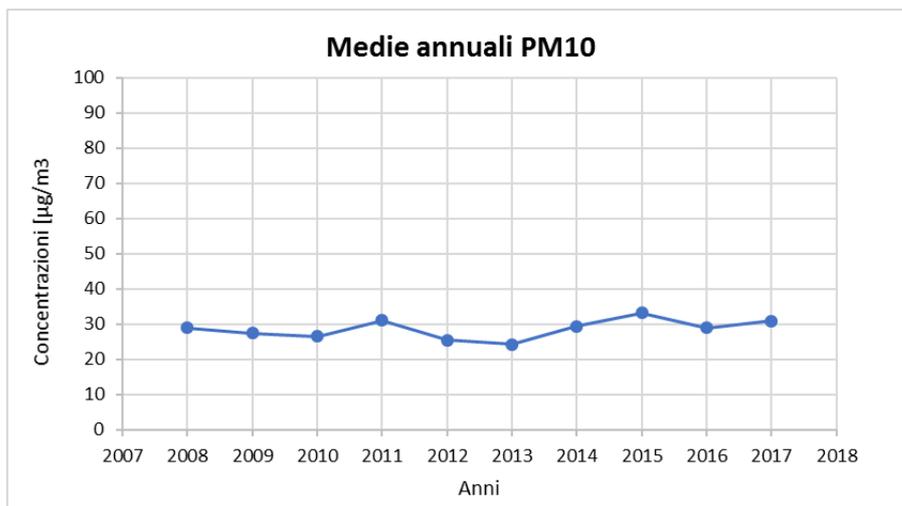


Figura 5-13 Medie annuali PM₁₀ (Fonte: elaborazione dati ARPA Toscana)

Questo andamento costante negli anni dei valori di PM₁₀ è evidenziato anche confrontando il dato orario per i diversi anni analizzati, caratterizzato da valori massimi nel periodo invernale, in cui si verificano evidenti superamenti del limite normativo, e valori minimi nel periodo estivo. Per una rappresentazione grafica del fenomeno si può far riferimento alla Figura 5-14.

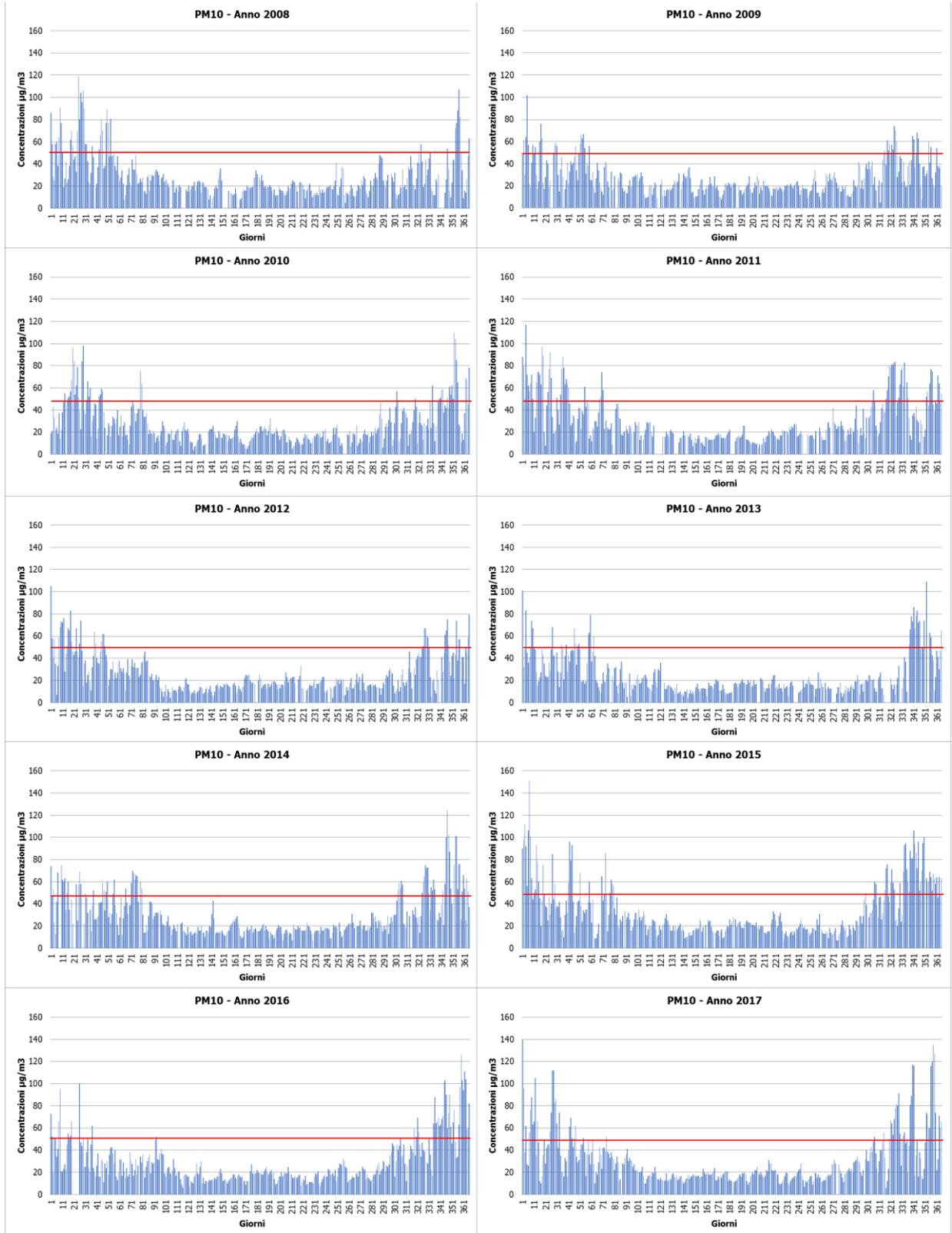


Figura 5-14 Valori orari di PM₁₀ anni 2008-2017 Centralina di LU - Capannori (Fonte: elaborazione dati ARPA Toscana)

5.3.2.3 Concentrazioni di PM_{2.5}

Per analizzare i valori di concentrazione del PM_{2.5} sono stati visionati i valori annuali registrati dalla centralina che hanno permesso di comprendere l'evoluzione, nell'arco temporale di riferimento, dell'inquinante e di verificare i superamenti con il limite normativo.

Sono stati riassunti, nella Tabella 5-4 ed in Figura 5-15, i dati di concentrazione media annua per il PM_{2.5} negli anni in cui è stato effettuato il rilevamento da parte della centralina di LU – Capannori, dal 2014 al 2017. Come è possibile osservare, i valori di PM_{2.5} medi annui negli anni di riferimento sono pressoché costanti e prossimi al limite normativo, che viene superato nel 2015.

Anno	Valore Medio
2014	20.89
2015	25.06
2016	20.78
2017	23.10

Tabella 5-4 Concentrazioni medie annue di PM_{2.5} negli anni 2014-2017 – Centralina di LU - Capannori (Fonte: elaborazione dati ARPA Toscana)

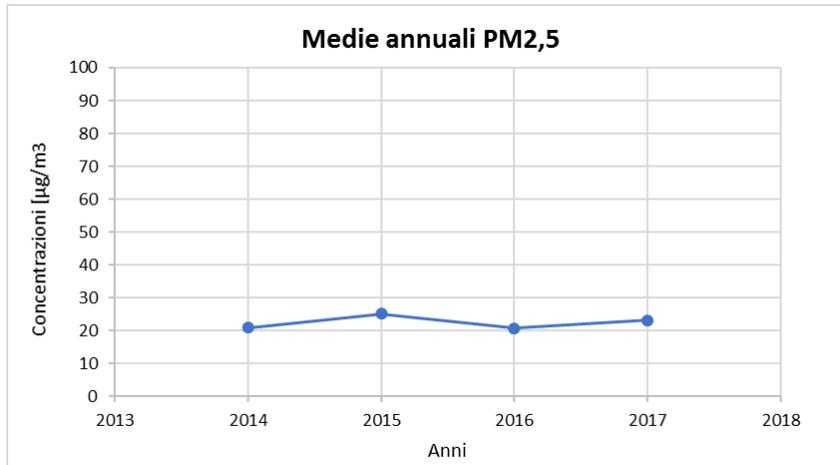


Figura 5-15 Medie annuali PM_{2.5} (Fonte: elaborazione dati ARPA Toscana)

5.3.3 BENZENE

5.3.3.1 Caratteristiche ed effetti sull'uomo e sull'ambiente

Il benzene è un composto chimico che a temperatura ambiente e pressione atmosferica si presenta sotto forma di liquido volatile incolore altamente infiammabile, dall'odore caratteristico.

Dal punto di vista chimico, il benzene è un idrocarburo aromatico monociclico avente formula C₆H₆. È un costituente naturale del petrolio, ma viene anche sintetizzato a partire da altri composti chimici presenti nel petrolio stesso. Possiede notevoli proprietà solventi: è miscibile in tutte le proporzioni con molti altri solventi organici, mentre è poco solubile in acqua (0,18% a 25 °C).

Viene da tempo impiegato come antidetonante nelle benzine, ma a causa della sua pericolosità per la salute e della facilità con cui contamina le falde freatiche, diverse entità (tra cui gli Stati Uniti e l'Unione

europea) ne stanno scoraggiando l'uso limitandone le concentrazioni ammesse per legge.

Il benzene viene prodotto per combustione incompleta di composti ricchi in carbonio, ad esempio, è prodotto naturalmente nei vulcani o negli incendi di foreste, ma anche nel fumo delle sigarette, o comunque a temperature superiori ai 500 °C.

Fino alla Seconda Guerra Mondiale, la quasi totalità del benzene era un sottoprodotto della produzione di carbon coke nell'industria dell'acciaio. Durante gli anni Cinquanta, la domanda di benzene crebbe enormemente per le richieste delle neonate fabbriche di produzione di materie plastiche, per cui fu necessario produrre il benzene anche dal petrolio.

Attualmente, la maggior parte del benzene è prodotta dalle industrie petrolchimiche, e in una minor parte, dal carbone.

Relativamente all'utilizzo, il benzene è un solvente molto usato nell'industria chimica; è stato anche impiegato per la sintesi di varie medicine, di materie plastiche, del caucciù sintetico, e di alcuni coloranti.

Prima degli anni Venti, il benzene era spesso utilizzato come solvente industriale, soprattutto per sgrassare i metalli. Quando la sua tossicità e le sue proprietà cancerogene divennero evidenti, venne rimpiazzato via via da altri solventi meno tossici nelle applicazioni che comportano un'esposizione diretta dell'operaio.

La maggior parte del benzene viene utilizzato come intermedio nella sintesi di altri composti chimici.

Il benzene, come noto, ha effetti nocivi sulla salute dell'uomo, in particolare la sua inalazione provoca l'intossicazione. L'inalazione di un tasso molto elevato di benzene può portare anche al decesso.

Il principale effetto di un'esposizione cronica al benzene è il danneggiamento dei tessuti ossei e la diminuzione delle cellule del midollo osseo, che può causare una diminuzione del tasso di globuli rossi nel sangue e un'anemia aplastica o una leucemia. Può anche dare origine a coaguli, difficoltà di coagulazione del sangue ed indebolimenti del sistema immunitario.

Il benzene è stato classificato dall'IARC come agente cancerogeno del gruppo 1. La sua cancerogenicità è legata al suo comportamento da agente intercalante: esso infatti "scivola" tra i nucleotidi di un acido nucleico (come il DNA) provocando errori di lettura o scrittura del codice genetico; ciò danneggia la sintesi proteica e rende incontrollata la riproduzione cellulare. Danneggia soprattutto le cellule germinali.

Non tutti i composti planari sono necessariamente cancerogeni. Ad esempio, l'acido benzoico, molto simile al benzene, perfettamente planare (sia l'anello che il gruppo carbossilico sono planari), non è cancerogeno (viene trasformato in acido ippurico) e i suoi sali di sodio e potassio vengono utilizzati come conservante alimentare. Allo stesso modo, la fenilalanina, un amminoacido essenziale, comprende nel suo residuo un gruppo fenile (un anello benzenico), non è assolutamente cancerogena, anzi, la mancata assunzione della sostanza può provocare seri problemi.

Il benzene è annoverato nella lista degli inquinanti atmosferici redatta nel documento del Clean Air Act e come inquinante delle acque nel Clean Water Act.

Il benzene è presente nei gas di scarico delle vetture. Uno dei luoghi in cui si hanno maggiori esposizioni al benzene del pubblico e dei lavoratori sono le stazioni di servizio, in quanto è inevitabile che una certa quantità di benzene, che è contenuto nella benzina come additivo, si disperda durante le operazioni di rifornimento.

5.3.3.2 Concentrazioni di Benzene

La centralina di riferimento non fornisce le concentrazioni di benzene.

5.3.4 IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (BENZO(A)PIRENE)

5.3.4.1 Caratteristiche ed effetti sull'uomo e sull'ambiente

Gli idrocarburi policiclici aromatici, noti anche con l'acronimo IPA o PAH (dall'inglese), sono idrocarburi costituiti da due o più anelli aromatici, quali quello del benzene fusi fra loro in un'unica struttura generalmente planare; in quanto idrocarburi non contengono eteroatomi nel ciclo o nei sostituenti.

Si ritrovano naturalmente nel carbone fossile e nel petrolio, da cui si estraggono, particolarmente dalle qualità ricche in aromatici.

Sono potenti inquinanti atmosferici e la loro formazione per cause antropiche avviene nel corso di combustioni incomplete di combustibili fossili, legname, grassi, fogliame, incenso e composti organici in generale, quali quelli provenienti dai rifiuti urbani, ritrovandosi quindi nei loro fumi, da quelli da biomasse al fumo di tabacco, ritrovandosi anche nei cibi cotti, in particolare nei processi di carbonizzazione ad alta temperatura, come le cotture alla griglia delle carni o nel pesce affumicato. Sono inquinanti che generano allerta perché alcuni composti sono stati identificati come cancerogeni, mutageni e teratogeni.

Gli IPA ad alto peso molecolare, come il benzo[e]pirene e il benzo[a]pirene, sono presenti in elevate quantità in catrami, bitumi, pece e carboni nonché nei prodotti correlati come gli asfalti. Inoltre, possono derivare da nerofumo e fuliggine di legna o comunque si ricollegano a fonti pirogeniche. Gli IPA leggeri come naltalene e fluorene sono inquinanti ubiquitari che, per la loro relativa maggiore solubilità in acqua, possono giungere ad inquinare le falde sotterranee.

Sono stati trovati nel mezzo interstellare, in comete e in meteoriti e sono tra le molecole ipoteticamente candidate a fungere da stampo base per la catalisi di reazioni coinvolte nella genesi delle prime forme di vita.

Gli IPA hanno noti effetti negativi sull'ambiente, sulla salute umana ed animale, come tossicità evidente per alcuni organismi acquatici ed uccelli, alta tossicità cronica per la vita acquatica, contaminazione dei raccolti agricoli.

Diversi IPA sono stati classificati dalla IARC (1987) come "probabili" o "possibili cancerogeni per l'uomo",

mentre il benzo(a)pirene è stato recentemente (2008) riclassificato nel gruppo 1 come "cancerogeno per l'uomo". Tra i cancerogeni certi per l'uomo, oltre ad esso, sono evidenti agenti ad alto contenuto di IPA come il fumo di tabacco, i processi per la gasificazione dei carboni, la produzione di coke e la distillazione dei catrami minerali.

Pur essendo lo studio di queste miscele particolarmente complesso, è stato comunque dimostrato che l'esposizione alle miscele IPA comporta per fenomeni di azione sinergica, un aumento dell'insorgenza del cancro, soprattutto in presenza di benzo(a)pirene.

L'attività cancerogena è dovuta ai prodotti del metabolismo di queste sostanze, quindi sono sostanze pre-mutagene. Difatti nel fegato vengono ossidate e ad un doppio legame viene sostituito un gruppo epossidico.

5.3.4.2 Concentrazioni degli IPA

La centralina di riferimento non fornisce le concentrazioni degli IPA.

5.3.5 MONOSSIDO DI CARBONIO

5.3.5.1 Caratteristiche ed effetti sull'uomo e sull'ambiente

Il monossido di carbonio (o ossido di carbonio o ossido carbonioso) è un gas velenoso particolarmente insidioso in quanto inodore e insapore. La sua molecola è costituita da un atomo di ossigeno e un atomo di carbonio legati con un triplo legame (costituito da due legami covalenti e un legame dativo). La sua formula chimica è CO.

Il monossido di carbonio viene prodotto da reazioni di combustione in difetto di aria (cioè quando l'ossigeno presente nell'aria non è sufficiente a convertire tutto il carbonio in anidride carbonica), per esempio negli incendi di foreste e boschi, dove il prodotto principale della combustione rimane comunque l'anidride carbonica. Altre fonti naturali sono i vulcani, mentre la maggior parte si genera da reazioni fotochimiche che avvengono nella troposfera. Inoltre, si sprigiona durante le combustioni in ambienti chiusi e dalle vecchie stufe a gas liquido, responsabili dell'alta frequenza di intossicazione da monossido di carbonio.

Si miscela bene nell'aria, con la quale forma facilmente miscele esplosive. In presenza di polveri metalliche finemente disperse, forma metallocarbonili tossici e infiammabili. Può reagire vigorosamente con ossigeno, acetilene, cloro, fluoro, ossidi di azoto.

Il monossido di carbonio è un prodotto della combustione incompleta dei combustibili organici (ad esempio: carbone, olio, legno, carburanti). Il CO è inoltre un combustibile importante perché rilascia una considerevole quantità di calore quando brucia all'aria.

Importanti combustibili industriali a base di monossido di carbonio sono il gas d'acqua (una miscela di CO e H₂), il gas d'aria (una miscela di CO e N₂) e il gas da carbone (miscela di CO, H₂, CH₄ e CO₂, prodotto per distillazione del carbone e conservato nei gasometri). Quest'ultimo era il cosiddetto gas di città, fornito nelle case per cucinare e per il riscaldamento; oggi sostituito dal gas naturale, costituito principalmente da metano (CH₄).

Il monossido di carbonio è un'emotossina, perché legandosi saldamente allo ione del ferro nell'emoglobina del sangue forma un complesso, chiamato carbossemoglobina, 300 volte più stabile di quello formato dall'ossigeno, chiamato ossiemoglobina, ostacolando così il trasporto di ossigeno nel sangue.

A causa del traffico automobilistico la popolazione urbana è spesso soggetta a lunghe esposizioni a basse concentrazioni. La lenta intossicazione da ossido di carbonio prende il nome di ossicarbonismo e si manifesta con sintomi nervosi e respiratori.

L'esposizione a monossido di carbonio comporta inoltre l'aggravamento delle malattie cardiovascolari, un peggioramento dello stato di salute nelle persone sane ed un aggravamento delle condizioni circolatorie in generale.

5.3.5.2 Concentrazioni di CO

La centralina di riferimento non fornisce le concentrazioni di Monossido di Carbonio.

5.4 QUADRO SINOTTICO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

Nel presente paragrafo si riassumono i valori di qualità dell'aria degli inquinanti di interesse, rilevati dalla centralina regionale più vicina all'area di intervento, caratterizzata da LU – Capannori dalla quale sono state rilevate le concentrazioni di NO_x, NO₂, PM₁₀ e PM_{2.5}. Questi valori sono ritenuti rappresentativi della qualità dell'aria circostante l'infrastruttura in esame. La Tabella 5-5 nello specifico mostra i valori di riferimento all'anno 2017, anno di riferimento dello scenario attuale per le analisi effettuate.

Inquinante	Valore di qualità dell'aria media annua 2017
Ossido di Azoto – NO_x	52,27 µg/m ³
Biossido di Azoto – NO₂	25,27 µg/m ³
Particolato – PM₁₀	30,95 µg/m ³
Particolato – PM_{2.5}	23,10 µg/m ³

Tabella 5-5 Valori di qualità dell'aria media annua (2017)

I valori riportati in tabella sono stati utilizzati come valori di fondo della qualità dell'aria dell'area di intervento. Essendo la centralina di LU – Capannori, presa come riferimento, una centralina di fondo urbano, questi valori di fondo sono ritenuti cautelativi ai fini della stima delle concentrazioni complessive di inquinanti allo stato attuale, in quanto l'intervento è posto in un'area non propriamente urbana.

Gli stessi valori tabellati sono stati utilizzati come fondo di qualità dell'aria per le analisi delle concentrazioni degli inquinanti risultanti dallo scenario di progetto. Questo assunto risulta essere cautelativo in quanto dai trend storici dei valori medi di concentrazione degli inquinanti monitorati dalla centralina, questi risultano sempre decrescenti.

6 I MODELLI DI SIMULAZIONE UTILIZZATI

6.1 COPERT V

Ci si è avvalsi di alcuni modelli di simulazione al fine di condurre le analisi emissive e diffusionali generate dall'opera in esame. Nello specifico, **per la stima dei fattori di emissione derivanti da traffico stradale si è fatto riferimento al software di calcolo COPERT 5**. Il software sopracitato 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 particolare (Characterisation of Exhaust Particulate Emissions from Road Vehicles), una Commissione europea (DG Transport) PROGETTO nell'ambito del 5° Framework Program (2000-2003);
- 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)⁷.

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.

⁷ Informazioni tratte dal sito <http://www.emisia.com>

6.2 CALROADS

Il software utilizzato per l'analisi delle concentrazioni degli inquinanti prodotti dal traffico veicolare, invece, è **Calroads View**. Questo software integra su un'unica piattaforma grafica tre modelli differenti per l'analisi delle concentrazioni da traffico veicolare:

- Caline 4;
- CAL3QHC;
- CAL3QHCR.

Nel caso in esame è stato utilizzato, per la modellazione dell'area, il modello CAL3QHCR. Questo modello è una versione evoluta del modello CAL3QHC che è in grado di processare un intero anno di dati meteorologici. Inoltre, è possibile imputare al modello i fattori di emissione generati dai veicoli ed il volume di traffico.

Il software, al fine di analizzare i dati meteorologici è integrato con un processore meteorologico specifico, RAMMET View, il quale partendo dai rilievi meteorologici a terra ed in quota è in grado di processare i dati al fine di poter generare un file di input utile per l'analisi delle dispersioni. Rammet View al suo interno contiene uno specifico processore, che attraverso leggi di correlazione specifiche è in grado di stimare il file del profilo meteorologico in quota a partire dai dati a terra.

Dal punto di vista progettuale il software permette di modellare ogni "link" simulato in termini di geometrie e caratteristiche, definendo sia l'altezza del link sia la geometria che influenza le diffusioni, così come mostrato in Figura 6-1.

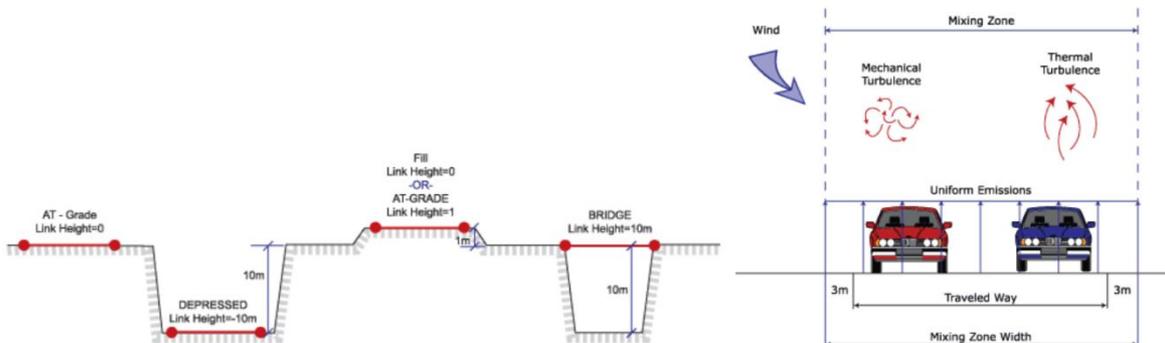


Figura 6-1 Modellazione geometrica del tracciato

Il software inoltre è in grado di poter modellare ogni singolo link secondo la tecnica di flusso libero o in coda. Rispetto a quest'ultimo aspetto il modello permette di definire due differenti tipologie di parametri emissivi: nel caso di flusso libero il parametro emissivo risulta calcolato in g/km, mentre in caso di coda in g/h considerando quindi l'effetto generato dai veicoli fermi in coda in attesa di utilizzare l'intersezione.

In ultimo il software consente di inserire i recettori quali punti di calcolo del modello. I recettori possono essere inseriti come singolo punto, come link di punti o come maglia di punti.

Per quanto riguarda la prima tipologia di recettore, occorre definire la posizione in termini di X, Y e Z. Per la seconda tipologia invece, definito un link di riferimento è possibile creare una linea di recettori parallela al link selezionato posto ad una distanza D e spaziate tra loro di una distanza S, come mostrato in Figura 6-2. Per quanto riguarda la maglia, infine, occorre identificare il passo e il numero di punti nelle due dimensioni X e Y.



Figura 6-2 Esempio di recettori a link

6.3 AERMOD VIEW

Il modello di simulazione matematico relativo alla dispersione degli inquinanti in atmosfera a cui si è fatto riferimento per le simulazioni del cantiere 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. Si distinguono, in particolare, tre modelli:

- 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"⁸, che consente di valutare, attraverso algoritmi di calcolo, i fattori di deflessione degli edifici, i parametri di deposizione al suolo degli inquinanti, l'effetto locale dell'orografia del territorio ed in ultimo i calcoli relativi alle turbolenze meteorologiche.

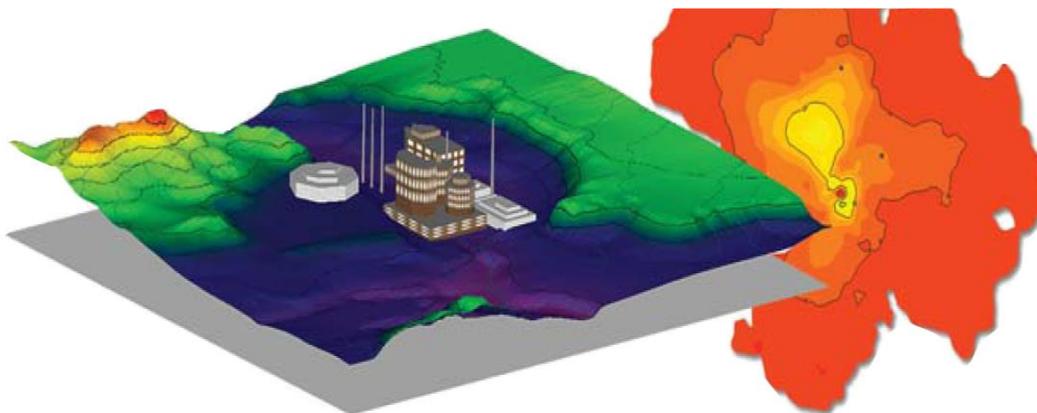


Figura 6-3 Aermod View Esempio di modellazione grafica 3D delle curve di isoconcentrazione

Il codice AERMOD è stato sviluppato dall'American Meteorological Society – EPA, quale evoluzione del

⁸ AERMOD Tech Guide – Gaussian Plume Air Dispersion Model. Version 7.6

modello gaussiano ISC3. La dispersione in atmosfera della sostanza inquinante è funzione delle condizioni di stabilità atmosferica dell'area di riferimento stessa⁹:

- 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.

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

Poiché il modello è di tipo stazionario, le emissioni sono assunte costanti nell'intervallo temporale di simulazione, tuttavia, è possibile fornire al modello stesso una differenziazione relativa ai fattori di emissioni calcolati nel giorno, ovvero definire per ogni ora del giorno un fattore di emissione relativo alla sorgente *i*-esima differente. Questa opzione di calcolo risulta particolarmente utile per la definizione delle concentrazioni derivanti da sorgenti che non utilizzano cicli di lavoro continui relativi alle 24h.

Infine, vengono considerati anche gli effetti derivanti dalla conformazione degli edifici. Grazie al modellatore 3D è possibile avere una rappresentazione grafica dell'area d'intervento sia in termini di terreno che in termini di edifici e sorgenti.

⁹ US EPA, User Guide for the AMS EPA regulatory model AERMOD – USA (2004)

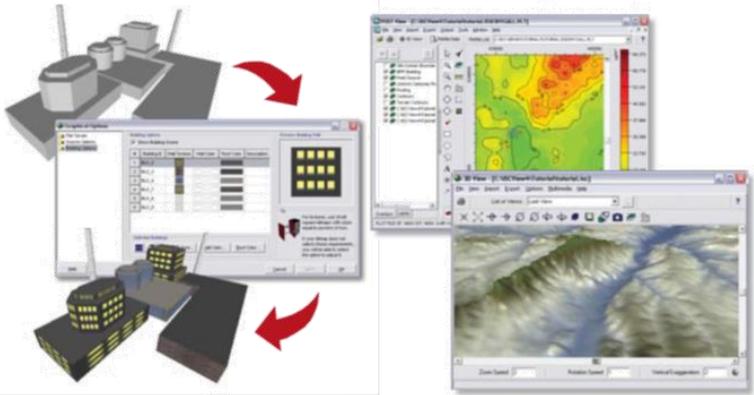


Figura 6-4 Esempio di modulo di visualizzazione 3D integrato nel modello di calcolo

In ultimo, il modello si avvale di due ulteriori modelli per la definizione 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.

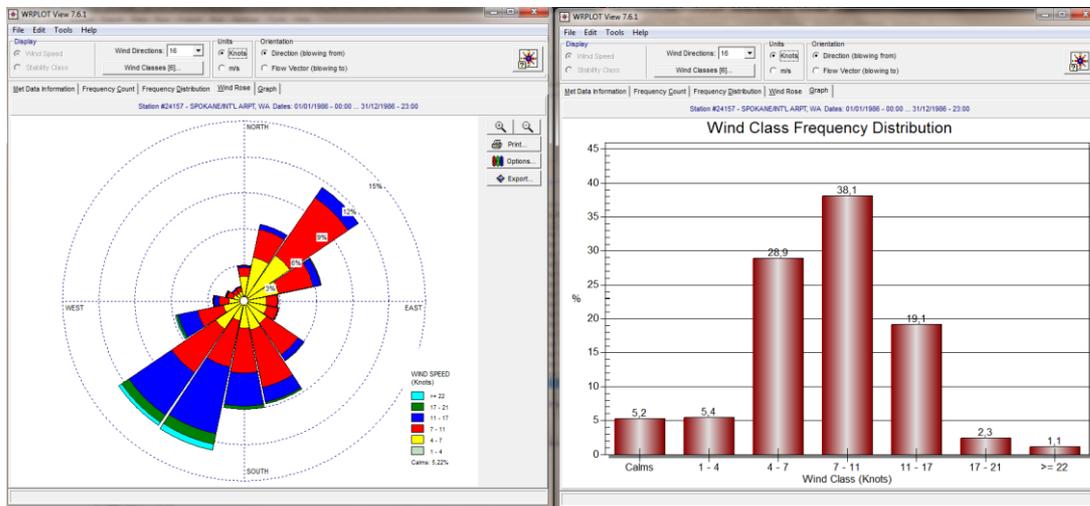


Figura 6-5 Esempio di applicazione del modulo AERMET

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

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

- parametri territoriali;
- parametri progettuali.

La prima famiglia di parametri è rappresentata da tutti i parametri propri del territorio ed in particolare i parametri meteorologici ed i parametri orografici. È evidente come i parametri appena citati 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 recettori sensibili.



Figura 6-6 Definizione logica del modello adottato

7 LE INTERFERENZE IN FASE DI ESERCIZIO

7.1 LA DEFINIZIONE DEGLI SCENARI E LE ANALISI CONDOTTE

Attraverso il software di simulazione Calroads è stato possibile determinare i valori di concentrazione degli inquinanti di interesse (NO_x , NO_2 , IPA (BaP), CO, C_6H_6 , PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$), e quantificare le modificazioni sulla qualità dell'aria prodotte dal nuovo tracciato in esame.

Al fine di perseguire gli obiettivi dello studio in oggetto, in rispondenza alle prescrizioni della Delibera del CIPE n. 38 del 10 agosto 2016, sono state effettuate due differenti analisi, i cui risultati sono descritti nel proseguo della trattazione.

1. **Analisi di dettaglio:** volta a determinare i livelli di qualità dell'aria generati dalla nuova infrastruttura confrontando questi con quelli attuali al fine di stimare le modificazioni di qualità dell'aria sui recettori presenti in prossimità della nuova infrastruttura in oggetto;
2. **Analisi sull'area vasta:** volta alla stima delle concentrazioni su un territorio più vasto, comprendente l'urbanizzato di Lucca, con il principale obiettivo di quantificare i benefici e/o aggravii apportati dal progetto.

Per effettuare le due analisi sopra citate sono stati simulati complessivamente tre scenari:

- scenario attuale;
- scenario relativo all'opzione zero (non intervento) al 2033;
- scenario di progetto al 2033.

Nello specifico, per l'analisi di dettaglio sono stati messi a confronto lo scenario attuale e lo scenario di progetto, considerando una maglia di calcolo che ha interessato i rami della rete stradale di riferimento, come fosse un buffer. In questa analisi sono stati calcolati i livelli di concentrazione degli inquinanti in prossimità dei recettori puntuali oltre che le curve di isoconcentrazione sull'intera maglia di calcolo, al fine di fornire una rappresentazione grafica delle concentrazioni per ogni inquinante.

L'analisi di area vasta, invece, ha messo a confronto l'opzione zero con lo scenario di progetto, con la finalità di valutare i benefici del progetto in termini di concentrazioni di inquinanti nell'area di Lucca, stante la distribuzione differente del traffico e le tipologie veicolari sui rami della rete stradale di riferimento. In questo caso, la maglia considerata ha compreso un'area maggiore rispetto all'analisi di dettaglio, con una distanza maggiore tra i punti di calcolo.

Prima di elaborare ed analizzare i risultati ottenuti dal modello di simulazione, nei paragrafi successivi vengono descritti i principali input relativi ai tre scenari considerati.

7.2 GLI INPUT DEL MODELLO DI CALCOLO

7.2.1 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 un file meteorologico compatibile con il modello di simulazione Calroads. Per tutti e tre gli scenari (scenario attuale, opzione zero e scenario di progetto) sono stati considerati i medesimi **dati meteoroclimatici rielaborati da ARPAT-Settore Modellistica previsionale, sulla base di dati WRF forniti dal Consorzio LaMMA¹⁰**.

7.2.2 LA RETE STRADALE DI RIFERIMENTO

Le simulazioni modellistiche condotte hanno portato alla stima delle concentrazioni dei principali inquinanti generati dal traffico veicolare. In considerazione della localizzazione dell'intervento previsto in progetto, per la stima delle concentrazioni si è considerata la rete stradale circostante il progetto, coerentemente allo Studio Trasportistico, rappresentata nella figura sottostante.

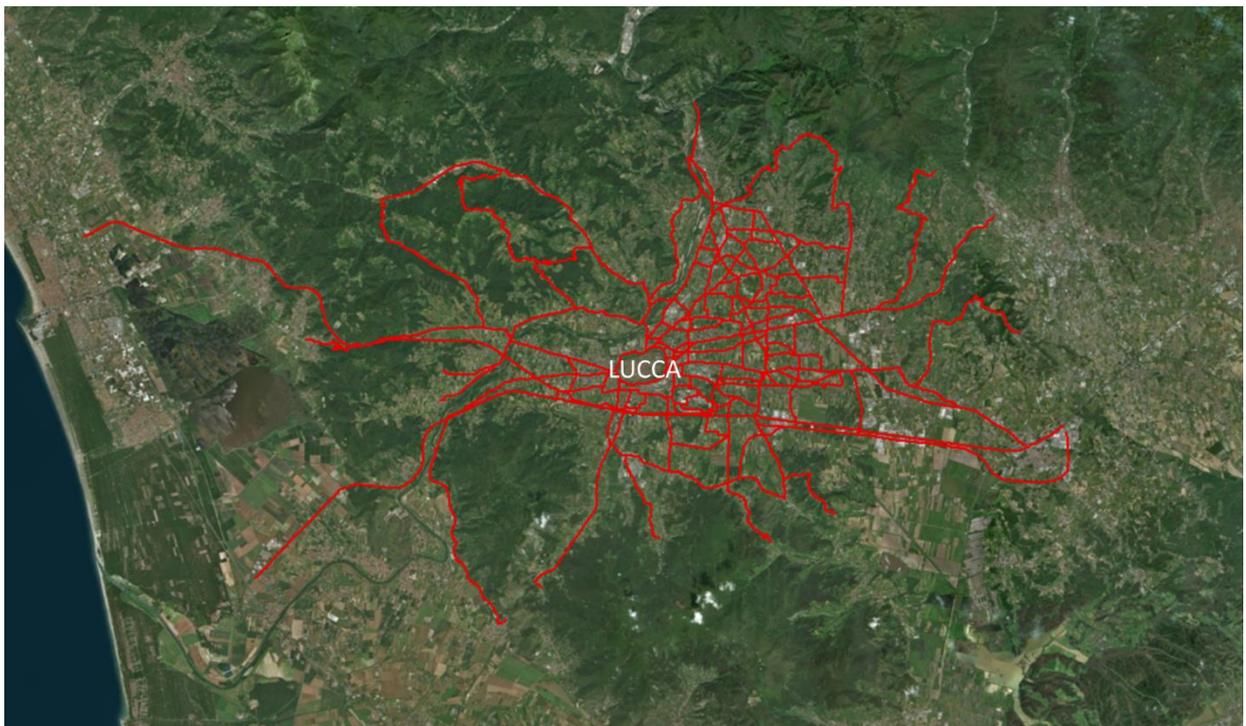


Figura 7-1 Rappresentazione rete stradale di riferimento

In particolare, la rete individuata è costituita dalle autostrade A11 e A12, nonché da diverse strade statali (SS12, SS435, SS439), provinciali (SP1, SP2, SP23, SP24, SP25, SP26, SP3, SP61, SP69) ed altre strade locali di collegamento.

Si specifica come per una verifica coerente dei risultati ottenuti dalle simulazioni, tale rete stradale è stata utilizzata nelle analisi dei tre scenari al fine di poter effettuare il confronto tra questi.

¹⁰ Dati forniti da ARPAT con nota A.0493982.21-09-2018.

7.2.3 VOLUMI E VELOCITÀ DEL TRAFFICO CIRCOLANTE

Tra gli input fondamentali del modello si sottolineano i flussi veicolari circolanti sui singoli archi della rete con le relative velocità medie di esercizio associate. Di seguito si riportano i valori di traffico giornaliero medio e di velocità media relativi ad ogni arco e ad ogni scenario di riferimento.

In particolare, con riferimento allo Studio Trasportistico, è stata assunta per lo scenario attuale la seguente composizione di traffico relativa al traffico giornaliero medio registrato nel 2018 e le seguenti velocità medie, associate ad ogni arco della rete.

ID	TGM	Velocità	ID	TGM	Velocità	ID	TGM	Velocità
17	48	70.00	306	5200	30.00	530	11580	30.00
18	7211	70.00	308	17105	55.00	531	7851	30.00
19	2864	30.00	312	2864	30.00	532	187	30.00
20	2940	30.00	313	20189	55.00	533	4089	30.00
21	9504	70.00	314	12275	40.00	534	1530	40.00
22	23205	55.00	317	394	30.00	535	35	30.00
23	5214	30.00	319	5302	30.00	536	7653	40.00
24	13789	55.00	320	12898	50.00	537	13363	40.00
25	8070	40.00	321	5806	30.00	538	3749	30.00
114	1	40.00	322	19919	55.00	539	3975	30.00
116	8933	55.00	323	20708	55.00	541	22806	55.00
117	10004	55.00	325	1105	30.00	543	25013	55.00
118	17576	55.00	326	2415	50.00	544	6670	40.00
119	28439	55.00	327	16455	55.00	545	10872	40.00
123	13282	120.00	328	1135	40.00	546	10177	40.00
125	1715	70.00	329	16876	55.00	649	11251	120.00
126	3176	55.00	330	4880	40.00	651	7668	40.00
127	1320	70.00	331	16695	55.00	652	163	30.00
128	1721	70.00	335	15017	50.00	655	5591	40.00
132	8589	70.00	336	10194	30.00	656	2055	30.00
133	7208	55.00	339	883	30.00	659	8179	30.00
135	5869	70.00	340	2460	30.00	662	929	50.00
138	13451	55.00	341	1230	30.00	670	0	40.00
140	8553	70.00	342	5941	40.00	671	22131	70.00
141	11935	50.00	344	24936	70.00	672	17603	70.00
142	6985	120.00	345	16374	70.00	675	414	30.00
146	2110	55.00	346	17107	70.00	676	929	50.00
147	6376	40.00	347	1862	70.00	677	15941	40.00
153	4214	30.00	348	15363	70.00	678	12087	50.00
154	15866	70.00	349	32824	70.00	679	6482	30.00
156	15046	55.00	350	12795	70.00	680	25570	40.00

ID	TGM	Velocità	ID	TGM	Velocità	ID	TGM	Velocità
157	16939	40.00	351	11270	70.00	681	11559	30.00
158	4463	30.00	352	8	50.00	682	6211	30.00
159	6984	40.00	353	16179	70.00	683	8365	55.00
160	8087	30.00	354	26400	70.00	684	44	30.00
163	18240	40.00	355	1661	30.00	685	8404	55.00
164	16939	40.00	356	7599	40.00	686	14450	120.00
165	4173	30.00	357	19055	55.00	687	10632	120.00
166	30557	55.00	359	6461	30.00	688	20643	40.00
167	28007	55.00	360	5781	40.00	689	0	70.00
168	8546	30.00	361	13	30.00	698	2669	40.00
170	12505	55.00	362	20528	55.00	706	3536	30.00
172	13867	55.00	363	6686	30.00	711	8376	70.00
176	13867	55.00	364	21671	55.00	713	8488	40.00
181	170	40.00	365	3491	30.00	717	5493	50.00
182	12903	55.00	366	11804	40.00	719	4159	70.00
183	17614	70.00	367	8838	55.00	726	1105	30.00
189	12373	55.00	368	29963	55.00	729	4991	40.00
190	169	40.00	370	5164	30.00	733	5538	40.00
191	26503	55.00	373	1232	30.00	744	81	30.00
192	18126	55.00	374	2579	30.00	746	20645	55.00
193	27800	55.00	375	8408	50.00	748	0	60.00
194	40643	55.00	376	13294	40.00	751	4991	40.00
195	38452	55.00	377	13800	55.00	752	0	60.00
196	12869	55.00	378	11262	70.00	753	1105	30.00
206	22184	70.00	379	7646	40.00	754	0	60.00
207	8016	70.00	380	2740	30.00	755	20708	55.00
210	9934	30.00	381	45	30.00	758	0	60.00
213	12175	40.00	382	11731	40.00	759	5538	50.00
215	9166	50.00	383	45	30.00	761	7005	30.00
216	19042	55.00	384	1651	30.00	762	181	30.00
217	2629	40.00	385	8016	70.00	767	0	60.00
219	2280	50.00	386	13382	70.00	768	5605	50.00
220	4288	50.00	387	654	40.00	769	2712	40.00
221	5678	30.00	388	8016	70.00	770	11096	40.00
222	988	70.00	390	23387	70.00	771	988	70.00
223	3211	50.00	392	20531	70.00	773	883	30.00
224	7110	70.00	405	33404	70.00	774	7110	70.00
225	5480	70.00	475	9699	40.00	775	0	60.00
226	4247	30.00	476	3154	40.00	776	0	60.00
229	11251	120.00	477	5572	40.00	777	6574	50.00
232	10893	40.00	479	673	30.00	778	10535	40.00

ID	TGM	Velocità	ID	TGM	Velocità	ID	TGM	Velocità
233	14525	30.00	480	1562	40.00	779	12874	50.00
235	21198	40.00	481	2102	40.00	781	6428	70.00
236	4029	40.00	482	1408	30.00	783	65	70.00
237	21198	40.00	483	3039	30.00	784	929	30.00
240	5036	70.00	484	2440	30.00	785	0	60.00
241	8317	40.00	485	9347	55.00	786	5941	40.00
246	8440	30.00	486	1802	30.00	787	0	40.00
248	13987	40.00	489	2815	30.00	788	0	40.00
250	7765	40.00	491	0	30.00	789	7668	40.00
256	5317	30.00	492	371	30.00	790	0	60.00
257	11096	40.00	493	380	30.00	791	163	30.00
258	2699	30.00	494	8	30.00	793	0	60.00
259	3629	30.00	495	6699	30.00	795	0	60.00
260	2646	30.00	496	5912	40.00	796	0	60.00
261	7038	40.00	497	5101	30.00	797	0	60.00
262	3659	30.00	499	6574	50.00	798	0	60.00
263	64	30.00	500	15131	50.00	799	1530	40.00
264	6393	30.00	501	18875	55.00	800	0	50.00
265	241	30.00	502	4915	55.00	801	4263	30.00
266	1644	30.00	503	13210	55.00	802	0	60.00
267	714	30.00	504	16163	40.00	803	0	50.00
269	20645	55.00	505	13210	55.00	804	24920	55.00
272	1141	30.00	506	3100	40.00	806	11761	30.00
274	2629	30.00	507	20545	55.00	807	3800	55.00
281	2358	40.00	508	6778	30.00	808	1868	30.00
282	2903	40.00	509	6320	30.00	809	13363	40.00
283	24030	55.00	510	3365	30.00	811	3749	30.00
284	2241	30.00	511	198	30.00	814	7653	40.00
285	3415	30.00	512	6146	30.00	816	13960	55.00
286	16258	55.00	513	6389	50.00	817	5149	50.00
288	1777	30.00	514	3731	30.00	818	11594	50.00
289	2671	30.00	515	3914	30.00	819	8387	30.00
290	9265	40.00	516	354	30.00	820	0	50.00
291	17580	55.00	517	955	30.00	821	1822	30.00
292	9804	40.00	518	11604	40.00	822	8387	30.00
294	4101	40.00	520	1412	40.00	823	9804	40.00
295	5329	55.00	521	11912	30.00	824	0	50.00
296	25569	55.00	522	11946	40.00	825	22806	55.00
298	11594	40.00	523	8940	30.00	826	0	50.00
299	21549	55.00	524	4263	30.00	827	18126	55.00
300	18532	55.00	525	9425	30.00	828	0	50.00

ID	TGM	Velocità	ID	TGM	Velocità	ID	TGM	Velocità
301	3068	30.00	526	5285	40.00	830	4534	30.00
302	2165	30.00	528	4054	30.00	831	852	30.00
303	12898	50.00	529	5841	30.00	832	5367	30.00

Tabella 7-1 Dati di traffico e velocità medie per lo scenario attuale

Per quanto riguarda invece, i volumi di traffico (TGM) e le relative velocità caratterizzanti lo scenario di non intervento relativo al 2033 si può far riferimento alla tabella sottostante.

ID	TGM	Velocità	ID	TGM	Velocità	ID	TGM	Velocità
17	46	70	306	5360	30	530	13415	30
18	11165	70	308	21077	55	531	9503	30
19	3377	30	312	3377	30	532	238	30
20	3978	30	313	27917	55	533	4862	30
21	5784	70	314	15436	40	534	1734	40
22	23076	55	317	506	30	535	63	30
23	4071	30	319	6791	30	536	9812	40
24	17679	55	320	16028	50	537	16210	40
25	10471	40	321	7437	30	538	4775	30
114	0	40	322	24883	55	539	4337	30
116	11002	55	323	25908	55	541	20329	55
117	12506	55	325	1212	30	543	23342	55
118	21527	55	326	3052	50	544	5909	40
119	35375	55	327	20783	55	545	9650	40
123	13868	120	328	1401	40	546	8002	40
125	2774	70	329	21300	55	649	20981	120
126	3967	55	330	6581	40	651	7495	40
127	1461	70	331	21106	55	652	182	30
128	2010	70	335	20896	50	655	6837	40
132	10401	70	336	12319	30	656	2528	30
133	9630	55	339	1143	30	659	12039	30
135	7513	70	340	3142	30	662	1600	50
138	15452	55	341	1540	30	670	13222	40
140	12843	70	342	7465	40	671	25790	70
141	14912	50	344	33158	70	672	20263	70
142	8916	120	345	18830	70	675	542	30
146	2778	55	346	19744	70	676	13343	50
147	6598	40	347	388	70	677	18226	40
153	4403	30	348	19491	70	678	12899	50
154	19146	70	349	39449	70	679	6343	30
156	17264	55	350	15546	70	680	33400	40
157	24659	40	351	11232	70	681	11981	30
158	5016	30	352	13	50	682	7324	30

ID	TGM	Velocità	ID	TGM	Velocità	ID	TGM	Velocità
159	8796	40	353	19829	70	683	9258	55
160	9647	30	354	29549	70	684	42	30
163	7090	40	355	1927	30	685	9296	55
164	24659	40	356	9608	40	686	16741	120
165	4632	30	357	23933	55	687	12980	120
166	36730	55	359	8059	30	688	2557	40
167	35102	55	360	7715	40	689	32887	70
168	10634	30	361	42	30	698	3664	40
170	16124	55	362	26522	55	706	4856	30
172	17752	55	363	8452	30	711	10654	70
176	17752	55	364	27192	55	713	11371	40
181	229	40	365	4189	30	717	6857	50
182	16918	55	366	14815	40	719	5057	70
183	22201	70	367	7763	55	726	1212	30
189	15432	55	368	39487	55	729	6482	40
190	229	40	370	5989	30	733	6745	40
191	32927	55	373	1437	30	744	92	30
192	20150	55	374	3012	30	746	27887	55
193	24112	55	375	10437	50	748	0	60
194	50865	55	376	16271	40	751	6482	40
195	45693	55	377	16734	55	752	0	60
196	15735	55	378	11220	70	753	1212	30
206	28089	70	379	9365	40	754	0	60
207	9969	70	380	3560	30	755	25908	55
210	11319	30	381	35	30	758	0	60
213	14971	40	382	14723	40	759	6745	50
215	9292	50	383	35	30	761	8678	30
216	23892	55	384	2030	30	762	54	30
217	3300	40	385	9969	70	767	0	60
219	2942	50	386	16252	70	768	6557	50
220	3395	50	387	868	40	769	1699	40
221	6906	30	388	9969	70	770	10669	40
222	858	70	390	29493	70	771	858	70
223	4113	50	392	26747	70	773	1143	30
224	8596	70	405	39794	70	774	8596	70
225	2454	70	475	12765	40	775	0	60
226	2323	30	476	3430	40	776	0	60
229	19328	120	477	6769	40	777	4222	50
232	12420	40	479	761	30	778	9624	40
233	18289	30	480	1618	40	779	12289	50
235	24878	40	481	1979	40	781	6923	70

ID	TGM	Velocità	ID	TGM	Velocità	ID	TGM	Velocità
236	5138	40	482	2826	30	783	67	70
237	24878	40	483	1021	30	784	1600	30
240	5910	70	484	3491	30	785	0	60
241	8256	40	485	7263	55	786	7465	40
246	10373	30	486	3012	30	787	0	40
248	13655	40	489	4075	30	788	0	40
250	9454	40	491	0	30	789	7495	40
256	6667	30	492	156	30	790	0	60
257	10669	40	493	156	30	791	182	30
258	3655	30	494	0	30	793	0	60
259	4959	30	495	8493	30	795	0	60
260	3004	30	496	7206	40	796	0	60
261	8841	40	497	5030	30	797	0	60
262	4649	30	499	12214	50	798	0	60
263	104	30	500	21654	50	799	1734	40
264	7804	30	501	23072	55	800	0	50
265	323	30	502	6109	55	801	5586	30
266	2188	30	503	10020	55	802	0	60
267	884	30	504	14932	40	803	0	50
269	27887	55	505	10020	55	804	31285	55
272	1291	30	506	2376	40	806	13752	30
274	3738	30	507	24976	55	807	4643	55
281	1699	40	508	8475	30	808	1928	30
282	2068	40	509	7741	30	809	16210	40
283	30584	55	510	3964	30	811	4775	30
284	2560	30	511	308	30	814	9812	40
285	4701	30	512	7572	30	816	16980	55
286	20123	55	513	7581	50	817	7192	50
288	1973	30	514	2870	30	818	16591	50
289	3663	30	515	5122	30	819	17789	30
290	11896	40	516	1	30	820	4895	50
291	22135	55	517	1159	30	821	1671	30
292	7961	40	518	9831	40	822	13880	30
294	1614	40	520	1594	40	823	15248	40
295	5363	55	521	13339	30	824	12466	50
296	31532	55	522	13204	40	825	31575	55
298	9575	40	523	11671	30	826	10399	50
299	28964	55	524	5586	30	827	25468	55
300	25312	55	525	11463	30	828	14566	50
301	1156	30	526	6338	40	830	4907	30
302	2907	30	528	4798	30	831	1423	30

ID	TGM	Velocità	ID	TGM	Velocità	ID	TGM	Velocità
303	16028	50	529	7088	30	832	5232	30

Tabella 7-2 Dati di traffico e velocità medie per l'opzione zero

In ultimo, relativamente allo scenario di progetto gli input relativi al traffico stimato nonché alle velocità medie assunte su ogni ramo sono riportati nella seguente tabella.

ID	TGM	Velocità	ID	TGM	Velocità	ID	TGM	Velocità
17	46	70	306	3992	30	530	13767	30
18	10738	70	308	16082	55	531	9084	30
19	1814	30	312	1814	30	532	348	30
20	3354	30	313	26733	55	533	4308	30
21	6209	70	314	14652	40	534	1699	40
22	22870	55	317	430	30	535	43	30
23	3969	30	319	4873	30	536	9156	40
24	17850	55	320	17620	50	537	14723	40
25	9814	40	321	7465	30	538	3537	30
114	0	40	322	25183	55	539	2904	30
116	11183	55	323	26515	55	541	20284	55
117	12406	55	325	6865	30	543	23083	55
118	21534	55	326	3167	50	544	5746	40
119	34948	55	327	17391	55	545	9067	40
123	14039	120	328	1414	40	546	8034	40
125	2965	70	329	17858	55	649	24096	120
126	3956	55	330	8577	40	651	8950	40
127	1481	70	331	17612	55	652	1689	30
128	1988	70	335	26453	50	655	2997	40
132	10379	70	336	13659	30	656	2484	30
133	9805	55	339	1292	30	659	11884	30
135	7471	70	340	3291	30	662	0	50
138	15227	55	341	1562	30	670	15928	40
140	12411	70	342	8887	40	671	25079	70
141	14872	50	344	31144	70	672	19577	70
142	8920	120	345	18954	70	675	491	30
146	2843	55	346	19868	70	676	15928	50
147	6478	40	347	472	70	677	19525	40
153	4550	30	348	19475	70	678	19793	50
154	19148	70	349	38737	70	679	5669	30
156	17112	55	350	13310	70	680	32816	40
157	24072	40	351	9041	70	681	11816	30
158	5274	30	352	18	50	682	7404	30
159	8086	40	353	17587	70	683	9167	55
160	10132	30	354	25188	70	684	49	30

ID	TGM	Velocità	ID	TGM	Velocità	ID	TGM	Velocità
163	7941	40	355	1725	30	685	9211	55
164	24072	40	356	10604	40	686	16950	120
165	4887	30	357	20499	55	687	12789	120
166	36804	55	359	7182	30	688	2192	40
167	33679	55	360	8538	40	689	32374	70
168	10122	30	361	3	30	698	2990	40
170	16372	55	362	26005	55	706	4304	30
172	18585	55	363	7754	30	711	10603	70
176	18585	55	364	23731	55	713	11650	40
181	283	40	365	4654	30	717	6840	50
182	17128	55	366	7527	40	719	5027	70
183	22066	70	367	8015	55	726	1223	30
189	15514	55	368	35896	55	729	7241	40
190	283	40	370	6358	30	733	2924	40
191	32699	55	373	1529	30	744	368	30
192	19802	55	374	2823	30	746	34303	55
193	23949	55	375	9977	50	748	8854	60
194	50647	55	376	11807	40	751	7290	40
195	45697	55	377	14326	55	752	10577	60
196	15002	55	378	9023	70	753	6865	30
206	26819	70	379	5481	40	754	17095	60
207	9816	70	380	3550	30	755	22598	55
210	11038	30	381	343	30	758	10529	60
213	7542	40	382	7160	40	759	13453	50
215	15827	50	383	343	30	761	8498	30
216	20496	55	384	2141	30	762	81	30
217	3236	40	385	9816	70	767	7209	60
219	2954	50	386	13977	70	768	14124	50
220	3372	50	387	790	40	769	1180	40
221	7105	30	388	9816	70	770	13387	40
222	882	70	390	29850	70	771	882	70
223	4118	50	392	26039	70	773	1292	30
224	8781	70	405	38874	70	774	8781	70
225	2908	70	475	12128	40	775	0	60
226	2433	30	476	2804	40	776	0	60
229	18894	120	477	6426	40	777	4682	50
232	11943	40	479	474	30	778	10355	40
233	18198	30	480	908	40	779	12543	50
235	24956	40	481	1293	40	781	6005	70
236	5266	40	482	2534	30	783	79	70
237	24956	40	483	728	30	784	0	30

ID	TGM	Velocità	ID	TGM	Velocità	ID	TGM	Velocità
240	6088	70	484	2980	30	785	0	60
241	15303	40	485	7121	55	786	6264	40
246	8952	30	486	1598	30	787	0	40
248	14612	40	489	3335	30	788	3033	40
250	9763	40	491	0	30	789	389	40
256	4726	30	492	15	30	790	2424	60
257	6250	40	493	15	30	791	7	30
258	3133	30	494	0	30	793	1682	60
259	4313	30	495	7757	30	795	0	60
260	1776	30	496	1097	40	796	0	60
261	6970	40	497	4562	30	797	3033	60
262	2747	30	499	10635	50	798	0	60
263	100	30	500	19745	50	799	1699	40
264	6795	30	501	23857	55	800	0	50
265	221	30	502	6944	55	801	5852	30
266	2126	30	503	9583	55	802	0	60
267	946	30	504	14130	40	803	0	50
269	26917	55	505	9583	55	804	30996	55
272	1253	30	506	1538	40	806	13916	30
274	3091	30	507	21220	55	807	4880	55
281	1180	40	508	7082	30	808	2191	30
282	1272	40	509	6368	30	809	14723	40
283	30638	55	510	2880	30	811	3537	30
284	1836	30	511	266	30	814	9156	40
285	4003	30	512	6613	30	816	16913	55
286	17752	55	513	14162	50	817	6286	50
288	1694	30	514	2984	30	818	14867	50
289	2949	30	515	4178	30	819	16232	30
290	13193	40	516	0	30	820	4793	50
291	18795	55	517	1320	30	821	1648	30
292	7277	40	518	9718	40	822	12219	30
294	1881	40	520	1643	40	823	14552	40
295	5282	55	521	13542	30	824	11148	50
296	31538	55	522	13458	40	825	30118	55
298	9159	40	523	11761	30	826	9232	50
299	28130	55	524	5852	30	827	24967	55
300	29585	55	525	11496	30	828	14477	50
301	1566	30	526	5827	40	830	4679	30
302	4718	30	528	4265	30	831	1613	30
303	17620	50	529	6524	30	832	5138	30

Tabella 7-3 Dati di traffico e velocità medie per lo scenario di progetto

7.2.4 LA COMPOSIZIONE DEL PARCO VEICOLARE CIRCOLANTE

Uno degli elementi fondamentali per il calcolo dei fattori di emissione degli inquinanti, che rappresentano uno degli input del modello dispersivo, è la caratterizzazione del parco veicolare in termini di tipologia di veicoli ed entità di traffico. I dati utili a tale scopo sono dati ufficiali forniti direttamente dall'Automobile Club d'Italia (ACI). Si è fatto riferimento nello specifico alla rappresentazione del parco veicolare italiano relativa al 2017 (“**Autoritratto 2017**”).

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 questo in diverse classi “COPERT” ovvero 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.

Nel caso specifico dell'area di interesse l'ambito a cui far riferimento è funzione del bacino di influenza dell'infrastruttura considerata, ovvero della capacità e della provenienza delle sorgenti che l'infrastruttura stessa “genera e attrae”.

Al fine di assumere un dato sufficientemente significativo e cautelativo si è scelto di far riferimento alla suddivisione regionale del parco veicolare (Regione Toscana), essendo questa maggiormente rappresentativa del traffico veicolare circolante sull'infrastruttura di analisi e sulla rete stradale di riferimento.

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 uso.

Relativamente allo scenario attuale, sono stati assunti come dati per la rappresentazione del parco veicolare esattamente quelli riportati nell' “Autoritratto 2017” fornito dall'ACI. Di seguito si riportano i dati in forma tabellare e grafica per ogni tipologia di veicolo.

Autovetture Regione Toscana - Anno 2017											
ALIMENTAZIONE	FASCIA	EURO 0	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	EURO 6	Non contemplato	Non definito	TOTALE
BENZINA	Fino a 1400	106247	24366	111737	142894	300398	159849	136714		966	983171
	1401 - 2000	28258	11671	29429	19894	41172	15178	9446		179	155227
	Oltre 2000	5944	1381	2274	2003	3928	1145	1112		33	17820
	Non definito	26		1			1				28
BENZINA Totale		140475	37418	143441	164791	345498	176173	147272		1178	1156246
BENZINA E GAS LIQUIDO	Fino a 1400	4204	663	2549	2699	43745	31207	28282		5	113354
	1401 - 2000	4722	1725	3443	2160	9487	6874	2752		10	31173
	Oltre 2000	503	178	349	313	883	60	4		2	2292
	Non definito	1		1	1						3
BENZINA E GAS LIQUIDO Totale		9430	2566	6342	5173	54115	38141	31038		17	146822
BENZINA E METANO	Fino a 1400	1853	428	1983	1631	21312	29307	17080		2	73596
	1401 - 2000	1250	577	1549	1688	6536	810	340			12750
	Oltre 2000	70	39	57	36	239	30				471
	Non definito	1									1
BENZINA E METANO Totale		3174	1044	3589	3355	28087	30147	17420		2	86818
ELETTRICO-IBRIDO	Fino a 1400					39	331	350			720
	1401 - 2000					210	2671	5467			8348
	Oltre 2000					122	130	1251			1503
	Non contemplato								720		720
ELETTRICO-IBRIDO Totale									720	11291	
GASOLIO	Fino a 1400	1854	91	135	21185	91900	70906	30906		2	216979
	1401 - 2000	10609	2451	21618	87697	166184	218915	233781		6	741261
	Oltre 2000	9214	3712	14991	27950	31660	24857	23044		5	135433
	Non definito	21677	6254	36744	136832	289744	314678	287731		13	1093673
GASOLIO Totale		21677	6254	36744	136832	289744	314678	287731		13	1093673
ALTRE	Fino a 1400	43									43
	1401 - 2000					1					1
ALTRE Totale		43				1					44
NON DEFINITO	Fino a 1400	24			1					10	35
	1401 - 2000	6				1					7
	Oltre 2000				1						2
	Non definito	19				2					34
NON DEFINITO Totale		49			2	3					78
TOTALE		174848	47282	190116	310154	717818	562271	490529	720	1234	2494972

Tabella 7-4 Suddivisione Autovetture, Regione Toscana (Fonte: Elaborazione da dati ACI Autoritratto 2017)

Veicoli industriali leggeri Regione toscana - Anno 2017											
ALIMENTAZIONE	FASCIA	EURO 0	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	EURO 6	Non contemplato	Non identificato	TOTALE
BENZINA	fino a 3,5	3262	1215	3107	3273	3124	1437	1168		61	16647
	Non definito	315	14		1	1	1	4		4	340
BENZINA Totale		3577	1229	3107	3274	3125	1438	1172		65	16987
BENZINA E GAS LIQUIDO	fino a 3,5	645	188	150	255	2301	919	1139		1	5598
	Non definito	102	4		2			1			109
BENZINA E GAS LIQUIDO Totale		747	192	150	257	2301	919	1140		1	5707
BENZINA E METANO	fino a 3,5	151	58	100	185	2200	2772	3094		1	8561
	Non definito	6	1								7
BENZINA E METANO Totale		157	59	100	185	2200	2772	3094		1	8568
ELETTRICO-IBRIDO	fino a 3,5				1	2	2	28			33
	Non contemplato								617		617
	Non definito							1			1
ELETTRICO-IBRIDO Totale					1	2	2	29	617		651
GASOLIO	fino a 3,5	23615	14898	33658	54805	53736	59232	30494		21	270459
	Non definito	2315	200	8	11	6	26	29		3	2598
GASOLIO Totale		25930	15098	33666	54816	53742	59258	30523		24	273057
ALTRE	fino a 3,5	2	3								5
	Non definito	1									1
ALTRE Totale		3	3								6
NON DEFINITO	fino a 3,5	2									2
	Non definito	1									1
NON DEFINITO Totale		3									4
TOTALE		30417	16581	37023	58533	61370	64389	35958	617	92	304980

Tabella 7-5 Suddivisione Veicoli industriali leggeri, Regione Toscana (Fonte: Elaborazione da dati ACI Autoritratto 2017)

Veicoli industriali pesanti Regione Toscana - Anno 2017										
ALIMENTAZIONE	FASCIA	EURO 0	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	EURO 6	Non definito	TOTALE
BENZINA	Oltre 3,5	127	2	5	8	5			3	150
BENZINA Totale		127	2	5	8	5			3	150
BENZINA E GAS LIQUIDO	Oltre 3,5	19	3		1				1	24
BENZINA E GAS LIQUIDO Totale		19	3		1				1	24
BENZINA E METANO	Oltre 3,5	2		1	6	2	33		18	62
BENZINA E METANO Totale		2		1	6	2	33		18	62
GASOLIO	3,6 - 7,5	3443	682	1438	2197	1011	1234	761	29	10795
	7,6 - 12	2812	693	1289	1620	274	752	270	12	7722
	12,1 - 14	581	58	92	214	56	167	53	6	1227
	14,1 - 20	1254	401	955	1310	222	817	384	15	5358
	20,1 - 26	1709	446	1209	1663	194	1440	584	6	7251
	26,1 - 28	14		2	3			3	18	40
	28,1 - 32	20	50	303	647	115	441	111		1687
GASOLIO Totale	Oltre 32	58	14	42	51	15	58	22	1	261
GASOLIO Totale		9891	2344	5330	7705	1887	4912	2203	69	34341
NON DEFINITO	3,6 - 7,5								1	1
	7,6 - 12								1	1
	12,1 - 14	1								1
	14,1 - 20				1					1
NON DEFINITO Totale		1			1				2	4
TOTALE		10040	2349	5336	7721	1894	4945	2222	74	34581

Tabella 7-6 Suddivisione Veicoli industriali pesanti, Regione Toscana (Fonte: Elaborazione da dati ACI Autoritratto 2017)

Trattori stradali Regione Toscana - Anno 2017											
ALIMENTAZIONE	FASCIA	EURO 0	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	EURO 6	Non contemplato	Non definito	TOTALE
BENZINA	fino a 14	4									4
	14,1 - 20	1		1	5						7
	Non definito	5									5
BENZINA Totale		10		1	5						16
BENZINA E GAS LIQUIDO	14,1 - 20						5				5
BENZINA E GAS LIQUIDO Totale							5				5
BENZINA E METANO	14,1 - 20						3	18			21
BENZINA E METANO Totale							3	18			21
ELETTTRICO-IBRIDO	Non contemplato								2		2
ELETTTRICO-IBRIDO Totale									2		2
GASOLIO	fino a 14	131	3	8	21	2	2	1			168
	14,1 - 20	217	118	630	1501	239	2250	1065			6020
	20,1 - 28	20	5	27	64	16	54	27			213
	28,1 - 34	1		1	1	1	3	3			10
	34,1 - 40	3	5	6	6	2	7	1			30
	40,1 - 50	2		5	13	2	11	3			36
	Oltre 60							1			1
GASOLIO Totale	Non definito	412	25	13	1		54	33		6	544
GASOLIO Totale		786	156	690	1607	262	2382	1133		6	7022
NON DEFINITO	14,1 - 20			1	1						2
NON DEFINITO Totale				1	1						2
TOTALE		796	156	692	1613	262	2390	1151	2	6	7068

Tabella 7-7 Suddivisione Trattori stradali, Regione Toscana (Fonte: Elaborazione da dati ACI Autoritratto 2017)

Autobus Regione Toscana - Anno 2017										
USO	EURO 0	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	EURO 6	Non contemplato	Non definito	TOTALE
Noleggio	145	58	221	282	169	292	290			1457
Privato	227	99	224	246	119	84	47		5	1051
Pubblico	161	99	694	903	78	544	465		1	2945
Altri usi	23	5	13	4	1					46
Non contemplato								42		42
TOTALE	556	261	1152	1435	367	920	802	42	6	5541

Tabella 7-8 Suddivisione Autobus, Regione Toscana (Fonte: Elaborazione da dati ACI Autoritratto 2017)

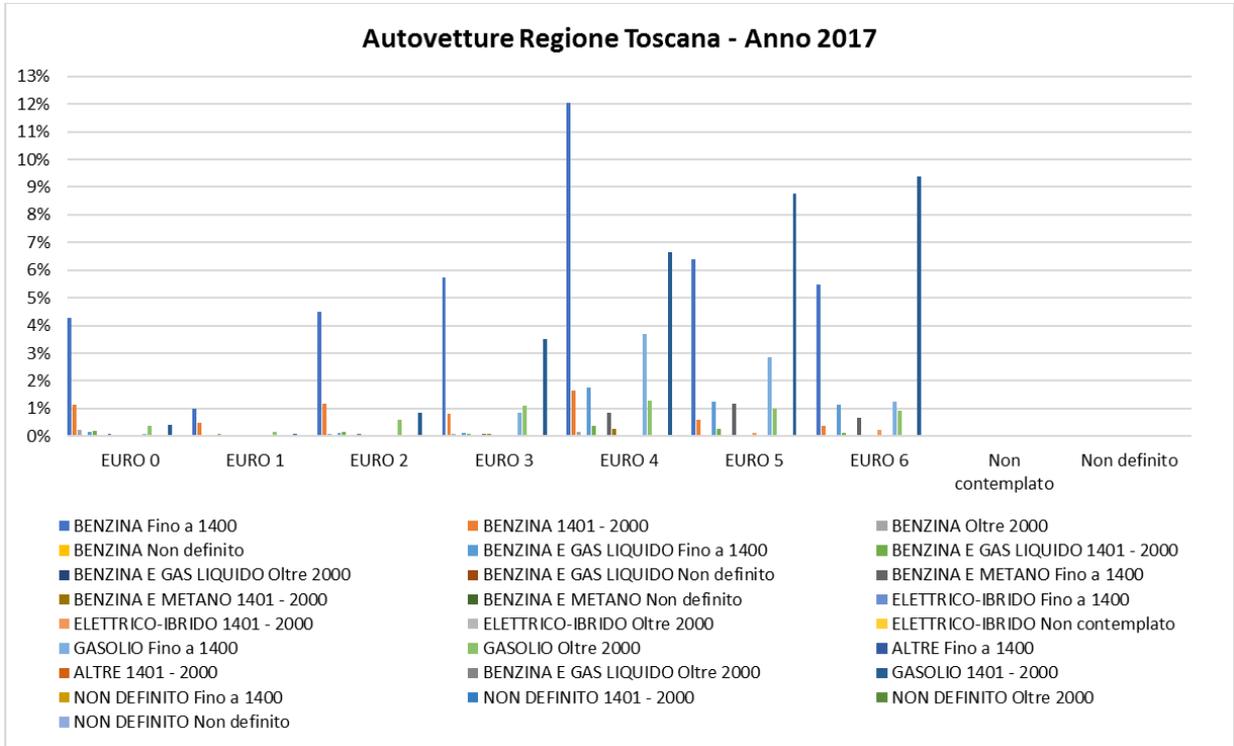


Figura 7-2 Suddivisione percentuale Autovetture, Regione Toscana (Fonte: Elaborazione da dati ACI Autoritratto 2017)

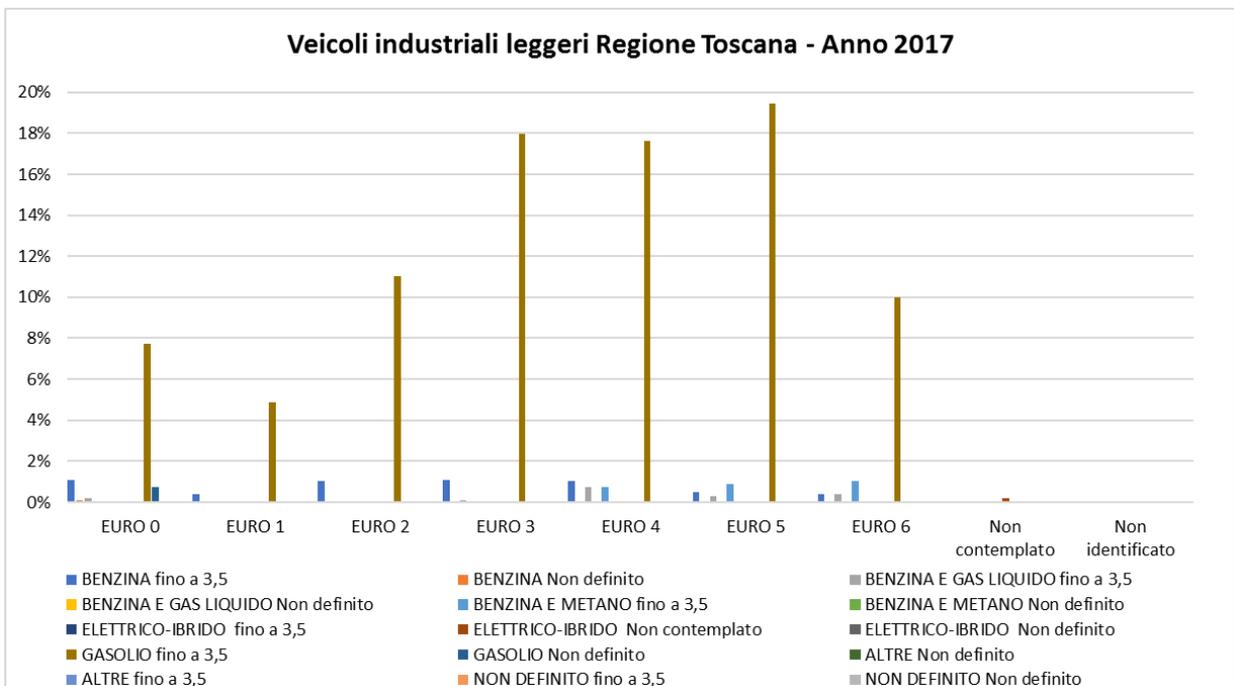


Figura 7-3 Suddivisione percentuale Veicoli industriali leggeri, Regione Toscana (Fonte: Elaborazione da dati ACI Autoritratto 2017)

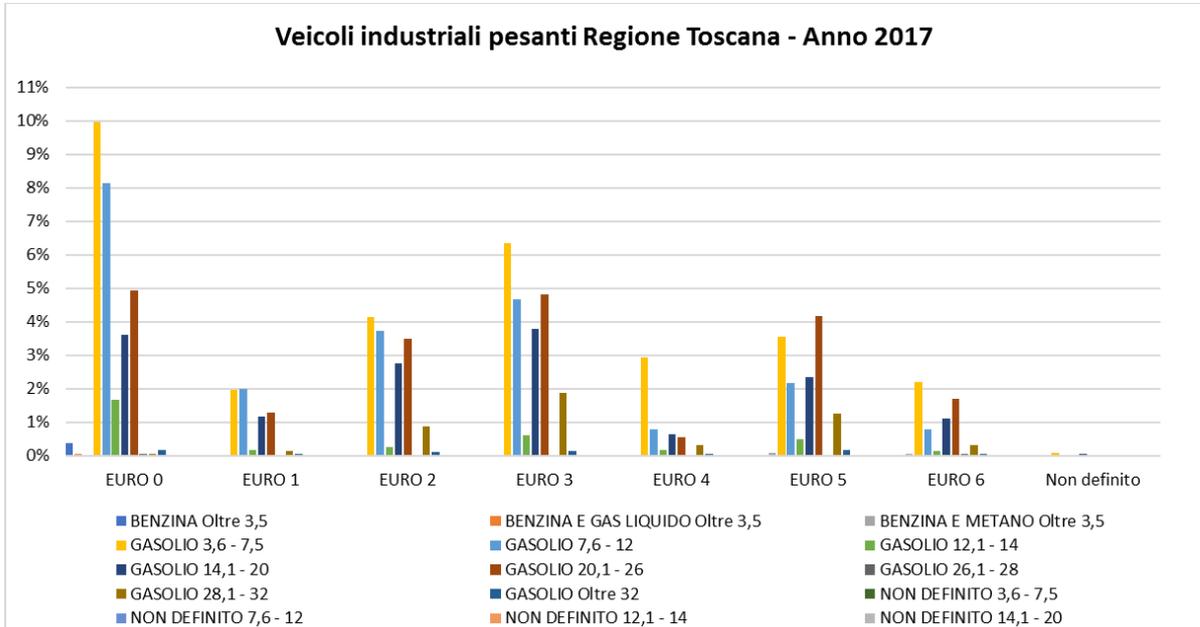


Figura 7-4 Suddivisione percentuale Veicoli industriali pesanti, Regione Toscana (Fonte: Elaborazione da dati ACI Autoritratto 2017)

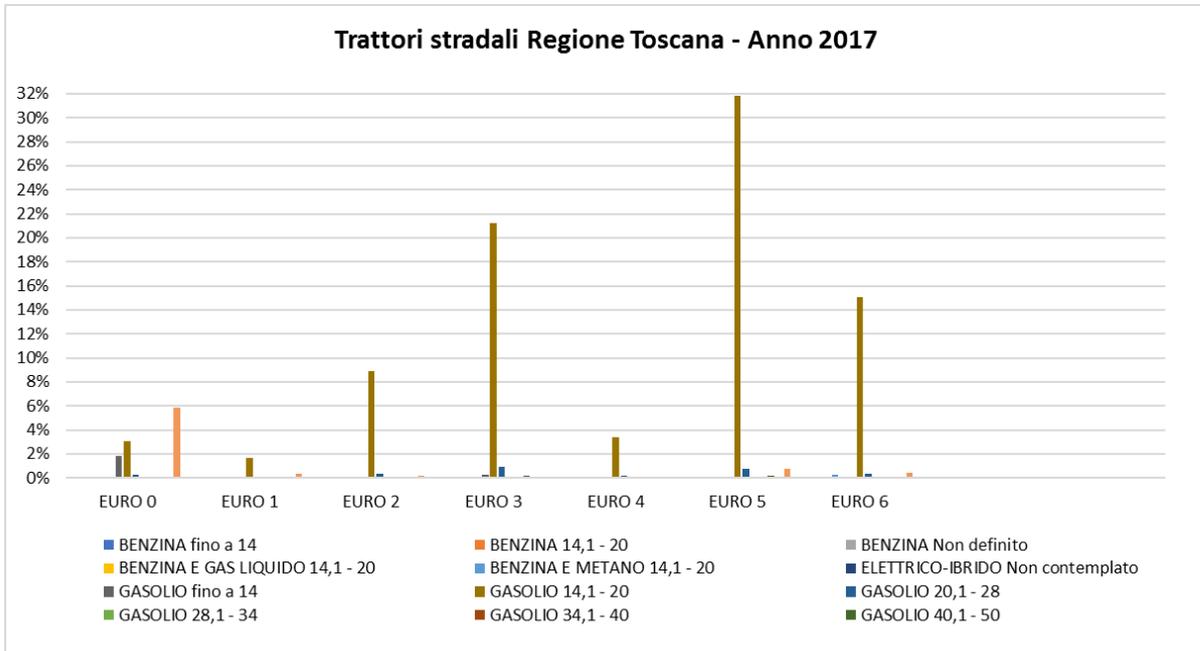


Figura 7-5 Suddivisione percentuale Trattori stradali, Regione Toscana (Fonte: Elaborazione da dati ACI Autoritratto 2017)

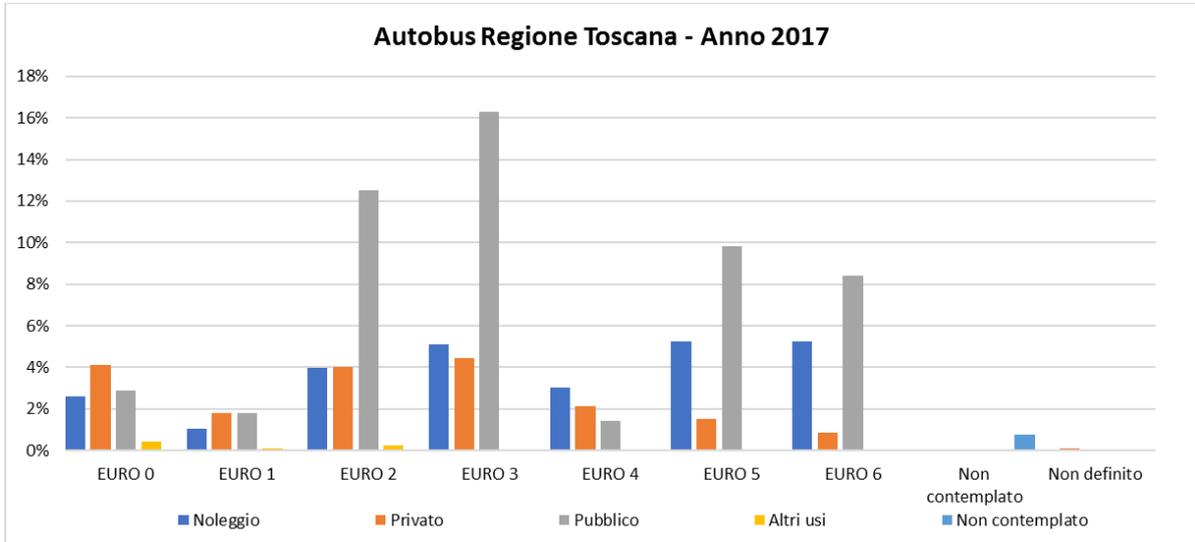


Figura 7-6 Suddivisione percentuale Autobus, Regione Toscana (Fonte: Elaborazione da dati ACI Autoritratto 2017)

Per quanto riguarda la definizione del parco veicolare futuro, rappresentativo dell'anno di riferimento dello scenario di non intervento e dello scenario di progetto (2033) sono state effettuate delle ipotesi attendibili che tenessero in considerazione l'evoluzione e le nuove tecnologie che porteranno negli anni al rinnovamento del parco veicolare, in termini di emissioni generate. In particolare, si è assunto, in via cautelativa, che le sole classi Euro 0 ed Euro 1 venissero sostituite, aumentando la numerosità delle Euro 6. Questo assunto appare ampiamente cautelativo considerando che lo standard emissivo Euro 2 è stato codificato nel 1997 e pertanto risulta chiaro come un veicolo Euro 2 nel 2033 avrebbe minimo 35 anni.

Suddividendo il parco veicolare nelle stesse tipologie viste sopra per lo scenario attuale, di seguito si riporta la composizione veicolare ipotizzata per il 2033, sotto forma tabellare e grafica.

Autovetture Regione Toscana - Composizione futura									
ALIMENTAZIONE	FASCIA	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	EURO 6	Non contemplato	Non definito	TOTALE
BENZINA	Fino a 1400	111737	142894	300398	159849	267327		966	983171
	1401 - 2000	29429	19894	41172	15178	49375		179	155227
	Oltre 2000	2274	2003	3928	1145	8437		33	17820
	Non definito	1			1	26			28
BENZINA Totale		143441	164791	345498	176173	325165		1178	1156246
BENZINA E GAS LIQUIDO	Fino a 1400	2549	2699	43745	31207	33149		5	113354
	1401 - 2000	3443	2160	9487	6874	9199		10	31173
	Oltre 2000	349	313	883	60	685		2	2292
	Non definito	1	1			1			3
BENZINA E GAS LIQUIDO Totale		6342	5173	54115	38141	43034		17	146822
BENZINA E METANO	Fino a 1400	1983	1631	21312	29307	19361		2	73596
	1401 - 2000	1549	1688	6536	810	2167			12750
	Oltre 2000	57	36	239	30	109			471
	Non definito					1			1
BENZINA E METANO Totale		3589	3355	28087	30147	21638		2	86818
ELETTRICO-IBRIDO	Fino a 1400			39	331	350			720
	1401 - 2000			210	2671	5467			8348
	Oltre 2000			122	130	1251			1503
	Non contemplato					0	720		720
ELETTRICO-IBRIDO Totale				371	3132	7068	720		11291
GASOLIO	Fino a 1400	135	21185	91900	70906	32851		2	216979
	1401 - 2000	21618	87697	166184	218915	246841		6	741261
	Oltre 2000	14991	27950	31660	24857	35970		5	135433
GASOLIO Totale		36744	136832	289744	314678	315662		13	1093673
ALTRE	Fino a 1400					43			43
	1401 - 2000			1		0			1
ALTRE Totale			1			43			44
NON DEFINITO	Fino a 1400			1		24		10	35
	1401 - 2000				1	6			7
	Oltre 2000			1		0		1	2
	Non definito				2	19		13	34
NON DEFINITO Totale			2	3		49		24	78
TOTALE		190116	310154	717818	562271	712659	720	1234	2494972

Tabella 7-9 Suddivisione Autovetture prevista per il 2033, Regione Toscana (Fonte: Elaborazione da dati ACI Autoritratto 2017)

Veicoli industriali leggeri Regione Toscana - Composizione futura									
ALIMENTAZIONE	FASCIA	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	EURO 6	Non contemplato	Non identificato	TOTALE
BENZINA	fino a 3,5	3107	3273	3124	1437	5645		61	16647
	Non definito		1	1	1	333		4	340
BENZINA Totale		3107	3274	3125	1438	5978		65	16987
BENZINA E GAS LIQUIDO	fino a 3,5	150	255	2301	919	1972		1	5598
	Non definito		2			107			109
BENZINA E GAS LIQUIDO Totale		150	257	2301	919	2079		1	5707
BENZINA E METANO	fino a 3,5	100	185	2200	2772	3303		1	8561
	Non definito					7			7
BENZINA E METANO Totale		100	185	2200	2772	3310		1	8568
ELETTRICO-IBRIDO	fino a 3,5		1	2	2	28			33
	Non contemplato					0	617		617
	Non definito					1			1
ELETTRICO-IBRIDO Totale			1	2	2	29	617		651
GASOLIO	fino a 3,5	33658	54805	53736	59232	69007		21	270459
	Non definito	8	11	6	26	2544		3	2598
GASOLIO Totale		33666	54816	53742	59258	71551		24	273057
ALTRE	fino a 3,5					5			5
	Non definito					1			1
ALTRE Totale						6			6
NON DEFINITO	fino a 3,5					2			2
	Non definito					1		1	2
NON DEFINITO Totale						3		1	4
TOTALE		37023	58533	61370	64389	82956	617	92	304980

Tabella 7-10 Suddivisione Veicoli industriali leggeri prevista per il 2033, Regione Toscana (Fonte: Elaborazione da dati ACI Autoritratto 2017)

Veicoli industriali pesanti Regione Toscana - Composizione futura								
ALIMENTAZIONE	FASCIA	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	EURO 6	Non definito	TOTALE
BENZINA	Oltre 3,5	5	8	5		129	3	150
BENZINA Totale		5	8	5		129	3	150
BENZINA E GAS LIQUIDO	Oltre 3,5		1			23		24
BENZINA E GAS LIQUIDO Totale			1			23		24
BENZINA E METANO	Oltre 3,5	1	6	2	33	20		62
BENZINA E METANO Totale		1	6	2	33	20		62
GASOLIO	3,6 - 7,5	1438	2197	1011	1234	4886	29	10795
	7,6 - 12	1289	1620	274	752	3775	12	7722
	12,1 - 14	92	214	56	167	692	6	1227
	14,1 - 20	955	1310	222	817	2039	15	5358
	20,1 - 26	1209	1663	194	1440	2739	6	7251
	26,1 - 28	2	3		3	32		40
	28,1 - 32	303	647	115	441	181		1687
GASOLIO Totale		5330	7705	1887	4912	14438	69	34341
NON DEFINITO	3,6 - 7,5						1	1
	7,6 - 12						1	1
	12,1 - 14					1		1
	14,1 - 20			1				1
NON DEFINITO Totale			1			1	2	4
TOTALE		5336	7721	1894	4945	14611	74	34581

Tabella 7-11 Suddivisione Veicoli industriali pesanti prevista per il 2033, Regione Toscana (Fonte: Elaborazione da dati ACI Autoritratto 2017)

Trattori stradali Regione Toscana - Composizione futura									
ALIMENTAZIONE	FASCIA	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	EURO 6	Non contemplato	Non definito	TOTALE
BENZINA	fino a 14					4			4
	14,1 - 20	1	5			1			7
	Non definito					5			5
BENZINA Totale		1	5			10			16
BENZINA E GAS LIQUIDO	14,1 - 20				5				5
BENZINA E GAS LIQUIDO Totale					5				5
BENZINA E METANO	14,1 - 20				3	18			21
BENZINA E METANO Totale					3	18			21
ELETTRICO-IBRIDO	Non contemplato						2		2
ELETTRICO-IBRIDO Totale							2		2
GASOLIO	fino a 14	8	21	2	2	135			168
	14,1 - 20	630	1501	239	2250	1400			6020
	20,1 - 28	27	64	16	54	52			213
	28,1 - 34	1	1	1	3	4			10
	34,1 - 40	6	6	2	7	9			30
	40,1 - 50	5	13	2	11	5			36
	Oltre 60				1				1
Non definito	13	1		54	470		6	544	
GASOLIO Totale		690	1607	262	2382	2075		6	7022
NON DEFINITO	14,1 - 20	1	1						2
NON DEFINITO Totale		1	1						2
TOTALE		692	1613	262	2390	2103	2	6	7068

Tabella 7-12 Suddivisione Trattori stradali prevista per il 2033, Regione Toscana (Fonte: Elaborazione da dati ACI Autoritratto 2017)

Autobus Regione Toscana - Composizione futura								
USO	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	EURO 6	Non contemplato	Non definito	TOTALE
Noleggio	221	282	169	292	493			1457
Privato	224	246	119	84	373		5	1051
Pubblico	694	903	78	544	725		1	2945
Altri usi	13	4	1		28			46
Non contemplato					0	42		42
TOTALE	1152	1435	367	920	1619	42	6	5541

Tabella 7-13 Suddivisione Autobus prevista per il 2033, Regione Toscana (Fonte: Elaborazione da dati ACI Autoritratto 2017)

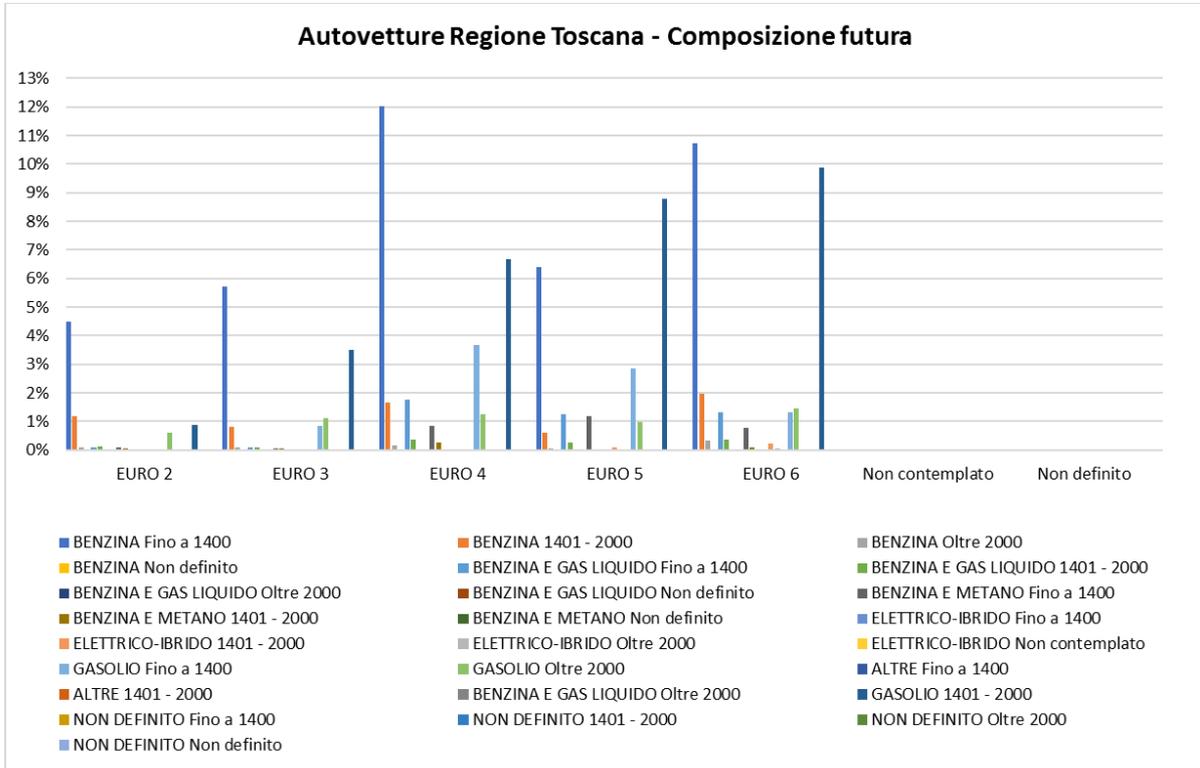


Figura 7-7 Suddivisione percentuale Autovetture prevista al 2033, Regione Toscana (Fonte: Elaborazione da dati ACI Autoritratto 2017)

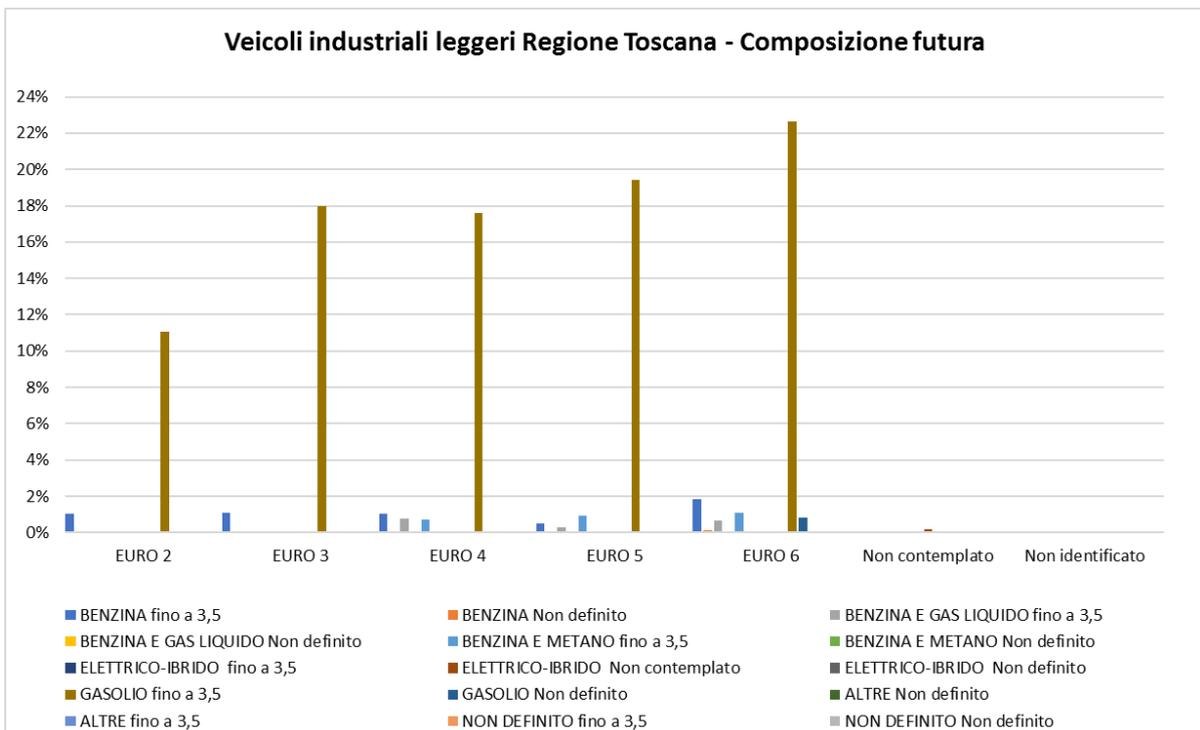


Figura 7-8 Suddivisione percentuale Veicoli industriali leggeri prevista al 2033, Regione Toscana (Fonte: Elaborazione da dati ACI Autoritratto 2017)

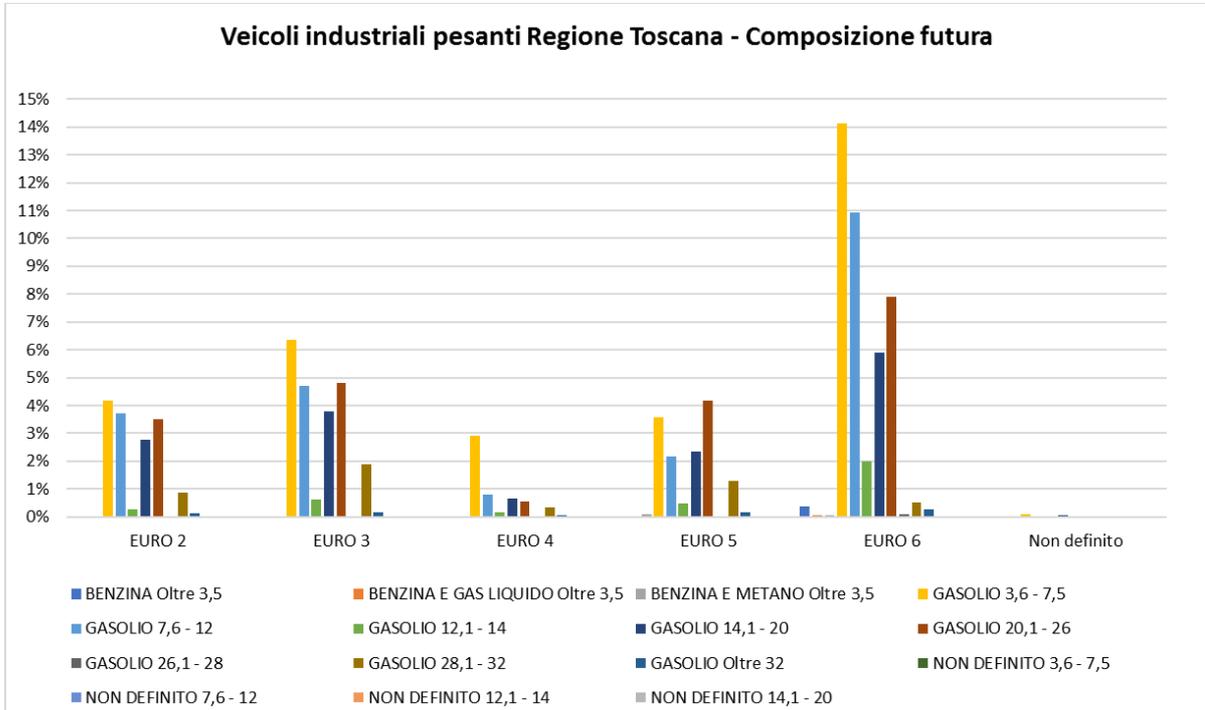


Figura 7-9 Suddivisione percentuale Veicoli industriali pesanti prevista al 2033, Regione Toscana (Fonte: Elaborazione da dati ACI Autoritratto 2017)

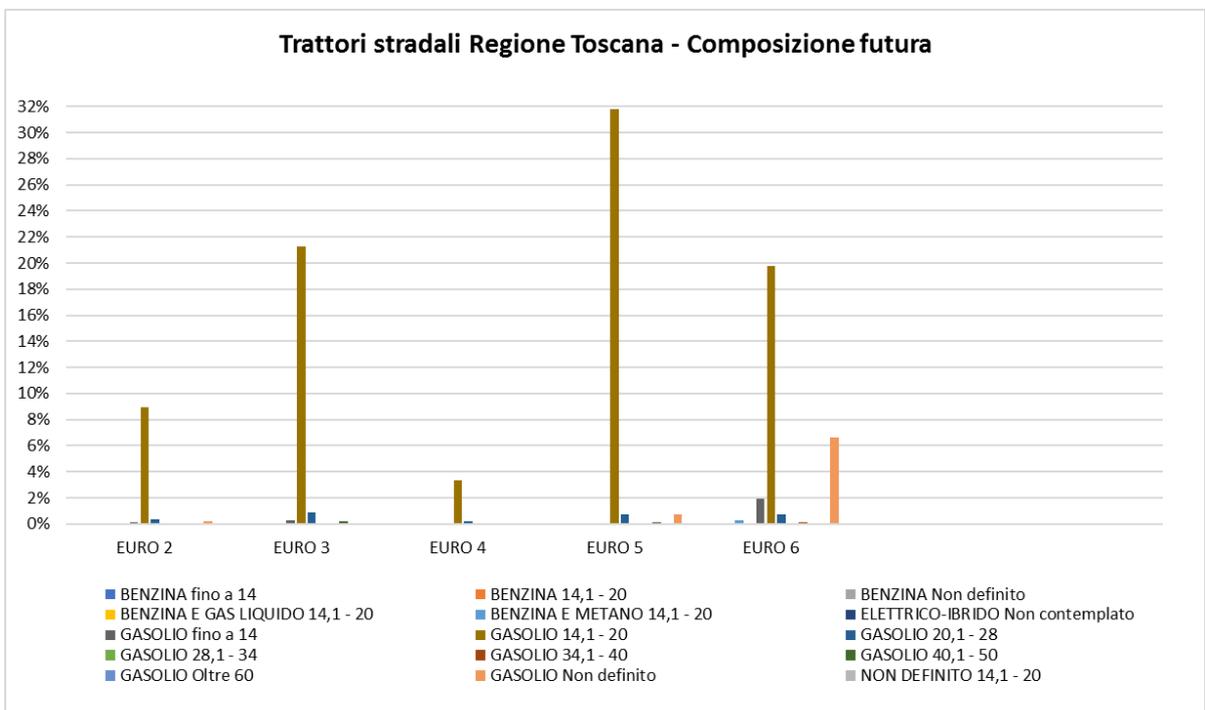


Figura 7-10 Suddivisione percentuale Trattori stradali prevista al 2033, Regione Toscana (Fonte: Elaborazione da dati ACI Autoritratto 2017)

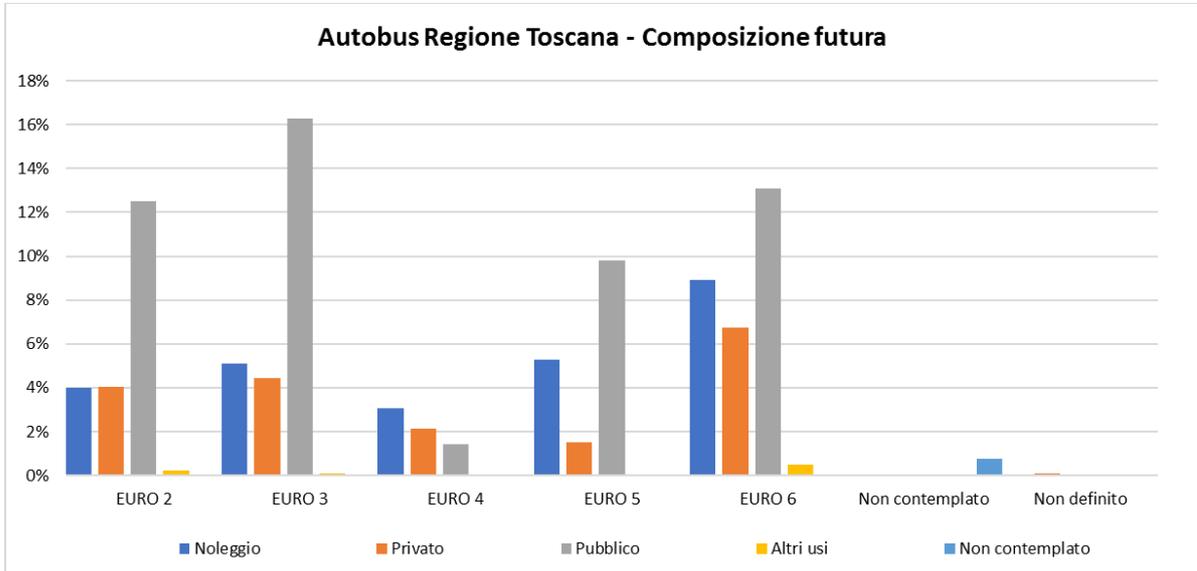


Figura 7-11 Suddivisione percentuale Autobus prevista al 2033, Regione Toscana (Fonte: Elaborazione da dati ACI Autoritratto 2017)

7.2.5 I 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. Queste 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 calcolato un fattore di emissione medio che aggregasse nei veicoli leggeri gli autoveicoli ed i veicoli commerciali leggeri, mentre nei veicoli pesanti i veicoli industriali pesanti, i trattori stradali e gli autobus.

Alle diverse categorie veicolari sono quindi state associate velocità differenti e fattori di emissione differenti. Effettuando poi la media pesata di questi valori è stato possibile determinare il fattore di emissione medio per la descrizione del parco veicolare complessivo. Il fattore di emissione rappresenta uno degli input di base del software Calroads, utilizzato per la stima delle concentrazioni di inquinanti in atmosfera.

Dalla conoscenza della tipologia di parco veicolare circolante e dalla velocità è stato possibile, quindi, determinare un fattore di emissione per ogni inquinante, per i veicoli leggeri e pesanti.

Con riferimento allo stato attuale, nella tabella seguente sono riportati i fattori di emissione relativi all'NO_x, al CO, al PM₁₀ e al PM_{2.5}, ricavati a partire dagli output ottenuti da Copert 5.

Inquinanti	Velocità [Km/h]	Fattore di emissione leggeri [g/km*veic]	Fattore di emissione pesanti [g/km*veic]
NO _x	30	0.487278	5.950568
	40	0.442435	5.163620

Inquinanti	Velocità [Km/h]	Fattore di emissione leggeri	Fattore di emissione pesanti
		[g/km*veic]	[g/km*veic]
CO	50	0.414655	4.717494
	55	0.406474	4.569350
	60	0.401877	4.456641
	70	0.403087	4.312871
	120	0.620922	4.259570
	30	0.907453	1.64607
	40	0.719982	1.340521
	50	0.603273	1.179385
	55	0.562651	1.128606
	60	0.531839	1.090457
	70	0.497477	1.039578
	120	1.032789	0.999661
PM10	30	0.014977	0.191754
	40	0.013342	0.157514
	50	0.012378	0.138093
	55	0.012142	0.131653
	60	0.012070	0.126732
	70	0.012412	0.120257
	120	0.021694	0.116292
	PM2.5	30	0.008986
40		0.008005	0.094508
50		0.007427	0.082856
55		0.007285	0.078992
60		0.007242	0.076039
70		0.007447	0.072154
120		0.013016	0.069775

Tabella 7-14 Fattore di emissione NOx, CO, PM10, PM2.5 veicoli leggeri e pesanti Scenario attuale

Relativamente ai fattori di emissione del Benzene, questi sono stati ricavati applicando dei coefficienti relativi alla frazione percentuale in massa del Benzene (cfr. Figura 7-12) alle emissioni dei VOC totali, ricavate direttamente da Copert 5. I valori della "Mass Fraction" sono suddivisi in funzione della tipologia di veicoli e del carburante, come riportato nella figura sottostante.

Group	Species	NMVOC Fraction (% wt.)				
		Petrol 4 stroke		Diesel PC & LCV	HDV	LPG
		Convent.	Euro I & on	IDI & DI		
ALDEHYDES	formaldehyde	2.08	1.70	12.00	8.40	1.56
	acetaldehyde	0.59	0.75	6.47	4.57	1.81
	acrolein	0.16	0.19	3.58	1.77	0.59
	benzaldehyde	0.60	0.22	0.86	1.37	0.03
	crotonaldehyde	0.02	0.04	1.10	1.48	0.36
	methacrolein		0.05	0.77	0.86	0.10
	butyraldehyde		0.05	0.85	0.88	0.11
	isobutanaldehyde			2.09	0.59	
	propionaldehyde	0.11	0.05	1.77	1.25	0.70
	hexanal			0.16	1.42	
	i-valeraldehyde			0.11	0.09	0.01
	valeraldehyde		0.01	0.41	0.40	
	o-tolualdehyde	0.19	0.07	0.24	0.80	
	m-tolualdehyde	0.38	0.13	0.34	0.59	
	p-tolualdehyde	0.19	0.06	0.35		
KETONES	acetone	0.21	0.61	2.94		0.78
	methylethylketone	0.11	0.05	1.20		
AROMATICS	toluene	12.84	10.98	0.69	0.01	1.22
	ethylbenzene	4.78	1.89	0.29		0.24
	m,p-xylene	6.66	5.43	0.61	0.98	0.75
	o-xylene	4.52	2.26	0.27	0.40	0.26
	1,2,3 trimethylbenzene	0.59	0.86	0.25	0.30	0.05
	1,2,4 trimethylbenzene	2.53	4.21	0.57	0.86	0.25
	1,3,5 trimethylbenzene	1.11	1.42	0.31	0.45	0.08
	styrene	0.57	1.01	0.37	0.56	0.02
	benzene	6.83	5.61	1.98	0.07	0.63
	C9	3.12	4.21	0.78	1.17	0.25
	C10		3.07			
	C>13	6.01	3.46	13.37	20.37	
TOTALS (all NMVOC species)		99.98	99.65	99.42	96.71	99.98

Figura 7-12 NMVOC Fraction (% wt.) Fonte: Table 3.86b: Composition of NMVOC in exhaust emissions (aldehydes, ketones, aromatics) - 1.A.3.b.i, 1.A.3.b.ii, 1.A.3.b.iii, 1.A.3.b.iv Passenger cars, light commercial trucks, heavy-duty vehicles including buses and motor cycles - EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 -- Last Update June 2017

Alla luce di ciò, di seguito si riportano i fattori di emissione del Benzene calcolati e distinti in funzione delle velocità e della tipologia di veicoli (leggeri e pesanti).

Inquinante	Velocità [Km/h]	Fattore di emissione	
		leggeri [g/km*veic]	pesanti [g/km*veic]
C6H6	30	0.007497	0.000396
	40	0.006136	0.000311
	50	0.005167	0.000258
	55	0.004770	0.000239
	60	0.004418	0.000222
	70	0.003839	0.000195
	120	0.003524	0.000165

Tabella 7-15 Fattore di emissione Benzene veicoli leggeri e pesanti Scenario attuale

Per quanto riguarda, infine, la stima dei fattori di emissione del Benzo(a)pirene, questi sono stati ricavati facendo riferimento alla tabella presente all'interno del documento "EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 -- Last Update June 2017", riportata sotto.

Species	Bulk emission factors (µg/km)					
	Petrol, E85, CNG PC & LCV		Diesel PC & LCV		HDV	LPG
	Convent.	Euro I & on	DI	IDI	DI	
indeno(1,2,3-cd)pyrene	1.03	0.39	0.70	2.54	1.40	0.01
benzo(k)fluoranthene	0.30	0.26	0.19	2.87	6.09	0.01
benzo(b)fluoranthene	0.88	0.36	0.60	3.30	5.45	
benzo(ghi)perylene	2.90	0.56	0.95	6.00	0.77	0.02
fluoranthene	18.22	2.80	18.00	38.32	21.39	1.36
benzo(a)pyrene	0.48	0.32	0.63	2.85	0.90	0.01
pyrene	5.78	1.80	12.30	38.96	31.59	1.06
perylene	0.11	0.11	0.47	0.41	0.20	
anthanthrene	0.07	0.01	0.07	0.17		
benzo(b)fluorene	4.08	0.42	24.00	5.21	10.58	0.71
benzo(e)pyrene	0.12	0.27	4.75	8.65	2.04	
triphenylene	7.18	0.36	11.80	5.25	0.96	0.48
benzo(j)fluoranthene	2.85	0.06	0.32	0.16	13.07	
dibenzo(a,j)anthracene	0.28	0.05	0.11	0.12		
dibenzo(a,l)pyrene	0.23	0.01		0.12		
3,6-dimethyl-phenanthrene	4.37	0.09	4.85	1.25		0.18
benzo(a)anthracene	0.84	0.43	3.30	2.71	2.39	0.05
acenaphthylene			25.92	25.92		
acenaphthene			34.65	34.65		
fluorene					39.99	
chrysene	0.43	0.53	2.40	7.53	16.24	
phenanthrene	61.72	4.68	85.50	27.63	23.00	4.91
naphthalene	11.20	610.19	2100	650.5	56.66	40.28
anthracene	7.66	0.80	3.40	1.37	8.65	0.38
coronene	0.90	0.05	0.06	0.05	0.15	
dibenzo(ah)anthracene	0.01	0.03	0.24	0.56	0.34	

Figura 7-13 Fattori di emissione Fonte: Table 3.74: PAHs and POPs bulk (hot + cold) emission factors . 1.A.3.b.i, 1.A.3.b.ii, 1.A.3.b.iii, 1.A.3.b.iv Passenger cars, light commercial trucks, heavy-duty vehicles including buses and motor cycles - EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 -- Last Update June 2017

Correlando questi fattori di emissione al parco veicolare circolante allo stato attuale, preso come riferimento per l'analisi, è stato possibile stimare i fattori di emissione relativi al Benzo(a)pirene per i veicoli leggeri e pesanti.

Inquinanti	Fattore di emissione leggeri [g/km*veic]	Fattore di emissione pesanti [g/km*veic]
Benzo(a)pirene	0.000001004	0.000000897

Tabella 7-16 Fattore di emissione Benzo(a)pirene veicoli leggeri e pesanti Scenario attuale

Applicando lo stesso procedimento sopra indicato, per la definizione dei fattori di emissione degli inquinanti relativi all'anno 2033 (scenario di progetto e opzione zero) è possibile far riferimento alla tabella sottostante.

Inquinanti	Velocità [Km/h]	Fattore di emissione leggeri [g/km*veic]	Fattore di emissione pesanti [g/km*veic]
NOx	30	0.367866	3.478576
	40	0.322441	2.919471
	50	0.291423	2.586300
	55	0.280594	2.468657
	60	0.272653	2.373893
	70	0.265075	2.236589
	120	0.405941	2.132597
CO	30	0.226115	0.860307
	40	0.205125	0.697360
	50	0.195708	0.615904
	55	0.194801	0.591609
	60	0.196405	0.574001
	70	0.207680	0.551683
	120	0.667223	0.538110
PM10	30	0.009794	0.062282
	40	0.008578	0.051584
	50	0.007867	0.045700
	55	0.007694	0.043938
	60	0.007642	0.042759
	70	0.007898	0.041747
	120	0.014778	0.042908
PM2.5	30	0.005876	0.037369
	40	0.005147	0.030950
	50	0.004720	0.027420
	55	0.004616	0.026363
	60	0.004585	0.025655

Inquinanti	Velocità [Km/h]	Fattore di emissione leggeri [g/km*veic]	Fattore di emissione pesanti [g/km*veic]
	70	0.004739	0.025048
	120	0.008867	0.025745
C6H6	30	0.000728	0.000132
	40	0.000628	0.000105
	50	0.000571	0.000088
	55	0.000554	0.000081
	60	0.000542	0.000076
	70	0.000532	0.000068
	120	0.000764	0.000058
Benzo(a)pi- rene	-	0.000000996	0.000000897

Tabella 7-17 Fattore di emissione veicoli leggeri e pesanti Scenario 2033

Sulla base dei traffici stimati per i tre scenari (scenario attuale, opzione zero e scenario di progetto) forniti dallo studio trasportistico, conoscendo le percentuali di veicoli leggeri e pesanti circolanti sui differenti rami della rete stradale, è stato possibile pesare i fattori di emissione sopra riportati, calcolando, per ogni arco della rete, un fattore di emissione medio.

Si evidenzia come il modello Calroads, per poter effettuare la stima delle concentrazioni, necessita di un fattore di emissione espresso in miglia. Pertanto, al fine di ottenere un valore compatibile con il modello, è stata effettuata la trasformazione da g/km*veicoli a g/miglia*veicolo (1km=0.6214 miglia) per ogni fattore di emissione medio relativo al singolo arco della rete stradale.

7.3 ANALISI DI DETTAGLIO: STIMA DELLA MODIFICAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA NEI PRESSI DELL'INTERVENTO IN ESAME

7.3.1 OBIETTIVO DELLA PRESENTE ANALISI

L'obiettivo dell'analisi di dettaglio, i cui risultati sono descritti nei successivi paragrafi, è la stima delle concentrazioni degli inquinanti generate dal traffico veicolare previsto sulla rete stradale di riferimento allo scenario di progetto.

Una volta verificato il rispetto dei limiti normativi per la protezione della salute umana, l'analisi è volta al confronto tra i risultati delle simulazioni dello scenario attuale e dello scenario di progetto per comprendere le **modificazioni della qualità dell'aria a valle dell'entrata in esercizio della nuova infrastruttura**.

Nel confronto tra i livelli di concentrazione dello scenario attuale e di progetto si evidenziano, per ciascun recettore puntuale individuato, le situazioni in cui il progetto in esame genera un miglioramento o viceversa un aggravio della qualità dell'aria. Oltre ad un'analisi specifica in prossimità dei recettori, il confronto tra i due scenari (attuale e di progetto) viene effettuato anche a livello grafico su un'area prossima alla nuova infrastruttura, per la visione del quale si rimanda agli elaborati grafici allegati.

Per condurre l'analisi in esame è necessario ottenere i valori di concentrazione a valle dell'applicazione del modello di calcolo Calroads. Pertanto, una volta implementati gli input del modello, definiti al Cap. 7.2, sono stati definiti i punti di calcolo su cui stimare le concentrazioni degli inquinanti.

In primo luogo, sono stati individuati i recettori puntuali, alcuni dei quali sono stati ripresi dall'analisi atmosferica effettuata sul Progetto Preliminare, integrandone altri ritenuti significativi per un maggior approfondimento. Oltre a questi punti è stata costruita una maglia "buffer" prossima a tutti i rami della rete stradale di riferimento che consentisse la generazione, da parte del modello, delle curve di isoconcentrazione da rappresentare sotto forma grafica. La definizione dei punti di calcolo è riportata nei successivi paragrafi.

7.3.2 DEFINIZIONE DEI PUNTI DI CALCOLO

7.3.2.1 Individuazione dei recettori puntuali

I punti recettori, in prossimità dei quali sono state stimate le concentrazioni degli inquinanti, sono stati scelti in modo tale da coprire i due Comuni interessati dall'intervento in progetto (Lucca e Capannori): per ogni asse delle opere di progetto sono stati scelti dei recettori più vicini dell'asse stesso e dei recettori più distanti da esso, al fine di poter stimare la modificazione della qualità dell'aria sia nelle vicinanze delle opere di progetto sia lontano da esse.

Nello specifico, alcuni recettori su cui è stata effettuata l'analisi sono gli stessi considerati nella Progettazione Preliminare: si tratta dei recettori 4, 5, 6, 8, 14, 15 e 16 nel comune di Capannori e dei recettori 9, 13, 18 e 20 nel comune di Lucca. Al fine di approfondire ulteriormente l'analisi, a questi recettori si è scelto di affiancarne altri quattro, ritenuti significativi nell'ambito della Progettazione Definitiva, tra i quali si sottolinea

il recettore N3 rappresentativo della struttura ospedaliera di San Luca. Di seguito, per ogni recettore individuato, oltre alla loro rappresentazione, se ne riportano le coordinate geografiche, la destinazione d'uso ed il comune di appartenenza.

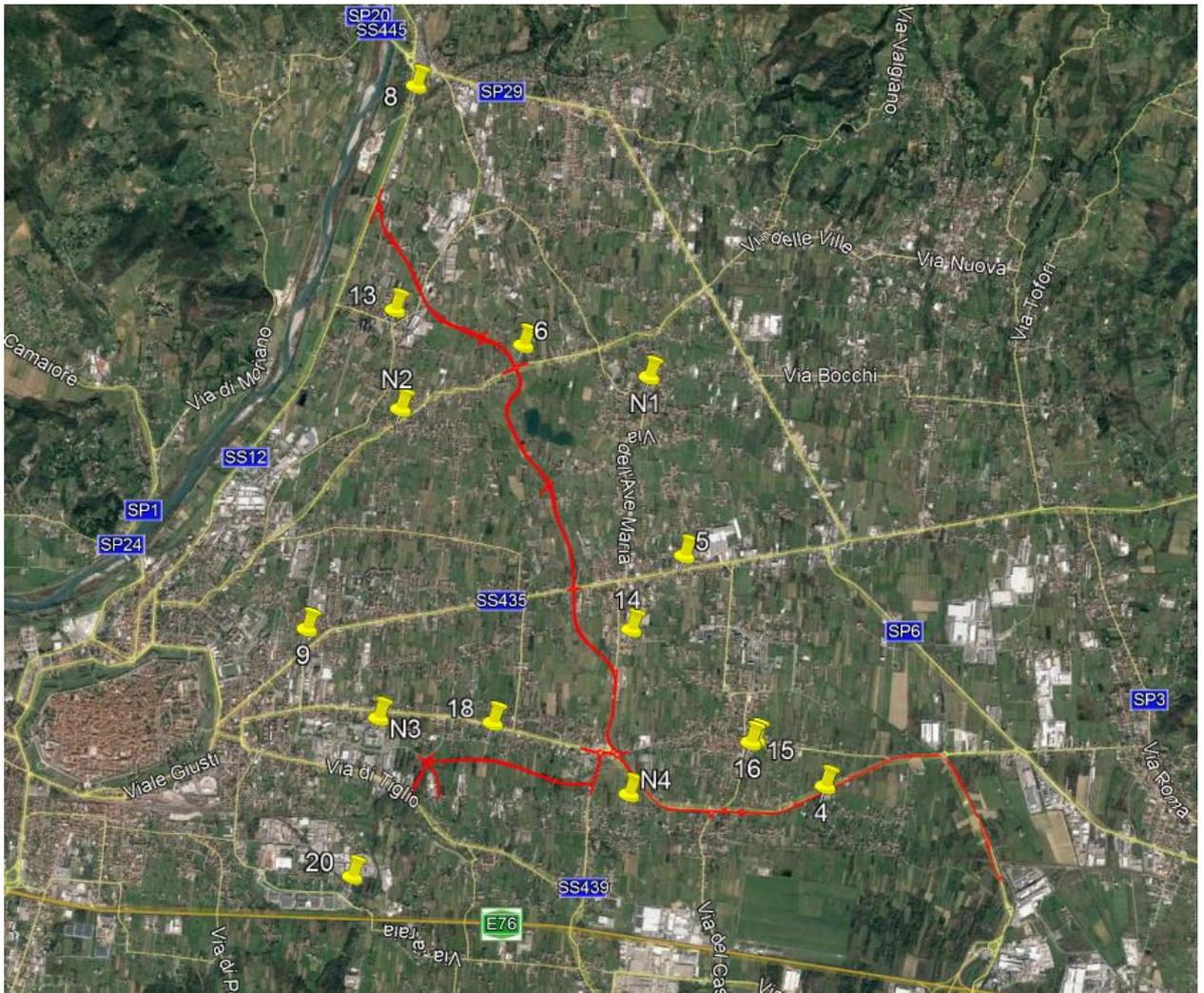


Figura 7-14 Rappresentazione punti recettori

Recettore	Coordinate		Destinazione d'uso	Comune
	X	Y		
4	627152	4855009	-	Capannori
5	625878	4857018	-	Capannori
6	624432	4858847	-	Capannori
8	623449	4861114	Edificio residenziale	Capannori
9	622580	4856311	-	Lucca
13	623299	4859138	Scuola	Lucca
14	625425	4856359	Seminario	Capannori
15	626530	4855409	Scuola	Capannori

Recettore	Coordinate		Destinazione d'uso	Comune
	X	Y		
16	626492	4855384	Scuola	Capannori
18	624226	4855515	Scuola	Lucca
20	623019	4854136	Struttura sanitaria	Lucca
N1	625540	4858587	-	Capannori
N2	623365	4858263	-	Lucca
N3	623222	4855537	Struttura sanitaria	Lucca
N4	625432	4854907	-	Capannori

Tabella 7-18 Coordinate geografiche dei punti recettori scelti per l'analisi

7.3.2.2 Definizione della maglia di calcolo

In aggiunta ai recettori puntuali è stata definita una maglia di calcolo comprendente la rete stradale di riferimento, grazie alla quale il modello di simulazione, calcolando le concentrazioni sui punti della maglia, riesce a generare delle curve di isoconcentrazione da poter rappresentare in forma grafica. In particolare, la maglia individuata per questa analisi di dettaglio è caratterizzata da un "buffer" intorno ai rami della rete stradale, caratterizzato da punti di calcolo posti ad una distanza di 50 metri dalla strada con distanza reciproca di 750 metri.

7.3.3 I RISULTATI DELL'ANALISI

7.3.3.1 Aspetti generali

Nel presente paragrafo si riportano i principali risultati ottenuti dal modello di simulazione. In particolare, per quanto riguarda le concentrazioni degli inquinanti di interesse stimate sull'intera maglia di calcolo è possibile far riferimento agli elaborati grafici allegati. In generale, per tutti gli inquinanti analizzati, è possibile osservare come la presenza della nuova infrastruttura di progetto determini nelle immediate vicinanze della stessa un incremento delle concentrazioni rispetto allo stato attuale. Ciò è evidente in quanto l'esercizio della nuova opera di progetto prevede una redistribuzione del traffico veicolare ed una circolazione dei veicoli laddove attualmente non esiste un collegamento viario. Scostandosi, però, anche di poco dalla nuova strada di progetto le concentrazioni stimate allo scenario di progetto risultano essere inferiori a quelle allo stato attuale, in considerazione del rinnovato parco veicolare ipotizzato per lo scenario futuro, nonché della nuova redistribuzione del traffico veicolare.

Analizzando nello specifico le concentrazioni dei singoli inquinanti, di seguito si riporta il confronto di queste calcolate per lo scenario attuale e di progetto in prossimità dei recettori individuati. Gli inquinanti considerati sono stati relazionati a diversi intervalli di mediazione temporale in virtù dei diversi limiti imposti dalla normativa vigente. Nello specifico si considera la media annua per tutti gli inquinanti tranne per la CO per la quale vengono analizzati i valori massime medi su 8 ore consecutive. In aggiunta alla media annua, è stata analizzata la media oraria per il biossido di azoto e la media giornaliera per il PM₁₀.

7.3.3.2 L'analisi delle Concentrazioni di NO_x sui recettori

Di seguito si riportano i valori di concentrazione media annua dell'NO_x emersi dalle simulazioni dello scenario attuale e di progetto in prossimità dei punti recettori di riferimento. I valori così stimati considerando la sorgente emissiva relativa al solo traffico veicolare sulla rete stradale di riferimento, sono stati sommati al valore di fondo disponibile e rilevato dalla centralina di fondo urbano LU – Capannori, considerata rappresentativa della qualità dell'aria della zona di intervento. Questa assunzione risulta essere cautelativa in quanto l'area di intervento non è una vera e propria area urbanizzata. Nel caso specifico dell'NO_x non è stata condotta la verifica con il limite normativo, in quanto non esiste per l'inquinante in esame un limite per la protezione della salute umana, per il quale si rimanda all'analisi dell'NO₂.

Le tabelle seguenti riportano, ognuna in relazione allo scenario di riferimento, i valori di concentrazione media annua di NO_x calcolati su ogni recettore, nonché i valori complessivi di qualità dell'aria in considerazione del valore di fondo registrato dalla centralina.

SCENARIO ATTUALE			
Recettori	Concentrazione media annua di NO _x stimata [µg/m ³]	Concentrazione media annua di NO _x registrato dalla centralina [µg/m ³]	Concentrazione media annua di NO _x totale [µg/m ³]
4	1,6492	52,27	53,9192
5	3,8351	52,27	56,1051
6	2,0575	52,27	54,3275
8	5,0648	52,27	57,3348
9	6,4593	52,27	58,7293
13	1,6913	52,27	53,9613
14	1,9365	52,27	54,2065
15	3,6286	52,27	55,8986
16	3,9806	52,27	56,2506
18	1,5100	52,27	53,7800
20	1,6577	52,27	53,9277
N1	1,6386	52,27	53,9086
N2	4,4840	52,27	56,7540
N3	3,5963	52,27	55,8663
N4	2,0112	52,27	54,2812

Tabella 7-19 Valori di concentrazione media annua di NO_x – Scenario attuale

Per osservare i valori di concentrazione medi annui di NO_x stimati allo scenario attuale sull'intera maglia di calcolo, si rimanda agli elaborati grafici allegati T00IA03AMBPL01A-04A.

SCENARIO DI PROGETTO			
Recettori	Concentrazione media annua di NO _x stimata [µg/m ³]	Concentrazione media annua di NO _x registrato dalla centralina [µg/m ³]	Concentrazione media annua di NO _x totale [µg/m ³]
4	1,6571	52,27	53,9271
5	2,7201	52,27	54,9901
6	2,1935	52,27	54,4635
8	5,0608	52,27	57,3308
9	5,1633	52,27	57,4333
13	1,5300	52,27	53,8000
14	1,4985	52,27	53,7685
15	2,4549	52,27	54,7249
16	2,7269	52,27	54,9969
18	1,5000	52,27	53,7700

SCENARIO DI PROGETTO

Recettori	Concentrazione media annua di NO _x stimata [µg/m ³]	Concentrazione media annua di NO _x registrato dalla centralina [µg/m ³]	Concentrazione media annua di NO _x totale [µg/m ³]
20	1,5712	52,27	53,8412
N1	1,5500	52,27	53,8200
N2	2,9000	52,27	55,1700
N3	2,9600	52,27	55,2300
N4	1,6481	52,27	53,9181

Tabella 7-20 Valori di concentrazione media annua di NO_x – Scenario di progetto

Per osservare i valori di concentrazione medi annui di NO_x stimati allo scenario di progetto sull'intera maglia di calcolo, si rimanda agli elaborati grafici allegati T00IA03AMBPL05A-08A.

Stante i risultati ottenuti dal modello di simulazione per i due scenari di riferimento sommati al fondo urbano, è possibile confrontare questi al fine di comprendere il miglioramento (pallino verde in tabella) o peggioramento (pallino rosso in tabella) della qualità dell'aria sul singolo recettore.

Recettori	Attuale NO _x [µg/m ³]	Progetto NO _x [µg/m ³]	Riduzione %	Effetto del progetto sulla qualità dell'aria
4	53,9192	53,9271	-0,48%	●
5	56,1051	54,9901	29,07%	●
6	54,3275	54,4635	-6,61%	●
8	57,3348	57,3308	0,08%	●
9	58,7293	57,4333	20,06%	●
13	53,9613	53,8000	9,54%	●
14	54,2065	53,7685	22,62%	●
15	55,8986	54,7249	32,34%	●
16	56,2506	54,9969	31,50%	●
18	53,7800	53,7700	0,66%	●
20	53,9277	53,8412	5,22%	●
N1	53,9086	53,8200	5,41%	●
N2	56,7540	55,1700	35,33%	●
N3	55,8663	55,2300	17,69%	●
N4	54,2812	53,9181	18,06%	●

Tabella 7-21 Confronto valori di concentrazione media annua di NO_x scenario attuale e di progetto

Come è possibile osservare dalla Tabella 7-21 **per la maggior parte dei recettori la realizzazione del progetto determina un miglioramento in termini di concentrazioni di NO_x, ad eccezione dei recettori 4 e 6 i quali, per la loro vicinanza alla nuova infrastruttura, risentono significativamente dei nuovi volumi di traffico previsti in circolazione su questa, che attualmente sono assenti.** Il miglioramento di qualità dell'aria in termini di NO_x sulla gran parte dei recettori è possibile associarlo a due aspetti, come già esposto in precedenza. Da un lato è conseguenza del miglioramento tecnologico del parco veicolare, considerato come input nella modellazione dello scenario di progetto, ed inoltre è funzione della redistribuzione del traffico sui rami della rete stradale.

7.3.3.3 L'analisi delle Concentrazioni di NO₂ sui recettori

Per quanto riguarda le analisi condotte sull'inquinante NO₂, sono stati analizzati i valori di concentrazione risultanti dalle simulazioni allo scenario attuale e di progetto. In particolare, ci si è soffermati sulle analisi

dei valori orari di concentrazione di NO₂, nonché sulle medie annue al fine di verificare il rispetto dei limiti normativi, differenti per i due intervalli temporali di riferimento. Si sottolinea come i valori di concentrazione dell'NO₂ siano stati ottenuti dall'applicazione della formulazione che lega l'NO_x all'NO₂, individuata sulla base dei monitoraggi condotti da ARPA Toscana in prossimità della centralina di LU – Capannori di riferimento (cfr. Par.5.3.1). Al fine di ottenere il valore reale di concentrazione di NO₂, ai valori stimati è stato sommato il valore di fondo della centralina di “fondo urbano” LU – Capannori, per poi effettuare il confronto con il limite normativo per la protezione della salute umana relativo all'NO₂.

Partendo dai risultati dello scenario attuale, di seguito si riporta l'analisi dei percentili, nonché i valori orari minimi e massimi.

Recettore	Min [µg/m ³]	SCENARIO ATTUALE – MEDIE ORARIE NO ₂					Max [µg/m ³]
		Percentili [µg/m ³]					
		50°	85°	90°	95°	99°	
4	≈0	0,917	3,402	4,354	5,662	6,585	6,969
5	≈0	2,231	7,254	8,883	10,336	13,248	14,365
6	≈0	1,581	3,744	4,401	4,690	5,864	6,803
8	≈0	2,992	8,554	11,496	12,176	19,545	21,788
9	≈0	4,742	11,911	13,148	13,883	16,414	18,005
13	≈0	1,376	2,823	3,211	3,590	3,890	5,083
14	≈0	1,306	3,321	3,945	5,096	5,755	7,576
15	≈0	1,165	2,793	3,416	4,108	5,024	5,737
16	≈0	1,321	3,423	4,455	5,201	6,069	7,126
18	≈0	1,076	2,439	3,213	3,878	4,847	5,168
20	≈0	1,423	2,555	2,917	3,341	3,942	4,606
N1	≈0	1,346	2,896	3,097	3,474	4,334	5,058
N2	≈0	3,524	6,677	7,351	8,752	12,564	12,908
N3	≈0	1,147	2,506	3,257	3,963	5,756	6,291
N4	≈0	1,135	3,681	4,825	6,153	7,151	7,435

Tabella 7-22 Percentili e valori massimi e minimi orari NO₂ [µg/m³] – Scenario attuale

Si sottolinea come i valori massimi orari di NO₂ stimati allo scenario attuale, pur sommati al valore di fondo, pari a 25,27 µg/m³, non superano mai il limite imposto dalla normativa, pari a 200 µg/m³.

Relativamente all'analisi delle medie annue si fa riferimento alla tabella sottostante, in cui i valori risultanti dalle simulazioni sono stati sommati al valore di fondo della centralina di LU – Capannori e verificati rispetto al limite normativo di media annua dell'NO₂ per la protezione della salute umana, pari a 40 µg/m³.

Recettori	SCENARIO ATTUALE – MEDIE ANNUE NO ₂			
	Concentrazione media annua di NO ₂ stimata [µg/m ³]	Concentrazione media annua di NO ₂ registrato dalla centralina [µg/m ³]	Concentrazione media annua di NO ₂ totale [µg/m ³]	% sul limite normativo (40 µg/m ³)
4	1,5750	25,27	26,8450	67,11%
5	3,6011	25,27	28,8711	72,18%
6	1,9587	25,27	27,2287	68,07%
8	4,7106	25,27	29,9806	74,95%
9	5,9431	25,27	31,2131	78,03%

SCENARIO ATTUALE – MEDIE ANNUE NO₂

Recettori	Concentrazione media annua di NO ₂ stimata [µg/m ³]	Concentrazione media annua di NO ₂ registrato dalla centralina [µg/m ³]	Concentrazione media annua di NO ₂ totale [µg/m ³]	% sul limite normativo (40 µg/m ³)
13	1,6147	25,27	26,8847	67,21%
14	1,8453	25,27	27,1153	67,79%
15	3,4126	25,27	28,6826	71,71%
16	3,7335	25,27	29,0035	72,51%
18	1,5400	25,27	26,8100	67,03%
20	1,5831	25,27	26,8531	67,13%
N1	1,5650	25,27	26,8350	67,09%
N2	4,1893	25,27	29,4593	73,65%
N3	3,3773	25,27	28,6473	71,62%
N4	1,9154	25,27	27,1854	67,96%

Tabella 7-23 Valori di concentrazione media annua di NO₂ – Scenario attuale

Per osservare i valori di concentrazione medi annui di NO₂ stimati allo scenario attuale sull'intera maglia di calcolo, si rimanda agli elaborati grafici allegati T00IA03AMBPL09A-12A.

Allo stesso modo, di seguito si riportano i valori risultanti per lo scenario di progetto. In primo luogo, nella seguente tabella sono stati analizzati i percentili ed i massimi e minimi orari delle concentrazioni di NO₂. Dai risultanti dei valori massimi orari emerge come questi, anche sommati al valore di fondo della centralina di riferimento, non superino mai il limite normativo di 200 µg/m³.

SCENARIO DI PROGETTO – MEDIE ORARIE NO₂

Recettore	Min [µg/m ³]	Percentili [µg/m ³]					Max [µg/m ³]
		50°	85°	90°	95°	99°	
4	≈0	0,920	3,232	4,118	5,205	6,552	6,920
5	≈0	1,662	5,034	6,061	7,210	9,551	10,369
6	≈0	1,735	3,857	4,116	4,986	6,586	7,324
8	≈0	3,005	8,785	11,782	12,469	19,335	21,683
9	≈0	3,570	9,903	11,189	11,536	13,660	14,806
13	≈0	1,084	2,220	2,576	2,854	3,182	4,239
14	≈0	1,105	2,406	2,944	3,904	4,389	5,008
15	≈0	1,130	2,309	2,716	3,486	3,917	4,165
16	≈0	1,248	2,760	3,489	4,337	4,956	5,388
18	≈0	1,004	2,054	2,578	3,100	3,711	3,962
20	≈0	1,348	2,520	2,816	3,230	3,623	3,757
N1	≈0	1,119	2,326	2,552	2,832	3,345	3,767
N2	≈0	2,754	5,417	6,128	7,325	10,265	10,601
N3	≈0	1,034	2,130	2,682	3,252	4,263	4,533
N4	≈0	1,015	2,890	3,703	4,590	5,843	6,592

Tabella 7-24 Percentili e valori massimi e minimi orari NO₂ [µg/m³] – Scenario di progetto

Per quanto riguarda i valori medi annui risultanti dalla simulazione dello scenario di progetto è possibile far riferimento alla tabella seguente, in cui questi, sommati al valore di fondo sono stati confrontati con il limite normativo di media annua di NO₂, pari a 40 µg/m³.

SCENARIO DI PROGETTO – MEDIE ANNUE NO₂

Recettori	Concentrazione media annua di NO ₂ stimata [µg/m ³]	Concentrazione media annua di NO ₂ registrato dalla centralina [µg/m ³]	Concentrazione media annua di NO ₂ totale [µg/m ³]	% sul limite normativo (40 µg/m ³)
4	1,5825	25,27	26,8525	67,13%
5	2,5762	25,27	27,8462	69,62%
6	2,0860	25,27	27,3560	68,39%
8	4,7071	25,27	29,9771	74,94%
9	4,7986	25,27	30,0686	75,17%
13	1,2869	25,27	26,5569	66,39%
14	1,4328	25,27	26,7028	66,76%
15	1,5100	25,27	26,7800	66,95%
16	1,6482	25,27	26,9182	67,30%
18	1,5300	25,27	26,8000	67,00%
20	1,5014	25,27	26,7714	66,93%
N1	1,5600	25,27	26,8300	67,08%
N2	3,3623	25,27	28,6323	71,58%
N3	1,5600	25,27	26,8300	67,08%
N4	1,5740	25,27	26,8440	67,11%

Tabella 7-25 Valori di concentrazione media annua di NO₂ – Scenario di progetto

Per osservare i valori di concentrazione medi annui di NO₂ stimati allo scenario di progetto sull'intera maglia di calcolo, si rimanda agli elaborati grafici allegati T00IA03AMBPL13A-16A.

Alla luce dei risultati emersi e sopra riportati, nella tabella seguente si riporta il confronto dei valori di concentrazione media annua di NO₂ totali considerando lo scenario attuale e quello di progetto in prossimità dei recettori. Per ogni recettore è stato valutato il miglioramento e/o peggioramento identificato rispettivamente con un pallino verde e rosso.

Recettori	Attuale NO ₂ [µg/m ³]	Progetto NO ₂ [µg/m ³]	Riduzione %	Effetto del progetto sulla qualità dell'aria
4	26,8450	26,8525	-0,48%	●
5	28,8711	27,8462	28,46%	●
6	27,2287	27,3560	-6,50%	●
8	29,9806	29,9771	0,07%	●
9	31,2131	30,0686	19,26%	●
13	26,8847	26,5569	20,30%	●
14	27,1153	26,7028	22,36%	●
15	28,6826	26,7800	55,75%	●
16	29,0035	26,9182	55,85%	●
18	26,8100	26,8000	0,65%	●
20	26,8531	26,7714	5,16%	●
N1	26,8350	26,8300	0,32%	●
N2	29,4593	28,6323	19,74%	●
N3	28,6473	26,8300	53,81%	●
N4	27,1854	26,8440	17,82%	●

Tabella 7-26 Confronto valori di concentrazione media annua di NO₂ scenario attuale e di progetto

Allo stesso modo delle analisi effettuate per l'NO_x, anche per l'NO₂ è possibile osservare come **solamente per i recettori 4 e 6 il progetto comporti un peggioramento in termini di concentrazioni medie annue**. Nonostante ciò, però, tutti i valori stimati risultano coerenti con il limite imposto dalla normativa per la protezione della salute umana. **Ad eccezione di questi due recettori più prossimi alla nuova infrastruttura, in prossimità degli altri punti di calcolo si rileva un miglioramento in termini di concentrazioni**

medie annue di NO₂.

7.3.3.4 L'analisi delle Concentrazioni di IPA (BaP) sui recettori

In relazione al benzo(a)pirene sono stati stimati i valori di concentrazione media annua in corrispondenza dei recettori scelti per l'analisi, espressi in ng/m³, per lo scenario attuale e di progetto. Non è stato possibile sommare a questo valore il valore di fondo in quanto l'inquinante in esame non risulta monitorato dalle centraline di qualità dell'aria gestite da ARPA Toscana. Considerando comunque i bassi valori di concentrazione media annua di benzo(a)pirene stimati, rappresentativi di una bassa percentuale del limite normativo (1 ng/m³), si può affermare la non criticità dell'inquinante in esame sulla salute umana. Le tabelle seguenti riportano i valori di concentrazione media annua di BaP stimati allo stato attuale e di progetto, nonché le percentuali di questi sul limite normativo per ogni recettore.

SCENARIO ATTUALE – MEDIA ANNUA BaP

Recettori	Concentrazione media annua di BaP stimata [ng/m ³]	% sul limite normativo (1 ng/m ³)
4	0,0231	2,31%
5	0,0504	5,04%
6	0,0298	2,98%
8	0,0634	6,34%
9	0,0896	8,96%
13	0,0368	3,68%
14	0,0291	2,91%
15	0,0309	3,09%
16	0,0312	3,12%
18	0,0210	2,10%
20	0,0302	3,02%
N1	0,0355	3,55%
N2	0,0687	6,87%
N3	0,0303	3,03%
N4	0,0319	3,19%

Tabella 7-27 Valori di concentrazione media annua di BaP – Scenario attuale

Per osservare i valori di concentrazione medi annui di benzo(a)pirene stimati allo scenario attuale sull'intera maglia di calcolo, si rimanda agli elaborati grafici allegati T00IA03AMBPL17A-20A.

SCENARIO DI PROGETTO – MEDIA ANNUA BaP

Recettori	Concentrazione media annua di BaP stimata [ng/m ³]	% sul limite normativo (1 ng/m ³)
4	0,0063	0,63%
5	0,0103	1,03%
6	0,0084	0,84%
8	0,0143	1,43%
9	0,0197	1,97%
13	0,0068	0,68%
14	0,0057	0,57%
15	0,0064	0,64%
16	0,0067	0,67%
18	0,0049	0,49%
20	0,0064	0,64%

SCENARIO DI PROGETTO – MEDIA ANNUA BaP

Recettori	Concentrazione media annua di BaP stimata [ng/m ³]	% sul limite normativo (1 ng/m ³)
N1	0,0062	0,62%
N2	0,0138	1,38%
N3	0,0060	0,60%
N4	0,0063	0,63%

Tabella 7-28 Valori di concentrazione media annua di BaP – Scenario di progetto

Per osservare i valori di concentrazione medi annui di benzo(a)pirene stimati allo scenario di progetto sull'intera maglia di calcolo, si rimanda agli elaborati grafici allegati T00IA03AMBPL21A-24A.

Come è possibile osservare dalla tabella riportata sotto, **per tutti i recettori è previsto un miglioramento in termini di concentrazioni di BaP medie annue**, associato al miglioramento tecnologico previsto per il parco veicolare allo stato di progetto.

Recettori	Attuale BaP [ng/m ³]	Progetto BaP [ng/m ³]	Riduzione %	Effetto del progetto sulla qualità dell'aria
4	0,0231	0,0063	72,64%	●
5	0,0504	0,0103	79,47%	●
6	0,0298	0,0084	71,81%	●
8	0,0634	0,0143	77,46%	●
9	0,0896	0,0197	78,00%	●
13	0,0368	0,0068	81,52%	●
14	0,0291	0,0057	80,30%	●
15	0,0309	0,0064	79,29%	●
16	0,0312	0,0067	78,68%	●
18	0,0210	0,0049	76,53%	●
20	0,0302	0,0064	78,81%	●
N1	0,0355	0,0062	82,54%	●
N2	0,0687	0,0138	79,95%	●
N3	0,0303	0,0060	80,20%	●
N4	0,0319	0,0063	80,25%	●

Tabella 7-29 Confronto valori di concentrazione media annua di BaP scenario attuale e di progetto

7.3.3.5 L'analisi delle Concentrazioni di CO sui recettori

Come per il benzo(a)pirene anche per il monossido di carbonio non è stato possibile considerare il valore di fondo in quanto non più rilevato dalle centraline di ARPA Toscana. Il CO, infatti, non è più oggetto di monitoraggio in Toscana ad eccezione di alcuni siti di traffico, dove continua ad essere cautelativamente monitorato. Le concentrazioni rilevate presso questi siti, risultano comunque ampiamente al di sotto dei valori limite normati, non rappresentando un problema per la qualità dell'aria in Toscana.

Nonostante ciò si è scelto comunque di considerare il monossido di carbonio nell'analisi, con la finalità di quantificare la modificazione delle concentrazioni di questo apportate dal progetto in esame. Al fine di effettuare la verifica con il limite normativo, pari, per il CO, a 10 mg/m³, sono state stimate le concentrazioni massime medie di 8 ore consecutive di CO. Nelle tabelle seguenti si riportano i risultati delle simulazioni per lo scenario attuale e di progetto in corrispondenza dei recettori.

SCENARIO ATTUALE – MEDIA ANNUA CO

Recettori	Concentrazione massima media su 8 ore di CO stimata [mg/m ³]	% sul limite norma- tivo (10 mg/m ³)
4	0,0079	0,08%
5	0,0145	0,14%
6	0,0071	0,07%
8	0,0189	0,19%
9	0,0220	0,22%
13	0,0054	0,05%
14	0,0085	0,08%
15	0,0102	0,10%
16	0,0116	0,12%
18	0,0052	0,05%
20	0,0053	0,05%
N1	0,0058	0,06%
N2	0,0154	0,15%
N3	0,0103	0,10%
N4	0,0101	0,10%

Tabella 7-30 Valori di concentrazione massima media di 8 ore di CO – Scenario attuale

Per osservare i valori di concentrazione stimati per la CO allo scenario attuale sull'intera maglia di calcolo, si rimanda agli elaborati grafici allegati T00IA03AMBPL25A-28A.

SCENARIO DI PROGETTO – MEDIA ANNUA CO

Recettori	Concentrazione massima media su 8 ore di CO stimata [mg/m ³]	% sul limite norma- tivo (10 mg/m ³)
4	0,0052	0,05%
5	0,0055	0,05%
6	0,0042	0,04%
8	0,0098	0,10%
9	0,0103	0,10%
13	0,0020	0,02%
14	0,0028	0,03%
15	0,0043	0,04%
16	0,0048	0,05%
18	0,0020	0,02%
20	0,0044	0,04%
N1	0,0021	0,02%
N2	0,0053	0,05%
N3	0,0041	0,04%
N4	0,0043	0,04%

Tabella 7-31 Valori di concentrazione massima media di 8 ore di CO – Scenario di progetto

Per osservare i valori di concentrazione stimati per la CO allo scenario di progetto sull'intera maglia di calcolo, si rimanda agli elaborati grafici allegati T00IA03AMBPL29A-32A.

Come è possibile osservare dalla tabella riportata sotto, **per tutti i recettori è previsto un miglioramento in termini di concentrazioni massime medie di 8 ore consecutive di CO**, che come visto per il benzo(a)pirene può essere attribuito al miglioramento tecnologico previsto per il parco veicolare allo stato di progetto.

Recettori	Attuale CO [mg/m ³]	Progetto CO [mg/m ³]	Riduzione %	Effetto del progetto sulla qualità dell'aria
4	0,0079	0,0052	33,98%	●
5	0,0145	0,0055	62,10%	●
6	0,0071	0,0042	40,93%	●
8	0,0189	0,0098	48,14%	●
9	0,0220	0,0103	53,22%	●
13	0,0054	0,0020	62,80%	●
14	0,0085	0,0028	66,99%	●
15	0,0102	0,0043	57,84%	●
16	0,0116	0,0048	58,62%	●
18	0,0052	0,0020	60,59%	●
20	0,0053	0,0044	16,70%	●
N1	0,0058	0,0021	64,06%	●
N2	0,0154	0,0053	65,36%	●
N3	0,0103	0,0041	60,19%	●
N4	0,0101	0,0043	57,39%	●

Tabella 7-32 Confronto valori di concentrazione massima media di 8 ore di CO scenario attuale e di progetto

7.3.3.6 L'analisi delle Concentrazioni di C₆H₆ sui recettori

Relativamente alle concentrazioni medie annue del benzene è possibile osservare le tabelle sottostanti che riportano, oltre ai valori stimati dal modello di simulazione per lo scenario attuale e di progetto, i valori percentuali di questi rispetto al limite normativo di protezione della salute umana per C₆H₆, pari a 5 µg/m³.

SCENARIO ATTUALE – MEDIA ANNUA C₆H₆

Recettori	Concentrazione media annua di C ₆ H ₆ stimata [µg/m ³]	% sul limite normativo (5 µg/m ³)
4	0,0157	0,31%
5	0,0342	0,68%
6	0,0220	0,44%
8	0,0415	0,83%
9	0,0630	1,26%
13	0,0164	0,33%
14	0,0205	0,41%
15	0,0305	0,61%
16	0,0312	0,62%
18	0,0143	0,29%
20	0,0152	0,30%
N1	0,0176	0,35%
N2	0,0483	0,97%
N3	0,0302	0,60%
N4	0,0307	0,61%

Tabella 7-33 Valori di concentrazione media annua di C₆H₆ – Scenario attuale

Per osservare i valori di concentrazione media annua stimati per il benzene allo scenario attuale sull'intera maglia di calcolo, si rimanda agli elaborati grafici allegati T00IA03AMBPL33A-36A.

SCENARIO DI PROGETTO – MEDIA ANNUA C₆H₆

Recettori	Concentrazione media annua di C ₆ H ₆ stimata [µg/m ³]	% sul limite normativo (5 µg/m ³)
4	0,0025	0,05%

SCENARIO DI PROGETTO – MEDIA ANNUA C₆H₆

Recettori	Concentrazione media annua di C ₆ H ₆ stimata [µg/m ³]	% sul limite normativo (5 µg/m ³)
5	0,0045	0,09%
6	0,0036	0,07%
8	0,0059	0,12%
9	0,0089	0,18%
13	0,0022	0,04%
14	0,0025	0,05%
15	0,0024	0,05%
16	0,0033	0,07%
18	0,0021	0,04%
20	0,0026	0,05%
N1	0,0023	0,05%
N2	0,0058	0,12%
N3	0,0023	0,05%
N4	0,0028	0,06%

Tabella 7-34 Valori di concentrazione media annua di C₆H₆ – Scenario di progetto

Per osservare i valori di concentrazione media annua stimati per il benzene allo scenario di progetto sull'intera maglia di calcolo, si rimanda agli elaborati grafici allegati T00IA03AMBPL37A-40A.

Come è possibile osservare dalla tabella riportata sotto, **per tutti i recettori è previsto un miglioramento in termini di concentrazioni medie annua di C₆H₆**, che come visto per il benzo(a)pirene e per il monossido di carbonio può essere attribuito al miglioramento tecnologico previsto per il parco veicolare allo stato di progetto.

Recettori	Attuale C ₆ H ₆ [µg/m ³]	Progetto C ₆ H ₆ [µg/m ³]	Riduzione %	Effetto del progetto sulla qualità dell'aria
4	0,0157	0,0025	83,91%	●
5	0,0342	0,0045	86,89%	●
6	0,0220	0,0036	83,74%	●
8	0,0415	0,0059	85,77%	●
9	0,0630	0,0089	85,90%	●
13	0,0164	0,0022	86,90%	●
14	0,0205	0,0025	87,84%	●
15	0,0305	0,0024	92,23%	●
16	0,0312	0,0033	89,36%	●
18	0,0143	0,0021	85,41%	●
20	0,0152	0,0026	83,20%	●
N1	0,0176	0,0023	86,75%	●
N2	0,0483	0,0058	88,05%	●
N3	0,0302	0,0023	92,51%	●
N4	0,0307	0,0028	90,72%	●

Tabella 7-35 Confronto valori di concentrazione media annua di C₆H₆ scenario attuale e di progetto

7.3.3.7 L'analisi delle Concentrazioni di PM₁₀ sui recettori

L'analisi svolta sul PM₁₀ ha visto la stima sia delle concentrazioni medie giornaliere che delle concentrazioni medie annue. In primo luogo, partendo dai valori medi giornalieri di PM₁₀ risultanti dalla simulazione dello scenario attuale, sono stati calcolati i percentili nonché i valori massimi e minimi.

SCENARIO ATTUALE – MEDIE GIORNALIERE PM₁₀

Recettore	Min [µg/m ³]	Percentili [µg/m ³]					Max [µg/m ³]
		50°	85°	90°	95°	99°	
4	≈0	0,050	0,068	0,075	0,079	0,095	0,100
5	≈0	0,114	0,150	0,157	0,170	0,195	0,219
6	≈0	0,060	0,081	0,087	0,092	0,105	0,109
8	≈0	0,146	0,195	0,206	0,232	0,274	0,290
9	≈0	0,185	0,263	0,288	0,310	0,344	0,389
13	≈0	0,050	0,063	0,067	0,073	0,082	0,085
14	≈0	0,058	0,074	0,078	0,084	0,096	0,103
15	≈0	0,049	0,062	0,065	0,070	0,081	0,085
16	≈0	0,058	0,075	0,079	0,087	0,099	0,107
18	≈0	0,045	0,055	0,057	0,062	0,069	0,073
20	≈0	0,053	0,064	0,067	0,072	0,078	0,081
N1	≈0	0,048	0,063	0,067	0,071	0,079	0,085
N2	≈0	0,134	0,158	0,165	0,176	0,202	0,212
N3	≈0	0,048	0,060	0,064	0,069	0,079	0,092
N4	≈0	0,061	0,081	0,085	0,091	0,106	0,116

Tabella 7-36 Percentili e valori massimi e minimi giornalieri PM₁₀ [µg/m³] – Scenario attuale

Come è possibile osservare dalla tabella, tutti i valori massimi di PM₁₀ giornalieri risultanti in corrispondenza di ogni recettore, sommati al valore di fondo della centralina di riferimento (30,95 µg/m³), non generano superamenti rispetto al limite normativo di media giornaliera, pari a 50 µg/m³.

Allo stesso modo degli altri inquinanti già analizzati, anche per il PM₁₀ sono state stimate le concentrazioni medie annue, sommate al valore di fondo rilevato dalla centralina di “fondo urbano” di LU – Capannori e infine confrontate con il limite normativo per la protezione della salute umana, pari a 40 µg/m³. Dall’analisi dello scenario attuale, i cui risultati sono riportati nella tabella che segue, si sottolinea come nonostante l’elevato valore di fondo, essendo i valori stimati molto bassi, per ogni recettore viene sempre rispettato il limite normativo.

SCENARIO ATTUALE – MEDIE ANNUE PM₁₀

Recettori	Concentrazione media annua di PM ₁₀ stimata [µg/m ³]	Concentrazione media annua di PM ₁₀ registrato dalla centralina [µg/m ³]	Concentrazione media annua di PM ₁₀ totale [µg/m ³]	% sul limite normativo (40 µg/m ³)
4	0,0497	30,95	30,9997	77,50%
5	0,1122	30,95	31,0622	77,66%
6	0,0610	30,95	31,0110	77,53%
8	0,1476	30,95	31,0976	77,74%
9	0,1896	30,95	31,1396	77,85%
13	0,0504	30,95	31,0004	77,50%
14	0,0578	30,95	31,0078	77,52%
15	0,1028	30,95	31,0528	77,63%
16	0,1045	30,95	31,0545	77,64%
18	0,0451	30,95	30,9951	77,49%
20	0,0529	30,95	31,0029	77,51%
N1	0,0487	30,95	30,9987	77,50%
N2	0,1329	30,95	31,0829	77,71%
N3	0,0487	30,95	30,9987	77,50%
N4	0,0611	30,95	31,0111	77,53%

Tabella 7-37 Valori di concentrazione media annua di PM₁₀ – Scenario attuale

Per osservare i valori di concentrazione medi annui di PM₁₀ stimati allo scenario attuale sull'intera maglia di calcolo, si rimanda agli elaborati grafici allegati T00IA03AMBPL41A-44A.

Per quanto riguarda i risultati delle simulazioni dello scenario di progetto, l'analisi dei percentili e dei massimi e minimi medi giornalieri del PM₁₀, sono di seguito riportati.

Recettore	Min [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	SCENARIO DI PROGETTO – MEDIE GIORNALIERE PM ₁₀					Max [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
		Percentili [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]					
		50°	85°	90°	95°	99°	
4	≈0	0,041	0,056	0,061	0,065	0,076	0,083
5	≈0	0,070	0,090	0,095	0,103	0,117	0,133
6	≈0	0,055	0,070	0,074	0,082	0,093	0,095
8	≈0	0,123	0,163	0,172	0,193	0,228	0,246
9	≈0	0,130	0,191	0,210	0,225	0,251	0,282
13	≈0	0,033	0,042	0,045	0,049	0,055	0,059
14	≈0	0,039	0,048	0,050	0,054	0,062	0,067
15	≈0	0,037	0,045	0,048	0,051	0,059	0,062
16	≈0	0,044	0,054	0,057	0,062	0,073	0,075
18	≈0	0,033	0,040	0,042	0,045	0,049	0,050
20	≈0	0,046	0,058	0,061	0,065	0,072	0,074
N1	≈0	0,034	0,044	0,047	0,050	0,055	0,057
N2	≈0	0,090	0,106	0,112	0,118	0,136	0,145
N3	≈0	0,035	0,043	0,045	0,048	0,055	0,060
N4	≈0	0,043	0,056	0,058	0,061	0,073	0,075

Tabella 7-38 Percentili e valori massimi e minimi giornalieri PM₁₀ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] – Scenario di progetto

Allo stesso modo di quanto concluso per lo scenario attuale, anche in questo caso, sommando ai valori massimi il valore di fondo della centralina di riferimento, questi per tutti i recettori rientrano sempre all'interno dei limiti normativi.

In relazione alle medie annue di PM₁₀ risultanti dallo scenario di progetto, invece, si può osservare la tabella sottostante, in cui oltre al valore di output del modello è riportato per ogni recettore il medesimo valore sommato a quello di fondo urbano. Sul totale delle concentrazioni di PM₁₀ medie annue è stato verificato per tutti i recettori il rispetto del limite normativo pari a 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Recettori	SCENARIO DI PROGETTO – MEDIE ANNUE PM ₁₀			
	Concentrazione media annua di PM ₁₀ stimata [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Concentrazione media annua di PM ₁₀ registrato dalla centralina [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Concentrazione media annua di PM ₁₀ totale [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	% sul limite normativo (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
4	0,0416	30,95	30,9916	77,48%
5	0,0692	30,95	31,0192	77,55%
6	0,0554	30,95	31,0054	77,51%
8	0,0986	30,95	31,0486	77,62%
9	0,1328	30,95	31,0828	77,71%
13	0,0426	30,95	30,9926	77,48%
14	0,0384	30,95	30,9884	77,47%
15	0,0406	30,95	30,9906	77,48%
16	0,0440	30,95	30,9940	77,49%

SCENARIO DI PROGETTO – MEDIE ANNUE PM₁₀

Recettori	Concentrazione media annua di PM ₁₀ stimata [µg/m ³]	Concentrazione media annua di PM ₁₀ registrato dalla centralina [µg/m ³]	Concentrazione media annua di PM ₁₀ totale [µg/m ³]	% sul limite normativo (40 µg/m ³)
18	0,0333	30,95	30,9833	77,46%
20	0,0468	30,95	30,9968	77,49%
N1	0,0412	30,95	30,9912	77,48%
N2	0,0888	30,95	31,0388	77,60%
N3	0,0403	30,95	30,9903	77,48%
N4	0,0433	30,95	30,9933	77,48%

Tabella 7-39 Valori di concentrazione media annua di PM₁₀ – Scenario di progetto

Per osservare i valori di concentrazione medi annui di PM₁₀ stimati allo scenario di progetto sull'intera maglia di calcolo, si rimanda agli elaborati grafici allegati T00IA03AMBPL49A-52A.

Alla luce dei risultati emersi e sopra riportati, nella tabella seguente si riporta il confronto dei valori di concentrazione media annua di PM₁₀ calcolati considerando lo scenario attuale e quello di progetto in prossimità dei recettori. Si sottolinea come **per tutti i recettori sia stato stimato un miglioramento in termini di concentrazioni medie annue di PM₁₀ allo scenario di progetto**, conseguenza del rinnovamento del parco veicolare rispetto all'aspetto emissivo del veicolo stesso.

Recettori	Attuale PM ₁₀ [µg/m ³]	Progetto PM ₁₀ [µg/m ³]	Riduzione %	Effetto del progetto sulla qualità dell'aria
4	30,9997	30,9916	16,22%	●
5	31,0622	31,0192	38,32%	●
6	31,0110	31,0054	9,09%	●
8	31,0976	31,0486	33,21%	●
9	31,1396	31,0828	29,97%	●
13	31,0004	30,9926	15,43%	●
14	31,0078	30,9884	33,52%	●
15	31,0528	30,9906	60,54%	●
16	31,0545	30,9940	57,87%	●
18	30,9951	30,9833	26,26%	●
20	31,0029	30,9968	11,69%	●
N1	30,9987	30,9912	15,49%	●
N2	31,0829	31,0388	33,17%	●
N3	30,9987	30,9903	17,30%	●
N4	31,0111	30,9933	29,10%	●

Tabella 7-40 Confronto valori di concentrazione media annua di PM₁₀ scenario attuale e di progetto

7.3.3.8 L'analisi delle Concentrazioni di PM_{2.5} sui recettori

Relativamente al PM_{2.5} sono state stimate, grazie ai modelli di simulazione descritti in precedenza, le concentrazioni medie annue per i due scenari di riferimento, attuale e di progetto. Questi valori una volta sommati al valore di fondo registrato dalla centralina di LU – Capannori (23,10 µg/m³) sono stati confrontati con il limite normativo relativo al PM_{2.5} per la protezione della salute umana, pari a 25 µg/m³.

Si sottolinea come l'elevato valore di fondo fa sì che le percentuali sul limite normativo superino il 90%, ma come questa percentuale così elevata è dipendente prevalentemente dal fondo, in quanto il contributo di concentrazioni di PM_{2.5} generate dal traffico veicolare considerato risulta essere molto basso. Stante il basso contributo del valore di concentrazione stimato dal modello di simulazione sia per lo scenario attuale che di progetto e nonostante l'elevato valore di fondo, si evidenzia per ogni recettore la coerenza con il

limite normativo.

SCENARIO ATTUALE – MEDIE ANNUE PM_{2.5}

Recettori	Concentrazione media annua di PM _{2.5} stimata [µg/m ³]	Concentrazione media annua di PM _{2.5} registrato dalla centralina [µg/m ³]	Concentrazione media annua di PM _{2.5} totale [µg/m ³]	% sul limite normativo (25 µg/m ³)
4	0,0296	23,10	23,1296	92,52%
5	0,0671	23,10	23,1671	92,67%
6	0,0365	23,10	23,1365	92,55%
8	0,0884	23,10	23,1884	92,75%
9	0,1133	23,10	23,2133	92,85%
13	0,0302	23,10	23,1302	92,52%
14	0,0345	23,10	23,1345	92,54%
15	0,0502	23,10	23,1502	92,60%
16	0,0526	23,10	23,1526	92,61%
18	0,0266	23,10	23,1266	92,51%
20	0,0501	23,10	23,1501	92,60%
N1	0,0292	23,10	23,1292	92,52%
N2	0,0798	23,10	23,1798	92,72%
N3	0,0503	23,10	23,1503	92,60%
N4	0,0363	23,10	23,1363	92,55%

Tabella 7-41 Valori di concentrazione media annua di PM_{2.5} – Scenario attuale

Per osservare i valori di concentrazione medi annui di PM_{2.5} stimati allo scenario attuale sull'intera maglia di calcolo, si rimanda agli elaborati grafici allegati T00IA03AMBPL53A-56A.

SCENARIO DI PROGETTO – MEDIE ANNUE PM_{2.5}

Recettori	Concentrazione media annua di PM _{2.5} stimata [µg/m ³]	Concentrazione media annua di PM _{2.5} registrato dalla centralina [µg/m ³]	Concentrazione media annua di PM _{2.5} totale [µg/m ³]	% sul limite normativo (25 µg/m ³)
4	0,0250	23,10	23,1250	92,50%
5	0,0416	23,10	23,1416	92,57%
6	0,0332	23,10	23,1332	92,53%
8	0,0736	23,10	23,1736	92,69%
9	0,0796	23,10	23,1796	92,72%
13	0,0202	23,10	23,1202	92,48%
14	0,0231	23,10	23,1231	92,49%
15	0,0223	23,10	23,1223	92,49%
16	0,0265	23,10	23,1265	92,51%
18	0,0200	23,10	23,1200	92,48%
20	0,0281	23,10	23,1281	92,51%
N1	0,0209	23,10	23,1209	92,48%
N2	0,0496	23,10	23,1496	92,60%
N3	0,0212	23,10	23,1212	92,48%
N4	0,0260	23,10	23,1260	92,50%

Tabella 7-42 Valori di concentrazione media annua di PM_{2.5} – Scenario di progetto

Per osservare i valori di concentrazione medi annui di PM_{2.5} stimati allo scenario di progetto sull'intera maglia di calcolo, si rimanda agli elaborati grafici allegati T00IA03AMBPL61A-64A.

Alla luce dei risultati emersi, sopra riportati, nella tabella seguente si riporta il confronto dei valori di concentrazione media annua di PM_{2.5} calcolati per lo scenario attuale e quello di progetto in prossimità dei

recettori. Si sottolinea come **per tutti i recettori sia stato stimato un miglioramento in termini di concentrazioni medie annue di PM_{2.5} allo scenario di progetto**, conseguenza del rinnovamento del parco veicolare rispetto all'aspetto emissivo del veicolo stesso.

Recettori	Attuale PM _{2.5} [µg/m ³]	Progetto PM _{2.5} [µg/m ³]	Riduzione %	Effetto del progetto sulla qualità dell'aria
4	0,0497	0,0416	16,22%	●
5	0,1122	0,0692	38,32%	●
6	0,0610	0,0554	9,09%	●
8	0,1476	0,0986	33,21%	●
9	0,1896	0,1328	29,97%	●
13	0,0504	0,0426	15,43%	●
14	0,0578	0,0384	33,52%	●
15	0,1028	0,0406	60,54%	●
16	0,1045	0,0440	57,87%	●
18	0,0451	0,0333	26,26%	●
20	0,0529	0,0468	11,69%	●
N1	0,0487	0,0412	15,49%	●
N2	0,1329	0,0888	33,17%	●
N3	0,0487	0,0403	17,30%	●
N4	0,0611	0,0433	29,10%	●

Tabella 7-43 Confronto valori di concentrazione media annua di PM_{2.5} scenario attuale e di progetto

7.4 ANALISI SULL'AREA VASTA: DETERMINAZIONE DEI BENEFICI/AGGRAVI APPORTATI DAL PROGETTO IN TERMINI DI QUALITÀ DELL'ARIA

7.4.1 OBIETTIVO DELLA PRESENTE ANALISI

Una volta compreso che il progetto in esame non determina eccessivi livelli di concentrazione, in quanto questi rispettano, per tutti gli inquinanti di interesse, i limiti normativi per la protezione della salute umana, i livelli di concentrazione degli inquinanti sono stati messi a confronto con quelli stimati per lo scenario di non intervento, con la finalità di **quantificare i benefici o aggravati apportati dal progetto al 2033, anno di riferimento sul territorio in esame.**

La metodologia utilizzata per perseguire tale obiettivo è stata quella di individuare, nell'ambito di area vasta considerato, le zone residenziali a tessuto continuo e quelle a tessuto discontinuo, desunte dall'Uso del Suolo della Regione Toscana, 2013. In funzione delle curve di isoconcentrazione risultanti dal modello dispersivo per i due scenari di riferimento sono state quantificate le aree urbanizzate in cui si prevedono benefici o aggravati da parte del progetto in esame.

Nella pratica, per ottenere le curve di isoconcentrazione sull'area vasta è stata definita una maglia di calcolo regolare, con sotto-maglie rettangolari che comprendesse l'intera rete stradale di riferimento.

7.4.2 DEFINIZIONE DELLA MAGLIA DI CALCOLO

Le caratteristiche della maglia definita per l'analisi sull'area vasta, e quindi applicata per lo scenario di progetto e per l'opzione zero, sono di seguito riportate.

Caratteristica	X	Y
Origine coordinate	598771,25	4845953,15
N. di punti	30	15
Distanza tra i punti	1500 m	1500 m
Lunghezza totale maglia	45000 m	45000 m

Tabella 7-44 Caratteristiche maglia di calcolo

7.4.3 I RISULTATI DELL'ANALISI

7.4.3.1 Aspetti generali

Al fine di perseguire l'obiettivo della presente analisi, sono stati elaborati e rappresentati sotto forma grafica i risultati delle simulazioni modellistiche per l'opzione zero e per lo scenario di progetto rappresentative della dispersione degli inquinanti NO_x, NO₂, BaP, CO, C₆H₆, PM₁₀ e PM_{2.5} sul territorio di area vasta.

Per la visione dei risultati è possibile far riferimento agli elaborati grafici allegati (T00IA03AMBPL65A - 78A).

Alla luce dei risultati ottenuti, con la finalità di valutare i benefici e/o aggravati apportati dal progetto, è stato calcolato l'incremento e/o decremento, in termini percentuali, delle concentrazioni di inquinanti stimate allo

scenario di progetto rispetto a quelle calcolate per l'opzione zero. In relazione a determinate fasce di incremento/decremento percentuale delle concentrazioni è stato possibile calcolare le aree urbanizzate interessate dalle stesse.

Relativamente alle fasce di incremento/decremento, sono state scelte, in particolare, cinque fasce di seguito indicate e descritte nel loro significato.

Fasce di incremento/decremento % delle concentrazioni di inquinanti stimate allo scenario di progetto rispetto a quelle stimate all'opzione zero	
<-10%	Le concentrazioni stimate allo scenario di progetto risultano significativamente più basse di quelle stimate all'opzione zero (BENEFICIO ALTO)
-10% / -1%	Le concentrazioni stimate allo scenario di progetto risultano più basse di quelle stimate all'opzione zero (BENEFICIO MEDIO)
-1% / +1%	Le concentrazioni stimate allo scenario di progetto e all'opzione zero risultano pressoché omogenee tra loro (BENEFICIO/AGGRAVIO TRASCURABILE)
+1% / +10%	Le concentrazioni stimate allo scenario di progetto risultano significativamente più alte di quelle stimate all'opzione zero (AGGRAVIO MEDIO)
>10%	Le concentrazioni stimate allo scenario di progetto risultano più alte di quelle stimate all'opzione zero (AGGRAVIO ALTO)

Le fasce identificate da valori percentuali negativi, quindi, rappresentano quelle parti di territorio in cui il progetto apporta un beneficio sul territorio in termini di qualità dell'aria (analizzato rispetto al singolo inquinante), al contrario le percentuali positive sono rappresentative di un peggioramento in termini di qualità dell'aria, in quanto rappresentano un incremento di concentrazioni di inquinanti tra lo scenario di progetto e l'opzione zero. Si sottolinea come per le aree territoriali identificate dalla fascia centrale, -1% / +1%, l'effetto del progetto sulla qualità dell'aria è stato ritenuto trascurabile.

Per quanto riguarda, invece, le aree urbanizzate, il territorio è stato distinto, sulla base dell'uso e consumo del suolo fornito dalla Regione Toscana, in zone residenziali a tessuto continuo (principalmente rappresentate dall'urbanizzato della città di Lucca) ed in zone residenziali a tessuto discontinuo (comprendendo il restante comune di Lucca, il comune di Porcari ed il comune di Capannori rientranti nell'area di studio), tralasciando il resto del territorio in cui le aree urbanizzate possono ritenersi assenti.

Sulla base di questi assunti, sono state determinate, quindi, le superfici urbanizzate, distinte in funzione della tipologia residenziale, ricadenti in ogni fascia di incremento/decremento. Nei paragrafi che seguono, per ogni inquinante, si riporta la stima di queste aree, finalizzata alla quantificazione dei benefici o aggravii del progetto nell'area di studio in termini di qualità dell'aria.

7.4.3.2 L'analisi delle concentrazioni di NO_x sull'area vasta

Come anticipato al precedente paragrafo, sulla base delle analisi modellistiche condotte nel presente studio in relazione all'opzione zero e allo scenario di progetto, sono stati confrontati i risultati attraverso la stima, nonché rappresentazione grafica, dell'incremento percentuale delle concentrazioni di NO_x tra lo scenario di progetto e l'opzione zero. I valori di queste percentuali calcolate sulla maglia di calcolo del modello, sono state suddivise in cinque fasce di incremento/decremento, in modo da valutare per ogni fascia le aree urbanizzate ricadenti all'interno di queste e quantificare i benefici o aggravamenti del progetto in termini di qualità dell'aria.

Con riferimento agli elaborati grafici T00IA03AMBPL65A-66A è possibile osservare separatamente le curve di isoconcentrazione risultanti rispettivamente dall'opzione zero e dallo scenario di progetto, mentre con riferimento all'elaborato T00IA03AMBPL79A è possibile osservare graficamente le fasce di incremento/decremento sovrapposte alle due zone residenziali a tessuto continuo e discontinuo.

Attraverso questa sovrapposizione grafica, per ogni zona residenziale sono state stimate le aree complessive ricadenti in ogni fascia di incremento/decremento, riportate nella tabella seguente.

Σ aree urbanizzate comprese nelle fasce di incremento/decremento delle concentrazioni di NO_x (ha)

Tipologia zona	Fasce di incremento/decremento concentrazioni inquinanti dello scenario di progetto rispetto all'opzione zero				
	<-10%	-10 % / -1%	-1% / 1%	1% / 10%	>10%
Zona residenziale a tessuto discontinuo	64,10	778,83	275,79	785,36	16,35
Zona residenziale a tessuto continuo	0,00	220,87	196,46	40,60	0,00

Tabella 7-45 Superfici comprese nelle fasce di incremento/decremento relative alle due tipologie residenziali - NO_x

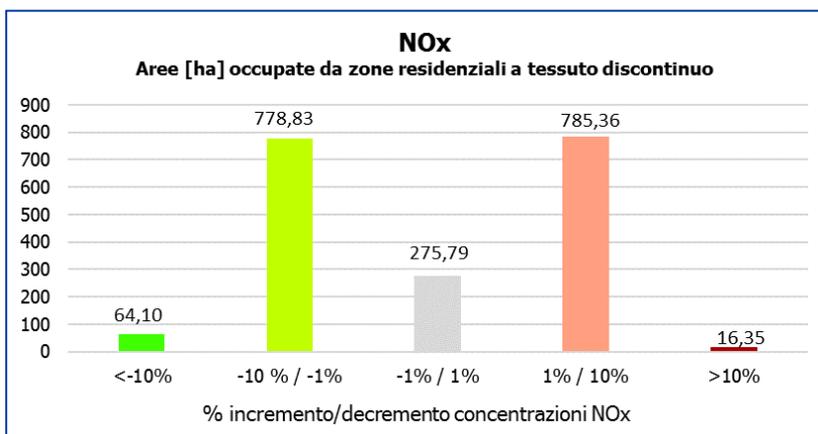


Figura 7-15 Istogramma aree occupate da zone residenziali a tessuto discontinuo in relazione alle fasce di incremento/decremento di NO_x

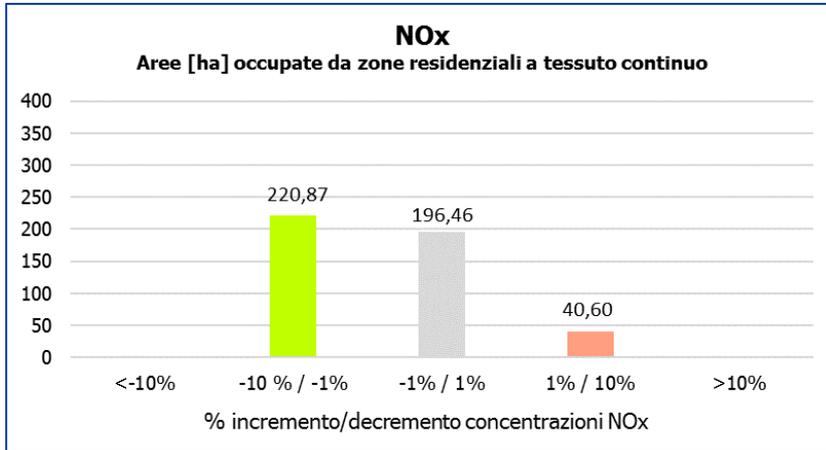


Figura 7-16 Istogramma aree occupate da zone residenziali a tessuto continuo in relazione alle fasce di incremento/decremento di NO_x

Come si nota dalla Tabella 7-45, e ancora di più dalla Figura 7-15 e Figura 7-16, tralasciando la fascia centrale in cui le differenze tra lo scenario di progetto e l'opzione zero risultano trascurabili, le aree urbanizzate maggiori sono quelle relative alle fasce di decremento: ciò vuol dire che il progetto apporta dei benefici rispetto all'opzione zero in termini di concentrazioni di NO_x. I maggiori benefici riscontrati dall'analisi riguardano le zone residenziali a tessuto continuo per le quali si ha un'area compresa nella fascia di decremento -10% / -1% delle concentrazioni di NO_x pari a circa 220 ettari, rispetto all'area compresa nella fascia di incremento 1% / 10% pari a 40 ettari.

Alla luce delle analisi condotte, è possibile identificare sul territorio le aree urbanizzate per cui si registra un peggioramento delle concentrazioni allo scenario di progetto rispetto all'opzione zero, che, come si osserva dall'elaborato T00IA03AMBPL79A, riguardano le aree più vicine alla nuova infrastruttura, nonché aree a sud-est e nord-ovest del progetto stesso, funzione della dispersione degli inquinanti in relazione alla direzione del vento. Si specifica pertanto, che le aree in cui si registrano dei peggioramenti interessano principalmente i centri abitati di Capannori e Porcari, ma nonostante ciò si sottolinea comunque che in termini assoluti i valori di concentrazione si mantengono contenuti.

Relativamente, invece, ai casi in cui le concentrazioni di NO_x stimate per lo scenario di progetto risultano inferiori a quelle calcolate per l'opzione zero, si evidenzia come questi benefici interessino le zone residenziali a tessuto continuo riguardano gran parte dell'abitato della città di Lucca e dell'intorno della città stessa. Ulteriori benefici del progetto sulla qualità dell'aria, in relazione all'NO_x, sono riscontrati sulle zone residenziali a tessuto discontinuo ed in particolare sulle frazioni di Lappato, Marlia, Piaggiori, Segromigno in Piano, Camigliano e Zone appartenenti al Comune di Capannori e sulla frazione di Fratina del Comune di Porcari.

7.4.3.3 L'analisi delle concentrazioni di NO₂ sull'area vasta

Allo stesso modo di quanto descritto e analizzato per l'NO_x, anche per l'NO₂ sono stati confrontati i risultati dello scenario di progetto e dell'opzione zero attraverso la stima e la rappresentazione grafica dell'incremento/decremento percentuale delle concentrazioni di NO₂ tra i due scenari di riferimento. I valori di queste percentuali calcolate sulla maglia di calcolo del modello, sono state suddivise nelle stesse cinque fasce di

incremento/decremento, in modo da calcolare per ogni fascia le aree urbanizzate ricadenti all'interno di queste e quantificare i benefici o aggravamenti del progetto in termini di qualità dell'aria.

Con riferimento agli elaborati grafici T00IA03AMBPL67A-68A è possibile osservare separatamente le curve di isoconcentrazione di NO₂ risultanti rispettivamente dall'opzione zero e dallo scenario di progetto, mentre con riferimento all'elaborato T00IA03AMBPL79A è possibile osservare graficamente le fasce di incremento/decremento sovrapposte alle due zone residenziali a tessuto continuo e discontinuo.

Attraverso questa sovrapposizione grafica, per ogni zona residenziale sono state stimate le aree complessive ricadenti in ogni fascia di incremento/decremento, riportate nella tabella seguente.

Σ aree urbanizzate comprese nelle fasce di incremento/decremento delle concentrazioni di NO₂ (ha)

Tipologia zona	Fasce di incremento/decremento concentrazioni inquinanti dello scenario di progetto rispetto all'opzione zero				
	<-10%	-10 % / -1%	-1% / 1%	1% / 10%	>10%
Zona residenziale a tessuto discontinuo	60,59	780,70	278,82	785,22	15,08
Zona residenziale a tessuto continuo	0,00	217,42	199,97	40,54	0,00

Tabella 7-46 Superfici comprese nelle fasce di incremento/decremento relative alle due tipologie residenziali – NO₂

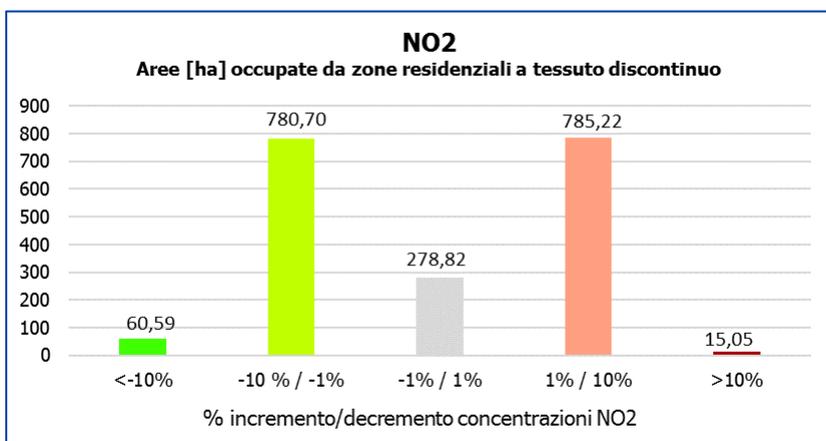


Figura 7-17 Istogramma aree occupate da zone residenziali a tessuto discontinuo in relazione alle fasce di incremento/decremento di NO₂

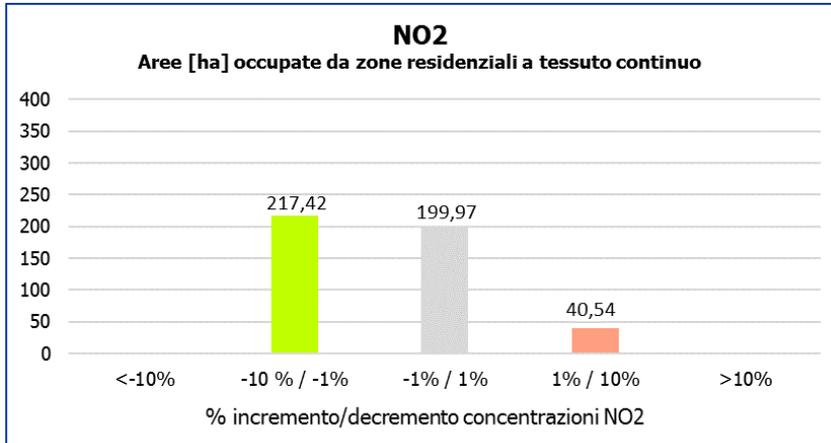


Figura 7-18 Istogramma aree occupate da zone residenziali a tessuto continuo in relazione alle fasce di incremento/decremento di NO₂

Come si nota dalla Tabella 7-46, e ancora di più dalla Figura 7-17 e Figura 7-18, tralasciando la fascia centrale in cui le differenze tra lo scenario di progetto e l'opzione zero risultano trascurabili, le aree maggiori sono quelle relative alle fasce di decremento in cui il progetto apporta dei benefici rispetto all'opzione zero in termini di concentrazioni di NO₂. I maggiori benefici riscontrati dall'analisi riguardano le zone residenziali a tessuto continuo per le quali si ha un'area compresa nella fascia di decremento -10% / -1% delle concentrazioni di NO₂ pari a circa 220 ettari rispetto all'area compresa nella fascia di incremento 1% / 10% pari a 40 ettari.

Alla luce della analisi condotte è possibile riportare di seguito alcune considerazioni di livello territoriale, in merito ai peggioramenti e/o benefici apportati dal progetto sulle concentrazioni di NO₂.

Come si osserva dall'elaborato T00IA03AMBPL79A e come già esplicitato nell'analisi dell'NO_x, le zone in cui si riscontrano peggioramenti riguardano le aree più vicine alla nuova infrastruttura, nonché aree a sud-est e nord-ovest del progetto stesso, funzione della dispersione degli inquinanti in relazione alla direzione del vento. Queste aree interessano principalmente i centri abitati di Capannori e Porcari, ma nonostante ciò si sottolinea che in termini assoluti i valori di concentrazione si mantengono contenuti e anche sommati al fondo di qualità dell'aria considerato come riferimento per le analisi si mantengono sempre al di sotto dei limiti normativi, non generando criticità sui recettori presenti.

I maggiori benefici riscontrati sulle zone residenziali a tessuto continuo, invece, riguardano l'abitato della città di Lucca e le zone urbanizzate limitrofe alla stessa. Per quanto riguarda, invece, i benefici riscontrati sulle zone a tessuto discontinuo, queste sono rappresentate dalle frazioni di Lappato, Marlia, Piaggiori, Segromigno in Piano, Camigliano e Zone appartenenti al Comune di Capannori e dalla frazione di Fratina del Comune di Porcari.

7.4.3.4 L'analisi delle concentrazioni di IPA (BaP) sull'area vasta

Relativamente all'analisi delle concentrazioni di benzo(a)pirene, con riferimento agli elaborati grafici T00IA03AMBPL69A-70A è possibile osservare separatamente le curve di isoconcentrazione di BaP risultanti rispettivamente dall'opzione zero e dallo scenario di progetto, mentre con riferimento all'elaborato

T00IA03AMBPL79A è possibile osservare graficamente le fasce di incremento/decremento sovrapposte alle due zone residenziali a tessuto continuo e discontinuo.

Attraverso questa sovrapposizione grafica, per ogni zona residenziale sono state stimate le aree complessive ricadenti in ogni fascia di incremento/decremento, riportate nella tabella seguente.

Σ aree urbanizzate comprese nelle fasce di incremento/decremento delle concentrazioni di BaP (ha)

Tipologia zona	Fasce di incremento/decremento concentrazioni inquinanti dello scenario di progetto rispetto all'opzione zero				
	<-10%	-10 % / -1%	-1% / 1%	1% / 10%	>10%
Zona residenziale a tessuto discontinuo	69,02	792,03	281,80	762,53	15,03
Zona residenziale a tessuto continuo	0,00	225,77	194,14	38,02	0,00

Tabella 7-47 Superfici comprese nelle fasce di incremento/decremento relative alle due tipologie residenziali – BaP

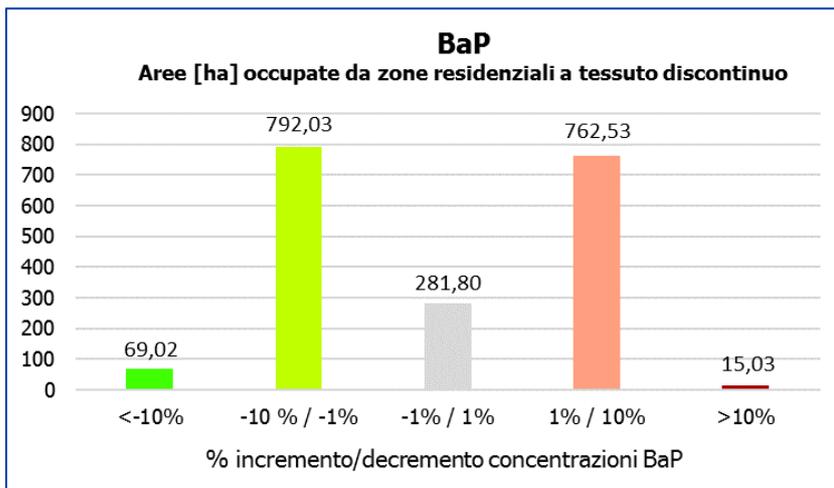


Figura 7-19 Istogramma aree occupate da zone residenziali a tessuto discontinuo in relazione alle fasce di incremento/decremento di BaP

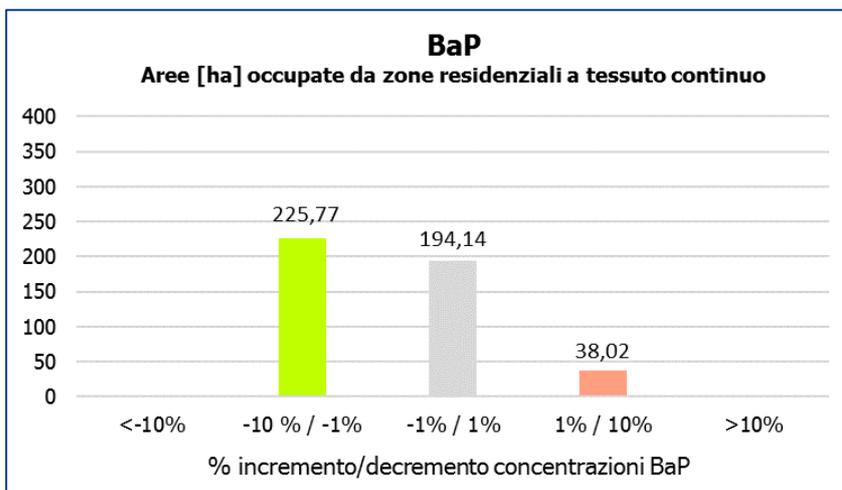


Figura 7-20 Istogramma aree occupate da zone residenziali a tessuto continuo in relazione alle fasce di incremento/decremento di BaP

Come si nota dalla Tabella 7-47, e ancora di più dalla Figura 7-19 e Figura 7-20, tralasciando la fascia centrale in cui le differenze tra lo scenario di progetto e l'opzione zero risultano trascurabili, le aree maggiori sono quelle relative alle fasce di decremento in cui il progetto apporta dei benefici rispetto all'opzione zero in termini di concentrazioni di BaP. I maggiori benefici riscontrati dall'analisi riguardano le zone residenziali a tessuto continuo per le quali si ha un'area compresa nella fascia di decremento -10% / -1% delle concentrazioni di BaP pari a circa 225 ettari rispetto all'area compresa nella fascia di incremento 1% / 10% pari a 38 ettari.

Alla luce della analisi condotte è possibile riportare di seguito alcune considerazioni di livello territoriale, in merito ai peggioramenti e/o benefici apportati dal progetto sulle concentrazioni di benzo(a)pirene.

Come si osserva dall'elaborato T00IA03AMBPL79A e come già esplicitato per gli altri inquinanti analizzati precedentemente, le zone in cui si riscontrano peggioramenti riguardano le aree più vicine alla nuova infrastruttura, nonché aree a sud-est e nord-ovest del progetto stesso, funzione della dispersione degli inquinanti in relazione alla direzione del vento. Queste aree interessano principalmente i centri abitati di Capannori e Porcari, ma nonostante ciò si sottolinea che in termini assoluti i valori di concentrazione si mantengono contenuti.

I maggiori benefici apportati dal progetto sulle concentrazioni di benzo(a)pirene, invece, riguardano l'abitato di Lucca, ma si evidenzia, inoltre, un'ampia area del Comune di Capannori ed in parte del Comune di Porcari comprendente diverse frazioni, per le quali si stima una riduzione delle concentrazioni di BaP con l'esercizio della nuova infrastruttura in progetto. I benefici del progetto si riscontrano sulle frazioni di Lap-pato, Marlia, Piaggiori, Segromigno in Piano, Camigliano e Zone appartenenti al Comune di Capannori e sulla frazione di Fratina del Comune di Porcari.

7.4.3.5 L'analisi delle concentrazioni di CO sull'area vasta

Relativamente all'analisi delle concentrazioni di monossido di carbonio, con riferimento agli elaborati grafici T00IA03AMBPL71A-72A è possibile osservare separatamente le curve di isoconcentrazione di CO risultanti rispettivamente dall'opzione zero e dallo scenario di progetto, mentre con riferimento all'elaborato T00IA03AMBPL80A è possibile osservare graficamente le fasce di incremento/decremento sovrapposte alle due zone residenziali a tessuto continuo e discontinuo.

Attraverso questa sovrapposizione grafica, per ogni zona residenziale sono state stimate le aree complessive ricadenti in ogni fascia di incremento/decremento, riportate nella tabella seguente.

Σ aree urbanizzate comprese nelle fasce di incremento/decremento delle concentrazioni di CO (ha)

Tipologia zona	Fasce di incremento/decremento concentrazioni inquinanti dello scenario di progetto rispetto all'opzione zero				
	<-10%	-10 % / -1%	-1% / 1%	1% / 10%	>10%
Zona residenziale a tessuto discontinuo	50,99	724,30	333,26	735,04	76,84

Σ aree urbanizzate comprese nelle fasce di incremento/decremento delle concentrazioni di CO (ha)

Tipologia zona	Fasce di incremento/decremento concentrazioni inquinanti dello scenario di progetto rispetto all'opzione zero				
	<-10%	-10 % / -1%	-1% / 1%	1% / 10%	>10%
Zona residenziale a tessuto continuo	0,00	66,79	328,96	62,17	0,00

Tabella 7-48 Superfici comprese nelle fasce di incremento/decremento relative alle due tipologie residenziali – CO

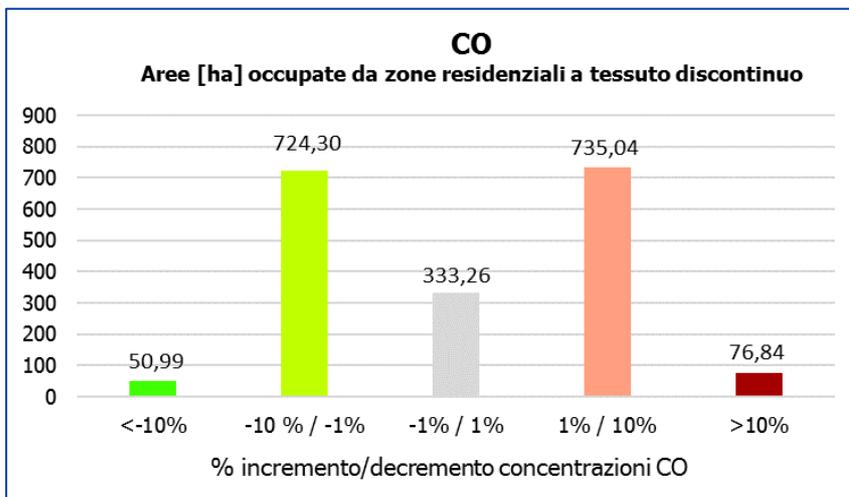


Figura 7-21 Istogramma aree occupate da zone residenziali a tessuto discontinuo in relazione alle fasce di incremento/decremento di CO

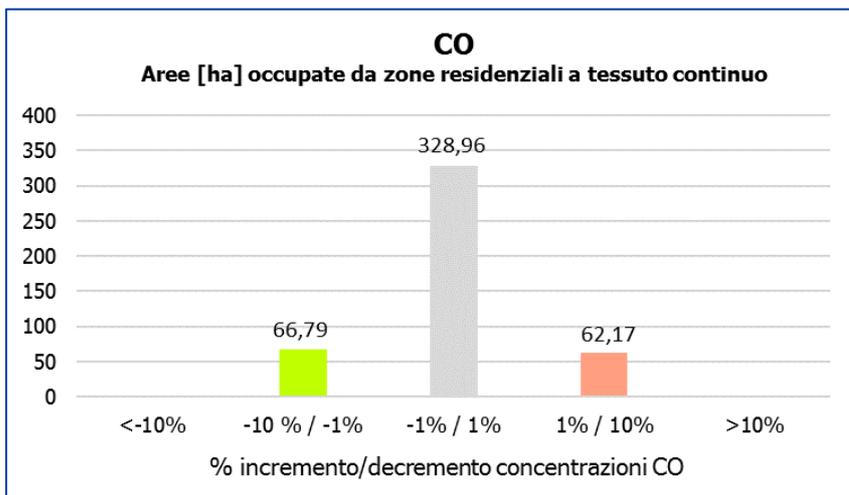


Figura 7-22 Istogramma aree occupate da zone residenziali a tessuto continuo in relazione alle fasce di incremento/decremento di CO

Dalla Tabella 7-48 e ancora di più dalla Figura 7-21 e Figura 7-22, è possibile notare una situazione di uguaglianza tra le aree contenute nelle fasce di incremento e quelle contenute nelle fasce di decremento. Relativamente alle zone residenziali a tessuto continuo, oltre che questa situazione di uguaglianza, si evidenzia l'elevata superficie compresa nella fascia centrale di incremento/decremento in cui i potenziali benefici/aggravi del progetto risultano trascurabili.

Alla luce della analisi condotte è possibile riportare di seguito alcune considerazioni di livello territoriale, in merito ai peggioramenti e/o benefici apportati dal progetto sulle concentrazioni di Monossido di Carbonio. Come si osserva dall'elaborato T00IA03AMBPL79A e come già esplicitato per gli altri inquinanti analizzati precedentemente, le zone in cui si riscontrano peggioramenti riguardano le aree più vicine alla nuova infrastruttura, nonché aree a sud-est e nord-ovest del progetto stesso, funzione della dispersione degli inquinanti in relazione alla direzione del vento. Le aree in cui sono previsti i maggiori peggioramenti interessano principalmente zone industriali ed in parte i centri abitati di Capannori e Porcari, ma nonostante ciò si sottolinea che in termini assoluti i valori di concentrazione che si stimano nello scenario di progetto sono molto bassi e di molto inferiori al limite normativo.

Si specifica, in ultimo, che le aree interessate da una riduzione delle concentrazioni di Monossido di Carbonio in considerazione dell'esercizio dell'infrastruttura di progetto, riguardano parte dell'abitato di Lucca, nonché altre piccole frazioni, caratterizzate da zone residenziali a tessuto discontinuo, costituite da Lappato, Marlia, Piaggiori, Segromigno in Piano, Camigliano e Zone nel Comune di Capannori e da Fratina nel Comune di Porcari.

7.4.3.6 L'analisi delle concentrazioni di C₆H₆ sull'area vasta

Relativamente all'analisi delle concentrazioni di benzene, con riferimento agli elaborati grafici T00IA03AMBPL73A-74A è possibile osservare separatamente le curve di isoconcentrazione di C₆H₆ risultanti rispettivamente dall'opzione zero e dallo scenario di progetto, mentre con riferimento all'elaborato T00IA03AMBPL80A è possibile osservare graficamente le fasce di incremento/decremento sovrapposte alle due zone residenziali a tessuto continuo e discontinuo.

Attraverso questa sovrapposizione grafica, per ogni zona residenziale sono state stimate le aree complessive ricadenti in ogni fascia di incremento/decremento, riportate nella tabella seguente.

Σ aree urbanizzate comprese nelle fasce di incremento/decremento delle concentrazioni di C₆H₆ (ha)

Tipologia zona	Fasce di incremento/decremento concentrazioni inquinanti dello scenario di progetto rispetto all'opzione zero				
	<-10%	-10 % / -1%	-1% / 1%	1% / 10%	>10%
Zona residenziale a tessuto discontinuo	74,55	721,67	263,27	847,01	13,91
Zona residenziale a tessuto continuo	0,00	2,92	380,29	74,72	0,00

Tabella 7-49 Superfici comprese nelle fasce di incremento/decremento relative alle due tipologie residenziali – C₆H₆

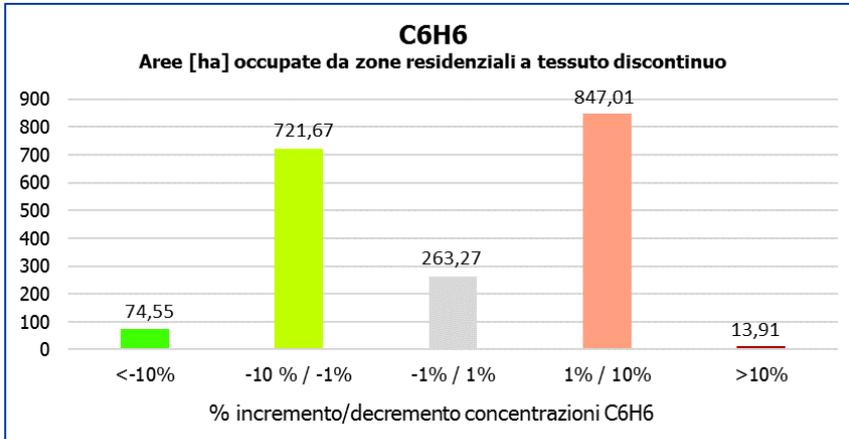


Figura 7-23 Istogramma aree occupate da zone residenziali a tessuto discontinuo in relazione alle fasce di incremento/decremento di C₆H₆

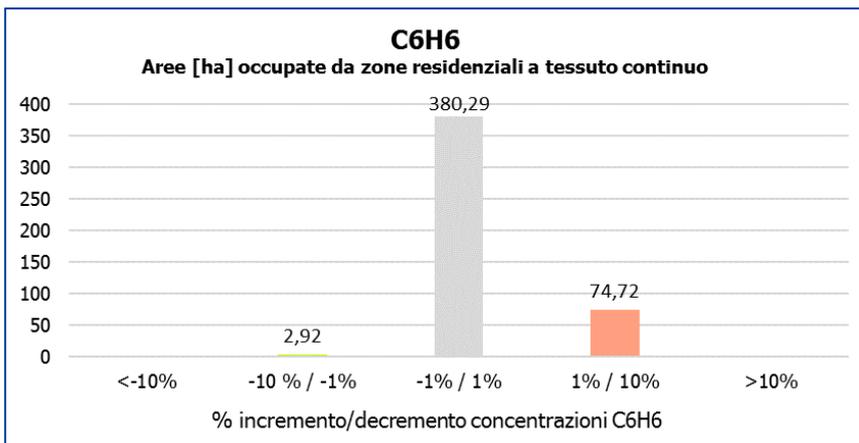


Figura 7-24 Istogramma aree occupate da zone residenziali a tessuto continuo in relazione alle fasce di incremento/decremento di C₆H₆

Dalla Tabella 7-49 e ancora di più dalla Figura 7-23 e Figura 7-24 è possibile notare una situazione differente rispetto agli altri inquinanti in quanto le aree comprese nelle fasce di incremento risultano essere maggiori rispetto alle fasce di decremento, seppur, in particolare per le zone residenziali a tessuto continuo, l'area urbanizzata contenuta nella fascia centrale risulta essere molto elevata.

Questi risultati possono essere spiegati dal fatto che essendo già basso il contributo del benzene in termini di concentrazioni generate dal progetto in esame, la scelta delle fasce di incremento/decremento così come è stata pensata, fa sì che non si riesce ad apprezzare in termini numerici l'effettivo beneficio o aggravio del progetto rispetto alla situazione di non intervento. E' evidente, infatti, come le aree comprese nelle fascia di incremento/decremento di -1% / 1%, se discretizzate rispetto ad altri intervalli percentuali, modificherebbero il risultato. Alla luce di ciò, stante i bassi valori di concentrazione stimati dal modello per il benzene, gli effetti del progetto su questo inquinante possono ritenersi poco significativi e, pertanto, trascurabili.

Alla luce della analisi condotte è possibile riportare di seguito alcune considerazioni di livello territoriale, in merito ai peggioramenti e/o benefici apportati dal progetto sulle concentrazioni di benzene.

Come si osserva dall'elaborato T00IA03AMBPL80A le zone in cui si riscontrano peggioramenti riguardano

le aree più vicine alla nuova infrastruttura, nonché aree a sud-est e nord-ovest del progetto stesso, funzione della dispersione degli inquinanti in relazione alla direzione del vento. Queste aree interessano principalmente i centri abitati di Capannori e Porcari, ma nonostante ciò si sottolinea che in termini assoluti i valori di concentrazione si mantengono molto bassi.

Con la finalità di identificare, inoltre, le zone in cui è stato riscontrato un beneficio in termini di concentrazioni di Benzene, queste sono relative principalmente ad alcune frazioni appartenenti al Comune di Capannori e nello specifico Lappato, Marlia, Piaggiore, Segromigno in Piano, Camigliano e Zone, nonché alla frazione di Fratina nel Comune di Porcari.

7.4.3.7 L'analisi delle concentrazioni di PM₁₀ sull'area vasta

Con riferimento all'analisi del particolato (PM₁₀), dagli elaborati grafici T00IA03AMBPL75A-76A è possibile osservare separatamente le curve di isoconcentrazione di PM₁₀ risultanti rispettivamente dall'opzione zero e dallo scenario di progetto, mentre con riferimento all'elaborato T00IA03AMBPL80A è possibile osservare graficamente le fasce di incremento/decremento sovrapposte alle due zone residenziali a tessuto continuo e discontinuo.

Attraverso questa sovrapposizione grafica, per ogni zona residenziale sono state stimate le aree complessive ricadenti in ogni fascia di incremento/decremento, riportate nella tabella seguente.

Σ aree urbanizzate comprese nelle fasce di incremento/decremento delle concentrazioni di PM₁₀ (ha)

Tipologia zona	Fasce di incremento/decremento concentrazioni inquinanti dello scenario di progetto rispetto all'opzione zero				
	<-10%	-10 % / -1%	-1% / 1%	1% / 10%	>10%
Zona residenziale a tessuto discontinuo	64,51	753,26	275,11	809,68	17,86
Zona residenziale a tessuto continuo	0,00	132,75	274,35	50,83	0,00

Tabella 7-50 Superfici comprese nelle fasce di incremento/decremento relative alle due tipologie residenziali – PM₁₀

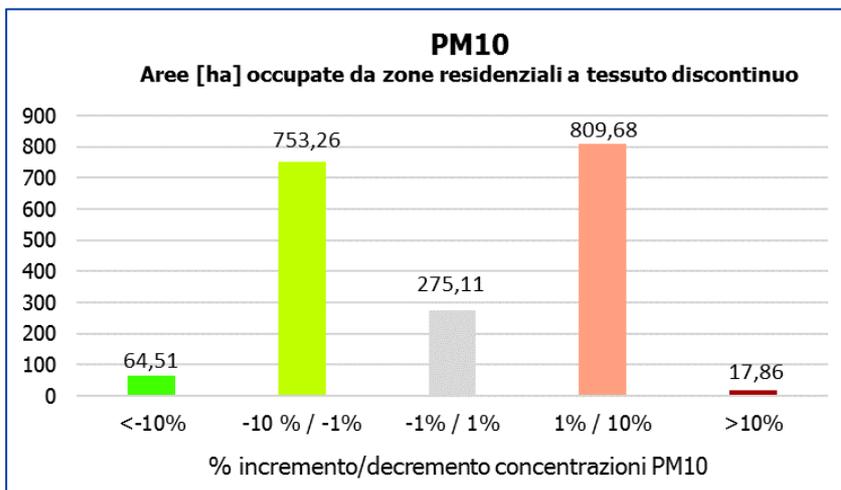


Figura 7-25 Istogramma aree occupate da zone residenziali a tessuto discontinuo in relazione alle fasce di incremento/decremento di PM₁₀

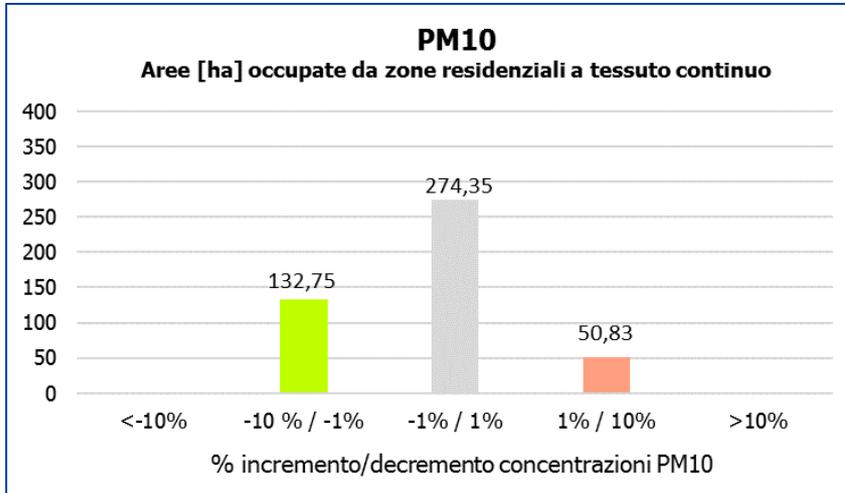


Figura 7-26 Istogramma aree occupate da zone residenziali a tessuto continuo in relazione alle fasce di incremento/decremento di PM₁₀

Come si nota dalla Tabella 7-50 e ancora di più dalla Figura 7-25 e Figura 7-26, tralasciando la fascia centrale in cui le differenze tra lo scenario di progetto e l'opzione zero risultano trascurabili, le aree maggiori sono quelle relative alle fasce di decremento in cui il progetto apporta dei benefici rispetto all'opzione zero in termini di concentrazioni di PM₁₀. I maggiori benefici riscontrati dall'analisi riguardano le zone residenziali a tessuto continuo per le quali si ha un'area compresa nella fascia di decremento -10% / -1% delle concentrazioni di PM₁₀ pari a circa 130 ettari rispetto all'area compresa nella fascia di incremento 1% / 10% pari a 50 ettari.

Come si osserva dall'elaborato T00IA03AMBPL80A e come già esplicitato per gli altri inquinanti analizzati precedentemente, da un punto di vista territoriale, le zone in cui si riscontrano peggioramenti riguardano le aree più vicine alla nuova infrastruttura, nonché aree a sud-est e nord-ovest del progetto stesso, funzione della dispersione degli inquinanti in relazione alla direzione del vento. Queste aree interessano principalmente i centri abitati di Capannori e Porcari, ma nonostante ciò si sottolinea che in termini assoluti i valori di concentrazione stimati risultano essere molto bassi e anche sommati al valore di fondo considerato restano contenuti entro i limiti normativi.

E' possibile concludere come i maggiori benefici che si hanno sulle zone residenziali a tessuto continuo riguardano, come già visto per gran parte degli altri inquinanti, l'abitato della città di Lucca e delle aree urbanizzate limitrofe alla stessa. Ulteriori benefici del progetto sulla qualità dell'aria, in relazione al particolato PM₁₀, sono riscontrati nelle zone residenziali a tessuto discontinuo ed in particolare per le frazioni di Lappato, Marlia, Piaggiori, Segromigno in Piano, Camigliano e Zone appartenenti al Comune di Capannori e sulla frazione di Fratina del Comune di Porcari.

7.4.3.8 L'analisi delle concentrazioni di PM_{2,5} sull'area vasta

Con riferimento all'analisi del particolato (PM_{2,5}), dagli elaborati grafici T00IA03AMBPL77A-78A è possibile osservare separatamente le curve di isoconcentrazione di PM_{2,5} risultanti rispettivamente dall'opzione zero e dallo scenario di progetto, mentre con riferimento all'elaborato T00IA03AMBPL80A è possibile osservare

graficamente le fasce di incremento/decremento sovrapposte alle due zone residenziali a tessuto continuo e discontinuo.

Attraverso questa sovrapposizione grafica, per ogni zona residenziale sono state stimate le aree complessive ricadenti in ogni fascia di incremento/decremento, riportate nella tabella seguente.

Σ aree urbanizzate comprese nelle fasce di incremento/decremento delle concentrazioni di PM_{2.5} (ha)

Tipologia zona	Fasce di incremento/decremento concentrazioni inquinanti dello scenario di progetto rispetto all'opzione zero				
	<-10%	-10 % / -1%	-1% / 1%	1% / 10%	>10%
Zona residenziale a tessuto discontinuo	60,60	765,17	278,56	798,56	17,54
Zona residenziale a tessuto continuo	0,00	154,12	255,52	48,29	0,00

Tabella 7-51 Superfici comprese nelle fasce di incremento/decremento relative alle due tipologie residenziali – PM_{2.5}

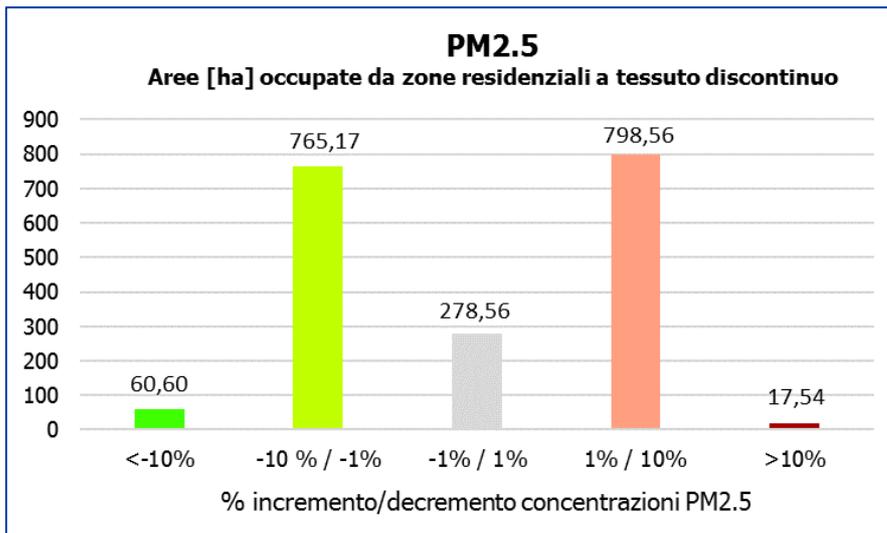


Figura 7-27 Istogramma aree occupate da zone residenziali a tessuto discontinuo in relazione alle fasce di incremento/decremento di PM_{2.5}

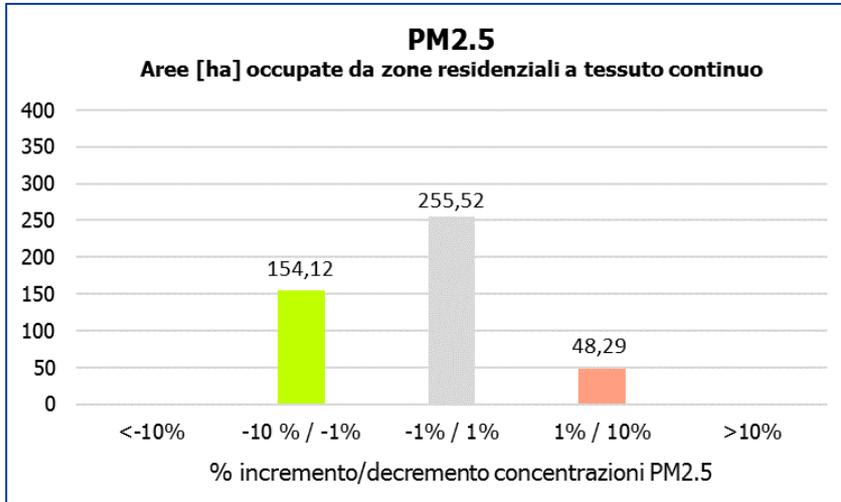


Figura 7-28 Istogramma aree occupate da zone residenziali a tessuto continuo in relazione alle fasce di incremento/decremento di PM_{2.5}

Come si nota dalla Tabella 7-51 e ancora di più dalla Figura 7-27 e Figura 7-28, tralasciando la fascia centrale in cui le differenze tra lo scenario di progetto e l'opzione zero risultano trascurabili, le aree maggiori sono quelle relative alle fasce di decremento in cui il progetto apporta dei benefici rispetto all'opzione zero in termini di concentrazioni di PM_{2.5}. I maggiori benefici riscontrati dall'analisi riguardano le zone residenziali a tessuto continuo per le quali si ha un'area compresa nella fascia di decremento -10% / -1% delle concentrazioni di PM_{2.5} pari a circa 150 ettari rispetto all'area compresa nella fascia di incremento 1% / 10% pari a 50 ettari.

Le stesse considerazioni effettuate per il PM₁₀ possono essere applicate all'inquinante in esame, in quanto dalle analisi condotte si rilevano risultati molto simili.

Come si osserva dall'elaborato T00IA03AMBPL80A da un punto di vista territoriale, le zone in cui si riscontrano peggioramenti riguardano le aree più vicine alla nuova infrastruttura, nonché aree a sud-est e nord-ovest del progetto stesso, funzione della dispersione degli inquinanti in relazione alla direzione del vento. Queste aree interessano principalmente i centri abitati di Capannori e Porcari, ma nonostante ciò si sottolinea che in termini assoluti i valori di concentrazione stimati risultano essere molto bassi e anche sommati al valore di fondo considerato restano contenuti entro i limiti normativi.

I maggiori benefici che si hanno sulle zone residenziali a tessuto continuo riguardano la città di Lucca e le aree urbanizzate limitrofe alla stessa, mentre i benefici stimati sulle zone residenziali a tessuto discontinuo per il PM_{2.5} sono relativi alle frazioni di Lappato, Marlia, Piaggiori, Segromigno in Piano, Camigliano e Zone appartenenti al Comune di Capannori e alla frazione di Fratina del Comune di Porcari.

8 LE INTERFERENZE IN FASE DI CANTIERE

8.1 ASPETTI GENERALI

Al fine di stimare le interferenze tra le attività di cantiere e la componente atmosfera e verificare i limiti normativi per la protezione della salute umana, sono state condotte delle simulazioni modellistiche.

In particolare, come effettuato nel proseguo della trattazione, sono state in primo luogo individuate le sorgenti emissive, rappresentate, nello specifico da sorgenti areali in cui è prevista la movimentazione del materiale polverulento (aree di stoccaggio, aree di lavorazione) e da sorgenti lineari sulle quali agisce è prevista la circolazione del traffico veicolare, nonché la movimentazione del materiale polverulento prodotto dal transito dei mezzi di cantiere su piste non pavimentate.

Si anticipa che le sorgenti considerate nelle simulazioni modellistiche per la stima delle concentrazioni degli inquinanti, sono state individuate in modo da rappresentare la situazione maggiormente critica data dalla sovrapposizione di più attività relative alla movimentazione del materiale.

Al fine di stimare le concentrazioni di polveri (PM10 e PM2.5) prodotte dalla totalità delle sorgenti, areali e lineari, si è utilizzato il software di simulazione Aermid View, mentre, come effettuato per la fase di esercizio, per stimare le concentrazioni di NO_x prodotte dal traffico veicolare è stato utilizzato il software Calroads View, specifico per la dispersione degli inquinanti generati da traffico veicolare.

Nei paragrafi successivi si riportano i dettagli relativi alle simulazioni condotte.

8.2 LA STIMA DELLE POLVERI PRODOTTE DALLE ATTIVITÀ DI CANTIERE

8.2.1 INPUT TERRITORIALI

8.2.1.1 [I dati meteorologici](#)

Per l'input relativo agli aspetti meteorologici si è fatto riferimento ai **dati meteorologici rielaborati da ARPAT-Settore Modellistica previsionale, sulla base di dati WRF forniti dal Consorzio LaMMA**. Tali dati sono gli stessi utilizzati per lo studio modellistico della fase di esercizio nei tre scenari di riferimento.

8.2.1.2 [I dati orografici](#)

Il secondo gruppo di parametri territoriali da definire è legato all'orografia del territorio in cui l'opera si innesta. Il software Aermid View, grazie al processore territoriale AERMAP, permette di configurare essenzialmente tre tipologie di territorio così come mostrato in Figura 8-1.

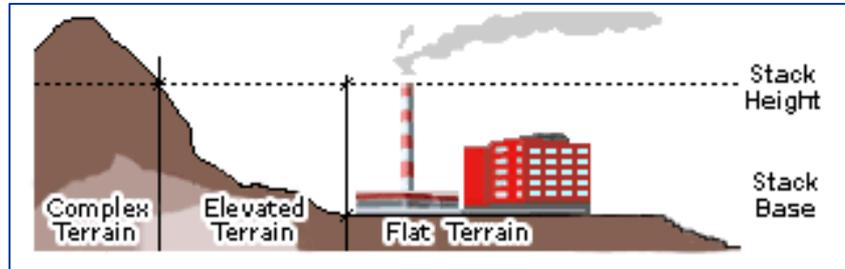


Figura 8-1 Tipologie di configurazioni territoriali

Con riferimento all'area in esame attraversata dall'infrastruttura in progetto, si è adottata una conformazione del territorio di tipo "elevated" al fine di rendere la modellazione il più possibile fedele alla realtà.

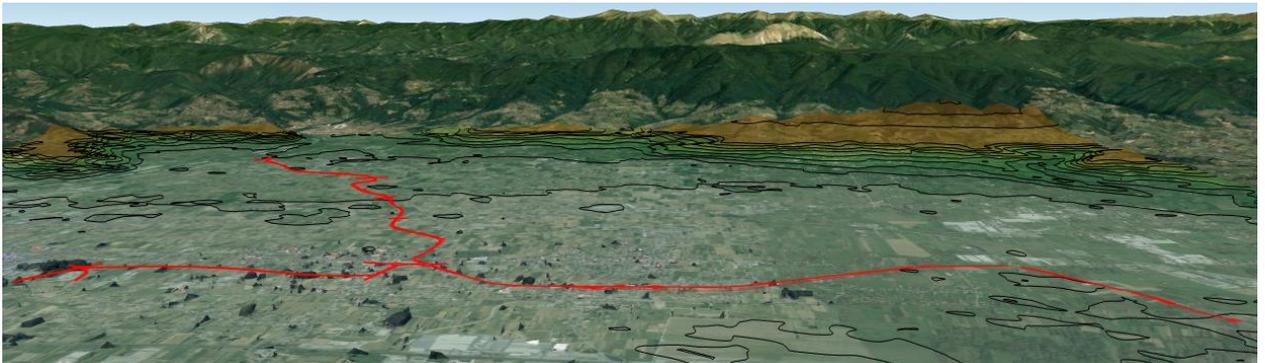


Figura 8-2 Rappresentazione della modellazione del terreno riportata su Google Earth

8.2.2 INPUT PROGETTUALI

8.2.2.1 [La metodologia del worst case scenario](#)

La metodologia che è stata seguita per la definizione degli input di progetto e quindi delle sorgenti emissive presenti durante la fase di cantiere dell'opera in esame è quella del "**Worst Case Scenario**". Tale metodologia, ormai consolidata ed ampiamente utilizzata in molti campi dell'ingegneria civile ed ambientale, consiste, una volta definite le variabili che determinano gli scenari, nel simulare la situazione peggiore possibile tra una gamma di situazioni "probabili". Pertanto, il primo passo sta nel definire le variabili che influenzano lo scenario, che nel caso in esame sono le variabili che influenzano il modello di simulazione. Una volta valutati gli scenari è possibile fare riferimento ad uno o più scenari, ritenuti maggiormente critici, nell'arco di una giornata.

A titolo esemplificativo, al fine di comprendere la logica del processo di simulazione si può fare riferimento allo schema di processo sottostante.

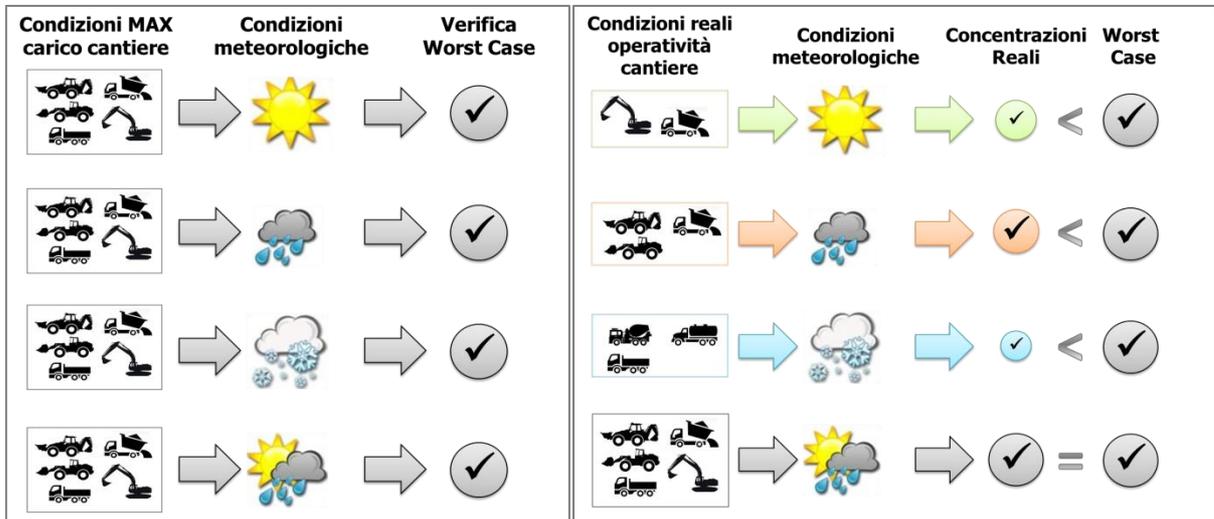


Figura 8-3 Logica delle verifiche con il worst case scenario

Volendo esplicitare la logica della Figura 8-3, dal punto di vista metodologico, occorre simulare lo scenario più critico dal punto di vista atmosferico. E' infatti possibile definire le attività maggiormente critiche all'interno di un singolo cantiere, analizzandone le emissioni, ed assumere che tale attività si svolga per tutta la durata del cantiere. Tale ipotesi risulta molto conservativa, permettendo di avere elevati margini di sicurezza rispetto anche ai possibili scarti temporali e variazioni meteorologiche che negli scenari futuri sono difficilmente valutabili.

Oltre all'aspetto relativo alla singola attività all'interno del cantiere occorre valutare anche la contemporaneità delle diverse attività in relazione al cronoprogramma del cantiere.

In ultimo, al fine di realizzare gli scenari di analisi occorre definire la tipologia di inquinante considerato. Tale aspetto influenza l'arco temporale di riferimento (ovvero l'intervallo di mediazione di riferimento) con il quale effettuare le verifiche normative e, al tempo stesso, l'operatività del cantiere che deve essere considerata all'interno della metodologia *Worst Case* implementata. Come meglio verrà esplicitato in seguito, gli inquinanti da tenere in considerazione sono funzione delle attività effettuate all'interno del cantiere.

Verificando, quindi, il rispetto di tutti i limiti normativi per il *Worst Case Scenario*, è possibile assumere in maniera analoga il rispetto dei limiti normativi per tutti gli scenari differenti dal peggiore, scenari nei quali, il margine di sicurezza sarà ancora maggiore.

8.2.2.2 La definizione delle sorgenti areali emissive

Con riferimento alle attività di cantiere previste per il progetto del Sistema Tangenziale di Lucca in esame, il presente paragrafo è volto all'individuazione degli scenari più critici in termini di movimentazione di terra e vicinanza con i recettori. Infatti, le lavorazioni che maggiormente concorrono all'emissione di polveri in atmosfera sono rappresentate dalle attività di movimentazione della terra. In particolare, nel caso in esame, si fa riferimento alle lavorazioni che interessano la realizzazione del corpo stradale, alle attività di carico e scarico del materiale in prossimità del fronte di avanzamento dei lavori e delle aree di stoccaggio, nonché alla presenza dei cumuli di materiali depositati.

Dalla visione del cronoprogramma è stato, in primo luogo, possibile selezionare quelle attività ritenute più critiche in termini di quantitativi di materiale movimentato, di tempistiche di realizzazione e vicinanza di più lavorazioni contemporanee che potrebbero generare la sovrapposizione degli effetti di dispersione delle concentrazioni di inquinanti.

Pertanto, in considerazione di tali tematiche sono stati individuati quattro scenari di riferimento per le analisi modellistiche della fase di cantiere, distinti tra loro in quanto caratterizzati ognuno da più sorgenti molto vicine tra loro.

Tra le macro-attività elencate nel cronoprogramma emerge come quella maggiormente critica per la componente atmosfera sia la realizzazione del corpo stradale. Considerato che le attività di realizzazione del corpo stradale sono distribuite lungo l'intero nuovo asse stradale previsto, sono stati scelti come tratti critici per la realizzazione del corpo stradale quelli più vicini alle aree di stoccaggio previste, entro le quali si prevedono altre attività che concorrono alla dispersione di inquinanti polverulenti nell'atmosfera.

Infatti, con la finalità di considerare gli scenari rappresentativi delle condizioni peggiori in termini di inquinamento atmosferico e stimare gli effetti di questo sull'uomo, sono stati scelti come scenari di riferimento quelli prossimi ai cantieri operativi CO_01, CO_02, CO_06 e al cantiere base CB_01.

In particolare, i quattro scenari di riferimento in cui si prevedono le attività più critiche in termini di inquinamento atmosferico riguardano:

- A. l'area di stoccaggio interna al cantiere operativo CO_01 insieme ad un'area di lavorazione prossima a questo in cui è prevista la realizzazione del corpo stradale;
- B. l'area di stoccaggio interna al cantiere CO_02 insieme ad un'area di lavorazione su cui verrà realizzato il corpo stradale;
- C. l'area di stoccaggio interna al cantiere CO_06 insieme ad un'area di lavorazione su cui verrà realizzato il corpo stradale;
- D. l'area di stoccaggio interna al cantiere CB_01 insieme ad un'area di lavorazione su cui verrà realizzato il corpo stradale.

In merito alle aree di lavorazione per la realizzazione del corpo stradale, come emerge dal cronoprogramma, per lo scenario A è stato considerato il rilevato R1.02, per lo scenario B il rilevato R1.05, per lo scenario C il rilevato R1.17 e per lo scenario D i due rilevati ad est e ovest rispetto al cantiere base rispettivamente R1.07 e R1.20, per i quali sulla base della produttività della squadra e delle profondità di scavo e di riporto, è stata selezionata un'area rappresentativa di una giornata lavorativa che verrà modellata all'interno del software di simulazione utilizzato. Nello specifico per le lavorazioni inerenti alla realizzazione dei rilevati è possibile far riferimento allo stralcio del cronoprogramma, riportato nella figura sottostante.

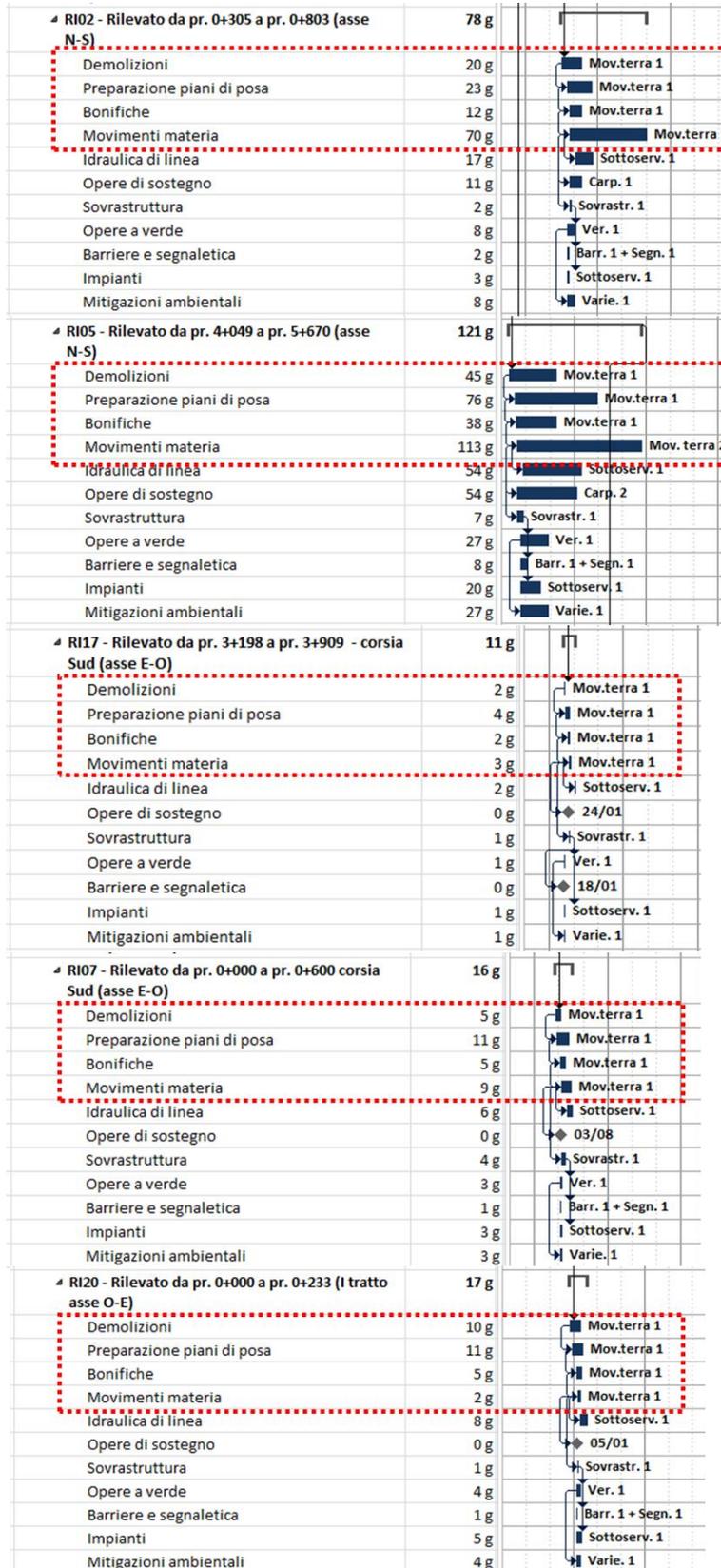


Figura 8-4 Stralcio cronoprogramma con individuazione delle lavorazioni prossime alle aree di stoccaggio

Come è possibile osservare dalla Figura 8-4 le lavorazioni caratterizzate dai movimenti di terra fanno riferimento alle demolizioni, alla preparazione del piano di posa, alla bonifica e ai movimenti di materia, in pratica alla realizzazione dello scotico, della bonifica e della realizzazione del rilevato stradale.

Per la definizione delle superfici emissive da considerare nell'analisi modellistica, essendo queste attività contemporanee tra loro si è proceduto con il calcolo dei metri quadrati interessati dalle diverse lavorazioni per definire la superficie complessiva corrispondente ad una giornata di lavoro in cui si prevedono in contemporanea tali lavorazioni.

Di seguito si riporta la descrizione di dettaglio delle aree di cantiere rappresentative delle sorgenti emissive per ogni scenario di riferimento.

SCENARIO A

Per quanto riguarda lo scenario A come sorgenti emissive areali vengono considerate l'area di stoccaggio interna al cantiere operativo CO_01, di superficie pari a 3.100 m² nonché le aree corrispondenti alle lavorazioni giornaliere per la realizzazione del corpo stradale RI.02.

Tra le lavorazioni principali previste per la realizzazione del rilevato RI.02 emergono lo scotico, di circa 20 cm di spessore, la bonifica di circa 30 cm e la realizzazione del rilevato per la quale si prevede una formazione a strati di circa 30 cm l'uno su cui è prevista, a valle della posa in opera del materiale, la compattazione.

Considerando che per lo scavo è prevista una squadra di produttività pari a 200 m³ al giorno, mentre per la realizzazione del rilevato una squadra di produttività pari a 300 m³ al giorno, dividendo questi valori per lo spessore del singolo strato è stato possibile stimare le differenti superfici su cui saranno effettuate le diverse lavorazioni nell'arco di una giornata lavorativa:

- Area di scotico=1000 m³/g
- Area di bonifica=700 m³/g
- Area di realizzazione rilevato=1000 m³/g

Nella figura seguente si riporta la rappresentazione delle sorgenti relative allo scenario A.

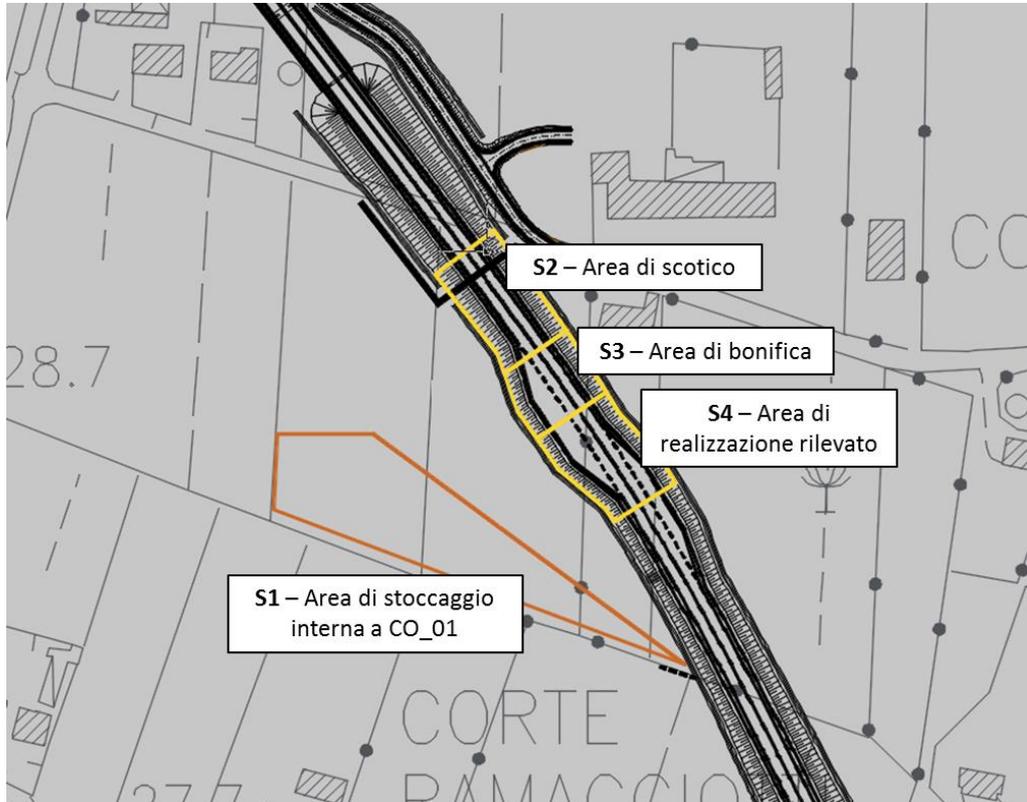


Figura 8-5 Sorgenti areali scenario A

SCENARIO B

Per quanto riguarda lo scenario B come sorgenti emissive areali vengono considerate l'area di stoccaggio interna al cantiere operativo CO_02, di superficie pari a 2.700 m² nonché le aree corrispondenti alle lavorazioni giornaliere per la realizzazione del corpo stradale RI.05.

Considerando che per la realizzazione del rilevato RI.05 sono previste le stesse lavorazioni del rilevato RI.02 sopra descritto, le aree interessate dalla realizzazione di scotico, bonifica e realizzazione del rilevato saranno le medesime:

- Area di scotico=1000 m³/g
- Area di bonifica=700 m³/g
- Area di realizzazione rilevato=1000 m³/g

Nella figura seguente si riporta la rappresentazione delle sorgenti relative allo scenario B.

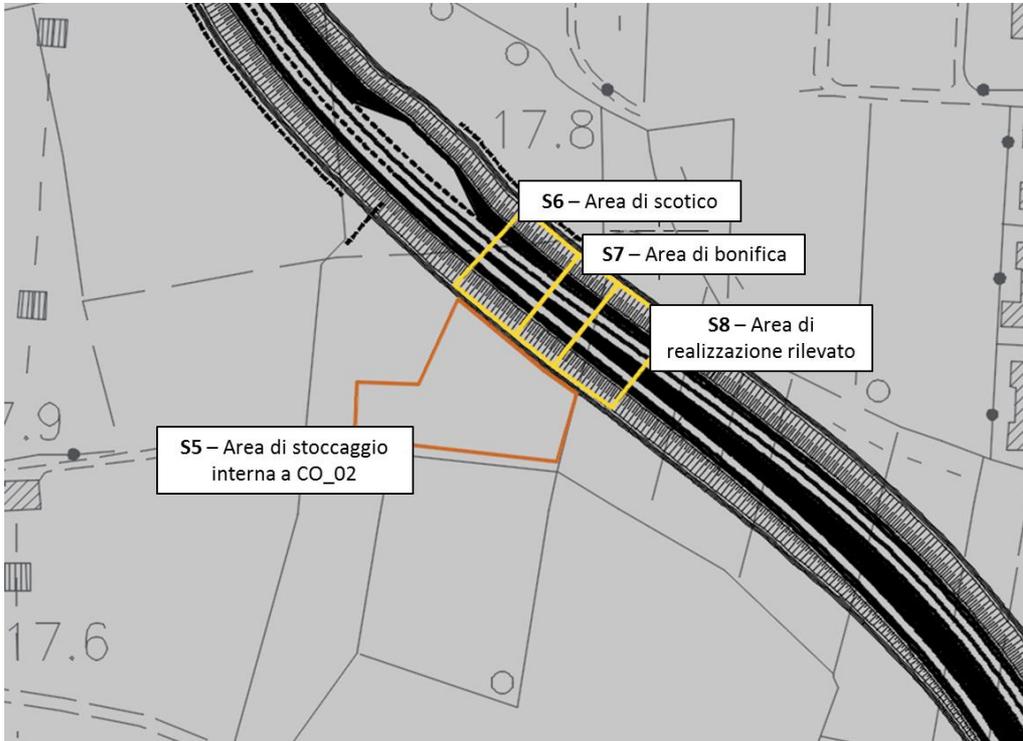


Figura 8-6 Sorgenti areali scenario B

SCENARIO C

Per quanto riguarda lo scenario C come sorgenti emissive areali vengono considerate l'area di stoccaggio interna al cantiere operativo CO_06, di superficie pari a 1.500 m² nonché le aree corrispondenti alle lavorazioni giornaliere per la realizzazione del corpo stradale RI.17.

Le aree interessate dalla realizzazione di scotico, bonifica e realizzazione del rilevato saranno le medesime viste per i rilevati RI.02 e RI.05, pari a:

- Area di scotico=1000 m³/g
- Area di bonifica=700 m³/g
- Area di realizzazione rilevato=1000 m³/g

Nella figura seguente si riporta la rappresentazione delle sorgenti relative allo scenario C.

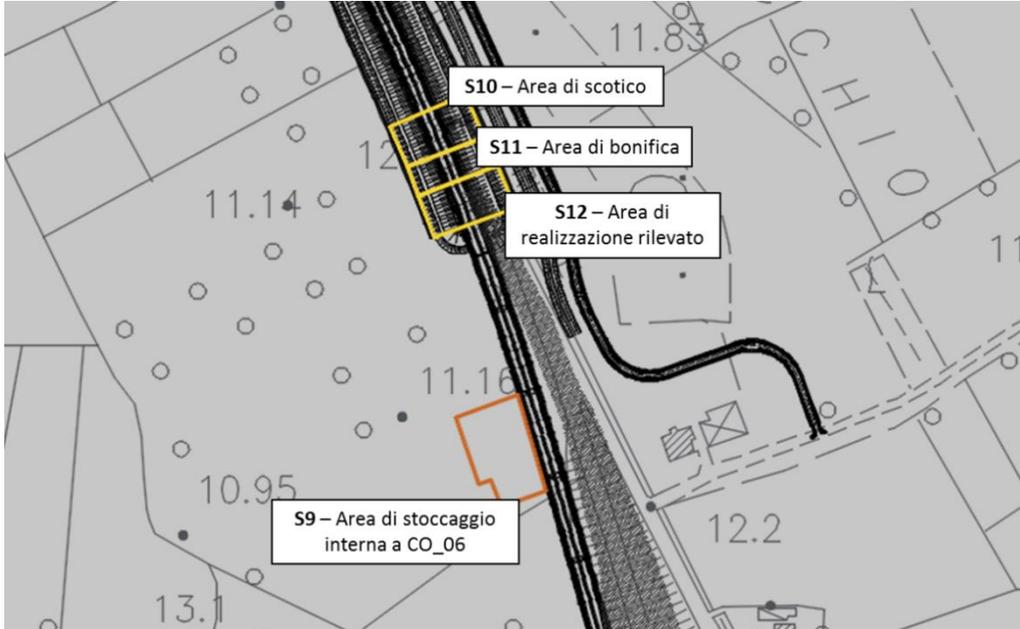


Figura 8-7 Sorgenti areali scenario C

SCENARIO D

In ultimo per quanto riguarda lo scenario D come sorgenti emissive areali vengono considerate l'area di stoccaggio interna al cantiere base CB_01, di superficie pari a 1.000 m² nonché le aree corrispondenti alle lavorazioni giornaliere per la realizzazione dei corpi stradali RI.07 e RI.20 rispettivamente posti ad est e ovest rispetto al cantiere base in prossimità dell'intersezione di Antraccoli.

Considerata la produttività della squadra di scavo e realizzazione del rilevato la stessa definita in precedenza per gli altri scenari, le aree interessate dalla realizzazione dei due rilevati RI.07 e RI.20 in una giornata lavorativa saranno per ognuno:

- Area di scotico=1000 m³/g
- Area di bonifica=700 m³/g
- Area di realizzazione rilevato=1000 m³/g

Nella figura seguente si riporta la rappresentazione delle sorgenti relative allo scenario D.

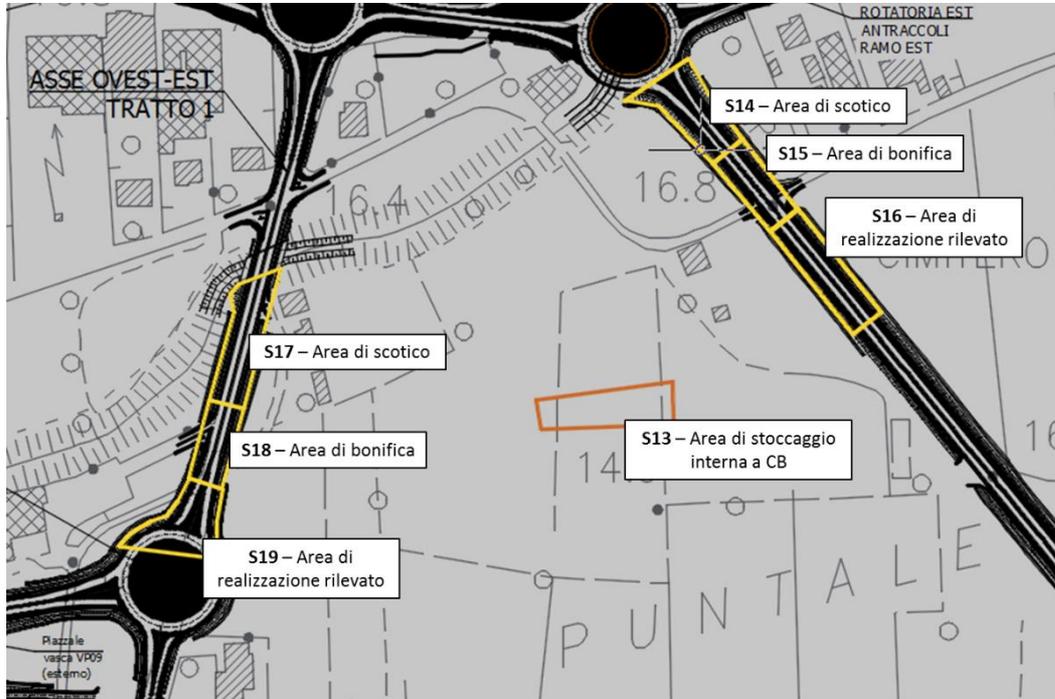


Figura 8-8 Sorgenti areali scenario D

Alla luce di quanto esplicitato, di seguito è riportata una tabella riassuntiva i cui sono descritte le principali caratteristiche di ogni scenario di riferimento in merito alle sorgenti areali emissive a questo correlate.

Scenario	Localizzazione	Codice	Sorgenti areali Area	Area (m ²)	Attività di cantiere
A	Asse nord- sud (circa prog. 0+450)	S1	Area di stoccaggio interna a CO_01	3.100	Scarico del materiale scavato Erosione del vento sui cumuli
		S2	Area di lavorazione R1.02 in cui avviene lo scotico	1.000	Scotico del materiale
		S3	Area di lavorazione R1.02 in cui avviene la bonifica	700	Bonifica del materiale
		S4	Area di lavorazione R1.02 in cui viene realizzato il rilevato	1.000	Realizzazione rilevato stradale
B	Asse nord- sud (circa prog. 4+600)	S5	Area di stoccaggio interna a CO_02	2.700	Scarico del materiale scavato Erosione del vento sui cumuli
		S6	Area di lavorazione R1.05 in cui avviene lo scotico	1.000	Scotico del materiale
		S7	Area di lavorazione R1.05 in	700	Bonifica del materiale

Scen- nario	Localizzazione	Sorgenti areali		Area (m ²)	Attività di cantiere
		Codice	Area		
			cui avviene la bonifica		
		S8	Area di lavorazione RI.05 in cui viene realizzato il rilevato	1.000	Realizzazione rilevato stradale
C	Asse est-ovest (circa prog. 3+900)	S9	Area di stoccaggio interna a CO_06	1.500	Scarico del materiale scavato Erosione del vento sui cumuli
		S10	Area di lavorazione RI.17 in cui avviene lo scotico	1.000	Scotico del materiale
		S11	Area di lavorazione RI.17 in cui avviene la bonifica	700	Bonifica del materiale
		S12	Area di lavorazione RI.17 in cui viene realizzato il rilevato	1.000	Realizzazione rilevato stradale
D	Intersezione Antraccoli	S13	Area di stoccaggio interna a CB_01	1.000	Scarico del materiale scavato Erosione del vento sui cumuli
		S14	Area di lavorazione RI.07 in cui avviene lo scotico	1.000	Scotico del materiale
		S15	Area di lavorazione RI.07 in cui avviene la bonifica	700	Bonifica del materiale
		S16	Area di lavorazione RI.07 in cui viene realizzato il rilevato	1.000	Realizzazione rilevato stradale
		S17	Area di lavorazione RI.20 in cui avviene lo scotico	1.000	Scotico del materiale
		S18	Area di lavorazione RI.20 in cui avviene la bonifica	700	Bonifica del materiale
		S19	Area di lavorazione RI.20 in cui viene realizzato il rilevato	1.000	Realizzazione rilevato stradale

Tabella 8-1 Definizione scenari di riferimento

8.2.2.3 Il traffico di cantiere e la definizione delle sorgenti lineari emissive

Oltre alle sorgenti areali definite al precedente paragrafo, al fine di considerare tutte le sorgenti emissive durante la fase di cantiere, il presente paragrafo è volto alla definizione delle sorgenti lineari identificative della circolazione dei mezzi pesanti previsti da e per le aree di cantiere. La viabilità di cantiere modellata all'interno del software di simulazione è la seguente.

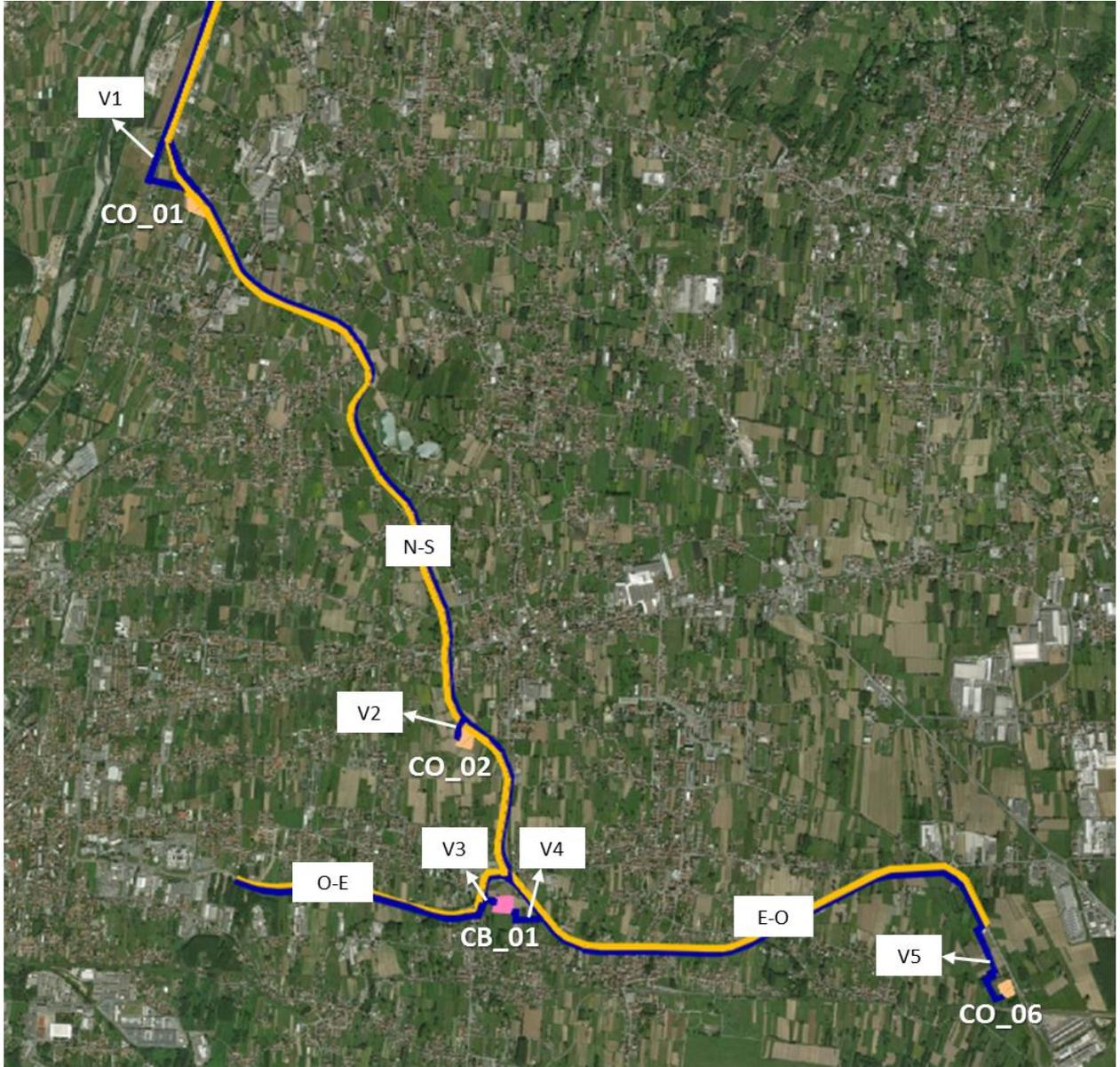


Figura 8-9 Rappresentazione della viabilità di cantiere

In merito ai traffici di cantiere stimati e alle velocità assunte, per ogni tratto della viabilità, rappresentativo delle sorgenti lineari, si riporta nella tabella seguente il TGM (traffico giornaliero medio) e la velocità media di circolazione degli autocarri.

Sorgente lineare	TGM bidirezionale [veicoli/giorno]	Velocità media [km/h]
N-S	100	30
O-E	36	30
E-O	42	60
V1	8	30
V2	4	30

Sorgente lineare	TGM bidirezionale [veicoli/giorno]	Velocità media [km/h]
V3	12	30
V4	12	30
V5	18	30

Tabella 8-2 Traffici e velocità associate a diversi tratti della viabilità di cantiere

Si specifica come, ai fini della simulazione della dispersione delle polveri nell'atmosfera, sia stata considerata la viabilità ritenuta più critica in termini di volumi di traffico previsti, di vicinanza con i recettori e di tipologia di pavimentazione. Infatti, si sottolinea come gli assi nord-sud e ovest-est della nuova infrastruttura verranno utilizzati come piste di cantiere, senza la realizzazione della pavimentazione. Lo stesso si può dire per le viabilità di accesso ai cantieri, ad eccezione del cantiere CO_01 per cui si utilizzerà una viabilità secondaria esistente pavimentata. Considerata la criticità in termini di dispersione di polveri nell'atmosfera derivante dall'innalzamento delle polveri durante il transito degli autocarri su una viabilità non pavimentata, è stata considerata una velocità media inferiore rispetto a quella prevista sulle altre viabilità, pari a 30 km/h. Sull'asse E-O, invece, già esistente, per il quale è previsto l'adeguamento, essendo costituito da viabilità pavimentata è stata considerata una velocità di 60 km/h.

Le altre strade esistenti, che costituiscono l'insieme della viabilità di cantiere utilizzata per gli approvvigionamenti e smaltimenti, per le quali si rimanda alla visione dell'elaborato T00CA00CANCT01A, sono state ritenute non significative per l'analisi modellistica in esame. Infatti, facendo riferimento all'elaborato sopra citato si può notare come le viabilità a nord del progetto, utilizzate dai mezzi di cantiere per il raggiungimento dei siti di approvvigionamento, nonostante i volumi di traffico risultino consistenti, attraversano un territorio privo di zone urbanizzate. Inoltre, lungo il tratto in cui risultano prossimi alcuni recettori la strada è caratterizzata dal susseguirsi di tre gallerie che garantiscono il contenimento della dispersione degli inquinanti a favore dei recettori più vicini. Per quanto riguarda la viabilità di cantiere rappresentata dalla SP29, che prevede il passaggio dei mezzi per l'approvvigionamento del materiale necessario alle lavorazioni degli assi est-ovest ed ovest-est, stante i bassi traffici previsti è stato possibile trascurarla nell'analisi modellistica. Lo stesso si può dire per le due viabilità a nord ovest e a sud est necessarie allo smaltimento del materiale, sulle quali si prevedono dei traffici molto bassi, non significativi rispetto all'inquinamento atmosferico prodotto.

8.2.2.4 La metodologia per il calcolo dei fattori di emissione

Il fattore di emissione rappresenta la parte unitaria delle emissioni che, moltiplicata per l'unità di tempo in cui la sorgente rimane in condizione "attiva", permette il calcolo delle emissioni di inquinanti totali "uscenti" dalla sorgente.

Per la stima di tali valori si è fatto riferimento alle "Linee Guida per la Valutazione delle Emissioni di Polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti", elaborate da ARPAT nel 2010, che propongono metodi di stima delle emissioni di polveri principalmente basati su dati e modelli dell'Agenzia di protezione ambientale degli Stati Uniti (US-EPA: AP-42 "Compilation of Air Pollutant Emission Factors").

All'interno del documento AP-42 sono riportati tutti i fattori di emissione riguardanti le principali sorgenti, dagli impianti industriali, agli impianti estrattivi, sino alle operazioni di costruzioni civili.

Nei paragrafi seguenti verranno stimati i singoli fattori di emissione relativi al PM₁₀ e al PM_{2.5} (principali inquinanti generati dalle attività di cantiere), in relazione alle attività di cantiere più critiche che caratterizzano gli scenari presi come riferimento per l'analisi modellistica, descritti al precedente paragrafo. Tali attività vengono di seguito elencate:

- scotico e sbancamento del materiale superficiale (AP-42 13.2.3);
- formazione e stoccaggio di cumuli (AP-42 13.2.4);
- erosione del vento dai cumuli (AP-42 13.2.5);
- transito dei mezzi su strade non asfaltate (AP-42 13.2.2).

In ultimo verranno calcolati i fattori di emissione relativi ai gas di scarico dei mezzi pesanti circolanti sulla viabilità di cantiere, per i quali si è fatto uso del software di calcolo Copert 5.

8.2.2.5 I fattori di emissione relativi allo scotico e sbancamento del materiale superficiale

Nel presente paragrafo vengono calcolati i fattori di emissione generati dall'attività di scotico e sbancamento del materiale nelle aree di lavorazione. Nel caso in esame ci si riferisce alle attività di scotico e bonifica previste per la realizzazione del corpo stradale a monte della formazione dei rilevati. E' stata, pertanto, applicata la formulazione fornita dall'E.P.A. relativa a tali attività, di seguito riportata.

$$EF = \frac{1.0 * s^{1.5}}{M^{1.4}} [kg]$$

I fattori di scala per il PM₁₀ e PM_{2.5} sono rispettivamente pari a 0,75 lb/h (0,34 kg/h) e 0,105 lb/h (0,05 kg/h).

Considerando *M* pari al 4,8% e *s* pari al 18% (come riportato nelle Linee Guida dell'ARPAT, in mancanza di informazioni specifiche sul *silt* si suggerisce di considerare un valore all'interno dell'intervallo 12-22%) è stato possibile calcolare i fattori di emissione per PM₁₀ e PM_{2.5} che risultano rispettivamente pari a:

Attività di cantiere	Fattore di Emis- sione (PM10)	Fattore di Emis- sione (PM2.5)
Scavo e sbancamento nelle aree di lavorazione (attività di scotico e bonifica)	0,00080 g/s	0,00011 g/s

Tabella 8-3 Fattori di emissione scavo e sbancamento del materiale

8.2.2.6 I fattori di emissione relativi alla formazione e stoccaggio dei cumuli

Nel presente paragrafo vengono calcolati i fattori di emissione generati dall'attività di carico e scarico del materiale movimentato. Nel caso in esame si tratta delle attività di carico sui mezzi pesanti del materiale scavato e dello scarico dai mezzi del materiale per la realizzazione del rilevato nelle aree di lavorazione, nonché della deposizione del materiale nelle aree di stoccaggio. Al fine di calcolare i fattori di emissione per queste attività è stata, pertanto, applicata la formulazione fornita dall'E.P.A. relativa alle attività di carico e scarico, di seguito riportata.

$$EF_c = k(0.0016) \cdot \frac{\left(\frac{U}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}} [kg/t]$$

Il fattore di emissione sopra definito, pertanto, dipende da una costante k che tiene conto della dimensione del particolato che si intende analizzare, della velocità media del vento espressa in metri al secondo, e della % M di umidità del materiale.

Per il valore di k si può fare riferimento ai valori di tabella seguente.

Aerodynamic Particle Size Multiplier (k)				
<30 µm	<15 µm	<10 µm	<5 µm	<2.5 µm
0,74	0,48	0,35	0,20	0,053

Tabella 8-4 Valori coefficiente aerodinamico fonte: EPA AP42

Mentre per il range di validità degli altri parametri è possibile fare riferimento alla tabella seguente.

Ranges Of Source Conditions			
Silt Content (%)	Moisture Content (%)	Wind speed	
		m/s	mph
0,44 – 19	0,25 – 4,8	0,6 – 6,7	1,3 – 15

Tabella 8-5 Range di validità dei coefficienti per il calcolo di EF fonte: EPA AP42

Con riferimento ai valori dei coefficienti, assunti per l'analisi in esame, si è considerato:

- U = velocità media del vento considerando la configurazione più frequente pari in media a 5 m/s (valore desunto dall'analisi meteorologica);
- M = percentuale di umidità considerata pari a 4,8 per i rilevati tradizionali;
- k = pari a 0,35 per considerare l'apporto del PM₁₀ e 0,053 per considerare l'apporto del PM_{2.5}.

Applicando la formulazione ed ipotizzati 200 mc/giorno movimentati dalla squadra per i movimenti di terra legata all'attività di scavo e 300 mc/giorno movimentati dalla squadra per la realizzazione dei rilevati, le emissioni di PM₁₀ e PM_{2.5}, per ogni attività considerata, sono di seguito riportate.

Attività di cantiere	Fattore di Emis- sione (PM10)	Fattore di Emis- sione (PM2.5)
Carico materiale scavato proveniente da scotico e bonifica nelle aree di lavorazione	0,00177 g/s	0,00027 g/s
Scarico del materiale per la realizzazione del rilevato stradale nelle aree di lavorazione	0,00266 g/s	0,00040 g/s
Carico/scarico del materiale nelle aree di stoccaggio	0,00266 g/s	0,00040 g/s

Tabella 8-6 Fattori di emissione carico e scarico del materiale

8.2.2.7 I fattori di emissione relativi all'erosione del vento dai cumuli

Oltre all'attività di carico e scarico del materiale, all'interno delle aree di stoccaggio previste è stata considerata, come attività che genera emissioni di PM₁₀ e PM_{2.5}, anche l'erosione del vento sui cumuli di materiale depositati.

Al fine di poter determinare il fattore di emissione di tale azione è possibile riferirsi alla già citata guida dell'EPA. In questo caso il modello fa dipendere il fattore di emissione da due fattori che concorrono alla possibile emissione di particolato da parte del cumulo:

- il numero di “movimentazioni” ovvero di interferenze intese come deposito e scavo di materiale sul/dal cumulo;
- la velocità del vento a cui è sottoposto il cumulo stesso.

La formula per il calcolo del fattore di emissione è data pertanto da:

$$EF = k \sum_{i=1}^N P_i$$

dove k è la costante che tiene conto della grandezza della particella considerata, N è il numero di giorni l'anno in cui la superficie è sottoposta a “movimentazioni” e P_i è pari all'erosione potenziale corrispondente alla velocità massima del vento al giorno. Il valore di k è, anche in questo caso, tabellato.

Aerodynamic Particle Size Multiplier (k)			
30 μm	<15 μm	<10 μm	<2.5 μm
1,0	0,6	0,5	0,075

Tabella 8-7 Valori coefficiente aerodinamico (Fonte: EPA AP42)

In ultimo, l'erosione potenziale, P_i , parte dal concetto di profilo di velocità del vento, per il quale è possibile utilizzare la seguente equazione:

$$u(z) = \frac{u^*}{0,4} \ln \frac{z}{z_0}$$

in cui u è la velocità del vento e u^* rappresenta la velocità di attrito.

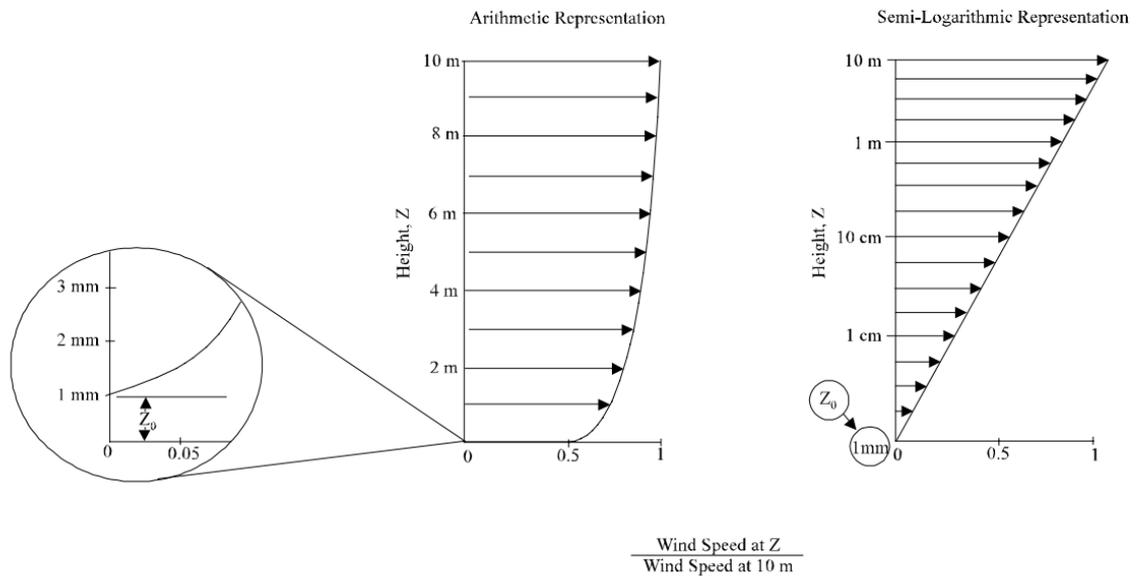


Figura 8-10 Illustrazione del profilo logaritmico della velocità (Fonte: EPA AP42)

L'erosione potenziale pertanto dipende dalla velocità di attrito e dal valore soglia della velocità d'attrito secondo l'equazione:

$$P = 58(u^* - u_t^*)^2 + 25(u^* - u_t^*)$$

Da tale espressione si evince come ci sia erosione potenziale solo qualora la velocità d'attrito superi il valore soglia. Per la determinazione di tale valore il modello individua una procedura sperimentale (cfr. 1952 laboratory procedure published by W. S. Chepil). Tuttavia, in mancanza di tali sperimentazioni è possibile fare riferimento ad alcuni risultati già effettuati e riportati in Tabella 8-8.

Material	Threshold Friction Velocity (m/s)	Roughness Height (cm)	Threshold Wind Velocity At 10 m (m/s)	
			Z0=act	Z0=0,5cm
Overburden	1,02	0,3	21	19
Scoria (roadbed material)	1,33	0,3	27	25
Ground coal (surrounding coal pile)	0,55	0,01	16	10
Uncrusted coal pile	1,12	0,3	23	21
Scraper tracks on coal pile	0,62	0,06	15	12
Fine coal dust on concrete pad	0,54	0,2	11	10

Tabella 8-8 Valore di velocità di attrito limite

La velocità del vento massima tra due movimentazioni può essere determinata dai dati meteorologici utilizzati per le simulazioni. Tali dati, essendo riferiti ad un'altezza dell'anemometro pari a 10 metri, non hanno bisogno di alcuna correzione e pertanto è possibile determinare la relazione.

$$u^* = 0,053u_{10}^+$$

in cui u_{10}^+ è la massima intensità misurata nell'arco della giornata attraverso i dati sopracitati.

E' importante, inoltre, evidenziare come tale formulazione sia valida per cumuli "bassi", ovvero cumuli per cui il rapporto altezza su diametro sia inferiore a 0,2. Nel caso in esame, in relazione all'operatività del cantiere si è ipotizzata la realizzazione di tali tipologie di cumuli. Non si necessita pertanto di ulteriori correzioni ed è quindi possibile determinare i casi in cui il valore di u^* supera il valore di u_t^* . A tale proposito si è scelto di fare riferimento alla classe "roadbed material".

Nel calcolo di u_{10}^+ è stata considerata anche la presenza di eventuali raffiche. Ordinando i valori in senso decrescente in funzione dei diversi giorni dell'anno è possibile determinare il grafico di Figura 8-11.

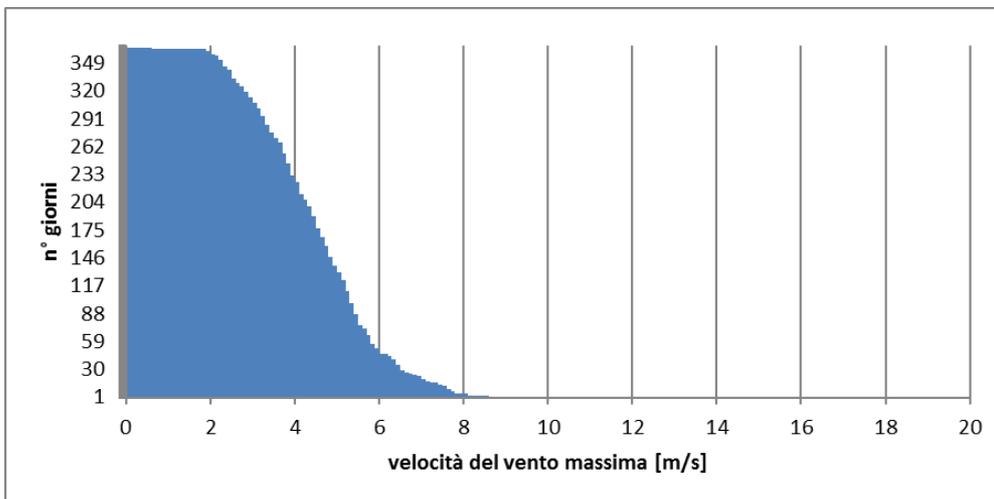


Figura 8-11 Velocità del vento max ordinata in senso crescente

Da tali valori è quindi stato possibile determinare i valori di u^* così come riportato in Figura 8-12.

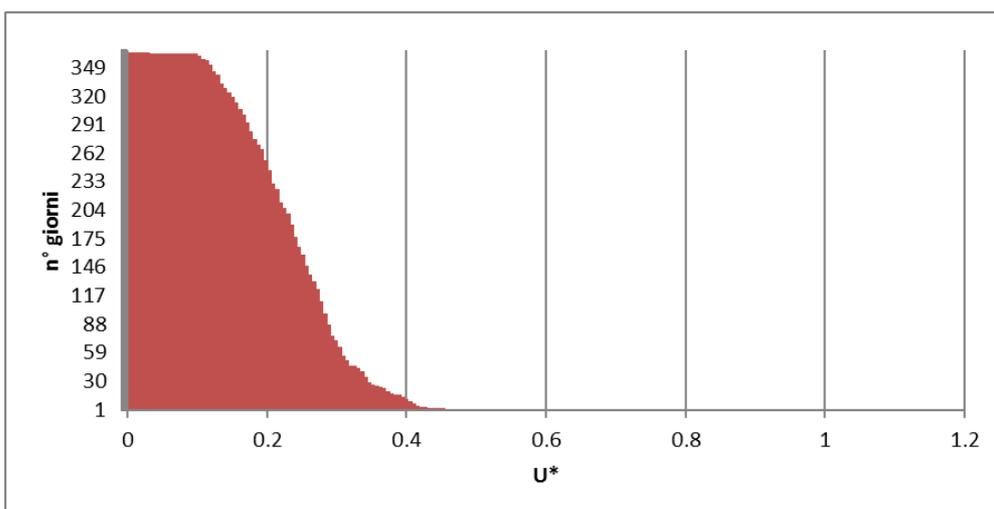


Figura 8-12 - Valori di u^* ordinati in senso crescente

Dall'analisi dei risultati emerge come u^* non assuma mai valori soglia, pertanto, l'effetto dell'erosione del vento sui cumuli di materiale depositato nelle aree di stoccaggio risulta trascurabile.

8.2.2.8 I fattori di emissione relativi al transito dei mezzi su strade non asfaltate

Per il calcolo dell'emissione di particolato dovuto al transito di mezzi su strade non asfaltate si ricorre al modello emissivo proposto nel paragrafo 13.2.2 "Unpaved roads" dell'AP-42. Il rateo emissivo orario risulta proporzionale al volume di traffico e al contenuto di limo (silt) del suolo, inteso come particolato di diametro inferiore a 75 µm. Il fattore di emissione lineare dell'iesimo tipo di particolato per ciascun mezzo EF (kg km) i per il transito su strade non asfaltate all'interno dell'area industriale è calcolato secondo la formula:

$$EF_i = k_i \times \left(\frac{s}{12}\right)^{a_i} \times \left(\frac{W}{3}\right)^{b_i} [kg/km]$$

dove i è il tipo di particolato, s il contenuto di limo del suolo in percentuale in massa (%), W il peso medio del veicolo (Mg) e k_i, a_i e b_i sono coefficienti che variano a seconda del tipo di particolato, i cui valori sono riportati nella seguente figura.

	<i>k_i</i>	<i>a_i</i>	<i>b_i</i>
PTS	1.38	0.7	0.45
PM ₁₀	0.423	0.9	0.45
PM _{2.5}	0.0423	0.9	0.45

Figura 8-13 Definizione coefficienti

Si specifica che la formulazione sopra riportata è valida per un intervallo di valori di limo (silt) compreso tra l'1.8% ed il 25.2%. Poiché la stima di questo parametro non è semplice e richiede procedure tecniche e analitiche precise, in mancanza di informazioni specifiche si suggerisce di considerare un valore all'interno dell'intervallo 12-22%. Nel caso in esame è stato considerato pari al 18%, come utilizzato precedentemente per i fattori di emissione relativi allo scotico e scavo di sbancamento del materiale superficiale.

Considerato, quindi, il peso medio dell'autocarro, i chilometri percorsi ed il numero medio di viaggi nell'unità di tempo è stato possibile calcolare i fattori di emissione di PM₁₀ e PM_{2.5} riferiti ad ogni sorgente lineare considerata nell'analisi.

Sorgente lineare	Fattore di emissione PM10 [g/s]	Fattore di emissione PM2.5 [g/s]
N-S	0,18399	0,01840
O-E	0,03689	0,00369
V2	0,00138	0,00014
V3	0,00092	0,00009
V4	0,00231	0,00023
V5	0,01162	0,00116

Tabella 8-9 Stima dei fattori di emissione di PM₁₀ e PM_{2.5} dovuti al transito dei veicoli su piste non pavimentate

8.2.2.9 I fattori di emissione relativi alla circolazione dei mezzi pesanti

In considerazione delle emissioni prodotte dallo scarico dei mezzi pesanti utilizzati in fase di cantiere per soddisfare l'approvvigionamento e lo smaltimento del materiale dalle aree di lavoro ai siti e viceversa, il presente paragrafo riporta i fattori di emissione calcolati su ogni tratta della viabilità di cantiere presa in considerazione per le analisi modellistiche.

Attraverso l'applicazione del software COPERT 5 è stato possibile stimare l'emissione prodotta da un autocarro tra le 20 e le 26 tonnellate, ipotizzato Euro V e considerata una velocità media pari a 30 km/h e 60 km/h solo per l'asse E-O. Da tale valore, calcolato per gli inquinanti di interesse (PM10 e PM2.5), conoscendo il TGM e la lunghezza dei diversi tratti di riferimento, è stato stimato il fattore di emissione espresso in grammi al secondo per ogni tratto della viabilità, come di seguito riportato.

Sorgente lineare	Fattore di emissione	
	PM10 [g/s]	PM2.5 [g/s]
N-S	0,00069	0,00042
O-E	0,00008	0,00005
E-O	0,00016	0,00010
V1	0,000005	0,000003
V2	0,000001	0,0000004
V3	0,000001	0,0000008
V4	0,000003	0,0000019
V5	0,000012	0,0000071

Tabella 8-10 Stima dei fattori di emissione di PM₁₀ e PM_{2.5} dovuti al transito dei veicoli

8.2.3 MODELLAZIONE DELLE SORGENTI IN AERMOD VIEW

Una volta definiti i fattori di emissione è stato possibile implementare all'interno del modello gli scenari di riferimento per l'analisi attraverso la definizione delle sorgenti associate ad ognuno di questi. Al fine di considerare la situazione più critica si è proceduto con un'unica simulazione al fine di stimare le concentrazioni degli inquinanti considerando la sovrapposizione degli effetti di più sorgenti.

In linea generale i dati richiesti dal software per la schematizzazione delle sorgenti areali sono quelli mostrati in Figura 8-14.

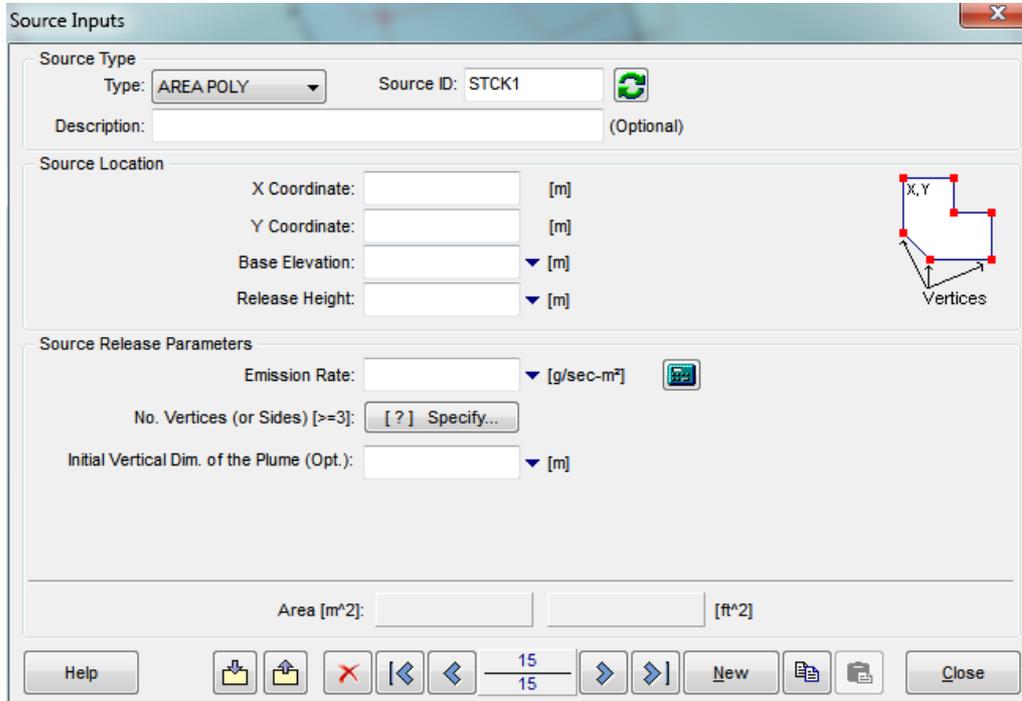


Figura 8-14 Tipologico input per sorgenti areali software Aermol View

Nello specifico gli input inseriti sono:

- coordinate X,Y rispetto al baricentro della sorgente,
- altezza del terreno su cui è situata la sorgente,
- altezza della sorgente,
- fattore di emissione espresso in g/s m².

L'altra tipologia di sorgente simulata all'interno del modello Aermol View riguarda i traffici di cantiere. Dal punto di vista modellistico la strada può essere schematizzata come una sorgente lineare areale i cui dati richiesti per la modellizzazione sono quelli mostrati in Figura 8-15.

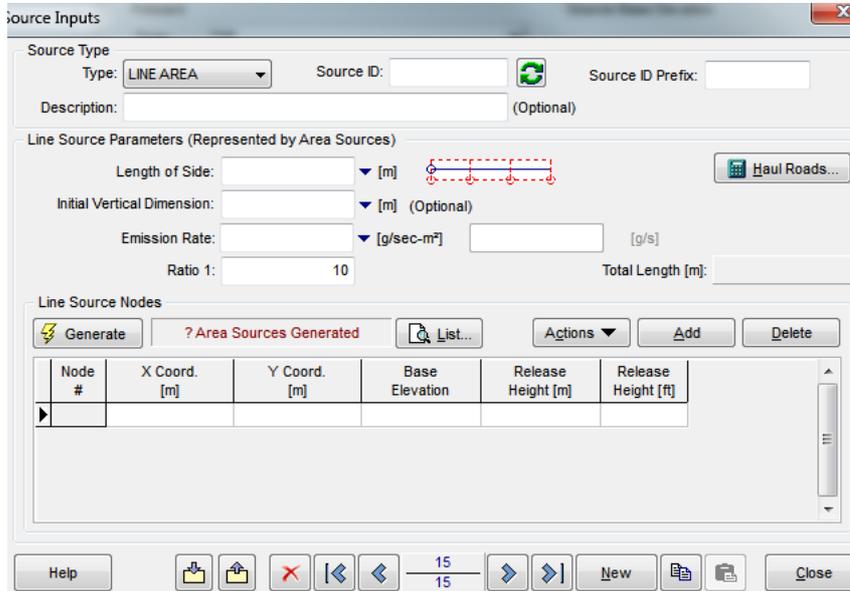


Figura 8-15 Dati di input per le sorgenti lineari-areali

Nello specifico ciò che occorre definire è:

- Larghezza del lato della sorgente lineare, espresso in metri;
- Dimensione verticale iniziale: meglio nota come Sigma Z, utilizzata al fine di identificare la quota iniziale verticale del “pennacchio” della sorgente verticale, espresso in metri;
- Tasso di emissione espresso in g/s m²;
- Lunghezza totale percorsa.

Definiti tali parametri è possibile generare, in maniera automatica delle sorgenti areali, che il software definisce in funzione dei numeri di nodi assegnati alla sorgente lineare.

I nodi assegnati richiedono i seguenti dati di input:

- Coordinate X-Y;
- Altezza della base della sorgente;
- Altezza del punto di rilascio degli inquinanti.

Tali valori, una volta definiti i nodi spazialmente, è possibile definirli attraverso il processore di calcolo “Haul Road Area Source Calculator”, il quale, impostando l’altezza media dei veicoli e la larghezza della strada consente di valutare la sigma z, ovvero l’altezza del “pennacchio”, così come larghezza del “pennacchio” prodotto dalla sorgente.

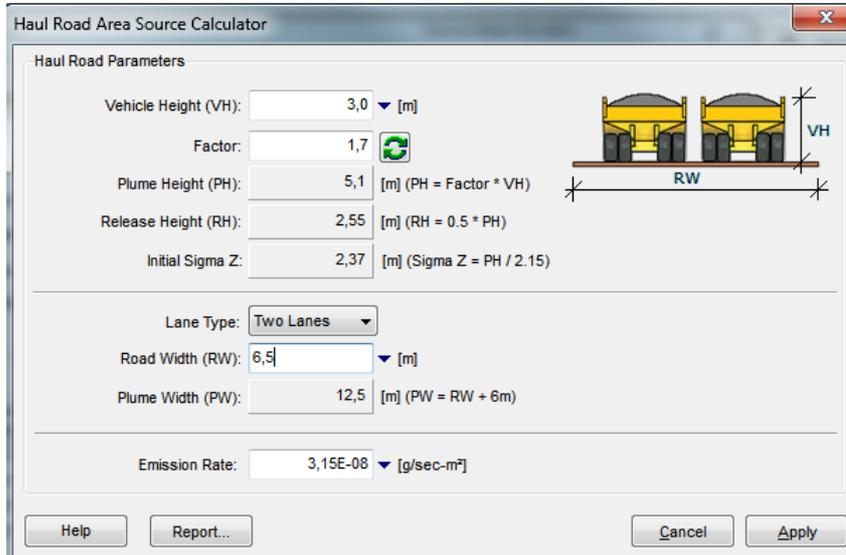


Figura 8-16 Haul Road Area Source Calculator contenuto all'interno del software AermodView

Tutti gli input sono stati, quindi, implementati all'interno del modello di simulazione al fine di ottenere i valori di concentrazione degli inquinanti durante le configurazioni più critiche della fase di cantiere.

Per un maggior dettaglio di seguito si riporta per ogni sorgente areale di ciascuno scenario i fattori di emissione considerati per PM₁₀ e PM_{2.5}, in funzione delle attività previste su ogni area di cantiere, con riferimento a quanto stimato ai paragrafi precedenti.

Scenario	Sorgenti	Fattore emissione PM10	Fattore emissione PM2.5
Scenario A	S1	0,00177	0,00027
	S2	0,00257	0,00038
	S3	0,00257	0,00038
	S4	0,00266	0,00040
Scenario B	S5	0,00177	0,00027
	S6	0,00257	0,00038
	S7	0,00257	0,00038
	S8	0,00266	0,00040
Scenario C	S9	0,00177	0,00027
	S10	0,00257	0,00038
	S11	0,00257	0,00038
	S12	0,00266	0,00040
Scenario D	S13	0,00177	0,00027
	S14	0,00257	0,00038
	S15	0,00257	0,00038
	S16	0,00266	0,00040
	S17	0,00257	0,00038

Scenario	Sorgenti	Fattore emissione PM10	Fattore emissione PM2.5
	S18	0,00257	0,00038
	S19	0,00266	0,00040

Tabella 8-11 Fattori di emissione delle sorgenti areali relative ad ogni scenario di riferimento

Nello specifico per la sorgente di ogni scenario rappresentativa dell'area di stoccaggio, è stato considerato il fattore di emissione relativo all'attività di carico e scarico del materiale, per le sorgenti caratterizzate dalle aree di scotico e bonifica come fattore di emissione, invece, si è considerata la somma dei fattori di emissioni stimati per le attività di scavo e di carico e scarico del materiale ed infine per la sorgente relativa all'area in cui verrà realizzato il rilevato è stato considerato il fattore di emissione calcolato per il carico e scarico del materiale.

In merito ai traffici di cantiere per ogni sorgente lineare, di seguito si riporta il fattore di emissione degli inquinanti PM₁₀ e PM_{2.5}. Si specifica come il fattore di emissione di PM₁₀ e PM_{2.5}, nei tratti in cui non è prevista la pavimentazione, sarà dato dalla somma dei fattori di emissioni calcolati ai paragrafi 8.1.2.8 e 8.1.2.9.

Sorgente lineare	Fattore di emissione PM10 [g/s]	Fattore di emissione PM2.5 [g/s]
N-S	0,18468	0,01882
O-E	0,03697	0,00374
E-O	0,00016	0,00010
V1	0,000005	0,000003
V2	0,001381	0,0001404
V3	0,000921	0,0000908
V4	0,002313	0,0002319
V5	0,011632	0,0011671

Tabella 8-12 Fattori di emissione delle sorgenti lineari relative ad ogni scenario di riferimento

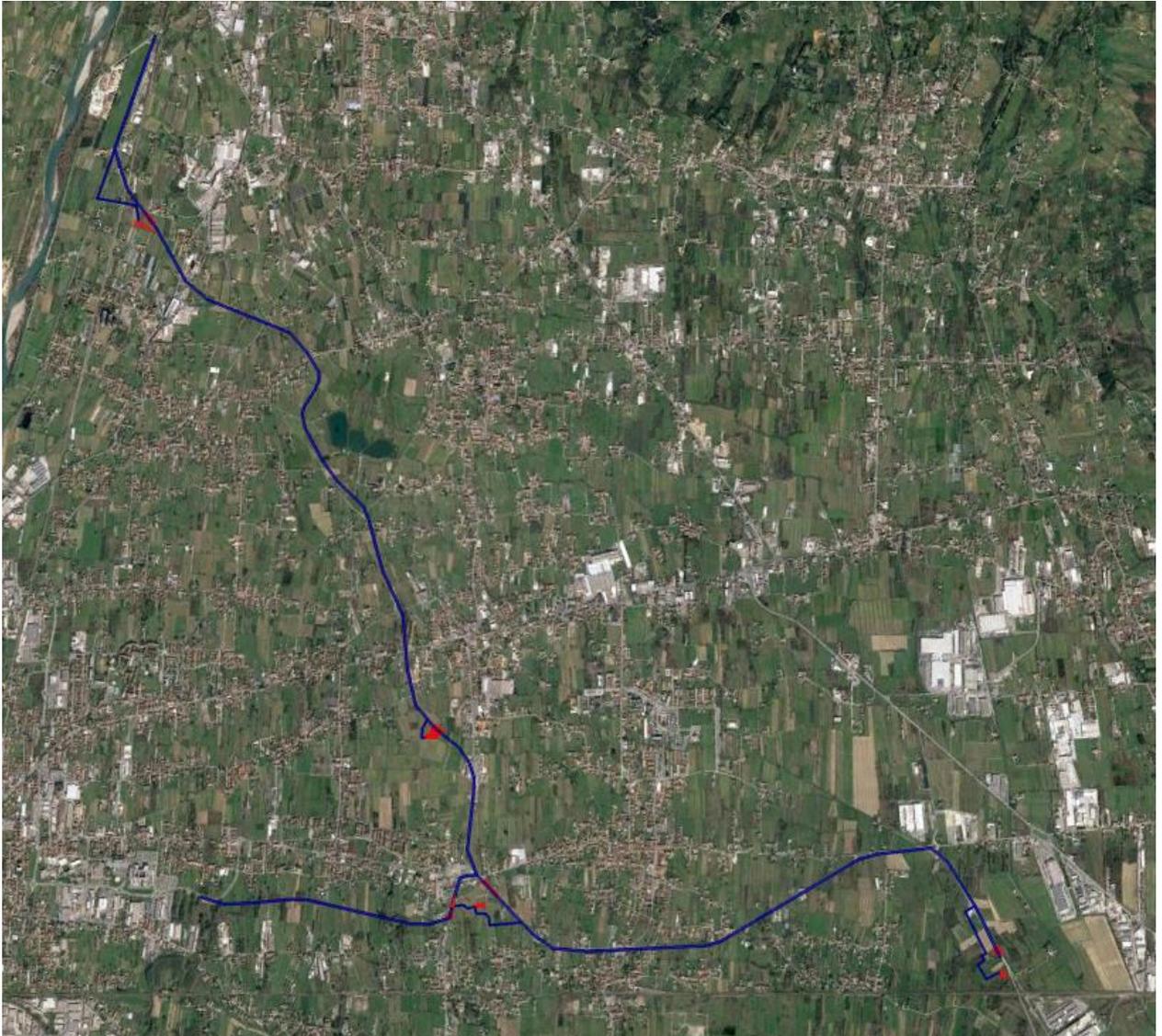


Figura 8-17 Rappresentazioni sorgenti areali (in rosso) e lineari (in blu)

8.2.4 DEFINIZIONE DEI PUNTI DI CALCOLO

Ultimo step dell'analisi prima dell'applicazione del modello di simulazione è la definizione di una maglia di punti di calcolo al fine di poter pervenire alla definizione di curve di isoconcentrazione.

A tale scopo occorre soddisfare la duplice necessità di avere una maglia di calcolo spazialmente idonea a poter descrivere una porzione di territorio sufficientemente ampia e dall'altro di fissarne un passo adeguato al fine di non incrementare inutilmente l'onerosità dei calcoli.

Seguendo tali principi sono state definite due tipologie di maglie, una regolare ed una "buffer" caratterizzata da punti posti a distanze fissate dalla sorgente.

Per la prima tipologia di maglia, regolare, le caratteristiche sono riportate nella seguente tabella.

Coordinate del centro della maglia	620997,81
Asse X	
Coordinate del centro della maglia	4852705,64
Asse Y	
Passo lungo l'asse X	500
Passo lungo l'asse Y	500
N° di punti lungo l'asse X	20
N° di punti lungo l'asse Y	20
N° di punti di calcolo totali	400

Tabella 8-13 Coordinate maglia dei punti di calcolo

Relativamente alla maglia "buffer" sono stati individuati una serie di punti ad una distanza di 100 metri e di 150 metri dalla sorgente lineare distanti tra loro di 50 metri.

Al fine di poter effettuare, inoltre, la sovrapposizione degli effetti tra i valori di fondo di qualità dell'aria ed il contributo del cantiere, si è fatto riferimento ad alcuni punti recettori rappresentativi degli edifici più vicini alle aree di lavorazione simulate. Per ogni scenario sono stati individuati i seguenti recettori.

SCENARIO A		
Punto	Coordinate X	Coordinate Y
C1	623404	4859813
C2	623272	4859901
C3	623300	4859654
C4	623200	4859675
SCENARIO B		
Punto	Coordinate X	Coordinate Y
C5	625300	4856368
C6	624935	4856287
SCENARIO C		
Punto	Coordinate X	Coordinate Y
C7	628703	4854658
SCENARIO D		
Punto	Coordinate X	Coordinate Y
C8	625451	4855381
C9	625189	4855357
C10	625210	4855289
C11	625182	4855117

Tabella 8-14 Punti recettori per ogni scenario di riferimento

La rappresentazione di tali punti è riportata nella figura sottostante.

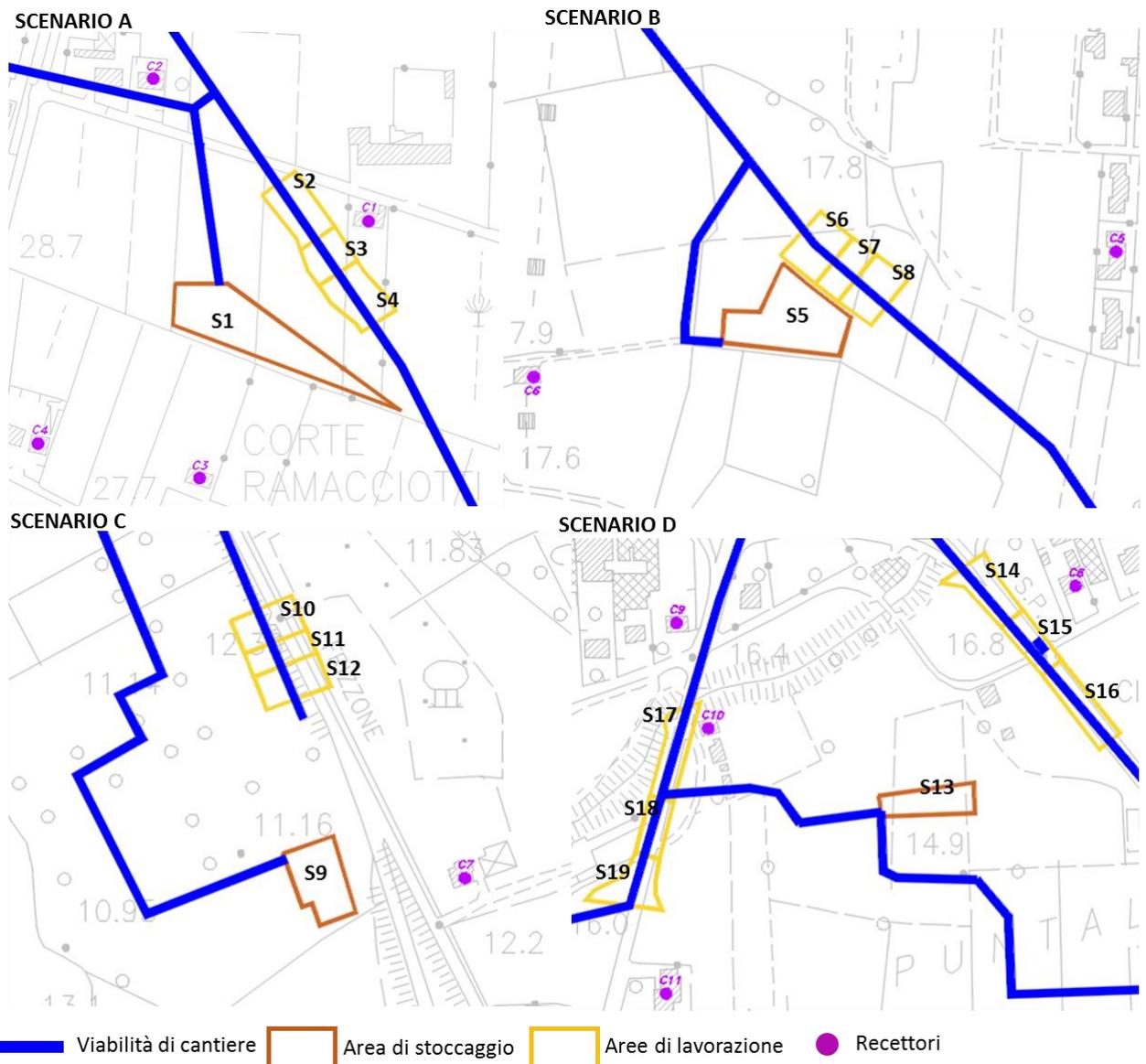


Figura 8-18 Localizzazione dei punti recettori per scenario di riferimento

Al fine di valutare il contributo delle concentrazioni di polveri generate dal traffico di cantiere circolante sulle piste di cantiere, tali punti sono stati integrati con altri più distanti dalle sorgenti areali, ma prossimi alla viabilità considerata. Di seguito se ne riportano le caratteristiche e la loro rappresentazione.

Punto	Coordinate X	Coordinate Y
C12	623551	4859417
C13	623914	4859169
C14	624233	4858977
C15	624432	4858847
C16	624370	4858412
C17	624798	4857646
C18	625257	4855633

Tabella 8-15 Punti recettori prossimi alla viabilità di cantiere

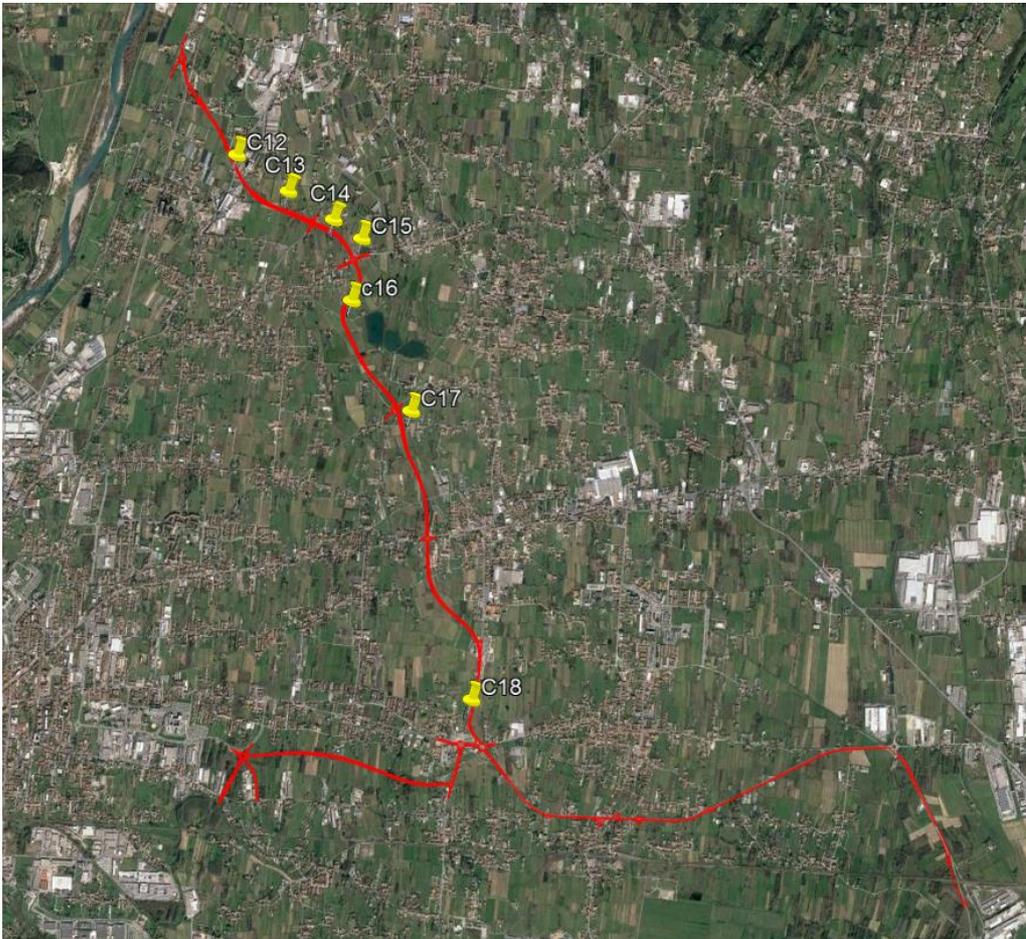


Figura 8-19 Localizzazione punti recettori integrativi prossimi alla viabilità di cantiere

8.2.5 I DATI DI OUTPUT

I risultati delle simulazioni condotte hanno portato alla stima delle concentrazioni delle polveri in termini di PM₁₀ e PM_{2.5}. In particolare, sono stati analizzati i valori delle concentrazioni massime medie giornaliere, nonché i valori delle medie annue per entrambi gli inquinanti di riferimento.

PM₁₀

In merito ai risultati delle concentrazioni di PM₁₀, per la rappresentazione grafica delle curve di isoconcentrazione rappresentative dei valori massimi delle medie giornaliere generate dalla totalità delle sorgenti è possibile far riferimento agli elaborati T00IA03AMBPL45A-48A.

Nel complesso si nota come i valori massimi delle concentrazioni giornaliere raggiungano un valore molto alto in prossimità delle sorgenti simulate; il massimo valore stimato arriva a circa 50 µg/m³ in corrispondenza delle sorgenti prossime al cantiere fisso CO_01. Con la finalità di determinare l'andamento dell'inquinante in termini diffusionali sul territorio, a titolo di esempio è stata presa una sezione di riferimento A-A passante per il cantiere CO_02. La figura seguente, pertanto, riporta l'andamento dei massimi giornalieri

di PM₁₀, nonché l'andamento delle concentrazioni su planimetria ed una schematizzazione della tipologia di suolo attraversato dalla sezione di riferimento, per dare contezza del territorio interessato dalle concentrazioni.

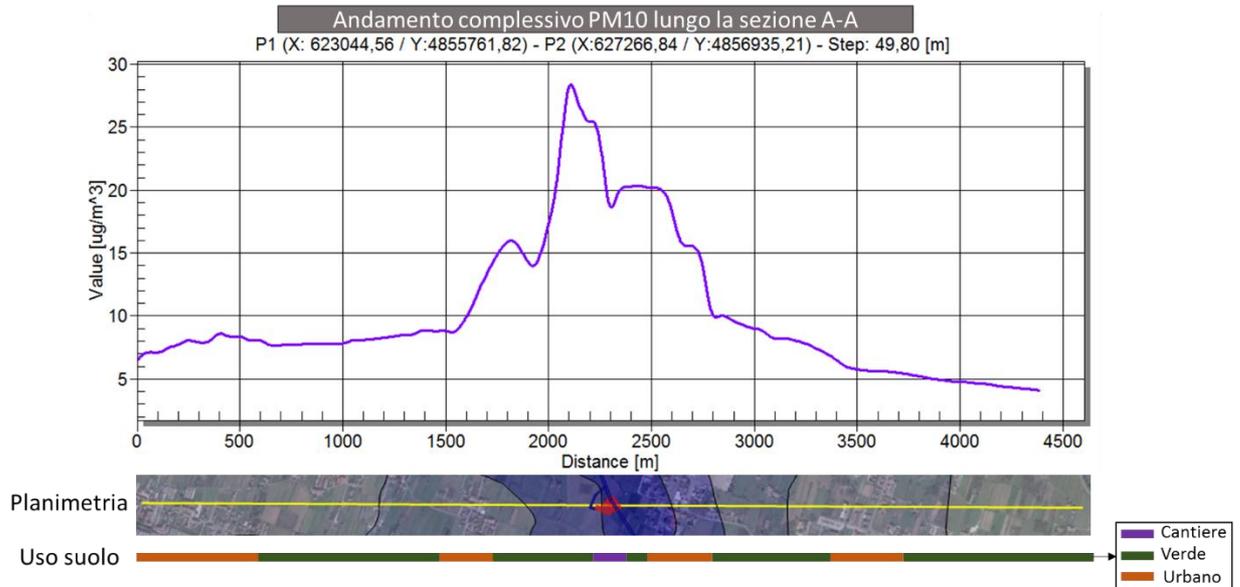


Figura 8-20 Rappresentazione dell'andamento delle concentrazioni massime giornaliere di PM₁₀ generate da tutte le sorgenti

Al fine di analizzare separatamente il contributo alla produzione di PM₁₀ dato dalle diverse sorgenti simulate, di seguito si riportano i risultati delle simulazioni, distinguendo le sorgenti areali da quelle lineari. Come detto sopra sono state valutate sia le concentrazioni massime medie giornaliere che le medie annue.

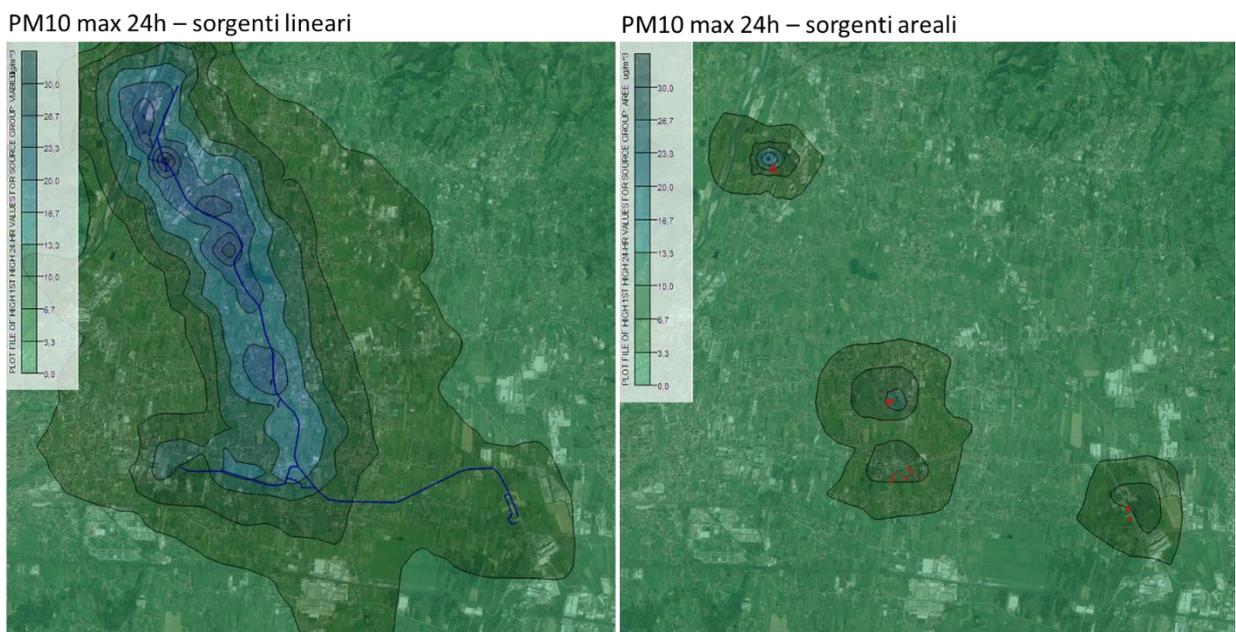
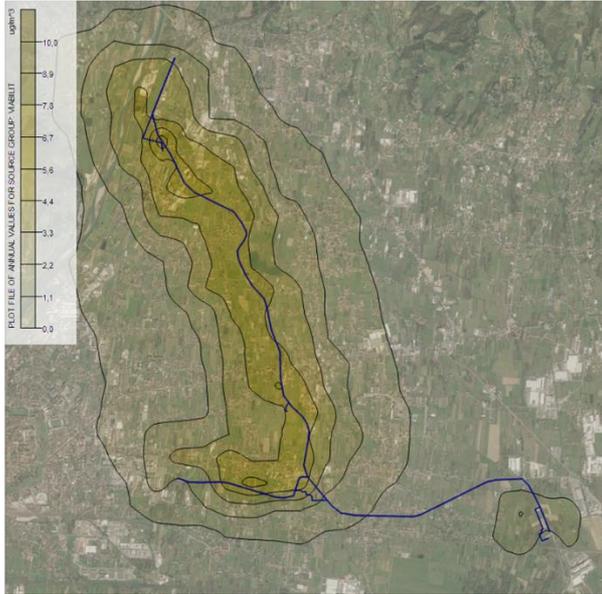


Figura 8-21 Concentrazioni massime medie giornaliere di PM₁₀ generate dalle sorgenti areali e lineari di cantiere

PM10 media annua – sorgenti lineari



PM10 media annua – sorgenti areali

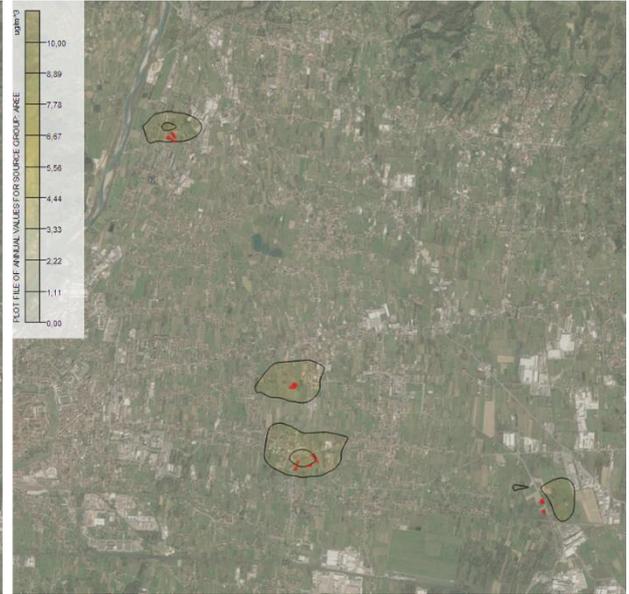


Figura 8-22 Concentrazioni medie annue di PM₁₀ generate dalle sorgenti areali e lineari di cantiere

Dalle figure sopra riportate risulta evidente come, in termini di diffusione delle concentrazioni, le sorgenti lineari determinino una maggiore diffusione rispetto alle sorgenti areali che invece sono caratterizzate da valori elevati in prossimità delle stesse per poi ridursi più rapidamente all'aumentare della distanza. Rispetto alla sorgente lineare è possibile osservare come le concentrazioni siano concentrate maggiormente intorno agli assi nord-sud ed ovest-est, in quanto quelli in cui è assente la pavimentazione e quindi il contributo del sollevamento delle polveri da parte dei mezzi di cantiere incide notevolmente.

A titolo di esempio, nella figura sottostante, come già effettuato precedentemente considerando la totalità delle sorgenti, sono riportati i due differenti profili rappresentativi dell'andamento delle concentrazioni massime giornaliere generate dalle sorgenti areali e lineari lungo la stessa sezione A-A individuata sopra.

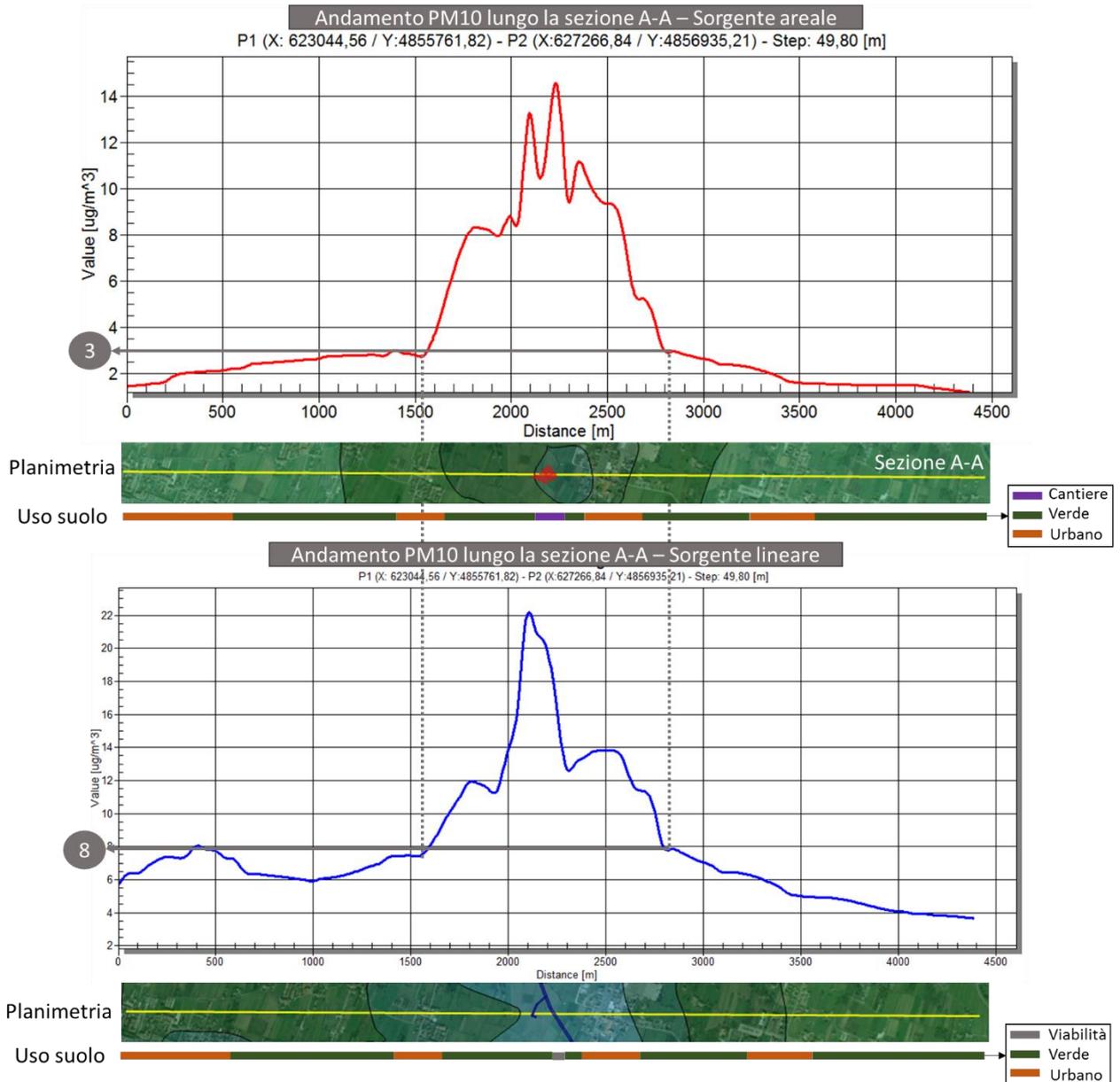


Figura 8-23 Rappresentazione dell'andamento delle concentrazioni di PM_{10} generate dalle sorgenti areali e lineari

In termini di valori massimi emerge, invece, come le sorgenti lineari producano un valore massimo dei massimi medi giornalieri pari a circa $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre le sorgenti areali un valore massimo di circa $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ stimato in prossimità del cantiere CO_01. Lo stesso si verifica per le medie annue, per le quali il valore massimo prodotto dalle sorgenti lineari risulta pari a circa $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre quello delle sorgenti areali circa $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pertanto, il contributo dato dalle due sorgenti può ritenersi simile, in termini di PM_{10} , rispetto ai valori massimi registrati in prossimità delle sorgenti, ma diverso dal punto di vista diffusionale delle concentrazioni sul territorio.

Considerata la significatività dei risultati, al fine di condurre le verifiche con i limiti normativi per il PM_{10} in

termini di media annua e di massimi medi giornalieri, sono stati analizzati i valori di concentrazione calcolati sui recettori puntuali più vicini alle sorgenti simulate. Ai valori risultanti dal modello, relativi esclusivamente alle attività di cantiere, è stato sommato il contributo della rete stradale attuale ed il valore di fondo caratteristico del territorio in esame, con la finalità di stimare le concentrazioni totali di PM₁₀ in prossimità dei recettori in esame.

Recettori	Massima media giorno di PM ₁₀ fase di cantiere [µg/m ³]	Media annua di PM ₁₀ fase di esercizio [µg/m ³]	Media annua di PM ₁₀ registrata dalla centralina [µg/m ³]	Concentrazione massima media giorno di PM ₁₀ totale [µg/m ³]	Percentuale sul limite (50 µg/m ³)
C1	26,124	0,102	30,95	57,175	114%
C2	50,060	0,056	30,95	81,065	162%
C3	20,950	0,045	30,95	51,945	104%
C4	16,039	0,050	30,95	47,039	94%
C5	21,059	0,053	30,95	52,062	104%
C6	15,232	0,041	30,95	46,223	92%
C7	14,402	0,018	30,95	45,370	91%
C8	20,095	0,188	30,95	51,233	102%
C9	26,300	0,116	30,95	57,365	115%
C10	25,462	0,085	30,95	56,497	113%
C11	17,242	0,069	30,95	48,262	97%
C12	29,610	0,095	30,95	60,654	121%
C13	27,814	0,039	30,95	58,803	118%
C14	18,120	0,041	30,95	49,111	98%
C15	16,855	0,061	30,95	47,866	96%
C16	18,721	0,039	30,95	49,710	99%
C17	15,879	0,043	30,95	46,872	94%
C18	24,420	0,058	30,95	55,428	111%

Tabella 8-16 Concentrazioni massima media giornaliera di PM₁₀

Recettori	Media annua di PM ₁₀ fase di cantiere [µg/m ³]	Media annua di PM ₁₀ fase di esercizio [µg/m ³]	Media annua di PM ₁₀ registrata dalla centralina [µg/m ³]	Concentrazione media annua di PM ₁₀ totale [µg/m ³]	Percentuale sul limite (50 µg/m ³)
C1	10,253	0,102	30,95	41,305	103%
C2	10,671	0,056	30,95	41,677	104%
C3	5,613	0,045	30,95	36,608	92%
C4	5,229	0,05	30,95	36,229	91%
C5	6,171	0,053	30,95	37,174	93%
C6	5,008	0,041	30,95	35,999	90%
C7	2,960	0,018	30,95	33,928	85%
C8	7,081	0,188	30,95	38,219	96%
C9	8,437	0,116	30,95	39,503	99%
C10	10,240	0,085	30,95	41,275	103%
C11	4,499	0,069	30,95	35,518	89%
C12	7,777	0,095	30,95	38,822	97%
C13	10,168	0,039	30,95	41,157	103%
C14	8,067	0,041	30,95	39,058	98%
C15	4,647	0,061	30,95	35,658	89%
C16	4,984	0,039	30,95	35,973	90%
C17	4,864	0,043	30,95	35,857	90%
C18	6,670	0,058	30,95	37,678	94%

Tabella 8-17 Concentrazioni medie annue di PM₁₀

Come è possibile notare sia per le medie annue che per i massimi giornalieri, il PM₁₀ assume dei valori significativi, che, considerando l'insieme dei contributi che determinano le concentrazioni di PM₁₀ totali, in

certi casi, in particolare per 10 recettori per i massimi giornalieri e 4 per le medie annue, superano il limite definito dalla normativa. Ciò deriva anche dall'elevato valore di fondo caratteristico del territorio in cui l'opera si inserisce, che già da solo rappresenta il 77% del limite normativo relativo alle medie annue.

Alla luce di ciò, si ricorda come la configurazione simulata sia rappresentativa non dell'intera fase di cantierizzazione, ma della situazione più critica riscontrata per la fase di cantiere, rappresentativa della contemporaneità di più attività e più sorgenti emissive che determinano in certi casi la sovrapposizione degli effetti. Si sottolinea pertanto, come tali valori di concentrazioni siano rappresentativi solo dei giorni più critici e quindi di un periodo molto limitato della fase di cantiere, in cui tutte le attività si verificano in contemporanea tra loro.

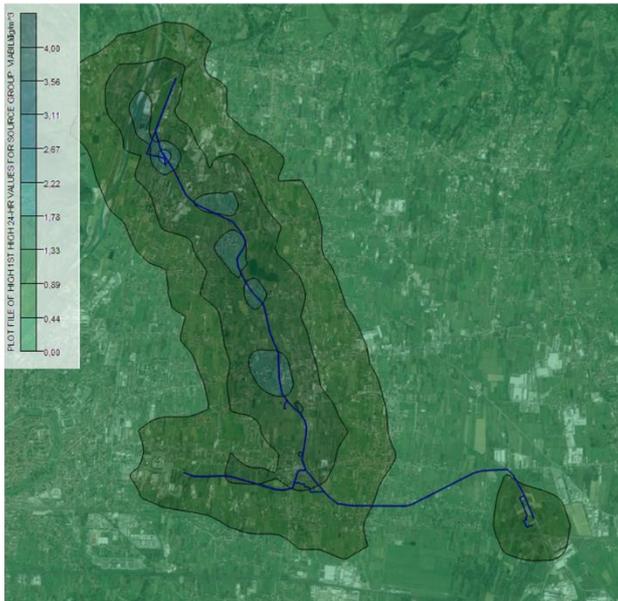
Con la finalità di ridurre le concentrazioni di PM_{10} generate dalle attività di cantiere e riportare i valori in corrispondenza dei recettori più vicini, entro i limiti definiti dalla normativa, si prevedono delle idonee misure di mitigazione, per le quali si rimanda al Par. 8.4.3.

PM_{2.5}

In merito ai risultati delle concentrazioni di $PM_{2.5}$, per la rappresentazione grafica delle curve di isoconcentrazione rappresentative dei valori massimi delle medie giornaliere generate dalla totalità delle sorgenti è possibile far riferimento agli elaborati T00IA03AMBPL57A-60A, da cui emerge un andamento delle concentrazioni simile a quello del PM_{10} , ma con dei valori nettamente inferiori.

Come visto per il PM_{10} , al fine di analizzare separatamente il contributo delle diverse sorgenti simulate alla produzione di $PM_{2.5}$, di seguito si riportano i risultati delle simulazioni, distinguendo le sorgenti areali da quelle lineari. Come detto sopra sono state valutate sia le concentrazioni massime medie giornaliere che le medie annue.

PM2.5 max 24h – sorgenti lineari



PM2.5 max 24h – sorgenti areali

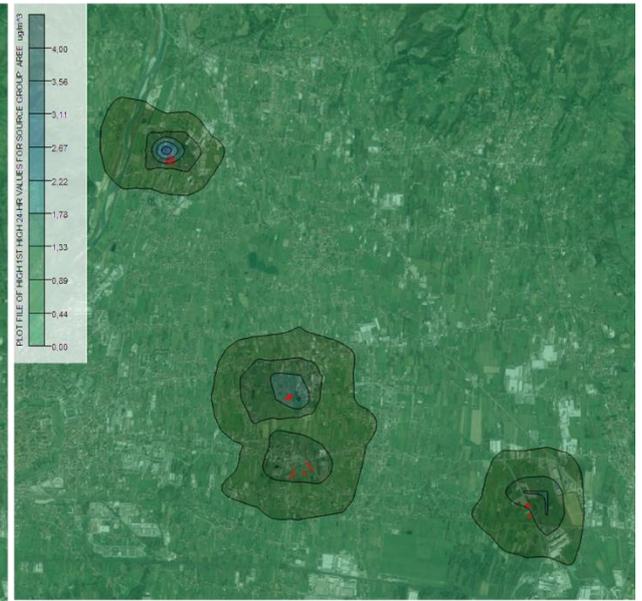
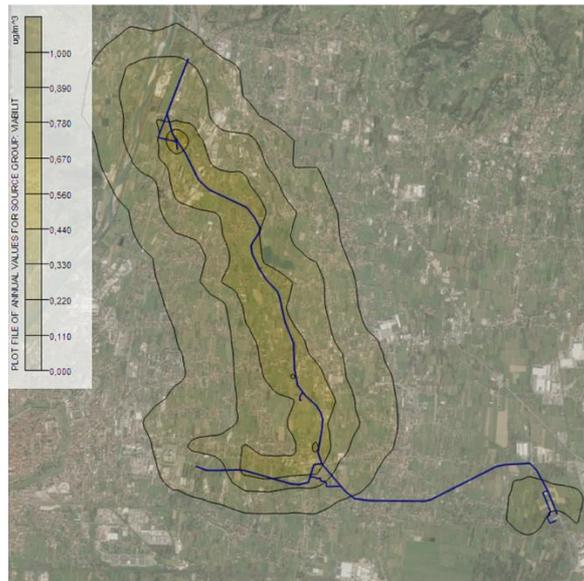


Figura 8-24 Concentrazioni massime medie giornaliere di PM_{2.5} generate dalle sorgenti areali e lineari di cantiere

PM2.5 media annua – sorgenti lineari



PM2.5 media annua – sorgenti areali

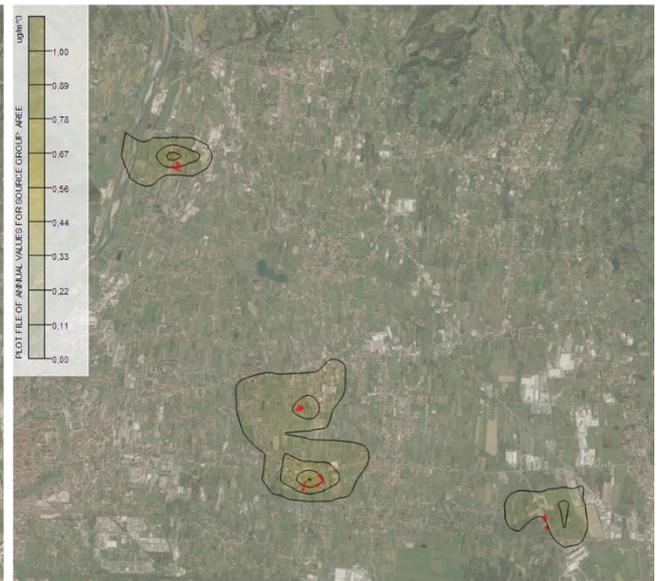


Figura 8-25 Concentrazioni medie annue di PM_{2.5} generate dalle sorgenti areali e lineari di cantiere

Dalle figure sopra riportate risulta evidente come in termini di diffusione delle concentrazioni le sorgenti lineari determinano una maggiore diffusione rispetto alle sorgenti areali che invece sono caratterizzate da valori elevati in prossimità delle stesse per poi ridursi più rapidamente all'aumentare della distanza, specialmente in relazione alle medie annue. Come già visto nelle analisi sul PM₁₀, con riferimento alla sorgente lineare è possibile osservare come le concentrazioni siano concentrate maggiormente intorno agli assi nord-sud ed ovest-est, in quanto sono quelli interessati dal sollevamento delle polveri da parte dei mezzi

di cantiere. In termini di valori massimi emerge, invece, come le sorgenti areali producono un valore massimo dei massimi medi giornalieri pari a circa $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre le sorgenti areali un valore massimo di circa $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Lo stesso si verifica per le medie annue, per le quali il valore massimo prodotto dalle sorgenti lineare risulta pari a circa $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre quello delle sorgenti areali circa $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pertanto, il contributo dato dalle due sorgenti può ritenersi simile, in termini di $\text{PM}_{2.5}$, rispetto ai valori massimi registrati in prossimità delle sorgenti, ma differente dal punto di vista diffusionale delle concentrazioni sul territorio.

Al fine di condurre le verifiche con i limiti normativi per il $\text{PM}_{2.5}$ in termini di media annua sono stati analizzati i valori di concentrazione calcolati sui recettori puntuali più vicini alle sorgenti simulate. In aggiunta alle medie annue sono stati analizzati anche i massimi medi giornalieri per considerare le concentrazioni massime giornaliere stimate durante le lavorazioni di cantiere. Ai valori risultanti dal modello, relativi esclusivamente alle attività di cantiere, è stato sommato il contributo della rete stradale attuale ed il valore di fondo caratteristico del territorio in esame, con la finalità di stimare le concentrazioni totali di $\text{PM}_{2.5}$ in prossimità dei recettori in esame.

Recettori	Massima media giorno di $\text{PM}_{2.5}$ fase di cantiere [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Media annua di $\text{PM}_{2.5}$ fase di esercizio [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Media annua di $\text{PM}_{2.5}$ registrata dalla centralina [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Concentrazione massima media giorno di $\text{PM}_{2.5}$ totale [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
C1	2,055	0,061	23,10	25,215
C2	5,320	0,033	23,10	28,454
C3	1,435	0,027	23,10	24,562
C4	1,357	0,030	23,10	24,487
C5	2,423	0,031	23,10	25,555
C6	1,732	0,024	23,10	24,856
C7	1,932	0,011	23,10	25,042
C8	2,250	0,113	23,10	25,463
C9	3,016	0,069	23,10	26,186
C10	2,430	0,051	23,10	25,581
C11	1,618	0,041	23,10	24,759
C12	2,737	0,057	23,10	25,894
C13	2,579	0,024	23,10	25,703
C14	1,696	0,025	23,10	24,820
C15	1,535	0,037	23,10	24,672
C16	1,762	0,024	23,10	24,886
C17	1,527	0,026	23,10	24,653
C18	2,471	0,034	23,10	25,606

Tabella 8-18 Concentrazioni massima media giornaliera di $\text{PM}_{2.5}$

Recettori	Media annua di $\text{PM}_{2.5}$ fase di cantiere [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Media annua di $\text{PM}_{2.5}$ fase di esercizio [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Media annua di $\text{PM}_{2.5}$ registrata dalla centralina [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Concentrazione media annua di $\text{PM}_{2.5}$ totale [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Percentuale sul limite (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
C1	1,057	0,061	23,10	24,218	97%
C2	1,025	0,033	23,10	24,158	97%
C3	0,426	0,027	23,10	23,553	94%
C4	0,414	0,030	23,10	23,544	94%
C5	0,657	0,031	23,10	23,788	95%
C6	0,482	0,024	23,10	23,606	94%
C7	0,366	0,011	23,10	23,477	94%
C8	0,790	0,113	23,10	24,003	96%
C9	0,808	0,069	23,10	23,977	96%
C10	0,992	0,051	23,10	24,143	97%

C11	0,386	0,041	23,10	23,527	94%
C12	0,730	0,057	23,10	23,887	96%
C13	0,947	0,024	23,10	24,071	96%
C14	0,721	0,025	23,10	23,846	95%
C15	0,421	0,037	23,10	23,558	94%
C16	0,457	0,024	23,10	23,581	94%
C17	0,450	0,026	23,10	23,576	94%
C18	0,651	0,034	23,10	23,785	95%

Tabella 8-19 Concentrazioni medie annue di PM_{2.5}

Come è possibile notare sia per le medie annue che per i massimi giornalieri, il PM_{2.5} assume dei valori nettamente inferiori al PM₁₀.

Relativamente ai massimi giornalieri non è stato possibile effettuare la verifica normativa in quanto non è previsto un valore limite per tale intervallo temporale, ma si può notare come i valori risultanti dalla simulazione al massimo rappresentano circa il 20% del valore di fondo della centralina di riferimento che riporta la media annua per l'anno 2017. In merito alle concentrazioni medie annue di PM_{2.5}, invece, è stato possibile effettuare il confronto con il limite normativo, che risulta sempre rispettato.

Come si nota dalla Tabella 8-19, il valore risultante dalle simulazioni sommato al contributo stradale in esercizio allo stato attuale e al valore di fondo raggiunge un'elevata percentuale rispetto al limite normativo, senza però mai superarlo. Si sottolinea come l'elevata percentuale è principalmente data dal contributo del valore di fondo di riferimento che già da solo rappresenta il 92,4% del limite normativo.

Alla luce di ciò, ricordando come sopra detto che la configurazione simulata rappresenta la situazione più critica durante la fase di cantiere, rappresentativa della contemporaneità di più attività e considerate le mitigazioni da adottare, le concentrazioni di PM_{2.5} prodotte durante la fase di cantiere possono ritenersi trascurabili e sempre conformi ai limiti per la protezione della salute umana.

8.3 LA STIMA DELLE CONCENTRAZIONI DI NO_x E DI NO₂ PRODOTTE DAL TRAFFICO DI CANTIERE

8.3.1 INPUT METEOROLOGICI

Per ricreare lo scenario diffusivo caratteristico del sito simulato è stato necessario costruire un file meteorologico compatibile con il modello di simulazione Calroads. Come per gli scenari della fase di esercizio, anche per rappresentare la fase di cantiere sono stati considerati i medesimi **dati meteorologici rielaborati da ARPAT-Settore Modellistica previsionale, sulla base di dati WRF forniti dal Consorzio LaMMA¹¹**.

8.3.2 INPUT PROGETTUALI

Gli input progettuali da implementare nel modello sono rappresentati, in primo luogo, dalla configurazione della viabilità di cantiere prevista per il progetto in esame. Per la rappresentazione di tale viabilità, suddivisa in diversi tratti, si rimanda al Par. 8.2.2. La tabella seguente riporta i volumi di traffico e le velocità medie associate ad ogni tratto della viabilità in esame.

¹¹ Dati forniti da ARPAT con nota A.0493982.21-09-2018.

Sorgente lineare	TGM bidirezionale [veicoli/giorno]	Velocità media [km/h]
N-S	100	30
O-E	36	30
E-O	42	60
V1	8	30
V2	4	30
V3	12	30
V4	12	30
V5	18	30

Tabella 8-20 Traffici e velocità associate a diversi tratti della viabilità di cantiere

Come già visto per la stima dei fattori di emissione di PM₁₀ e PM_{2.5} al Par. 8.2.2., attraverso l'applicazione del software COPERT 5 è stato possibile stimare l'emissione prodotta da un autocarro tra le 20 e le 26 tonnellate, ipotizzato Euro V e considerata una velocità media pari a 30 km/h e 60 km/h solo per l'asse E-O. Da tale valore, calcolato per gli NO_x, conoscendo il TGM e la lunghezza dei diversi tratti di riferimento, è stato stimato il fattore di emissione espresso in grammi al secondo per ogni tratto della viabilità, come di seguito riportato.

Sorgente lineare	Fattore di emissione NO _x [g/s]
N-S	0,07551
O-E	0,00818
E-O	0,01764
V1	0,00055
V2	0,000068
V3	0,000136
V4	0,000341
V5	0,001288

Tabella 8-21 Stima dei fattori di emissione di NO_x dovuti al transito dei veicoli

Considerata la bassa entità dei fattori di emissione relativi ai tratti V1, V2, V3, V4 e V5 rappresentativi delle viabilità di accesso ai cantieri, si è scelto di non considerarli nella simulazione modellistica, in quanto non significativi in termini di NO_x prodotto.

8.3.3 MODELLAZIONE DELLE SORGENTI LINEARI IN CALROADS

Una volta definiti i fattori di emissione è stato possibile implementare all'interno del modello le sorgenti lineari attraverso l'importazione di un file Excel contenente per ogni arco una serie di informazioni, tra cui le coordinate geografiche, il traffico ed il fattore di emissione. La rappresentazione delle sorgenti lineari è riportata sotto.



Figura 8-26 Rappresentazioni sorgenti lineari (in rosso)

8.3.4 DEFINIZIONE DEI PUNTI DI CALCOLO

Ultimo step dell'analisi prima dell'applicazione del modello di simulazione è la definizione di una maglia di punti di calcolo al fine di poter pervenire alla definizione di curve di isoconcentrazione.

A tale scopo occorre soddisfare la duplice necessità di avere una maglia di calcolo spazialmente idonea a poter descrivere una porzione di territorio sufficientemente ampia e dall'altro di fissarne un passo adeguato al fine di non incrementare inutilmente l'onerosità dei calcoli.

Seguendo tali principi sono state definite due tipologie di maglie, una regolare ed una "buffer" caratterizzata da punti posti a distanze fissate dalla sorgente.

Per la prima tipologia di maglia, regolare, le caratteristiche sono riportate nella seguente tabella.

Coordinate del centro della maglia	6256.1,40
Asse X	
Coordinate del centro della maglia	4857293,91
Asse Y	
Passo lungo l'asse X	500
Passo lungo l'asse Y	500
N° di punti lungo l'asse X	20
N° di punti lungo l'asse Y	20
N° di punti di calcolo totali	400

Tabella 8-22 Coordinate maglia dei punti di calcolo



Figura 8-27 Rappresentazione maglia di calcolo regolare

Relativamente alla maglia "buffer" sono stati individuati una serie di punti ad una distanza di 50 metri e di 150 metri dalla sorgente lineare distanti tra loro di 200 metri. La rappresentazione è riportata nella figura sottostante.

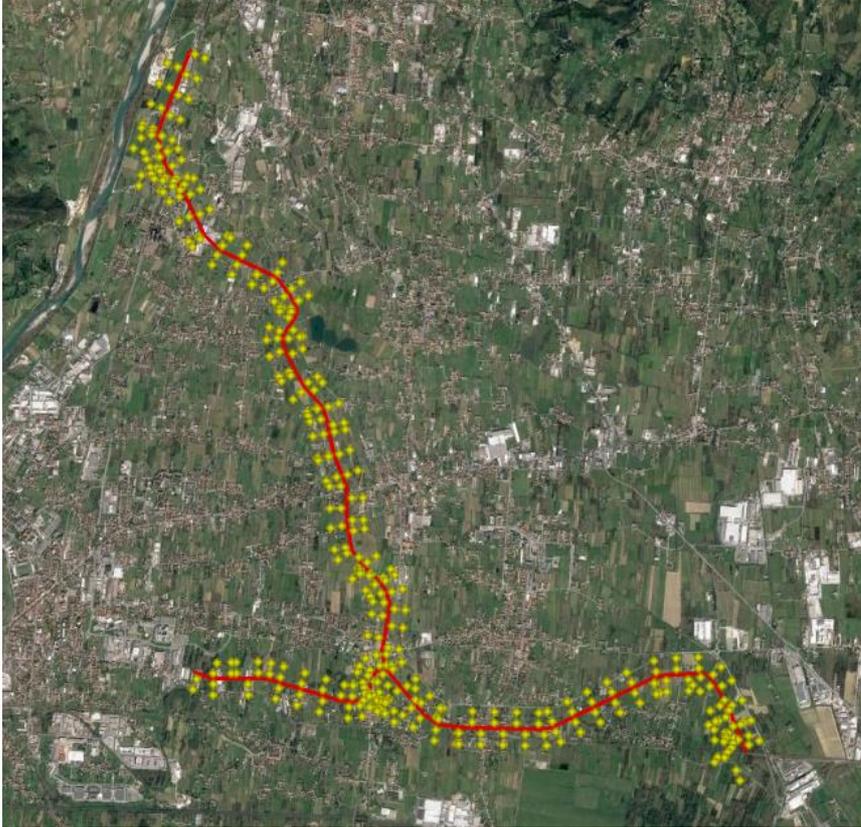


Figura 8-28 Rappresentazione maglia "buffer"

Al fine di poter effettuare, inoltre, le verifiche normative in merito alla protezione della salute umana, si è fatto riferimento ad alcuni punti recettori rappresentativi degli edifici più vicini alla viabilità di cantiere. Sono stati pertanto, individuati gli stessi recettori visti per le analisi modellistiche di cantiere in Aermid View, per i quali si rimanda al Par. 8.2.4.

8.3.5 I DATI DI OUTPUT

I risultati emersi dal modello fanno riferimento alle concentrazioni di NO_x medie orarie prodotte dalla sorgente di traffico veicolare. Da tali dati è stato possibile stimare per ogni punto di calcolo le concentrazioni medie annue di NO_x e calcolare conseguentemente le medie orarie e annue degli NO_2 , attraverso l'applicazione della formula di trasformazione trattata al Par. 5.3.1, a cui si rimanda per i dettagli.

Alla luce di ciò è stato possibile rappresentare le concentrazioni medie annue di NO_x e NO_2 sull'intera maglia di calcolo attraverso le curve di isoconcentrazione, sotto riportate.

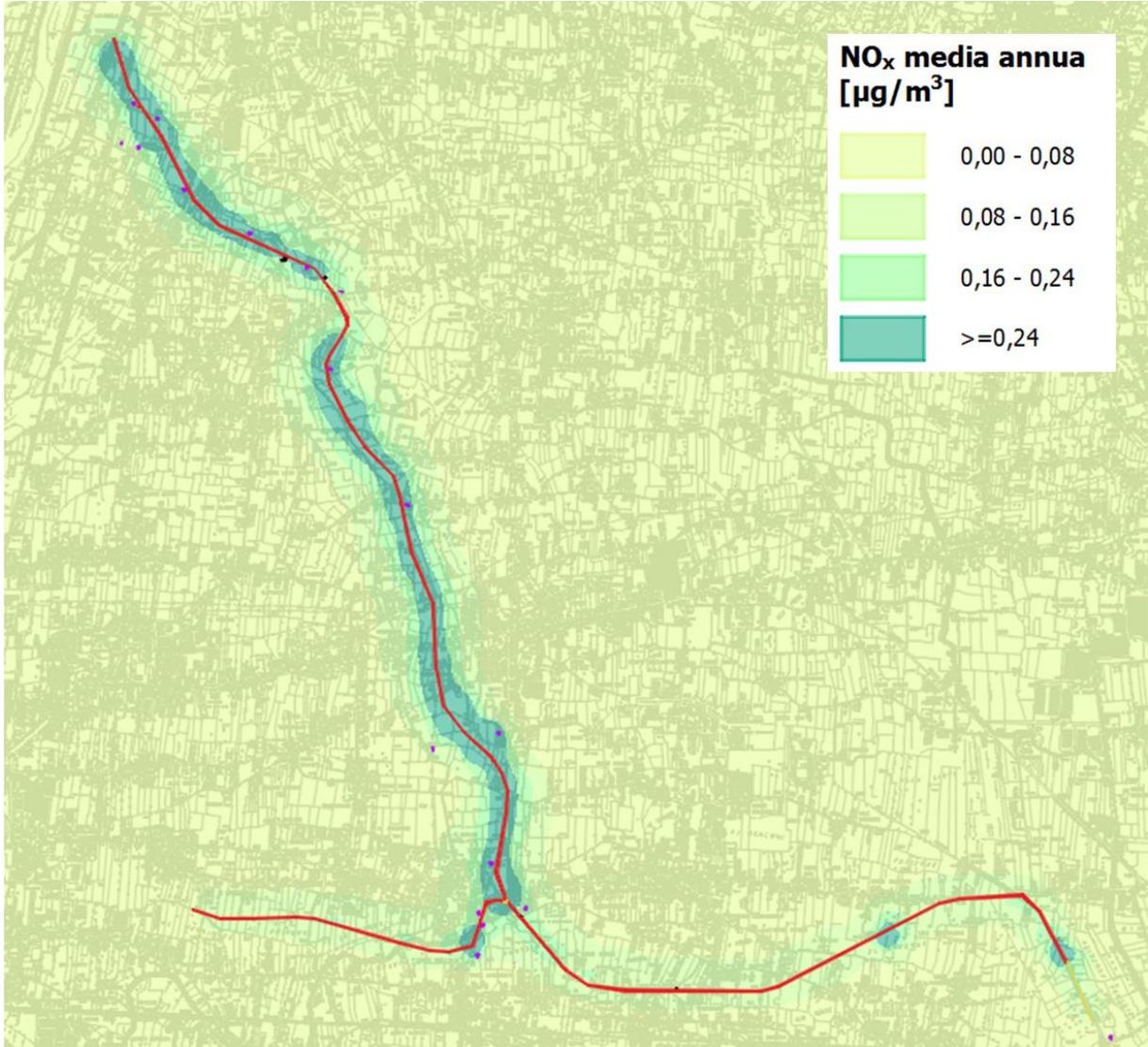


Figura 8-29 Curve di isoconcentrazione -media annua NO_x

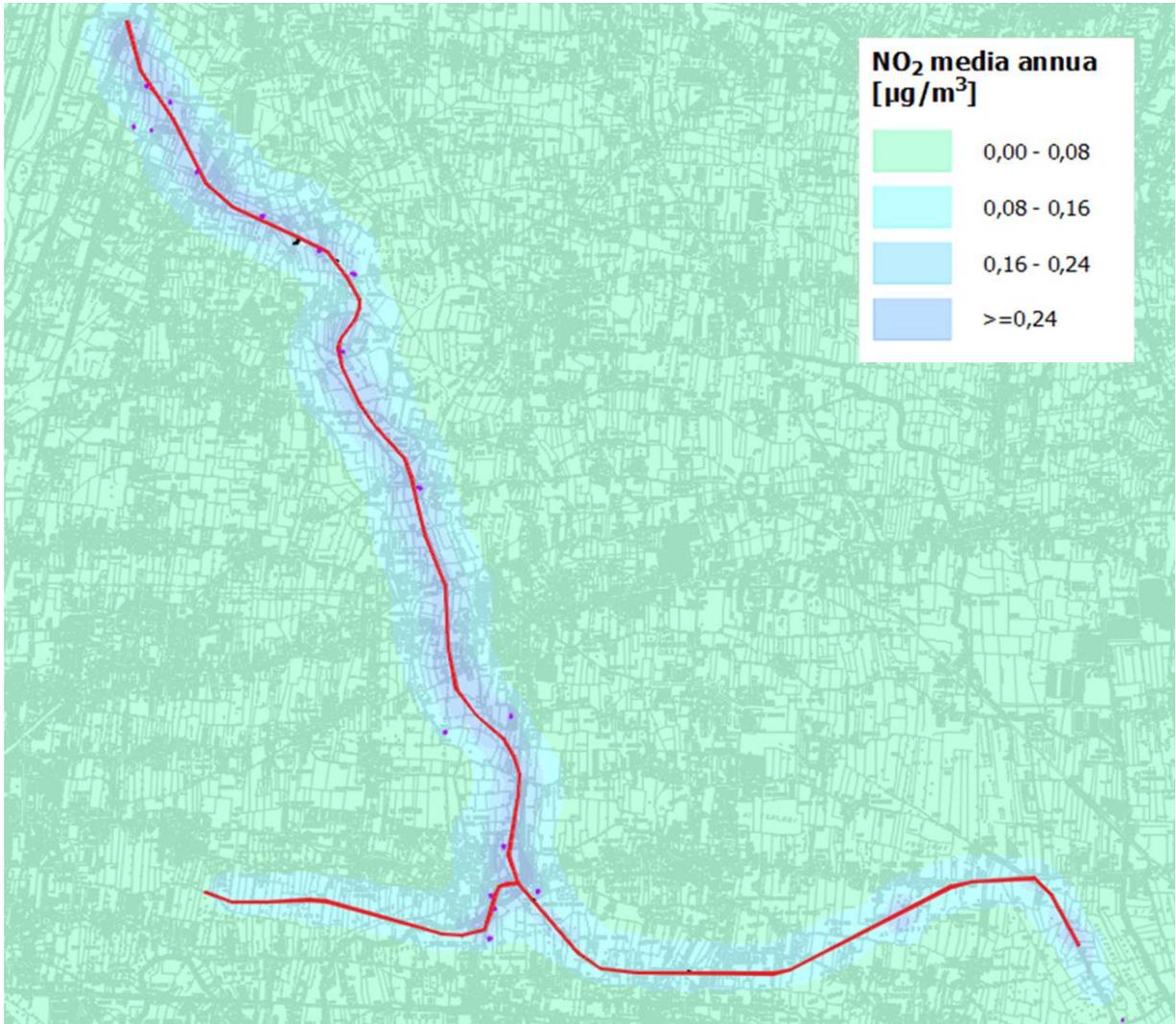


Figura 8-30 Curve di isoconcentrazione -media annua NO₂

Come si osserva dalle immagini sopra, i valori delle concentrazioni di NO_x e NO₂ sono entrambi molto bassi arrivando al valore massimo inferiore ai 2 µg/m³, stimati in corrispondenza della sorgente lineare in esame. A livello territoriale, pertanto, non si riscontrano criticità in merito agli inquinanti in interesse, in quanto le concentrazioni stimate restano contenute in prossimità della sorgente, riducendosi notevolmente con l'allontanarsi dalla stessa.

Oltre l'analisi sull'intera maglia di calcolo necessaria per la costruzione delle curve di isoconcentrazione e per capire quindi la diffusione delle concentrazioni sul territorio, è stata condotta un'analisi specifica sui recettori presi a riferimento, al fine di verificare, per l'NO₂, i limiti definiti in normativa.

Si specifica come i valori risultanti dalla simulazione di cantiere non sono sufficienti a valutare l'effettiva qualità dell'aria in prossimità del singolo recettore, pertanto a questi è stato sommato il contributo d'esercizio della rete stradale attuale circostante l'area di intervento, nonché il valore di fondo considerato nell'analisi corrispondente al valore registrato dalla centralina ARPA di riferimento.

Alla luce di tali considerazioni, di seguito si riportano i risultati emersi per l'NO_x e le elaborazioni correlate al fine di stimare il valore complessivo di concentrazione media annua di NO_x.

Recettori	Media annua di NO _x fase di cantiere [µg/m ³]	Media annua di NO _x fase di esercizio [µg/m ³]	Media annua di NO _x registrata dalla centralina [µg/m ³]	Concentrazione media annua di NO _x totale [µg/m ³]
C1	0,090	3,352	52,27	55,712
C2	0,127	1,877	52,27	54,274
C3	0,361	1,511	52,27	54,142
C4	0,391	1,683	52,27	54,345
C5	0,069	1,766	52,27	54,105
C6	0,119	1,358	52,27	53,748
C7	0,036	0,597	52,27	52,903
C8	0,101	6,414	52,27	58,785
C9	0,460	3,875	52,27	56,605
C10	0,287	2,827	52,27	55,384
C11	0,174	2,296	52,27	54,740
C12	0,225	3,130	52,27	55,625
C13	0,192	1,325	52,27	53,788
C14	0,092	1,385	52,27	53,747
C15	0,085	2,058	52,27	54,413
C16	0,605	1,329	52,27	54,204
C17	0,190	1,443	52,27	53,902
C18	0,583	1,934	52,27	54,787

Tabella 8-23 Valori di concentrazione media annua di NO_x – fase di cantiere

Come si osserva dalla tabella, i valori di NO_x prodotti dalla viabilità di cantiere in corrispondenza di tutti i recettori sono molto bassi, sempre inferiori a 1 µg/m³, che rispetto al valore di fondo rappresentativo dell'area in esame può ritenersi trascurabile, in quanto anche il valore più alto (in corrispondenza del recettore C16) rappresenta solo l'1%.

Relativamente all'NO₂, al fine di verificare il rispetto dei limiti normativi per la protezione della salute umana, sono state analizzate le concentrazioni medie orarie e le medie annue.

Recettore	Min [µg/m ³]	MEDIE ORARIE NO ₂ Percentili [µg/m ³]					Max [µg/m ³]
		50°	85°	90°	95°	99°	
C1	≈0	0,052	0,201	0,274	0,307	0,389	0,405
C2	≈0	0,078	0,288	0,384	0,417	0,548	0,575
C3	≈0	0,232	0,798	0,996	1,123	1,526	1,645
C4	≈0	0,073	0,926	1,069	1,240	1,562	1,718
C5	≈0	0,036	0,141	0,199	0,231	0,412	0,531
C6	≈0	0,063	0,254	0,290	0,356	0,474	0,559
C7	≈0	0,000	0,078	0,109	0,171	0,266	0,296
C8	≈0	0,063	0,190	0,242	0,309	0,458	0,766
C9	≈0	0,212	1,039	1,234	1,419	1,745	2,500
C10	≈0	0,187	0,624	0,740	0,853	0,995	1,573
C11	≈0	0,134	0,296	0,319	0,435	0,704	1,047

Recettore	Min [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	MEDIE ORARIE NO ₂ Percentili [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]					Max [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
		50°	85°	90°	95°	99°	
C12	≈0	0,026	0,556	0,606	0,721	1,077	1,151
C13	≈0	0,119	0,394	0,482	0,552	0,891	0,953
C14	≈0	0,050	0,195	0,255	0,348	0,657	0,778
C15	≈0	0,047	0,197	0,239	0,312	0,436	0,464
C16	≈0	0,410	1,319	1,750	2,028	2,522	2,878
C17	≈0	0,113	0,428	0,574	0,681	0,917	1,059
C18	≈0	0,352	1,416	1,569	1,689	2,182	2,381

Tabella 8-24 Percentili e valori massimi e minimi orari NO₂ – fase di cantiere

Si sottolinea come i valori massimi orari di NO₂ stimati in fase di cantiere, pur sommati al contributo della rete stradale allo stato attuale e al valore di fondo, pari a 25,27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, si mantengono sempre ampiamente al di sotto del limite imposto dalla normativa, pari a 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Per le concentrazioni medie annue di NO₂ si può far, invece, riferimento alla tabella seguente.

Recettori	Media annua di NO ₂ fase di can- tiere [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Media annua di NO ₂ fase di esercizio [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Media annua di NO ₂ registrata dalla cen- tralina [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Concentrazione media annua di NO ₂ totale [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Percentuale sul li- mite (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
C1	0,087	3,159	25,27	28,516	71,29%
C2	0,122	1,790	25,27	27,182	67,95%
C3	0,348	1,445	25,27	27,063	67,66%
C4	0,377	1,607	25,27	27,254	68,14%
C5	0,066	1,685	25,27	27,022	67,55%
C6	0,115	1,300	25,27	26,686	66,71%
C7	0,035	0,575	25,27	25,880	64,70%
C8	0,098	5,903	25,27	31,272	78,18%
C9	0,443	3,638	25,27	29,351	73,38%
C10	0,277	2,675	25,27	28,222	70,56%
C11	0,168	2,182	25,27	27,620	69,05%
C12	0,217	2,955	25,27	28,442	71,11%
C13	0,186	1,269	25,27	26,725	66,81%
C14	0,089	1,325	25,27	26,684	66,71%
C15	0,082	1,959	25,27	27,311	68,28%
C16	0,583	1,272	25,27	27,125	67,81%
C17	0,183	1,380	25,27	26,833	67,08%
C18	0,561	1,843	25,27	27,674	69,19%

Tabella 8-25 Valori di concentrazione media annua di NO₂ – fase di cantiere

Anche in questo caso i valori di concentrazione di NO₂ prodotti dai traffici di cantiere sono alquanto bassi e anche sommati al contributo d'esercizio della rete attuale e al valore di fondo di qualità dell'aria registrato dalla centralina ARPA, verificano sempre il limite normativo dei 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Da tali elaborazioni è possibile concludere che il solo traffico di cantiere circolante sulla viabilità individuata per consentire gli approvvigionamenti e gli smaltimenti del materiale non contribuiscono alla modifica della qualità dell'aria caratteristica dell'area in esame in termini di NO_x e NO₂, pertanto l'interferenza tra la sorgente considerata e la componente atmosfera può ritenersi trascurabile.

8.4 BEST PRACTICE E MITIGAZIONI SPECIFICHE PER LA FASE DI CANTIERE

8.4.1 BEST PRACTICE DA ADOTTARE DURANTE LA FASE DI CANTIERE

Durante lo svolgimento delle attività di cantiere si prevedono alcune *best practice* finalizzate ad abbattere la dispersione di polveri nell'atmosfera, nonché a ridurre le emissioni generate dai mezzi di cantiere.

Vengono di seguito individuate, quindi, diverse Best Practices da adottare:

- bagnatura delle terre scavate e del materiale polverulento durante l'esecuzione delle lavorazioni: l'applicazione di specifici nebulizzatori e/o la bagnatura (anche tramite autobotti) permetterà di abbattere l'aerodispersione delle terre conseguente alla loro movimentazione. Questa misura sarà da applicare prevalentemente nei mesi aridi e nelle stagioni in cui si hanno le condizioni di maggior vento;
- copertura e/o bagnatura di cumuli di materiale terroso stoccati: nel caso fosse necessario stoccare temporaneamente le terre scavate in prossimità dell'area di cantiere si procederà alla bagnatura dei cumuli o in alternativa alla copertura degli stessi per mezzo di apposite telonature mobili in grado di proteggere il cumulo dall'effetto erosivo del vento e limitarne la conseguente dispersione di polveri in atmosfera; dovrà essere predisposto un Piano di bagnatura dei cumuli qualora questi debbano permanere all'interno delle aree di cantiere per più di una giornata;
- copertura degli autocarri durante il trasporto del materiale: l'applicazione di appositi teloni di copertura degli automezzi durante l'allontanamento e/o l'approvvigionamento di materiale polverulento permetterà il contenimento della dispersione di polveri in atmosfera;
- limitazione della velocità di scarico del materiale: al fine di evitare lo spargimento di polveri, nella fase di scarico del materiale, quest'ultimo verrà depositato gradualmente modulando l'altezza del cassone e mantenendo la più bassa altezza di caduta;
- bagnatura delle ruote dei mezzi di lavoro in uscita dalle aree di cantiere;
- limitazione delle velocità di transito dei mezzi di cantiere su piste non pavimentate.

8.4.2 INSTALLAZIONE DI BARRIERE ANTIPOLVERE

Al fine di ridurre l'esposizione all'inquinamento atmosferico dei recettori risultati più critichi dall'analisi, in quanto maggiormente vicini alle aree di cantiere, si prevede il posizionamento di barriere mobili antipolvere lungo il perimetro dei cantieri fissi, in cui sono previste attività di stoccaggio del materiale, al fine di contenere la dispersione delle polveri internamente all'area di cantiere ed evitare che le polveri possano raggiungere, in quantitativi elevati e superiori ai limiti normativi, i recettori più prossimi.

In considerazione delle attività di movimentazione del materiale polverulento per la realizzazione del corpo stradale, lungo il fronte di avanzamento dei lavori si prevede l'installazione delle stesse barriere antipolvere che verranno rimosse a conclusione della specifica lavorazione, laddove si riscontra la presenza di recettori ad una distanza dal cantiere mobile inferiore ai 50 metri.

La tipologia di barriera proposta è costituita da una rete elettrosaldata di acciaio coperta da una rete antipolvere realizzata in polietilene. Tali barriere, così composte, si prevedono di altezza pari a 3 metri per contenere le polveri generate dai cumuli di materiale nell'area di stoccaggio, nonché per il contenimento delle polveri prodotte dalle attività di carico e scarico e movimentazione del materiale lungo il fronte di avanzamento dei lavori.

Di seguito si riporta la schematizzazione delle barriere mobili antipolvere previste.

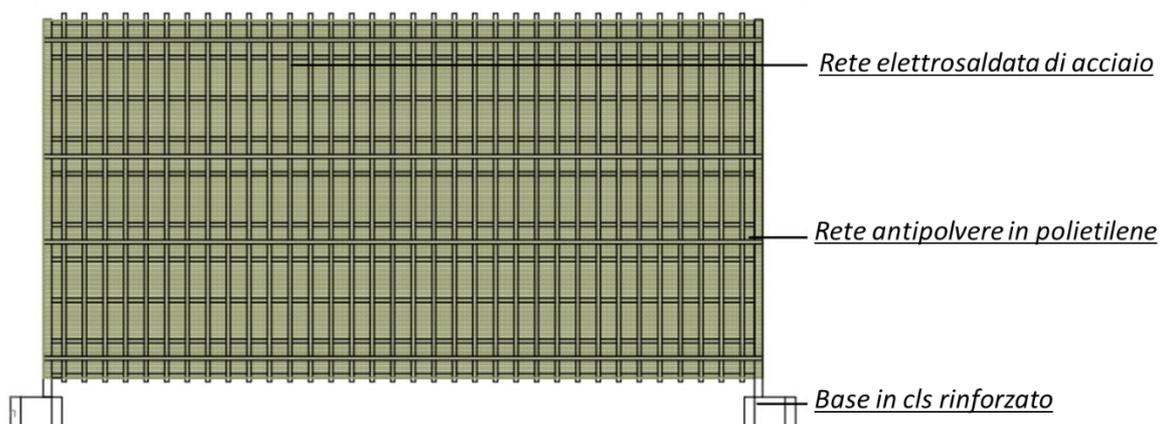


Figura 8-31 Schematizzazione barriera mobile antipolvere

8.4.3 BAGNATURA DELLE PISTE DI CANTIERE

Al fine di ridurre, inoltre, le emissioni generate dal transito dei mezzi di cantiere sulla viabilità non pavimentata, si prevede la bagnatura della stessa. Come riportato nelle "Linee guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti" di ARPA Toscana, per la stima dell'efficienza di tale azione di mitigazione, viene utilizzata la formula proposta da Cowherd et al (1998), in cui, l'efficienza di abbattimento è funzione del traffico, del potenziale di evaporazione, delle quantità del trattamento applicato e della frequenza di applicazione dello stesso.

$$C(\%) = 100 - (0.8 * P * trh * \tau) / l$$

dove:

- C efficienza di abbattimento del bagnamento (%)
- P potenziale medio dell'evaporazione giornaliera (mm/h)
- Trh traffico medio orario (veicoli/h)
- l quantità media del trattamento applicato (l/m²)
- τ intervallo di tempo che intercorre tra le applicazioni (h)

Pertanto, la scelta della frequenza di applicazione e della quantità di trattamento è funzione dell'efficienza di abbattimento delle emissioni che si vuole ottenere. Nel caso in esame, stante i risultati ottenuti dalle simulazioni, in merito alle concentrazioni di PM₁₀ prodotte dalle attività di cantiere, si prevede un'efficienza

di abbattimento dell'80% tale da ridurre conseguentemente le concentrazioni di polveri e garantire il rispetto dei limini normativi in prossimità dei recettori più prossimi al cantiere.

Per raggiungere l'efficienza impostata si può agire, quindi, 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 giornaliera. Riguardo quest'ultimo, considerando la difficoltà a reperire dati reali, si assume come riferimento il valore medio annuale del caso studio riportato nel rapporto EPA (1998a) $P = 0,34 \text{ mm/h}$, come previsto nelle *Linee Guida* sopra citate.

In considerazione dei volumi di traffico di cantiere previsti, dove verrà applicata la bagnatura, con riferimento alle tabelle riportate nelle *Linee Guida*, è stato possibile definire per ogni tratto di viabilità non pavimentata la frequenza ed il quantitativo di acqua da applicare.

Stante la differenza delle tabelle in funzione del traffico orario previsto, si specifica come per l'asse nord – sud su cui sono stati stimati circa 7 veicoli/ora è stata presa in considerazione la *Tabella 10* delle Linee Guida relativa ad un thr tra 5 e 10, mentre per le altre viabilità (asse ovest-est e piste di accesso ai cantieri) è stata considerata la *Tabella 9* relativa ad un thr inferiore a 5.

Alla luce di ciò, di seguito si riportano gli intervalli di tempo tra due applicazioni successive (τ) e la quantità media di trattamento (I) da applicare ai diversi tratti di viabilità di cantiere, per ottenere un'efficienza di abbattimento dell'80%:

ASSE NORD-SUD:

- $I = 1 \text{ l/m}^2$
- $\tau = 15-7 \text{ h}$

Stante le 16 ore lavorative previste in cui i mezzi cantiere circoleranno sulle piste non pavimentate, la bagnatura di 1 litro a metro quadro sarà applicata una o due volte al giorno.

ASSE OVEST-EST E VIABILITA' DI ACCESSO AI CANTIERI CO_02, CB, CO_06

- $I = 1 \text{ l/m}^2$
- $\tau = 18 \text{ h}$

Stante le 16 ore lavorative previste in cui i mezzi cantiere circoleranno sulle piste non pavimentate, la bagnatura di 1 litro a metro quadro sarà applicata una volta al giorno.

9 CONCLUSIONI DELLO STUDIO

9.1 CONCLUSIONI IN MERITO ALLA FASE DI ESERCIZIO

Lo studio condotto in merito all'analisi delle concentrazioni degli inquinanti nell'atmosfera, generati dall'esercizio del progetto in esame ed in particolare dal traffico veicolare previsto circolante sulla nuova infrastruttura, non ha rilevato criticità ambientali dal punto di vista dell'inquinamento atmosferico.

Dall'analisi delle concentrazioni effettuata in prossimità dei recettori, presi come riferimento per l'analisi, si osserva un miglioramento generale tra lo stato attuale e lo scenario di progetto derivante dal rinnovato parco veicolare previsto al 2033 in cui si prevede la scomparsa dei veicoli Euro 0 ed Euro 1 ed un incremento dei veicoli Euro 6. Solamente i due recettori (recettori 4 e 6), più vicini al nuovo tracciato, registrano allo scenario di progetto dei valori di concentrazioni di NO_x e NO₂ maggiori rispetto allo stato attuale, mantenendosi comunque al di sotto dei limiti normativi di riferimento per l'NO₂ per la protezione della salute umana.

Estendendo l'analisi ad un'area più vasta, comprendente l'intera rete stradale di riferimento, che interessa anche l'abitato di Lucca, emerge come la nuova distribuzione del traffico prevista con l'esercizio dell'infrastruttura di progetto, produce benefici in termini di qualità dell'aria sulla popolazione residente a Lucca, nonché su alcune frazioni del Comune di Capannori, rispetto a quanto valutato in previsione considerando la situazione di non intervento (opzione zero).

Pertanto, è possibile concludere che il progetto in esame, nella sua fase di esercizio, non comporta criticità in termini di inquinamento atmosferico sui recettori prossimi alla nuova infrastruttura, in quanto i valori di concentrazione registrati in prossimità di questi rispettano sempre i valori soglia limite definiti in normativa. Inoltre, producendo una ridistribuzione del traffico circolante sulla rete stradale di riferimento, l'esercizio dell'opera in esame garantisce un miglioramento di qualità dell'aria nei pressi dell'abitato di Lucca dove la densità abitativa è maggiore, nonché in altre zone dell'area vasta considerata. Le zone su cui si rileva, invece, un incremento dei livelli di qualità dell'aria sono caratterizzate da una densità inferiore ed inoltre, come visto sui singoli recettori, i valori di concentrazione degli inquinanti risultano comunque conformi ai limiti normativi.

9.2 CONCLUSIONI IN MERITO ALLA FASE DI CANTIERE

L'analisi delle concentrazioni delle polveri e degli ossidi e biossidi di azoto prodotti dalle attività di cantiere hanno messo in evidenza la criticità del PM₁₀, sia in termini di massimi giornalieri che di medie annue. In relazione alle concentrazioni medie annue e massime giornaliere del PM_{2.5}, invece, non sono emerse criticità in quanto i valori stimati risultano bassi e sempre coerenti con il limite imposto dalla normativa per le medie annue, pari a 25 µg/m³. Lo stesso si può affermare per gli ossidi e biossidi di azoto generati dalla sorgente lineare relativa ai traffici di cantiere che, stante i bassi volumi di traffico orario previsto, non comportano elevati valori di concentrazione sia in prossimità dei recettori puntuali che sull'intera maglia di calcolo.

Come accennato inizialmente, dai risultati delle simulazioni emerge come le concentrazioni di PM_{10} assumano valori significativi, che, sommati ai contributi di fondo e di esercizio della rete stradale attuale, in certi casi, superano il limite definito dalla normativa. In particolare, il limite viene raggiunto per 10 recettori in termini di massimi giornalieri e per 4 recettori in termini di media annua. I superamenti così stimati sono anche causa dell'elevato valore di fondo caratteristico del territorio in cui l'opera si inserisce, che già da solo rappresenta il 77% del limite normativo relativo alle medie annue.

Stante tali risultati, si evidenzia come la configurazione simulata sia rappresentativa non dell'intera fase di cantierizzazione, ma della situazione più critica riscontrata sulla base del cronoprogramma, rappresentativa della contemporaneità di più attività che determinano in certi casi la sovrapposizione degli effetti. Si sottolinea pertanto, come i valori di concentrazioni di PM_{10} emersi dalla simulazione di cantiere siano rappresentativi solo dei giorni più critici e quindi di un periodo molto limitato della fase di cantiere, in cui tutte le attività si verificano in contemporanea tra loro.

Alla luce di tali considerazioni, con la finalità di ridurre le concentrazioni di PM_{10} generate dalle attività di cantiere e riportare i valori in corrispondenza dei recettori più vicini entro i limiti definiti dalla normativa, si prevedono delle idonee misure di mitigazione, rappresentate in particolare, oltre che da alcune Best Practices di cantiere, dalla predisposizione delle barriere mobili con funzione antipolvere e dalla bagnatura delle piste di cantiere non pavimentate, che garantisce un'efficienza di abbattimento delle polveri dell'80%, in base ai quantitativi d'acqua e alla frequenza di applicazione della stessa. In ultimo si sottolinea come in prossimità dei recettori risultanti più esposti alle concentrazioni di PM_{10} saranno condotte delle campagne di monitoraggio, da effettuare durante l'esecuzione delle lavorazioni di cantiere.



Sistema tangenziale di Lucca
Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti tra Ponte a Moriano ed i
caselli dell'autostrada A11 del Frizzone e di Lucca Est
1° stralcio funzionale
Progetto Definitivo
Studio Atmosferico
T00IA03AMBRE01A
Relazione Atmosferica



Anas S.p.A.
Via Monzambano, 10 - 00185 Roma
www.stradeanas.it