

**PAULLO INVESTIMENTI S.R.L.**

**DEMOLIZIONE COMPLETA DI FABBRICATI  
ESISTENTI E FRANTUMAZIONE PRESSO L'AREA  
EX CEMENTIR**

**In Comune di Arquata Scrivia (AL)**

Elaborato:

**PREVISIONALE DI IMPATTO SULLA QUALITA'  
DELL'ARIA – FASE DI CANTIERE DI DEMOLIZIONE  
E CAMPAGNA MOBILE DI TRITURAZIONE**

**Ottobre 2024**

---

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2. DESCRIZIONE DEL CONTESTO.....</b>	<b>4</b>
2.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	4
2.2 CARATTERISTICHE METEOCLIMATICHE DELL'AREA .....	7
2.3 QUALITÀ DELL'ARIA LOCALE .....	10
<b>3. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ DI CANTIERE E QUANTIFICAZIONE DELLE EMISSIONI .....</b>	<b>11</b>
3.1 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ PREVISTE NELLE FASI DI DEMOLIZIONE DEL CANTIERE .....	11
3.2 QUANTIFICAZIONE DELLE EMISSIONI DI POLVERI E NO <sub>2</sub> DA ATTIVITÀ DI DEMOLIZIONE E DA CAMPAGNA DI RECUPERO INERTI .....	12
3.2.1 Emissione diffusa di polveri da attività di demolizione di strutture, fabbricati e pavimentazioni .....	13
3.2.2 Emissione diffusa di polveri da attività di frantumazione e macinazione .....	17
3.2.3 Emissione di PM10 e NOx dai mezzi di cantiere .....	20
3.2.4 Emissioni diffuse nella condizione più critica di cantiere.....	21
3.3 QUANTIFICAZIONE DEL TRAFFICO INDOTTO.....	22
3.4 QUANTIFICAZIONE DELLE EMISSIONI ASSOCIATE AL TRAFFICO INDOTTO .....	23
<b>4. RICETTORI INTERESSATI DAL CANTIERE.....</b>	<b>24</b>
<b>5. IMPATTO DELLE EMISSIONI DIFFUSE DI POLVERI E NOX DALLE ATTIVITÀ CONDOTTE IN CANTIERE .....</b>	<b>25</b>
5.1 MATERIALI E METODI .....	25
5.1.1 Modello di calcolo WINDIMULA .....	25
5.1.2 Modalità di interpretazione dei risultati .....	27
5.2 DATI DI INPUT .....	28
5.3 RISULTATI DEL MODELLO.....	33
5.3.1 Particolato (PM10) .....	33
5.3.2 Ossidi di azoto (NO <sub>2</sub> ) .....	35
<b>6. IMPATTO DEL TRAFFICO INDOTTO.....</b>	<b>38</b>
6.1 MATERIALI E METODI .....	38
6.1.1 Modello di calcolo CALINE.....	38
6.1.2 Modalità di analisi e interpretazione dei risultati.....	40
6.2 DATI DI INPUT .....	40
6.3 RISULTATI DELLA SIMULAZIONE RELATIVA AL TRAFFICO INDOTTO .....	41
6.3.1 Particolato (PM10) .....	41
6.3.2 Biossido di azoto (NO <sub>2</sub> ).....	44
<b>7. IMPATTO COMPLESSIVO DEL CANTIERE (EMISSIONI DIFFUSE + TRAFFICO) .....</b>	<b>46</b>
<b>8. CONFRONTO CON I LIMITI DI LEGGE .....</b>	<b>48</b>
<b>9. CONCLUSIONI .....</b>	<b>49</b>
<b>ALLEGATI .....</b>	<b>51</b>
A. CARATTERISTICHE DEI RICETTORI E DEI TRATTI STRADALI .....	51
B. ROSE DEI VENTI STAGIONALI.....	52

---

## 1. PREMESSA

Il presente documento ha lo scopo di

- quantificare le emissioni di inquinanti in atmosfera durante il cantiere di demolizione degli edifici industriali facenti parte della Ex Cementir, con contestuale campagna mobile di triturazione delle macerie prodotte dalla demolizione;
- valutare l'impatto delle stesse emissioni sulla qualità dell'aria locale attraverso l'applicazione di opportuni modelli di simulazione.

Il cantiere di demolizione avrà durata complessiva di circa un anno e sarà articolato nelle seguenti macro-fasi:

- allestimento del cantiere;
- attività di demolizione e recupero macerie in situ;
- pulizia del cantiere.

Ai fini del presente studio, si ritiene di interesse la sola fase centrale del cantiere, ossia quella di demolizione e recupero macerie, in quanto potenzialmente capace di generare significative emissioni di inquinanti in atmosfera. Di seguito si riporta un elenco delle attività che saranno svolte in tale fase, la quale avrà durata di circa 5 mesi:

1. Demolizione di strutture e fabbricati in c.a.:
  - Attività di demolizione eseguite con mezzi meccanici di strutture o interi fabbricati in cemento armato, alternate a operazioni di piccola demolizione manuale e raccolta, cernita e trasporto dei detriti.
2. Demolizione di strutture e fabbricati in acciaio:
  - Attività di demolizione eseguite con mezzi meccanici di strutture o interi fabbricati acciaio, alternate a operazioni di piccola demolizione manuale e raccolta, cernita e trasporto del materiale derivato dalle operazioni.
3. Demolizione di strutture e fabbricati in muratura:
  - Attività di demolizione eseguite con mezzi meccanici di strutture o interi fabbricati in muratura, alternate a operazioni di piccola demolizione manuale e raccolta, cernita e trasporto dei detriti.
4. Demolizione di solai in legno:
  - Attività di demolizione di solai in legno interni agli edifici eseguite manualmente alternate ad attività di raccolta, cernita e trasporto del materiale derivato dalle operazioni.
5. Campagna mobile di triturazione dei rifiuti derivati dalle attività precedentemente elencate. Saranno sottoposti a triturazione i seguenti rifiuti: macerie EER 170904 e pavimentazioni esterne EER 170301. Il ferro e gli altri scarti metallici non verranno trattati in sito, ma conferiti ad un impianto di trattamento esterno autorizzato.

---

Le attività di cui sopra saranno responsabili dell'emissione diffusa di polveri. Ci si attende, inoltre, un'emissione di PM10 e NO2 dai motori termici delle macchine operatrici usate in cantiere nonché dal traffico indotto dal cantiere stesso.

Il presente documento ha dunque lo scopo di quantificare le emissioni di polveri diffuse associate alle attività di demolizione e alla triturazione ed inoltre le emissioni di PM10 e NOx associate alle macchine operatrici presenti in cantiere e al traffico indotto dal cantiere nelle suddette fasi (mezzi pesanti trasportanti mezzi, macerie e rifiuti in ingresso/uscita dal sito).

Sebbene le attività di demolizione e di recupero macerie avranno durata effettiva di circa 5 mesi, cautelativamente, le emissioni associate a tali attività sono state estese all'intera durata del cantiere, ossia ad un intero anno, così da poter effettuare un confronto diretto con i limiti normativi di qualità dell'aria.

L'impatto di tali emissioni sulla qualità dell'aria locale è stato valutato mediante l'applicazione dei seguenti software di calcolo:

- MMS Caline per la stima delle emissioni da traffico;
- WinDimula per la stima delle emissioni puntuali o areali associate alle attività di demolizione e triturazione.

Si tratta, in entrambi i casi, di software che implementano modelli di dispersione gaussiani a pennacchio. MMS Caline è specificatamente studiato per le sorgenti lineari, quali il traffico stradale; WinDimula per le sorgenti puntuali e areali.

## 2. DESCRIZIONE DEL CONTESTO

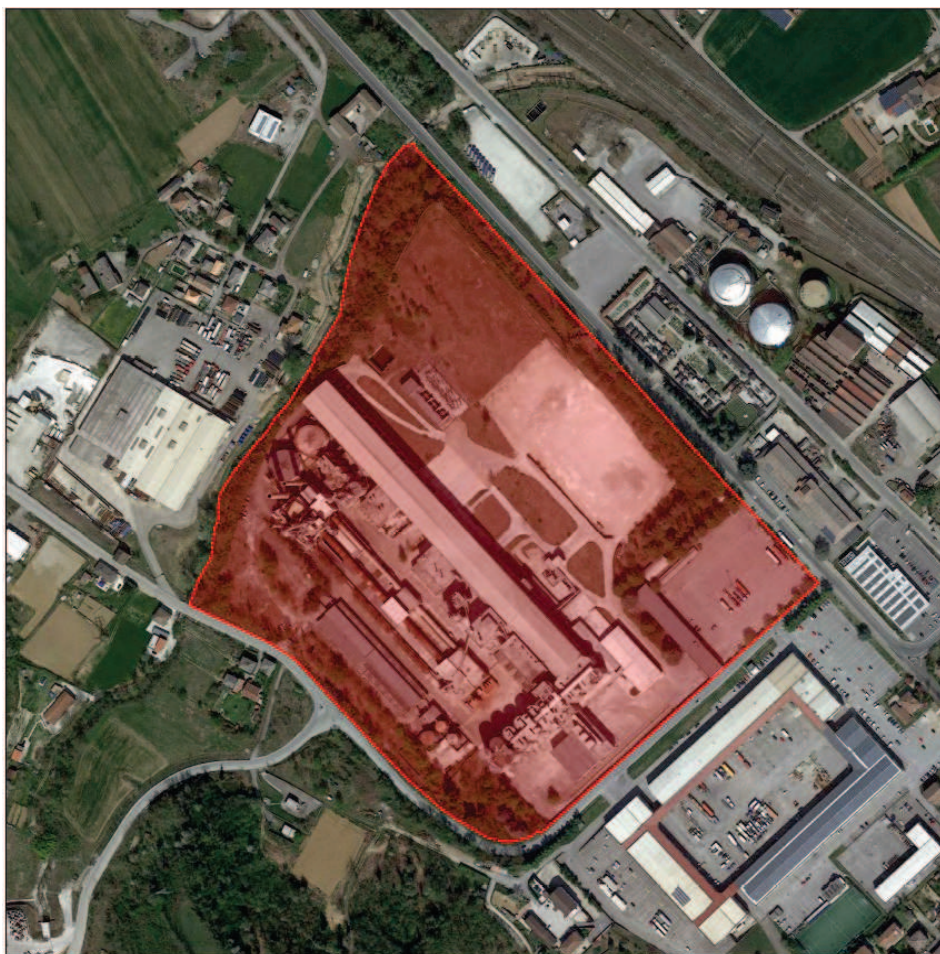
### 2.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il cantiere sarà avviato nel sito occupato dagli edifici dell'ex Sita Cementir, ad oggi interamente dismesso. Esso è ubicato a nord del comune di Arquata Scrivia (AL).

L'impianto risulta ubicato alla periferia nordovest del Comune di Arquata Scrivia, poco oltre il centro abitato, come visibile dalla foto riportata in Figura 1. Il sito confina a nord e ad ovest con un'area rurale di tipo misto con presenza di edifici residenziali, ad est è presente l'area industriale interessata da diverse infrastrutture trasportistiche, mentre sul lato sud si estende l'abitato di Arquata S. Al sito si accede tramite un piazzale collegato sia alla Via Moriassi che alla SS35.

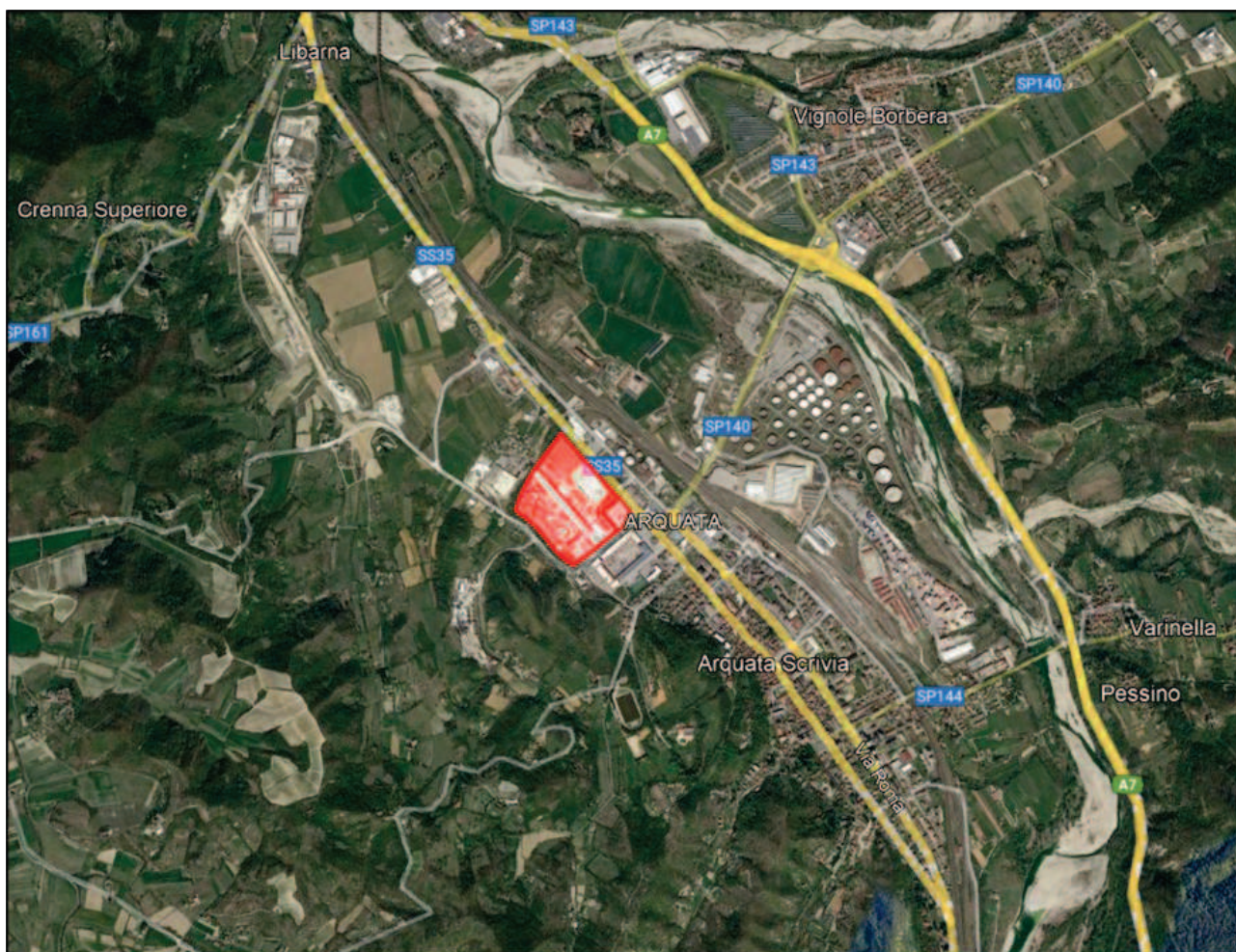
Con maggior dettaglio, all'esterno della proprietà sono presenti:

- a nord: una breve area boscata di confine, oltre la quale si individuano sia edifici a carattere industriale che residenziale;
- a ovest: confina con la via Morassi oltre sono presenti aree agricole e boschive con alcuni edifici residenziali sparsi;
- a est: il sito confina direttamente con la SS35, oltre sono presenti la Via del vapore e ancora la Linea ferroviaria Alessandria-Genova. Tra queste sono presenti alcuni edifici industriali ed il cimitero comunale;
- a sud: la via Moriassi e oltre un'area commerciale.



*Figura 1 – Ortofoto di inquadramento.*

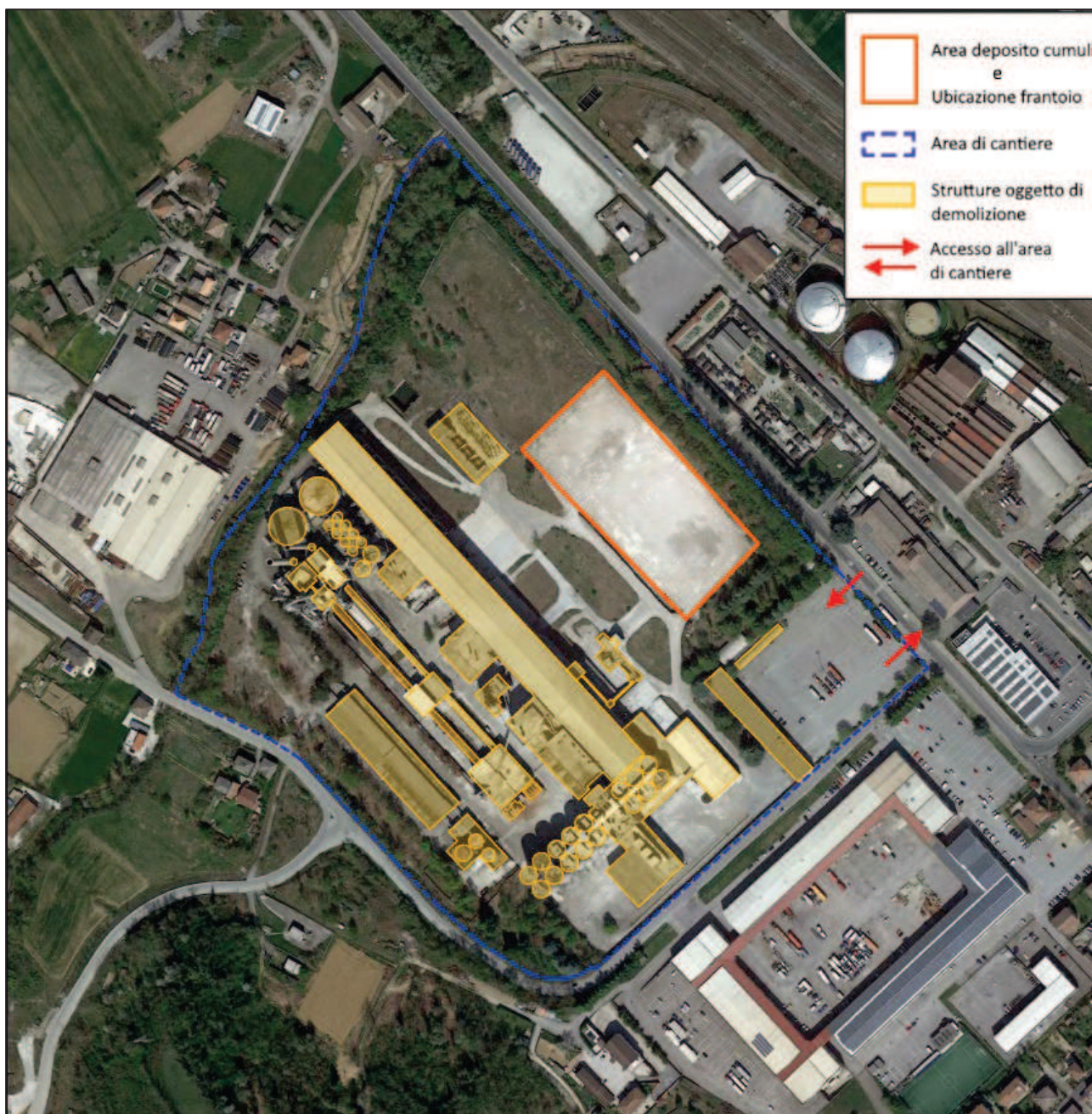




*Figura 2 – Ortofoto di inquadramento.*

Il Cantiere prevede la completa demolizione di tutte le strutture e gli edifici attualmente presenti nell'area. I cumuli derivati dalla demolizione saranno posizionati, nell'area apposita di seguito rappresentata, in maniera lineare e distinti per tipologia di materiale. Il frantoio sarà anch'esso posizionato nell'area cementata prossima all'accesso di cantiere.





*Figura 3 – Ortofoto rappresentante l'area di cantiere e relativa legenda di distinzione delle aree .*

Le caratteristiche meteo climatiche dell'area sono state definite sulla base dei dati registrati nel 2023 da ARPA Piemonte presso la stazione meteo di Arquata Scrivia, situata in via Don Minzoni Casalina a circa 300 m in direzione S/E dall'area di cantiere.

I software di calcolo utilizzati richiedono che siano fornite in input le serie annuali con passo temporale orario dei parametri elencati di seguito:

1. Classe di stabilità atmosferica (secondo Pasquill A, B, C, D, E, F+G);
2. Altezza di inversione (m);
3. Temperatura (K);
4. Velocità del vento (m/s);
5. Direzione del vento (gradi da Nord);
6. Rateo di precipitazione (mm/h);
7. Forza dell'inversione;
8. Deviazione standard sulla direzione del vento (gradi);
9. Friction velocity (m/s);
10. Lunghezza di Monin-Obuchov (m).

I parametri di interesse effettivamente misurati dalle centraline ARPA considerate sono:

1. Temperatura (°C);
2. Velocità del vento (m/s);
3. Direzione del vento (gradi da Nord);
4. Rateo di precipitazione (mm/h);
5. Radiazione Solare Globale (W/m<sup>2</sup>).

I parametri non misurati sono indirettamente determinabili a partire da quelli monitorati. In particolare, conoscendo la velocità del vento e la radiazione solare globale/netta è possibile determinare la classe di stabilità atmosferica nelle ore diurne come riportato in Tabella 1, e nelle ore notturne come riportato in Tabella 2.

Tabella 1 - Determinazione della classe di stabilità atmosferica nelle ore diurne

Vento (m/s)	Radiazione Solare Globale (W/m <sup>2</sup> )					
	> 700	700 ÷ 540	540 ÷ 400	400 ÷ 270	270 ÷ 140	< 140
< 2	A	A	B	B	C	D
2 ÷ 3	A	B	B	B	C	D
3 ÷ 4	B	B	B	C	C	D
4 ÷ 5	B	B	C	C	D	D
5 ÷ 6	C	C	C	C	D	D
> 6	C	C	D	D	D	D

Tabella 2: determinazione della classe di stabilità atmosferica nelle ore notturne

Vento (m/s)	Radiazione Netta (W/m <sup>2</sup> )		
	> -20	-20 ÷ -40	< -40
< 2	D	F	F
2 ÷ 3	D	E	F
3 ÷ 5	D	D	E
5 ÷ 6	D	D	D
> 6	D	D	D

Infine, conoscendo la classe di stabilità atmosferica è possibile determinare i parametri restanti come riportato in Tabella 3.



Tabella 3: determinazione dei parametri meteorologici in funzione della classe di stabilità atmosferica

Classe di stabilità	Altezza di inversione (m)	Deviazione standard sulla direzione del vento (° da Nord)	Friction velocity (m/s)	Lunghezza di Monin-Obuchov (m)	Forza dell'inversione
A	1500	50	0,15	-2	0
B	1500	30	0,2	-10	0
C	1000	20	0,4	-100	0
D	500	20	0,5	10000	0
E	10000	15	0,2	100	0
F+G	10000	15	0,1	10	0

È opportuno sottolineare che, per quanto riguarda le ore notturne, non essendo disponibili i dati relativi alla Radiazione Netta, si è assunta la classe di stabilità atmosferica “D”.

In Figura 3 si riporta la rosa dei venti relativa al sito di interesse. Si osserva che i venti provengono principalmente da S-SW.

I dati relativi a precipitazioni e temperature sono riportati in Figura 4. Nel 2023 il mese più piovoso è stato ottobre seguito da dicembre.

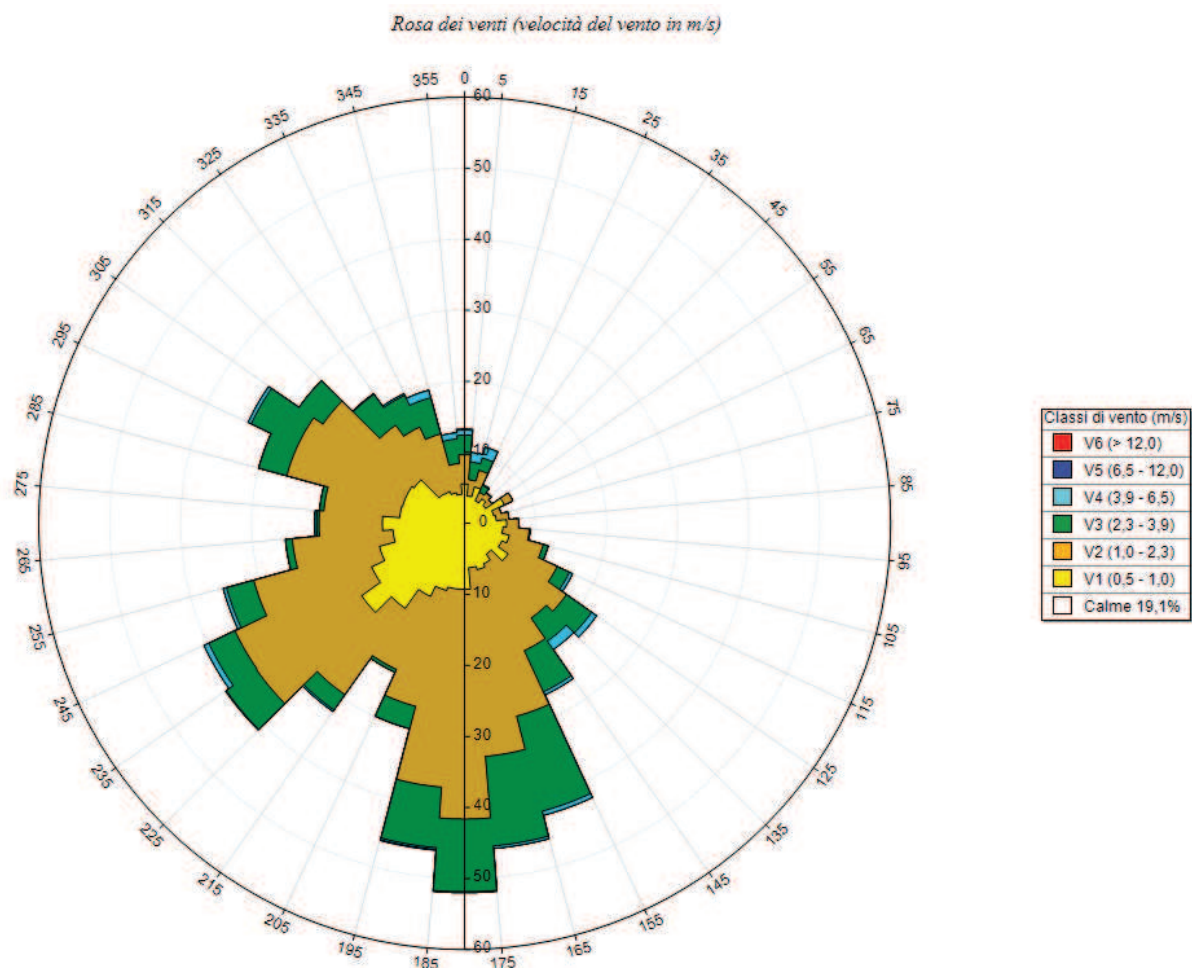
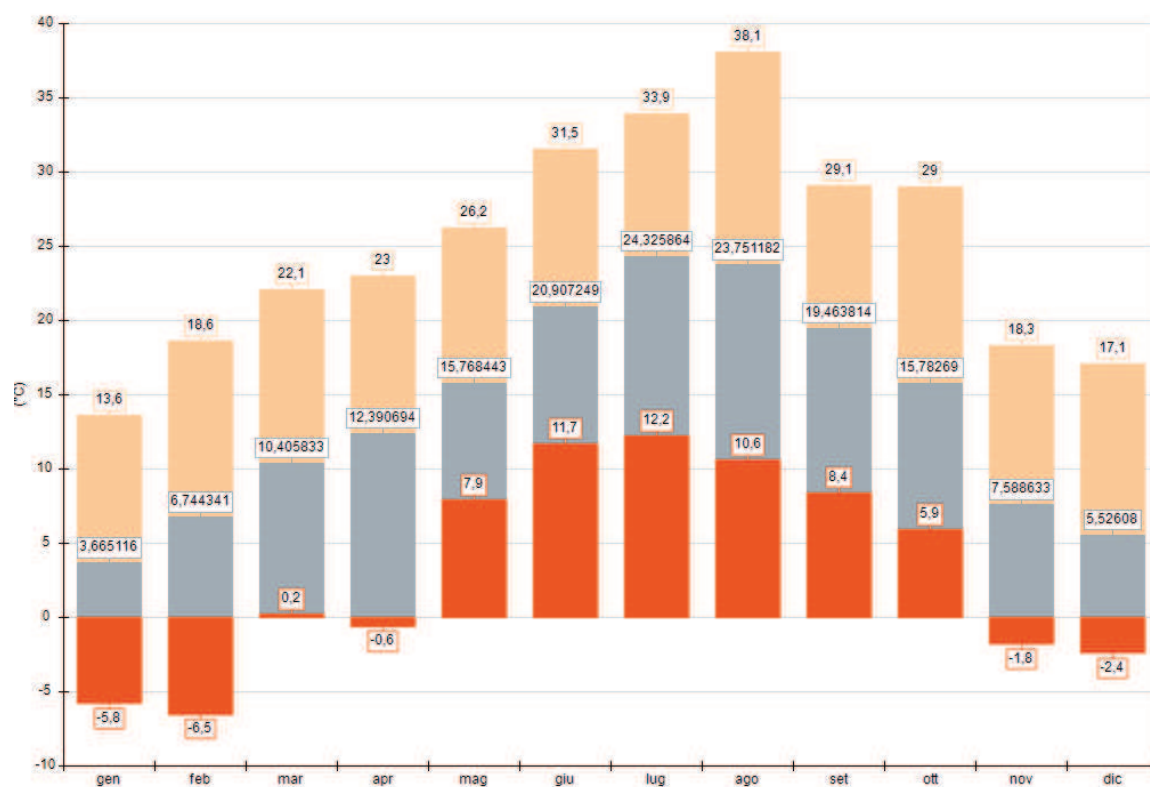


Figura 4 - Rosa dei venti annuale relativa all'area di interesse.

Temperatura minima, media massima (°C)



Precipitazione cumulata (mm/hr)

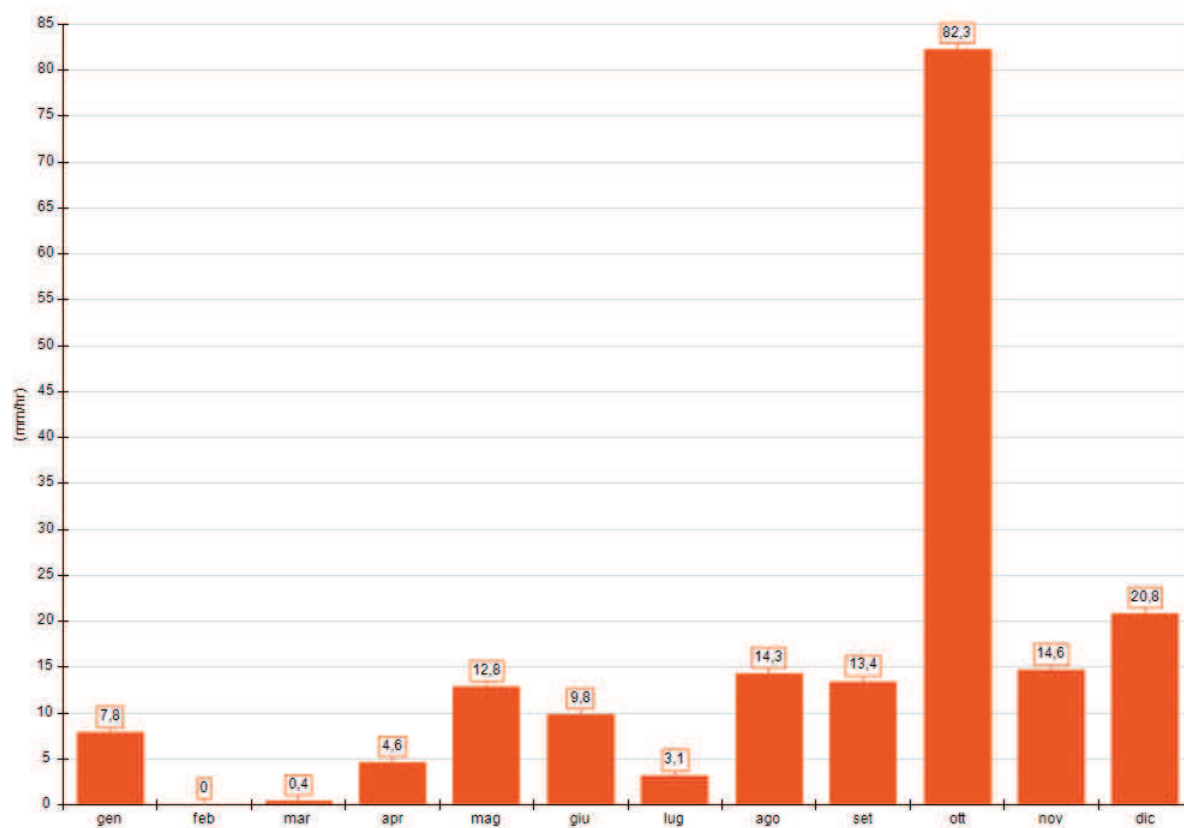


Figura 5 -Istogramma delle temperature e delle precipitazioni relativi all'area di interesse.

## 2.3

## QUALITÀ DELL'ARIA LOCALE

La centralina ARPA più vicina all'area in esame è quella di via Don Minzoni a Arquata Scrivia, dalla quale sono stati ricavati i dati relativi al PM10, presente in atmosfera. Per i dati relativi all'NO<sub>2</sub> è stato invece necessario utilizzare una seconda centralina ARPA, poiché non registrati dalla precedente. In dettaglio si è optato per la centralina di Novi Ligure in Piazza Gobetti.

In Tabella 4 si riportano le concentrazioni di PM10 e NO<sub>2</sub> rilevate dalle suddette centraline nel corso dell'anno 2023.

Tali concentrazioni sono utilizzate nel presente studio come rappresentative dei valori di fondo già presenti nell'area di interesse. Non emergono criticità per nessuno degli inquinati considerati.

Tabella 4 – Concentrazioni di inquinanti rilevate da ARPA presso il comune di Arquata e valori limite di confronto

PARTICOLATO - PM10				
Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	<b>50 µg/m<sup>3</sup></b> <b>Max 35 sup./anno</b>	Max Media giornaliera: <b>90 µg/m<sup>3</sup></b> Superamenti annui: <b>10</b>	2023
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	<b>40 µg/m<sup>3</sup></b>	Media annuale: <b>22,4 µg/m<sup>3</sup></b>	2023
BIOSSIDO DI AZOTO - NO <sub>2</sub>				
Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	<b>200 µg/m<sup>3</sup></b>	Max Media 1 h: <b>112 µg/m<sup>3</sup></b>	2023
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	<b>40 µg/m<sup>3</sup></b>	Media annuale: <b>21,12 µg/m<sup>3</sup></b>	2023



---

### **3. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA' DI CANTIERE E QUANTIFICAZIONE DELLE EMISSIONI**

#### **3.1 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ PREVISTE NELLE FASI DI DEMOLIZIONE DEL CANTIERE**

Il cantiere prevede la demolizione di tutte le strutture attualmente presenti all'interno dell'area.

Il cantiere avrà durata complessiva di un anno e sarà articolato nelle seguenti macro-fasi:

- allestimento del cantiere
- attività di demolizione e recupero macerie in situ
- pulizia del cantiere.

Ai fini del presente studio, si ritiene di interesse la sola fase centrale del cantiere, ossia quella di demolizione e recupero macerie, in quanto potenzialmente capace di generare significative emissioni di inquinanti in atmosfera. Di seguito si riporta un elenco delle attività che saranno svolte in tale fase:

##### **1. Demolizione di strutture e fabbricati in c.a.:**

- Attività di demolizione eseguite con mezzi meccanici, di strutture o interi fabbricati in cemento armato, alternate a operazioni di piccola demolizione manuale e raccolta, cernita e trasporto dei detriti.

##### **2. Demolizione di strutture e fabbricati in muratura:**

- Attività di demolizione eseguite con mezzi meccanici, di strutture o interi fabbricati in muratura, alternate a operazioni di piccola demolizione manuale e raccolta, cernita e trasporto dei detriti.

##### **3. Demolizione di strutture e fabbricati in acciaio:**

- Attività di demolizione eseguite con mezzi meccanici, di strutture o interi fabbricati acciaio, alternate a operazioni di piccola demolizione manuale e raccolta, cernita e trasporto del materiale derivato dalle operazioni.

##### **4. Demolizione di solai in legno:**

- Attività di demolizione di solai in legno interni agli edifici eseguite manualmente alternate ad attività di raccolta, cernita e trasporto del materiale derivato dalle operazioni.

Le attività di demolizione sopra riportate produrranno macerie e materiale di risulta per un quantitativo stimato come segue:

- macerie di pavimentazioni esterne EER 170301 circa 5800 mc;
- macerie EER 170904 circa 80.000 mc;
- ferro EER 170504 circa 12.000 tonn.

Il materiale demolito verrà costantemente raccolto con l'ausilio di una benna e accatastato in cumuli suddividendolo per tipologia di rifiuto.

Di questi rifiuti di demolizione, quelli caratterizzati da codice EER 170301 e EER 170904 saranno appositamente trattati attraverso una campagna di triturazione in sito, svolta con un frantoio di ultima generazione, classe Tier3. Mentre, per quanto riguarda gli scarti metallici, definiti come EER 170504, non si prevede il trattamento

in sito, ma sarà conferito ad impianto esterno autorizzato. Il materiale frantumato sarà a sua volta accatastato in più cumuli nell'area di stoccaggio in modo separato, in attesa delle analisi di laboratorio che ne attestino lo status di EoW.

La campagna di triturazione avverrà in maniera pressoché contemporanea alle attività di demolizione

Sulla base delle informazioni fornite dal progettista, si ritiene che le attività di cui sopra avranno durata complessiva di circa 5 mesi. Ai fini modellistici, le emissioni polverulente associate alla fase di demolizione e recupero macerie sono estese all'intera durata del cantiere, ossia all'anno solare, così da poter effettuare un confronto diretto con i limiti di legge. Si precisa che si tratta di un'assunzione estremamente cautelativa, in quanto le fasi di allestimento del cantiere e pulizia finale determineranno emissioni di inquinanti modeste, associate esclusivamente al traffico indotto.

### 3.2 **QUANTIFICAZIONE DELLE EMISSIONI DI POLVERI E NO<sub>2</sub> DA ATTIVITÀ DI DEMOLIZIONE E DA CAMPAGNA DI RECUPERO INERTI**

Le attività di demolizione precedentemente elencate, in particolare le demolizioni di edifici in cemento armato e muratura, e la campagna mobile di triturazioni inerti comporteranno inevitabilmente l'emissione diffusa di polveri.

Per la stima di tali emissioni si fa riferimento alle linee guida emesse da ARPA Toscana "Linee guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti".

Tali linee guida riprendono dati e modelli dell'US-EPA contenuti nel documento AP-42 "Compilation of air pollutant emission factors"; in particolare fanno riferimento alle seguenti operazioni su materiali polverulenti:

- processi relativi alle attività di frantumazione e macinazione del materiale e all'attività di agglomerazione del materiale (attività AP-42.11.19.2)
- scotico e sbancamento del materiale superficiale (attività AP-42 13.2.3)
- formazione e stoccaggio di cumuli (attività AP-42 13.2.4)
- erosione del vento dei cumuli (attività AP-42 13.2.5)
- transito di mezzi su strade non asfaltate (attività AP-42 13.2.2)
- utilizzo di mine e esplosivi (attività AP-42 11.9).

Per ognuna delle macro-attività sopra elencate vengono identificate specifiche operazioni, identificate dal codice SCC, caratterizzate ciascuna dal proprio fattore di emissione.

Nel caso specifico, le attività condotte in cantiere che potranno dar luogo all'emissione di polveri di natura diffusa sono:

#### **1. Demolizione di strutture e fabbricati in c.a. e muratura:**

- Abbattimento delle strutture e con l'ausilio di macchine e attrezzature meccaniche (associata alla frantumazione primaria);
- Demolizione per fresatura delle pavimentazioni esterne (associata alla frantumazione terziaria);
- Attività di movimentazione delle macerie al suolo verso l'area di stoccaggio (carico su camion interni, trasporto all'area di stoccaggio, scarico da camion interni);
- Erosione dei cumuli di macerie in fase di stoccaggio.

## 2. Campagna di triturazione:

- Scarico delle macerie nella tramoggia con benna;
- Attività di frantumazione e macinazione (frantumazione secondaria a pezzatura di 63mm svolta con frantoio)
- Attività di movimentazione del materiale in uscita frantoio con nastro trasportatore coperto e scarico a terra con formazione di cumuli;
- Erosione dei cumuli di materiale fine in fase di stoccaggio.

*Le attività di demolizione delle strutture e dei fabbricati in acciaio e dei solai in legno non sono ritenute sorgenti emissive di polveri in atmosfera. Le stesse infatti saranno prevalentemente svolte manualmente, sostanzialmente per attività di disassemblaggio delle strutture o rimozione delle coperture ed inoltre riguardano materiali per natura non polverulenti e pertanto ragionevolmente non significativi dal punto di vista emissivo.*

### 3.2.1 Emissione diffusa di polveri da attività di demolizione di strutture, fabbricati e pavimentazioni

Nel presente capitolo si quantifica l'emissione diffusa di polvere dalle attività di demolizione delle strutture in cemento armato, dei fabbricati e delle pavimentazioni.

La valutazione si limita alla frazione del particolato identificata come PM10, in quanto ritenuta quella di maggiore interesse sia per la qualità dell'aria che per la salute umana.

#### ➤ Abbattimento delle strutture in c.a. e muratura con l'ausilio di macchine e attrezzature meccaniche (associata alla frantumazione primaria)

Si ritiene che tra le differenti attività di demolizione previste, quella di demolizione delle strutture di c.a. sia la più critica. Pertanto l'emissione di seguito calcolata, riferita alle strutture in c.a., è attribuita alla totalità delle macerie previste derivanti dalle attività di demolizione.

Sulla base delle indicazioni dei committenti, si assume una capacità di demolizione di 75 mc/h.

Le linee guida ARPA Toscana non definiscono un fattore di emissione specifico per l'attività di demolizione di strutture in c.a.. Nel presente studio tale attività è cautelativamente associata all'attività SCC 3-05-020-01 frantumazione primaria (primary crushing), per la quale è riportato un FE pari a  $3,7 \cdot 10^{-4}$  kg di PM10 per tonnellata di macerie prodotte.

Per la stima delle emissioni è utilizzata la seguente espressione (AP-42 11.19.2):

$$E_i(t) = \sum_l AD_l(t) * EF_{i,l,m}(t)$$

con

i = particolato

l = processo

m = controllo

t = periodo di tempo, durata (ora, mese, anno)

$E_i$  = rateo emissivo (kg/h) dell'i-esimo tipo di particolato

$AD_l$  = attività relativa all'l-esimo processo (ad es. materiale lavorato /h).

$EF_{i,l,m}$  = fattore di emissione



---

Assumendo, per il caso in esame, i seguenti valori:

$i = \text{PM}_{10}$

$l = \text{frantumazione primaria 75-300mm;}$

$m = \text{bagnatura con acqua;}$

$t = 1\text{h;}$

$AD_l = 75 \text{ m}^3/\text{h} = 180 \text{ Mg/h;}$

$EF_{i,l,m} = 3.7\text{E-}04 \text{ kg/Mg}$

L'emissione oraria ( $E_i$ ) di  $\text{PM}_{10}$  associata a tale attività risulta, comprensiva dell'abbattimento dovuto alle mitigazioni previste, pari a **66,6 g/h**.

➤ **Movimentazione delle macerie derivanti dalla demolizione degli edifici verso l'area di stoccaggio (carico su camion interni, trasporto all'area di stoccaggio, scarico da camion interni)**

Le macerie derivanti dall'attività di demolizione saranno raccolte dal luogo di demolizione con l'ausilio di pale gommate, caricate su camion e trasportate nell'area di stoccaggio. Si ipotizza di utilizzare per i trasporti interni un dumper con capacità di carico da 18 t.

L'operazione di caricamento delle macerie grossolane, derivante dall'attività di demolizione dei fabbricati, viene assimilata e modellizzata come attività SCC 3-05-020-32 Truck loading-conveyor, crushed stone, la quale risulta caratterizzata da un fattore di emissione pari a  $5\text{E} \cdot 10^{-5} \text{ kg/Mg}$ .

La quantità di macerie prodotte dalla demolizione è stimata in 180 Mg/h, ne deriva un'emissione di polveri in fase di caricamento del dumper pari a **9,0 g/h di  $\text{PM}_{10}$** .

Tenendo conto della configurazione dell'area di cantiere, si stima che per raggiungere l'area di stoccaggio i mezzi dovranno percorrere mediamente 150 m di piste di cantiere non asfaltate, causando potenziale sollevamento di polveri.

L'emissione di  $\text{PM}_{10}$  dalla movimentazione di mezzi su strade non asfaltate viene quantificata, come descritto nel capitolo 13.2.2 Unpaved roads dell'AP-42, secondo la formula:

$$FE \left( \frac{kg}{km} \right) = 0.423 * \left( \frac{s}{12} \right)^{0,9} * \left( \frac{W}{3} \right)^{0,45}$$

con:

$s = \text{contenuto di limo nel suolo (\%)}$

$W = \text{peso medio del veicolo (t)}$ .

Relativamente al contenuto di limo nel terreno si fa riferimento a quanto indicato nella Carta dei suoli e derivate del GEO-SERVIZIO WMS della Regione Piemonte. La quale indica per l'area U0915 classe di tessitura S (Franco-Argilloso).

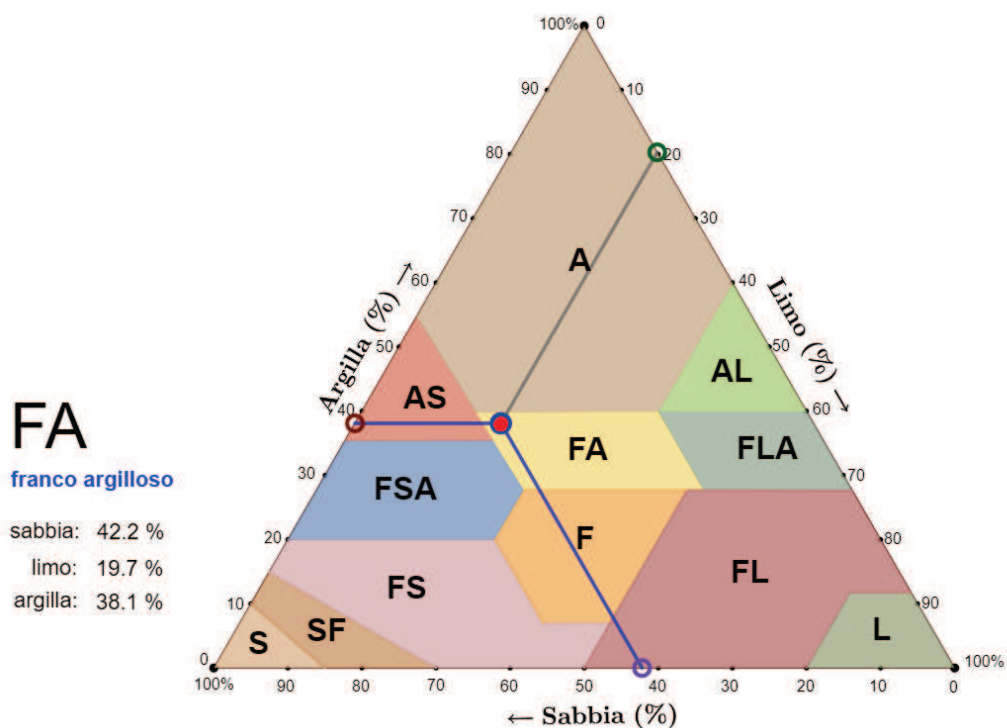


Figura 6 -Grafico di calcolo della composizione tessiturale dei suoli.

Di conseguenza ai fini del calcolo si assume che il materiale che costituirà le piste di cantiere abbia un contenuto di limo del 20%.

Considerando che l'autocarro ha mediamente un peso di 15 t a vuoto e può portare un carico di 18 t, ne deriva un peso medio del veicolo durante il trasporto (andata/ritorno) di 24 t. Il FE risulta pari a **1,707 kgPM10/km** percorso.

Considerando che in un'ora si accumulano 180 t di macerie, ne deriva che saranno necessari circa 10 viaggi/ora per trasportare tutto il materiale derivato dalle demolizioni delle strutture in c.a. e muratura all'area di stoccaggio.

Ogni viaggio è lungo complessivamente 300 m (150 di andata e 150 di ritorno), dunque in un'ora il mezzo percorre circa 3,0 km. Di tale superficie percorsa almeno la metà è costituita da pavimentazione cementizia o asfalto, di conseguenza non rientra nel computo.

A seguito dei dati sopra riportati, l'emissione di PM10 in fase di trasporto risulta pari a **2.560 g/h**.

Le linee guida ARPA Toscana forniscono un fattore di attenuazione dell'emissione diffusa di polveri pari al 75% qualora le piste siano mantenute bagnate. Al fine di contenere le emissioni diffuse di polvere durante il cantiere, le piste saranno mantenute bagnate. In tale condizione operativa, l'emissione diffusa di polveri dalla fase di trasporto si riduce a **640 g/h**.

Una volta raggiunta l'area di stoccaggio, il mezzo scaricherà il proprio contenuto al suolo. Tale operazione di scarico viene descritta tramite l'attività SCC 3-05-020-31 *Truck unloading-fragmented stone*, la quale risulta caratterizzata da un FE di  $8E \cdot 10^{-6}$  kg/Mg.

Ogni ora verranno scaricate circa 180 t di macerie, per un'emissione diffusa di PM10 stimata in **1,44 g/h**.

### ➤ Erosione dei cumuli delle macerie in stoccaggio

Si assume che il totale degli scarichi di macerie, effettuati in un'ora di lavoro vadano nel complesso a costituire un cumulo. I cumuli avranno dunque un volume massimo di  $75 \text{ m}^3$  per 180 t di macerie (peso specifico medio del cemento attribuito alle macerie di demolizione =  $2,4 \text{ t/m}^3$ ).

A fine del calcolo si ipotizza di realizzare cumuli ideali di forma conica con altezza pari a 3 m e raggio di 4,88m da cui si ricava superficie laterale pari a  $87,6 \text{ m}^2$ .

L'azione del vento può portare all'emissione di polveri diffuse, soprattutto nelle prime fasi di formazione del cumulo, nonostante le caratteristiche fisiche del materiale in oggetto non siano prettamente polverulente. Tale emissione risulta proporzionale alla superficie esposta con un fattore di emissione, espresso per unità di superficie, che dipende dalla forma del cumulo, secondo il modello riportato al capitolo 13.2.5 *Industrial wind erosion* dell'AP-42.

Si definiscono cumuli alti i cumuli in cui il rapporto altezza/diametro della base è superiore a 0,2 e cumuli bassi quelli per cui tale rapporto risulta inferiore o uguale a 0,2. Il FE del PM10 per i cumuli bassi risulta pari a  $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ kg/m}^2$  e quello per i cumuli alti a  $7,9 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^2$  (fattori di emissione rielaborati da ARPA Toscana tenendo conto delle velocità medie del vento italiane).

Nel caso specifico, si assume che ogni ora venga realizzato 1 cumulo alto, avente una superficie laterale di  $87,6 \text{ m}^2$  ciascuno. Da esso deriva un'emissione di polveri a causa dell'erosione pari a **0,69g/h**.

### ➤ Emissione diffusa di polveri da attività di demolizione per fresatura delle pavimentazioni esterne

Come per il paragrafo precedente si è proceduto al calcolo delle emissioni prodotte da questa specifica attività, ovvero la fresatura della pavimentazione in cemento, stimata in un totale di  $5.800 \text{ m}^3$ . Per il presente studio, tale attività è stata cautelativamente associata all'attività SCC 3-05-020-03 *frantumazione terziaria (tertiary crushing)*, la quale presenta un FE pari a  $2,7 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$  di PM10 per tonnellata di materiale asportato.

Per la stima delle emissioni è utilizzata l'espressione già descritta precedentemente e sono assunti, per il caso in esame, i seguenti valori:

$i = \text{PM}_{10}$

$l = \text{frantumazione terziaria } 5\text{-}25\text{mm}$ ;

$m = \text{bagnatura con acqua}$ ;

$t = 1\text{h}$ ;

$AD_l = 18 \text{ m}^3/\text{h} = 47 \text{ Mg/h}$  (capacità media oraria di fresatura indicata dal committente);

$EF_{i,l,m} = 2,7 \cdot 10^{-4} \text{ kg/Mg}$

L'emissione oraria ( $E_i$ ) di PM10 associata a tale attività risulta pari a **12,69 g/h**.

L'area di estensione delle pavimentazioni da demolire è di  $40.000 \text{ m}^2$  con una capacità media stimata di demolizione in  $1.000 \text{ m}^2$  giorno, di conseguenza, al fine di considerare la contemporaneità dell'emissione con le altre attività svolte si è modellizzata la lavorazione nelle aree non interferenti con le stesse.



➤ **Emissione complessiva di PM10 da attività di Demolizione di strutture, fabbricati e pavimentazioni**

La attività di demolizione previste nel sito, con i relativi movimenti di macerie e la formazione dei cumuli, comporterà complessivamente un'emissione oraria di 730,42 g/h di PM10, come emerge dalla Tabella 5.

Si assume che tale emissione sia continuativa per 8 ore/giorno e per tutta la durata del cantiere, nonostante le attività non abbiano tutte carattere continuativo. L'attività di demolizione delle pavimentazioni, in particolare, avrà durata di un solo giorno. Per tale motivo si è ritenuto sufficientemente cautelativo quantificare per tale attività la sola emissione di polveri dalla fresatura, trascurando gli impatti del trasporto del fresato nell'area di stoccaggio.

*Tabella 5 – Emissione complessiva di PM10 da attività di demolizione.*

sorgente emissiva	Tipologia di emissione	Durata emissioni		Frequenza nelle 8 ore	emissione di PM10(g/h)
		Giorni	[h/d]		
Abbattimento delle strutture in c.a. e muratura	emissione diffusa passiva	138	8	Continua	66,60
Demolizione per fresatura delle pavimentazioni esterne	emissione diffusa passiva	1	8	Continua	12,69
Carico macerie su camion interni	emissione diffusa passiva	138	8	discontinua	9,0
Trasporto delle macerie con autocarro	emissione diffusa passiva	138	8	discontinua	640
Scarico macerie da autocarro	emissione diffusa passiva	138	8	discontinua	1,44
Erosione dei cumuli di macerie	emissione diffusa passiva	150	8	Continua	0,69
Emissione Totale					730,42

3.2.2

*Emissione diffusa di polveri da attività di frantumazione e macinazione*

L'attività consiste nell'inserimento di macerie a varie pezzature nella tramoggia di un frantoio con riduzione delle stesse alla frazione di 63mm e successivo scarico a terra tramite nastro trasportatore, con relativa formazione di cumuli.

Il frantoio previsto è il POWERSCREEN PREMIERTRAK 400X

Lo stesso sarà dotato di appositi sistemi di mitigazione delle emissioni quali sponde laterali per la tramoggia, copertura del nastro trasportatore e dispositivo di nebulizzazione integrato. In aggiunta si prevede l'ausilio di cannon-fog per l'ulteriore abbattimento delle emissioni.

Per il calcolo delle emissioni prodotte da questa specifica attività sono state sommate le emissioni derivate da tre differenti azioni previste dalla metodologia US-EPISA, ovvero:

- 1) Scarico delle macerie nella tramoggia con benna;
- 2) frantumazione secondaria;

- 3) Trasporto/scarico delle macerie da nastro trasportatore a terra a formare i cumuli di materiale frantumato;
- 4) Erosione dei cumuli di prodotto triturato ad opera del vento.



Figura 7 – descrizione delle attività concernenti la triturazione con frantoio.

➤ **Scarico delle macerie nella tramoggia con benna (scarico materiale alla tramoggia SCC 3-05-020-31)**

L'operazione di scarico delle macerie umide nella tramoggia con l'ausilio di benna è assimilata e modellizzata come attività SCC 3-05-020-31 *Bulk Loading*, la quale risulta caratterizzata da un fattore di emissione pari a  $8 \cdot 10^{-6}$  kg/Mg.

Al fine di ottenere la pezzatura desiderata di 63mm, la potenzialità di utilizzo del frantoio sarà di circa 160 ton/h, ne deriva un'emissione di polveri in fase di scarico in tramoggia pari a **1,28 g/h di PM10**.

➤ **Attività di frantumazione e macinazione (frantumazione secondaria a pezzatura di 63mm svolta con frantoio SCC 3-05-020-02)**

La triturazione con frantoio delle macerie precedentemente collocate nella tramoggia è stata associata all'attività SCC 3-05-020-02 *frantumazione secondaria (secondary crushing)*, con fattore di emissione pari a  $3,7 \cdot 10^{-4}$  kg di PM10 per tonnellata di materiale fresato.

Per la stima delle emissioni è utilizzata la seguente espressione già descritta precedentemente e sono assunti, per il caso in esame, i seguenti valori:

$$E_i(t) = \sum_l AD_l(t) * EF_{i,l,m}(t)$$

i = PM<sub>10</sub>

l = frantumazione secondaria 25-100mm;

m = bagnatura prevista in fase di triturazione;

t = 1h;

AD<sub>l</sub> = 66,6 m<sup>3</sup>/h = 160 Mg/h (potenzialità prevista del frantoio, dato fornito dal committente);

EF<sub>i,l,m</sub> = 0,00037 kg/Mg

L'emissione oraria (E<sub>i</sub>) di PM10 associata a tale attività risulta, comprensiva dell'abbattimento dovuto alle mitigazioni previste, pari a **59,2 g/h**.

---

➤ **Trasporto/Scarico delle macerie da nastro trasportatore a terra a formare i cumuli di materiale frantumato**

Il prodotto dell'attività di triturazione delle macerie sarà raccolto in cumuli lasciandolo cadere direttamente al suolo, essendo il nastro trasportatore in grado di raggiungere differenti altezze grazie ai pistoni idraulici dedicati ed inoltre il frantoio è dotato di cingoli pertanto sarà lo stesso a posizionarsi in modo tale da disporre i cumuli in maniera ordinata nell'area prevista.

L'operazione di scarico del prodotto umido tramite nastro trasportatore viene modellizzata come attività SCC 3-05-020-06 Nastro trasportatore - *conveyor transert point*, la quale risulta caratterizzata da un fattore di emissione pari a  $2,3 \cdot 10^{-5}$  kg/Mg.

La quantità di prodotto trattato ogni ora è pari a 160 t, ne deriva un'emissione di polveri in scarico trasporto e scarico dal nastro trasportatore pari a **3,68 g/h** di PM10.

➤ **Erosione dei cumuli delle macerie in stoccaggio**

Si assume che il materiale lavorato in un'ora vada a creare un cumulo in stoccaggio. Di conseguenza ciascun cumulo avrà volume di circa 66,6 m<sup>3</sup>, compatibile con la capacità produttiva del macchinario prevista durante le attività di cantiere.

A fine del calcolo si ipotizza di realizzare cumuli ideali di forma conica con altezza pari a 2 m e raggio di 5,6m da cui si ricava una superficie laterale pari a circa 104 m<sup>2</sup>.

L'azione del vento può portare all'emissione di polveri diffuse, soprattutto nelle prime fasi di formazione del cumulo. Tale emissione risulta proporzionale alla superficie esposta con un fattore di emissione, espresso per unità di superficie, che dipende dalla forma del cumulo, secondo il modello riportato al capitolo 13.2.5 *Industrial wind erosion* dell'AP-42.

Si definiscono cumuli alti i cumuli in cui il rapporto altezza/diametro della base è superiore a 0,2 e cumuli bassi quelli per cui tale rapporto risulta inferiore o uguale a 0,2. Il FE del PM10 per i cumuli bassi risulta pari a  $2,5 \cdot 10^{-4}$  kg/m<sup>2</sup> e quello per i cumuli alti a  $7,9 \cdot 10^{-6}$  kg/m<sup>2</sup> (fattori di emissione rielaborati da ARPA Toscana tenendo conto delle velocità medie del vento italiane).

Nel caso specifico, si assume che ogni ora venga realizzato 1 cumulo alto, avente una superficie laterale di 104 m<sup>2</sup> ciascuno. Da esso deriva un'emissione di polveri a causa dell'erosione pari a **0,82g/h**.

➤ **Emissione complessiva di PM10 da attività di frantumazione e macinazione**

La campagna di triturazione delle macerie di demolizione prevista nel sito, con la relativa formazione dei cumuli, comporterà complessivamente un'emissione oraria di 64,98 g/h di PM10, come emerge da Tabella 6. Si assume che tale emissione sia continuativa per 8 ore/giorno e per tutta la durata del cantiere nonostante le attività non abbiano tutte carattere continuativo.

Tabella 6 – Emissione complessiva di PM10 da attività di frantumazione e macinazione.

sorgente emissiva	Tipologia di emissione	Durata emissioni		Frequenza nelle 8 ore	emissione di PM10(g/h)
		Giorni	[h/d]		
Scarico delle macerie nella tramoggia con benna	emissione diffusa passiva	150	8	Continua	1,28
Frantumazione e macinazione	emissione diffusa passiva	150	8	Continua	59,2
Trasporto/Scarico delle macerie con nastro trasportatore	emissione diffusa passiva	150	8	Continua	3,68
Erosione dei cumuli di macerie	emissione diffusa passiva	150	8	Continua	0,82
<b>Emissione Totale</b>					<b>64,98</b>

### 3.2.3

#### *Emissione di PM10 e NOx dai mezzi di cantiere*

Oltre alle emissioni diffuse di polveri dalle attività precedentemente descritte, si considera l'emissione di PM10 e NO2 dai messi d'opera usati in cantiere.

Dai dati forniti dalla committente si prevede che in cantiere, per la fase di demolizione e per la campagna di triturazione, saranno operativi in modalità discontinua i seguenti mezzi:

Tabella 7 – Totalità dei mezzi presenti in cantiere per le fasi di demolizione e triturazione.

Mezzo	Marca	Modello	Norma
Escavatore cingolato	Volvo	EC350ENL	STAGE 5
Escavatore da demolizione	Kobelco	SK400D LC	EU STAGE 5
Escavatore da demolizione	KOMTASU	PC490 HRD	STAGE 5
Miniescavatore	Yanmar	VIO80-1A-2PB	STAGE 5
Autocarro	Iveco	T-WAY 510	EURO 6E
Autocarro	Iveco	Magirus 410	EURO 5
Frantoio	Powerscreen	PREMIERTRAK	STAGE 5

Tali mezzi non saranno tutti attivi contemporaneamente pertanto si è optato per selezionare tra di essi un mezzo per categoria, scegliendo di ognuna quello con i fattori di emissione più gravosi.

- Autocarro Iveco Magirus 410;
- Escavatore cingolato Volvo;
- Escavatore da demolizione Komatsu;
- Frantoio Powerscreen.

Tali mezzi saranno considerati responsabili dell'emissione di PM10 e NOx.

Per la quantificazione delle emissioni prodotte dall'autocarro è stato utilizzato il fattore di emissione INEMAR relativo ai mezzi pesanti > 3.5ton nelle strade urbane. (PM10 0,233994 mg/veicolo/km - NOx 5,983813 mg/veicolo/km).



Mentre per gli altri mezzi di cantiere, l'emissione è stata quantificata con riferimento ai limiti di emissione previsti dal Regolamento Europeo 2016/1628 per i motori termici delle macchine non stradali.

I suddetti mezzi rientrano tutti nella categoria NRE e Fase V di conseguenza in relazione alla potenza del motore espressa in kW, ricavata dalle schede tecniche di macchinari, si definiscono i parametri emissivi di seguito riportati:

Tabella 8 – Fattori di emissione dei mezzi ritenuti attivi contemporaneamente e rispettivi valori di emissione oraria ( $PM_{10}$  e  $NO_x$ ).

Mezzo	Potenza kW	F.E. $PM_{10}^*$ g/kWh	Emissione $PM_{10}^*$ g/kWh	F.E. $NO_x$ g/kWh	Emissione $NO_x$ g/kWh
Escavatore cingolato Volvo	219	0,015	3,285	0,40	87,6
Escavatore da demolizione Komatsu	270	0,015	4,05	0,40	108,0
Frantoio Powerscreen	230	0,015	3,45	0,40	92,0

\* Il F.E. del particolato totale è assunto cautelativamente come fosse tutto  $PM_{10}$ .

Dalla tabella sopra riportata si ricava che in un'ora continua di attività, tali mezzi emetteranno complessivamente 10,78 g di  $PM_{10}$  e 287,6 g di  $NO_x$ . A tale valore andrà sommata l'emissione dell'autocarro pari a  $7 \times 10^{-4}$  g di  $PM_{10}$  e 0,017g di  $NO_x$ .

Tale emissione viene considerata alla stregua di un'emissione diffusa areale, in quanto i mezzi saranno in movimento all'interno dell'area di cantiere.

### 3.2.4

#### *Emissioni diffuse nella condizione più critica di cantiere.*

Nell'ipotesi concreta che le attività di demolizione e triturazione delle macerie si svolgano in modo contemporaneo e non in successione, si ritiene che l'emissione complessiva di polveri nella fase più gravosa del cantiere sia pari alla somma delle emissioni associate alle attività di demolizione e delle emissioni associate alla triturazione delle macerie.

L'impatto della qualità dell'aria verrà dunque valutato con riferimento a tale condizione di contemporaneità delle attività. In Tabella 9 si riassumono le emissioni considerate per la fase di cantiere cumulativa.

Si ritiene che tali sorgenti saranno attive continuativamente circa 8 ore al giorno, sebbene nella realtà si tratti di attività che non saranno svolte in modalità costante e necessariamente contemporanea.

Inoltre, cautelativamente si assume che tali attività sia eseguite in modalità continuativa per tutta la durata del cantiere, incluse le fasi di preparazione delle aree di cantiere, allestimento apprestamenti del cantiere e impianti di servizio, rimozione di strutture e parti amovibili, dismissione amianto, smobilizzo del cantiere, sebbene nella realtà avranno durata di 5 mesi.

Si tratta di un approccio notevolmente conservativo, in quanto l'impatto sulla qualità dell'aria del cantiere sarà sicuramente più elevato nel momento in cui saranno effettivamente svolte le attività valutate e non per la totalità della durata del cantiere.

Tabella 9 – Sunto delle emissioni previste per il cantiere nella fase critica (cumulativa).

Attività	Tipologia di emissione	Durata emissioni [h/d]	Frequenza nelle 8 ore	Tipo di sostanza inquinante	portata di inquinante (g/h)
Demolizione	emissione diffusa passiva	8	Continua	PM <sub>10</sub>	730,42
Frantumazione e macinazione	emissione diffusa passiva	8	Continua	PM <sub>10</sub>	64,98
Mezzi d'opera	emissione diffusa passiva	8	Continua	PM <sub>10</sub>	10,8
				NO <sub>x</sub>	287,7

### 3.3 QUANTIFICAZIONE DEL TRAFFICO INDOTTO

Il traffico veicolare indotto dalla realizzazione della nuova attività è stato stimato dallo studio Logit Engineering, sulla base delle indicazioni del committente.

Ad oggi è previsto il solo allontanamento dal sito del ferro EER 170504 con 2 viaggi/giorno effettuati con autocarro >35t e l'accesso di mezzi per la consegna di macchine e mezzi d'opera oltre che le attrezzature necessarie alle lavorazioni. Oltre a ciò si prevede l'accesso quotidiano dei lavoratori.

L'accesso dei bilici al cantiere si svolgerà nell'arco di circa 6 ore giorno dalla Via Serravalle.

Il traffico indotto pesante transiterà lungo la Via Serravalle per pochi metri imboccando la SP140 -Via Gramsci in direzione della vicina autostrada A7-E70, mentre il traffico leggero circolerà sia lungo la Via Serravalle che lungo la SS35-Via del Vapore.

Per maggiori dettagli relativamente alla valutazione e alla ripartizione del traffico si rimanda allo studio sul traffico condotto dalla società Logit Engineering relativamente al sito in esame e ai dati osservabili nelle tavole all'ALLEGATO B.

In Tabella 10, si riporta la stima dei veicoli indotti transitanti complessivamente nei tratti stradali di interesse a seguito del cantiere in oggetto. I dati fanno riferimento all'orario più critico, identificato tra le 17:15 e le 18:15.

Tabella 10 – Stima del traffico indotto dal cantiere nell'orario di punta (veicoli/ora).

Tratto stradale	Indotto autovetture	Indotto veicoli commerciali pesanti
SP140 – Via Gramsci	1	2
SS35 – Via del Vapore	1	0
Via Serravalle T-nord	2	0
Via Serravalle T-sud	1	0

Le caratteristiche delle strade coinvolte dal traffico indotto dal cantiere sono riportate in allegato.



Figura 8 – Viabilità interessata dal traffico indotto dal cantiere. In rosso il perimetro del cantiere.

### 3.4

#### QUANTIFICAZIONE DELLE EMISSIONI ASSOCIATE AL TRAFFICO INDOTTO

L'emissione di inquinanti dal traffico indotto dal cantiere è stata valutata con riferimento ai fattori di emissione (FE) medi da trasporto stradale pubblicati dall'ISPRA nel Sistema Informativo Nazionale Ambientale SINA. Gli ultimi dati disponibili fanno riferimento al parco auto nazionale del 20121. L'analisi si è soffermata su PM10 e NOx in quanto ritenuti gli inquinanti maggiormente significativi. In Tabella 11 si riportano i FE relativi ai mezzi previsti.

Per quanto riguarda la tipologia di strada, per i tratti di interesse sono stati utilizzati i FE di emissione relativi a:

- Strade extra-urbane per: Via Serravalle T- Nord, SP140-Via Gramsci;
- Strade urbane per: Via Serravalle T- Sud e Via del Vapore.

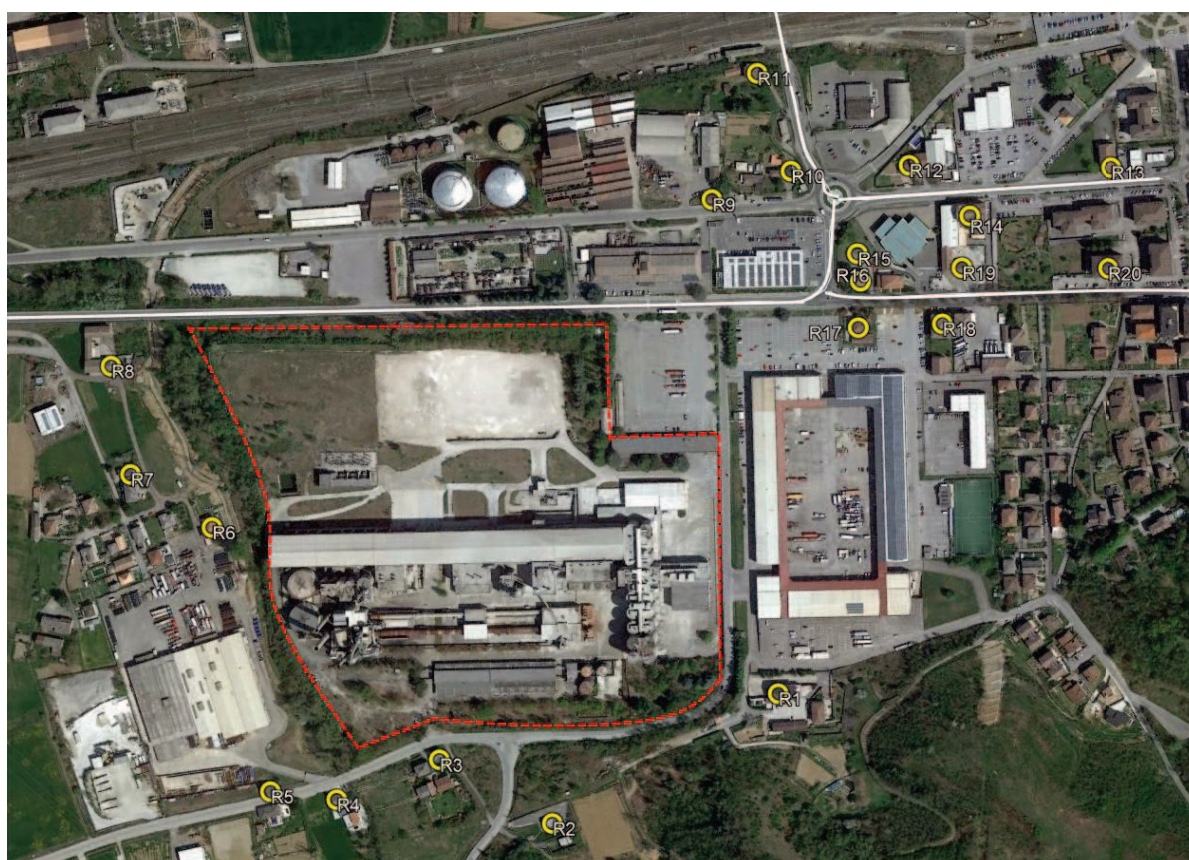


**Tabella 11 - Fattori di emissione per tipologia di veicolo, ciclo di guida extraurbano, anno 2021 (dati ISPRA – database SINA)**

Tipologia di veicolo	FE STRADE EXTRA URBANE (mg/veicolo/km)		FE STRADE URBANE (mg/veicolo/km)	
	PM10	NOx	PM10	NOx
<b>Veicoli industriali pesanti &gt; 3.5 t</b>	0,144800	2,637500	0,219720	5,701420
<b>Automobili</b>	0,033480	0,274500	0,046880	0,431240

#### 4. RICETTORI INTERESSATI DAL CANTIERE

La valutazione dell’impatto delle attività del cantiere nella fase più critica dello stesso è stata valutata in corrispondenza di n. 20 ricettori discreti rappresentati in Figura 9. Le coordinate cartesiane di ciascun ricettore sono riportate in Allegato A



*Figura 9 – Ricettori considerati nello studio di impatto sulla qualità dell’aria. In rosso il perimetro del cantiere*



---

## 5. IMPATTO DELLE EMISSIONI DIFFUSE DI POLVERI E NOX DALLE ATTIVITÀ CONDOTTE IN CANTIERE

### 5.1 MATERIALI E METODI

#### 5.1.1 *Modello di calcolo WINDIMULA*

Per la determinazione delle concentrazioni di PM10 e NO<sub>2</sub> in atmosfera dovute alle attività condotte presso il cantiere è stato utilizzato il software MMS WINDIMULA.

WINDIMULA è un modello gaussiano multisorgente che consente di effettuare simulazioni di diffusione di inquinanti in atmosfera in versione short-term. Il modello è inserito nell'elenco di quelli consigliati da APAT per la valutazione e gestione della qualità dell'aria.

Rispetto ai tradizionali modelli gaussiani, WINDIMULA integra il modello di Cirillo Poli per la valutazione della diffusione in atmosfera di inquinanti anche in presenza di situazioni di "calma di vento". È inoltre integrato un modello per il calcolo della deposizione secca e umida, realizzato con la collaborazione dell'ENEA.

Il modello permette di considerare sorgenti puntiformi (camini) e areali (sorgenti diffuse).

Nel caso specifico, in cantiere saranno presenti sorgenti esclusivamente di natura diffusa, le quali vengono modellizzate come sorgenti circolari caratterizzate dai seguenti parametri:

- posizione del centro;
- raggio;
- altezza di emissione;
- dispersione iniziale;
- valore di emissione totale per ogni inquinante emesso.

L'implementazione del modello richiede i seguenti dati in input:

- definizione del dominio di calcolo: è necessario definire l'ampiezza dell'area di analisi e la rugosità superficiale media dell'area. Questa può essere definita mediante la classificazione CORINE Land Cover elaborata da APAT;
- definizione dei recettori: il software definisce due tipologie di ricettori:
  - i ricettori discreti: sono inseriti manualmente dall'utente che ne definisce le coordinate; l'altezza sul livello del suolo (altezza alla quale viene calcolata la concentrazione dell'inquinante); la quota orografica, ossia l'altezza del recettore sul livello del mare (tale informazione è utilizzata solamente se nel progetto viene inserito un reticolo orografico);
  - i recettori posti sul reticolo cartesiano: sono definiti automaticamente dal software in corrispondenze dei punti del reticolo. Tali recettori possono essere eliminati, al fine di considerare esclusivamente i ricettori discreti. La risoluzione del cartesiano viene definito dall'utente che definisce l'estensione del reticolo, il numero di punti sul reticolo, la dimensione della cella, l'altezza di calcolo sul livello del suolo e la rugosità media del reticolo (generalmente considerata uguale a quella del dominio di calcolo)
- orografia dell'area: è un parametro facoltativo che permette di includere nel modello l'orografia locale. Essa viene rappresentata da un reticolo orografico, la

---

cui dimensione può essere diversa da quella del reticolo cartesiano. Tale reticolo è generato con il software LAND USE a partire dalla DTM;

- presenza di edifici: è possibile considerare la presenza di edifici nelle vicinanze delle sorgenti e tenere conto degli eventuali effetti di building downwash (solo per sorgenti emissive puntuali). Gli edifici vanno inseriti fornendo le caratteristiche geometriche;
- dati meteorologici: i dati meteorologici minimi da fornire sono la classe di stabilità atmosferica, la temperatura dell'aria, la velocità del vento e la direzione di provenienza del vento. Altri dati utilizzabili sono l'altezza di inversione del gradiente termico in quota per le classi di stabilità A, B, C, D e la deviazione standard della direzione del vento, per il calcolo in caso di calma di vento. Qualora si scelgano opzioni di calcolo particolari, vengono richiesti altri dati meteorologici, tra i quali:
  - la precipitazione media per la valutazione della deposizione umida;
  - la forza dell'inversione, per la valutazione della penetrazione dei fumi nelle inversioni in quota;
  - la velocità di attrito e la lunghezza di Monin Obuchov, per il calcolo della deposizione;
- tipologia di inquinanti: il modello permette di considerare molti inquinanti, tra i quali il PM10, il PM2,5, il PM1, il piombo, l'ozono, l'ammoniaca, il biossido di zolfo, gli ossidi di azoto, il biossido di azoto, il metano, il monossido di carbonio, l'HNO<sub>3</sub>, gli odori. Fornisce inoltre la possibilità di modellizzare un inquinante a piacimento, inserendone le caratteristiche di diffusività molecolare in caso di inquinante gassoso e diametro medio in caso di particolato. È inoltre possibile fornire un valore di Scavenging ratio per valutare la rimozione dell'inquinante ad opera della deposizione (precipitazioni);
- definizione delle sorgenti: come già indicato precedentemente è possibile distinguere tra sorgenti puntuali e sorgenti areali.

È, inoltre, possibile settare alcune impostazioni particolari per il modello:

- approccio conservativo per il termine di riflessione in presenza di sedimentazione gravitazionale: il terreno non viene considerato completamente assorbente, ma al contrario si conserva il termine di riflessione anche quando la velocità di sedimentazione dell'inquinante è maggiore di zero;
- considerazione del termine di decadimento: permette di considerare l'effetto di decadimento dovuto a deposizione secca, effetti chimici o altra sulla concentrazione;
- considerazione degli effetti della deposizione umida: considera l'effetto della deposizione umida sulla concentrazione dell'inquinante in atmosfera. Il rateo di precipitazione e lo scavenging ratio della sorgente devono essere maggiori di zero;
- utilizzo del gradual plume rise nel calcolo della BID (Buoyancy Induced Turbulence): il calcolo della BID permette di correggere il valore dei coefficienti di dispersione normalmente calcolati con la formula di Briggs, considerando la dispersione iniziale dei fumi causata dalla turbolenza degli stessi fumi e dalla turbolenza dell'aria. Nel calcolo della BID è possibile fornire manualmente il valore del sovrizzo dei fumi, sulla base delle condizioni di stabilità atmosferica,

---

oppure farlo calcolare dal software con il metodo del gradual plume rise;

- calcolo dell'effetto scia del camino: l'altezza fisica del camino viene corretta in base all'effetto scia del camino dovuta alla bassa pressione che si forma sottovento al camino. Tale fenomeno tende ad abbassare l'asse del pennacchio quando la velocità di efflusso dei fumi risulta particolarmente bassa (inferiore a 1,5 volte la velocità del vento);
- utilizzo del modello di riduzione dell'altezza al camino in presenza di "building downwash": in presenza di condizioni di building downwash, l'altezza fisica del camino viene corretta in base alle opportune formulazioni;
- utilizzo del modello di Huber Snyder per la modifica del sigma dispersione: in presenza di condizioni di building downwash, le sigma di dispersione vengono corrette in base alle equazioni del modello di Huber Snyder;
- calcolo del "gradual plume rise": permette di calcolare l'effettivo innalzamento del pennacchio alla sorgente, dovuto alla spinta di galleggiamento e dal momento. La crescita del pennacchio nella zona di transizione non può comunque superare la quota definitiva di livellamento dei fumi.

### 5.1.2 *Modalità di interpretazione dei risultati*

I risultati restituiti dal software MMS WINDIMULA sono stati processati attraverso il software MMS RUN ANALYZER.

È stato valutato l'incremento della concentrazione di PM10 e NO2 atteso in atmosfera a seguito delle attività condotte dal cantiere, al fine di valutarne la significatività.

Sulla base dell'approccio dell'Agenzia Ambientale britannica (UK Environmental Agency), ripresa dalle linee guida ISPRA "Gli effetti sull'ambiente dovuti all'esercizio di un'attività industriale: identificazione, quantificazione ed analisi dell'ambito dei procedimenti di Autorizzazione Integrata Ambientale", vengono considerati non significativi gli impatti inferiori all'1% del corrispondente valore limite long term di qualità dell'aria e al 10% del corrispondente valore limite short term.

- Per il PM10, i valori di riferimento sono quelli del D. Lgs. 155/2010, ossia il valore limite per gli impatti short term è 50 mg/m<sup>3</sup> riferito alla media giornaliera, da non superarsi più di 35 volte l'anno e quello per gli impatti long term è 40 mg/m<sup>3</sup> valutato come media annua. Ciò significa che l'impatto short term causato dalla realizzazione dell'opera in progetto è da considerarsi non significativo se l'incremento atteso ai ricettori, calcolato sulla base del 90,4-esimo percentile della distribuzione dei valori di concentrazione medi giornaliera, risulta inferiore a 5 mg/m<sup>3</sup>; l'impatto long term dell'intervento in progetto è invece trascurabile se l'incremento medio annuo della concentrazione di PM10 atteso ai ricettori risulta inferiore a 0,4 mg/m<sup>3</sup>.
- Per l'NO2, il valore limite di riferimento per gli impatti short term è 200 mg/m<sup>3</sup>, riferito alla media oraria, da non superarsi più di 18 volte l'anno; ciò significa che l'impatto short term causato dall'opera in progetto è da considerarsi non significativo se l'incremento atteso presso i ricettori, calcolato sulla base del 99,8-esimo percentile della distribuzione dei valori di concentrazione medi orari, risulta inferiore a 20 mg/m<sup>3</sup>. Per quanto riguarda gli impatti long term, il valore limite di riferimento è 40 mg/m<sup>3</sup> valutato come media annua; l'impatto long term dell'opera in progetto è quindi trascurabile se l'incremento medio annuo atteso ai ricettori risulta inferiore a 0,4 mg/m<sup>3</sup>.

Di seguito si riassumono i dati di input del modello utilizzati nel presente studio:

- dominio di calcolo: è stato definito come un'area rettangolare di 1,8 km<sup>2</sup>, con dimensione maggiore in direzione NS al fine di tenere conto della direzione prevalente dei venti. Le caratteristiche del dominio di calcolo sono riportate in Tabella 11.
- orografia del sito, rugosità del suolo e presenza di edifici: l'orografia del sito e la rugosità del suolo sono state introdotte utilizzando il software LandUse della Maind Model Suite. Tale software permette di preparare domini orografici e di uso del suolo importabili direttamente nel modello diffusivo WinDimula. Utilizza due base dati complete, una per la DTM e una per l'indice di uso del suolo. La DTM si basa su dati SRTM interpolati a 100 m del territorio italiano elaborati da USGS-EROS Data Center; i dati di uso del suolo di basano sulla classificazione CORINE Land Cover 1:100.000 aggiornata al 2004 delle regioni italiane elaborati da APAT. I valori adottati nella modellizzazione sono riportati in Tabella 11.

Tabella 12- Informazioni cartografiche utilizzate nella modellizzazione.

Sistema di coordinate	
Sistema	WGS84
Datum	UTM
Fuso, zona	32T
Griglia di calcolo	
Origine della griglia	489706,0 m E, 4948234,0 m N
Dimensione della griglia di calcolo	1200 m x 1500 m
Passo della griglia	12 m x 15 m
Dati territoriali	
Quote altimetriche del terreno	DTM definita sulla base di dati SRTM interpolati a 100 m del territorio italiano elaborati da USGS-EROS Data Center
Estremi altimetrici della griglia di calcolo	Circa 248 m s.l.m.
Uso del suolo	Derivato dalla classificazione CORINE Land Cover 1:100.000 aggiornata al 2004 delle regioni italiane elaborati da APAT
Rugosità del suolo	1 – Zone urbanizzate

- dati meteorologici: si rimanda al capitolo 2.2. L'analisi viene svolta con riferimento all'anno 2023, ipotizzando che la prima fase del cantiere abbia cautelativamente durata di un anno;
- sorgenti emissive: Le emissioni di PM10 e NO2 dalle attività di cantiere sono state quantificate al capitolo 3.2. Dal momento che l'area di cantiere è molto vasta e le attività saranno localizzate in punti diversi del cantiere, si identificano più sorgenti emissive, ciascuna rappresentativa di una specifica attività svolta (demolizione edifici, demolizione pavimentazioni, triturazione ecc), e caratterizzata da una sua estensione e da una sua altezza. Nello specifico si identificano le seguenti sorgenti:
  - **sorgente S1**: abbattimento degli edifici e delle strutture in c.a. e muratura. Dal momento che gli edifici da demolire hanno un'estensione prevalente in direzione NNW/SSE e che il software permette di inserire esclusivamente sorgenti areale circolari, al fine di meglio rappresentare la forma degli edifici da demolire, si identificano due sorgenti identiche poste in modo tale da coprire la totalità dell'area oggetto di demolizione;



- 
- **sorgente S2:** demolizione per fresatura delle pavimentazioni esterne: anche in questo caso si identificano due sorgenti identiche localizzate in corrispondenza delle pavimentazioni da demolire contemporaneamente alle demolizioni di culi alla sorgente S1;
  - **sorgente S3:** carico/scarico e trasporto macerie: la sorgente emissiva viene estesa cautelativamente all'intera area del cantiere;
  - **sorgente S4:** erosione dei cumuli di macerie: si identificano due sorgenti identiche, poste in corrispondenza delle due aree dove saranno stoccate le macerie/ EoW, infatti la sorgente rappresenta la somma dell'emissione di polveri dai cumuli di macerie grezze e dai cumuli di frantumato.
  - **sorgente S5:** attività di frantumazione macerie: la sorgente è localizzata in corrispondenza dell'area ove verrà situato il frantoio;
  - **sorgente S6:** emissioni da macchine operatrici: la sorgente viene estesa all'intera area di cantiere.

Le sorgenti emissive considerate sono rappresentate graficamente in Figura 10 ed elencate in Tabella 12.

Per quanto riguarda le quote delle sorgenti emissive si assume quanto segue:

- Le attività di demolizione degli edifici (sorgente S1) sono poste a circa 5 m dal suolo (valore medio tra le altezze degli edifici da demolire).
- Le demolizioni della pavimentazione (sorgente S2) sono mantenute al livello del suolo.
- Le attività di triturazione con frantoio (sorgente S5) sono poste a 3 m dal suolo come da scheda tecnica del frantoio.
- Le operazioni di carico, scarico e trasporto (sorgente S3) sono tutte poste ad una quota di 1 m da terra.
- L'emissione dei mezzi d'opera (sorgente S4) si è posta a 30 cm dal suolo.

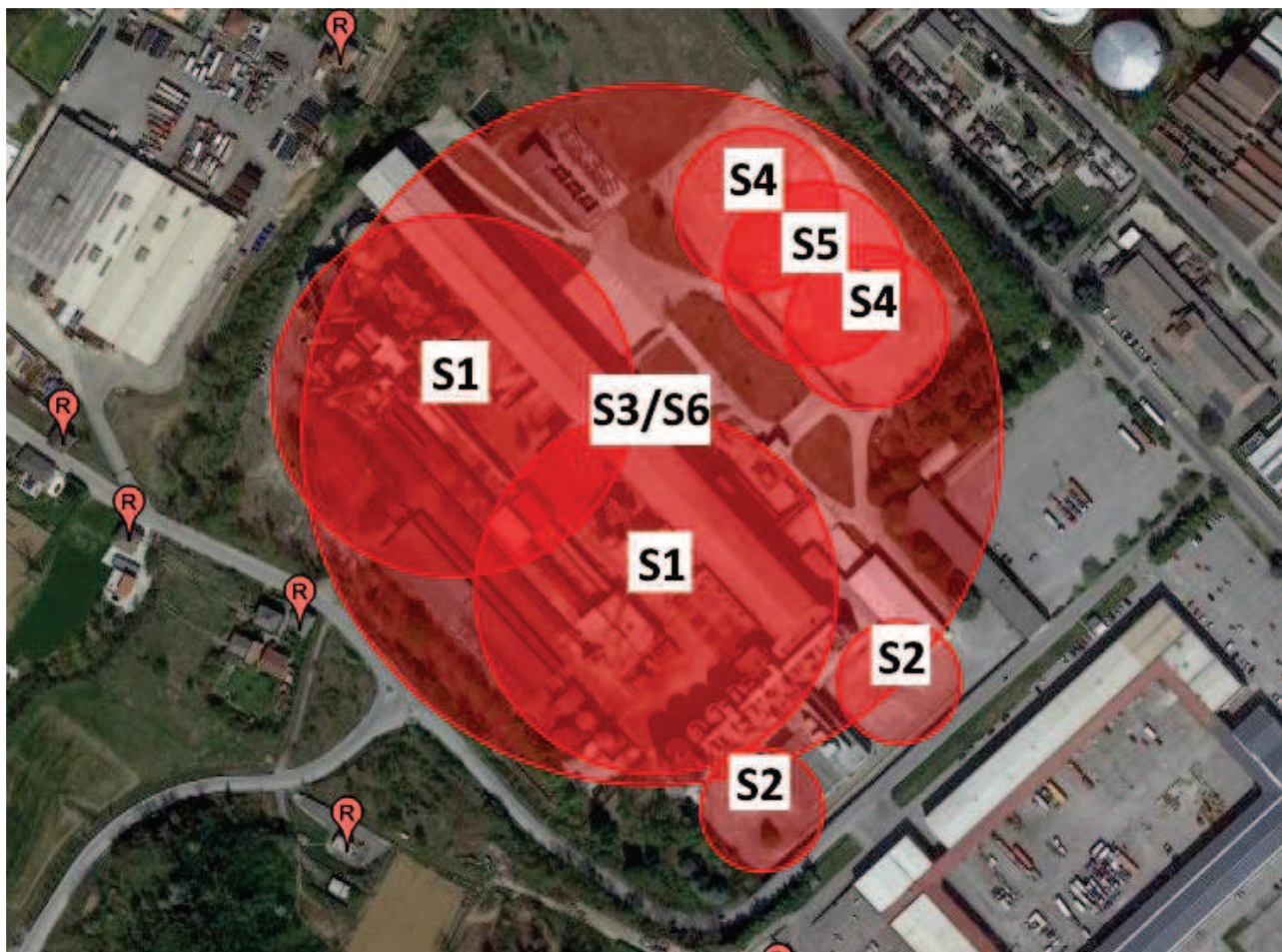


Figura 10 – Visualizzazione della modellizzazione delle aree emissive del cantiere

Tabella 13- Modalità di caratterizzazione delle sorgenti (coordinate UTM WGS84, 32T).

Caratteristiche della singola sorgente	
<b>Sorgente S1</b>	
Abbattimento delle strutture in c.a. e muratura	
Altezza del punto di emissione dal suolo	5 m
Diametro interno equivalente	180 m
Coordinate centro area	490132.082E - 4948812.510N / 490029.861E - 4948910.753N
Durata emissione	8 ore
Frequenza emissione	Continua nell'intervallo 8:00-12:00, 13:00-17:00
Tipologia di inquinante	PM10
Portata di inquinante emessa	PM10: 66,6 g/h,
<b>Sorgente S2</b>	
Demolizione per fresatura delle pavimentazioni esterne	
Altezza del punto di emissione dal suolo	0 m
Diametro interno equivalente	60 m
Coordinate centro area	490184.529E - 4948703.459N / 490254.433E - 4948767.225N
Durata emissione	8 ore
Frequenza emissione	Continua nell'intervallo 8:00-12:00, 13:00-17:00
Tipologia di inquinante	PM10
Portata di inquinante emessa	PM10: 12,7 g/h
<b>Sorgente S3</b>	
Carico/scarico e trasporto delle macerie con autocarro	
Altezza del punto di emissione dal suolo	1 m
Diametro interno equivalente	350 m
Coordinate centro area	490130.220E - 4948890.493N
Durata emissione	8 ore

<i>Frequenza emissione</i>	Continua nell'intervallo 8:00-12:00, 13:00-17:00
<i>Tipologia di inquinante</i>	PM10, NOx
<i>Portata di inquinante emessa</i>	PM10: 660,9 g/h NOx: 0,0799 g/s
<b>Sorgente S4</b> Erosione dei cumuli di macerie	
<i>Altezza del punto di emissione dal suolo</i>	2 m
<i>Diametro interno equivalente</i>	80 m
<i>Coordinate centro area</i>	490183.243E - 4949004.048N / 490237.904E - 4948945.314N
<i>Durata emissione</i>	8 ore
<i>Frequenza emissione</i>	Continua nell'intervallo 8:00-12:00, 13:00-17:00
<i>Tipologia di inquinante</i>	PM10
<i>Portata di inquinante emessa</i>	PM10: 1,51 g/h
<b>Sorgente S5</b> attività di frantumazione macerie	
<i>Altezza del punto di emissione dal suolo</i>	3 m
<i>Diametro interno equivalente</i>	90 m
<i>Coordinate centro area</i>	490212.193E - 4948971.568N
<i>Durata emissione</i>	8 ore
<i>Frequenza emissione</i>	Continua nell'intervallo 8:00-12:00, 13:00-17:00
<i>Tipologia di inquinante</i>	PM10
<i>Portata di inquinante emessa</i>	PM10: 64,8 g/h
<b>Sorgente S6</b> emissioni macchine operatrici	
<i>Altezza del punto di emissione dal suolo</i>	1 m
<i>Diametro interno equivalente</i>	350 m
<i>Coordinate centro area</i>	490130.220E - 4948890.493N
<i>Durata emissione</i>	8 ore
<i>Frequenza emissione</i>	Continua nell'intervallo 8:00-12:00, 13:00-17:00
<i>Tipologia di inquinante</i>	PM10, NOx
<i>Portata di inquinante emessa</i>	PM10: 10,8 g/h NOx: 287,7 g/h

- recettori discreti si rimanda al capitolo 3.4;
- inquinanti considerati:
  - PM10: modellizzato con diametro medio delle particelle di 10 µm e densità di 1.700 kg/m<sup>3</sup> per le emissioni associate alle attività in genere e 2.500 kg/m<sup>3</sup> per le emissioni associate ai gas di scarico delle macchine operatrici;
  - NOx: modellizzato come da default. Per il calcolo della concentrazione di NO<sub>2</sub> attesa in atmosfera a partire dall'emissione di NOx è stato utilizzato il modello ARM2 elaborato dall'EPA. ARM2 definisce il rapporto NO<sub>2</sub>/NOx utilizzando la seguente funzione polinomiale:
 
$$y = a \cdot x^6 + b \cdot x^5 + c \cdot x^4 + d \cdot x^3 + e \cdot x^2 + f \cdot x + g$$
 con  
 y= rapporto NO<sub>2</sub>/NOx  
 x= concentrazione di NOx calcolata dal modello  
 a, b, c, d, e, f, g= coefficienti costanti della funzione interpolante. Tali coefficienti sono stati definiti dall'EPA attraverso l'analisi delle serie decennali 2001-2010 dei dati misurati di NO e NO<sub>2</sub> in tutte le stazioni del territorio nazionale americano.
- opzioni di calcolo disponibili: a titolo cautelativo è stato applicato l'*approccio*

---

*conservativo per il termine di riflessione in presenza di sedimentazione gravitazionale. Con lo stesso approccio, si è trascurato l'effetto mitigativo dato dalla deposizione secca e umida.*

Per il calcolo della dispersione, sono state adottate le formule di Briggs urbano dato.

Dal momento che per le sorgenti diffuse non è possibile attivare l'opzione di calcolo del building downwash, per tenere conto dell'effetto della presenza di edifici o barriere arboree sulla diffusione degli inquinanti, è stato applicato un coefficiente correttivo alla dispersione verticale iniziale della sorgente. A tutte le sorgenti prossime ad ostacoli è stata attribuita una dispersione iniziale verticale pari a  $H/2,15$  con  $H$  pari all'altezza degli ostacoli più prossimi alla sorgente stessa, secondo l'approccio proposto dall'EPA. Nel caso specifico, si reputa che gli ostacoli che maggiormente potranno influenzare la diffusione delle polveri e dell' $\text{NO}_x$  all'esterno dei confini del cantiere siano rappresentati dalle piante presenti lungo il confine del sito. Sebbene le piante attualmente presenti lungo il confine dell'impianto sono piante adulte, di altezza che varia dai 5 ai 10 m, cautelativamente sono state modellizzate per un'altezza di 5m.

Nel presente capitolo si analizzano gli incrementi della concentrazione in atmosfera di PM10 e NO<sub>2</sub> attesi a causa delle attività svolte nel cantiere e riassunte in Tabella 9 e se ne valuta la significatività sulla base del metodo illustrato al capitolo 5.1.2.

## 5.3.1

*Particolato (PM10)*

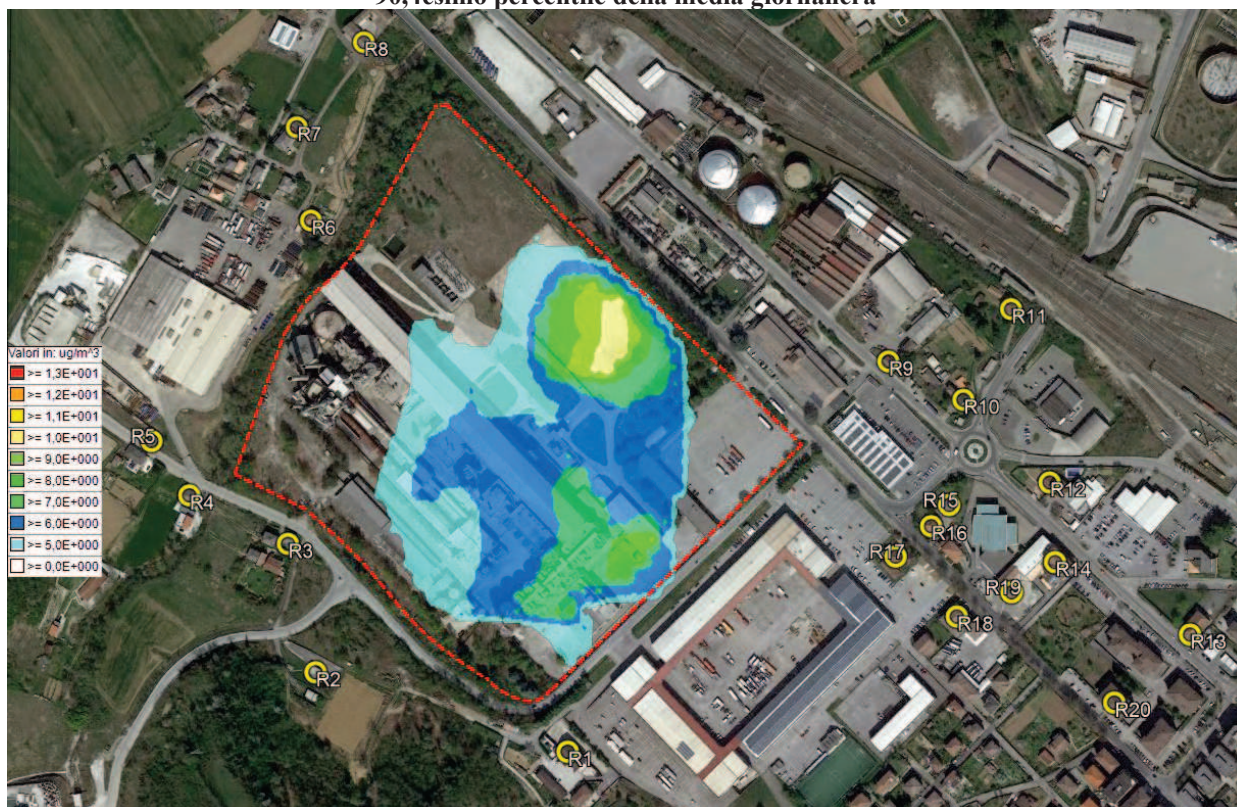
Le mappe riportate in Figura 11 mostrano la distribuzione spaziale dell'incremento delle concentrazioni di PM10 (media annua e 90.4 percentile) atteso in atmosfera a causa delle attività che saranno svolte in cantiere. Le isolinee sono state definite affinché la minima concentrazione rappresentata sia pari al limite di significatività dell'impatto definito secondo le linee guida della UK Environmental Agency descritto al capitolo 5.1.2.

Per quanto riguarda gli impatti short term, non si evidenziano particolari criticità, in quanto le attività condotte impatteranno principalmente all'interno del cantiere. Come emerge anche dalla Tabella 13, l'incremento del 90.4 percentile della media giornaliera di PM10 atteso ai ricettori discreti a causa delle attività condotte in cantiere sarà compreso tra 0,5 e 1,5 µg/m<sup>3</sup>, ossia valori inferiori al limite di significatività.

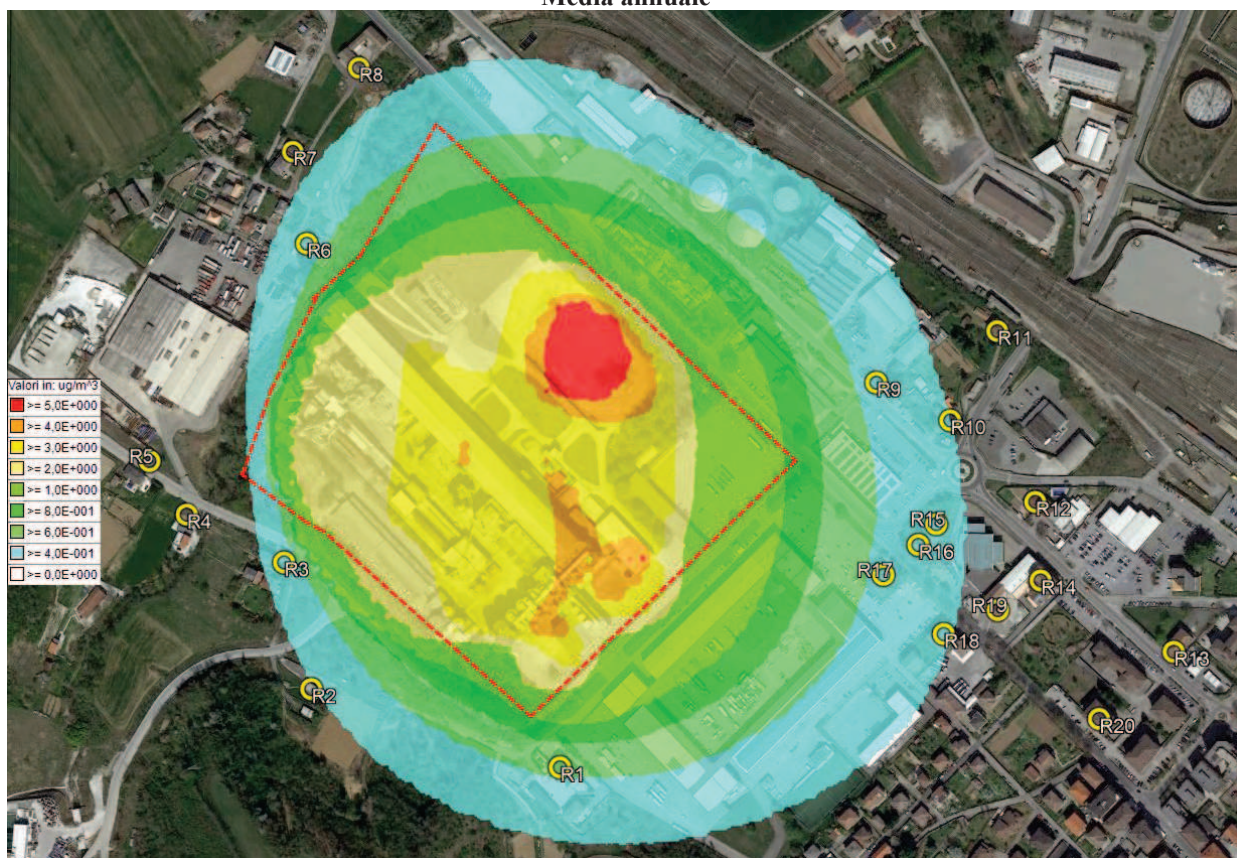
Per quanto riguarda, invece, gli impatti di natura long term, l'area di impatto del cantiere risulta più ampia e coinvolge anche alcuni ricettori discreti rappresentati dalle abitazioni più prossime all'impianto. L'incremento della media annuale della concentrazione di PM10 atteso ai ricettori a causa delle attività condotte in cantiere risulta compreso tra 0,2 e 0,63 µg/m<sup>3</sup>, con valori superiori al limite di significatività presso i ricettori R1, R3, R6, R9, R15, R16, R17 e R18. Si fa, tuttavia, notare che tali valori sono il risultato di una simulazione che assume che le emissioni del cantiere si mantengano costanti per tutta la durata del cantiere stesso (assunto nel presente studio pari a 1 anno per garantire il confronto con i limiti di legge sulla qualità dell'aria) e pari alle massime emissioni stimate per la fase di demolizione contemporanea alla campagna mobile di triturazione. Nella realtà la fase del cantiere più impattante sull'atmosfera avrà durata di massimo 5 mesi e non sarà continuativa, né tantomeno lo saranno le tipologie di demolizione svolte; successivamente, e per tutta la durata residua del cantiere, le attività condotte produrranno emissioni nel comparto atmosfera del tutto trascurabili.



### 90,4esimo percentile della media giornaliera



### Media annuale



*Figura 11 - Incremento della concentrazione di PM10 atteso a causa delle attività condotte in cantiere. Si mostra il dettaglio delle aree limitrofe all'area di cantiere, il cui perimetro viene rappresentato in rosso. Sono rappresentati esclusivamente gli incrementi ritenuti significativi (concentrazioni superiori ai limiti di significatività ai sensi dell'approccio della UK EPA).*

Tabella 14 – Incremento della concentrazione media annua e del 90,4esimo percentile della concentrazione media giornaliera di PM10 atteso ai ricettori puntuali a causa delle sorgenti previste nel cantiere. In rosso gli incrementi ritenuti significativi ai sensi dell'approccio della UK EPA (se presenti).

RICETTORE	INCREMENTO PM10	
	90,4esimo percentile media giornaliera	Media annuale
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
R1	1,463	0,634
R2	1,088	0,384
R3	1,365	0,488
R4	0,659	0,233
R5	0,490	0,185
R6	1,278	0,522
R7	0,850	0,339
R8	0,824	0,323
R9	1,285	0,534
R10	0,926	0,399
R11	0,757	0,297
R12	0,705	0,298
R13	0,450	0,194
R14	0,672	0,298
R15	1,012	0,449
R16	1,060	0,483
R17	1,190	0,554
R18	0,897	0,410
R19	0,758	0,343
R20	0,515	0,231

### 5.3.2 Ossidi di azoto ( $\text{NO}_2$ )

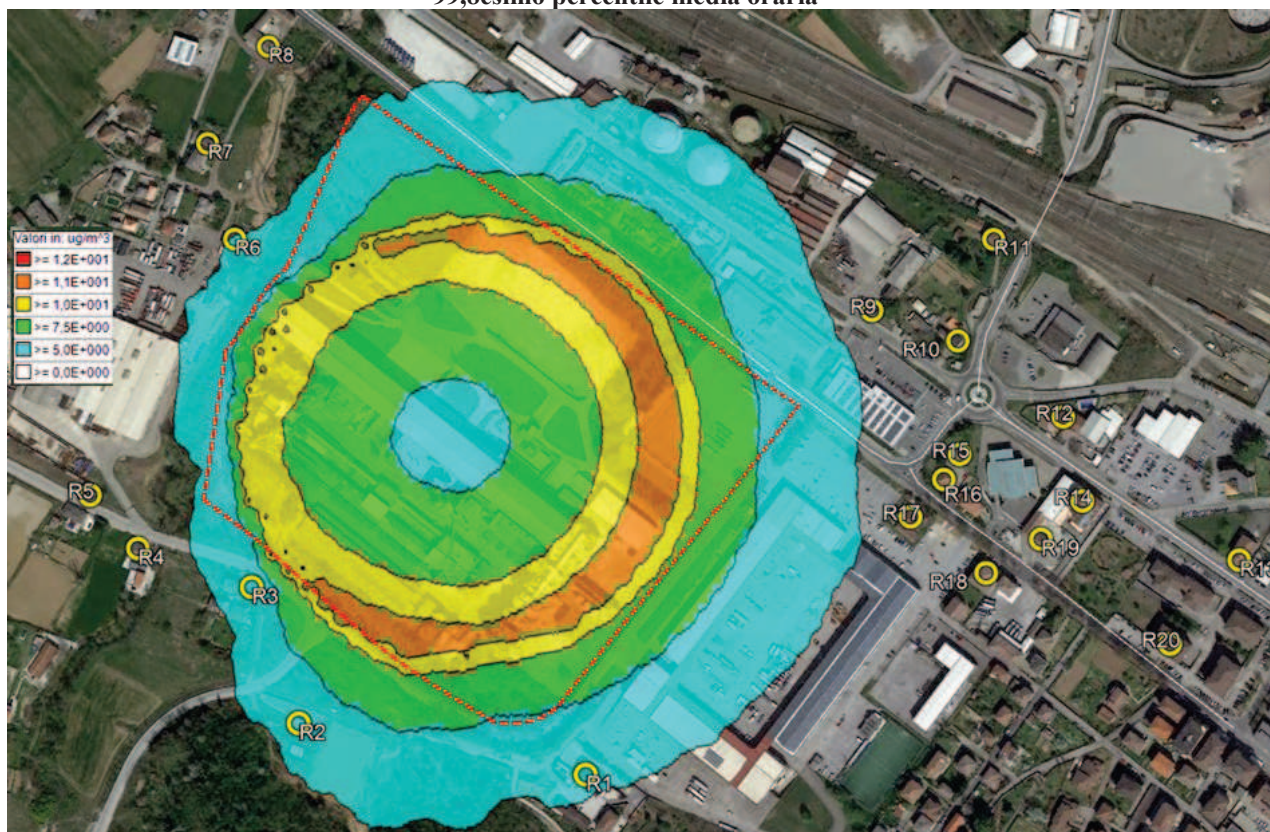
La mappa in Figura 12 mostra la distribuzione spaziale dell'incremento della concentrazione media annuale e del 99,8esimo percentile della concentrazione media oraria di  $\text{NO}_2$  attesa in atmosfera a causa delle attività che saranno condotte presso il cantiere (utilizzo macchine operatrici in cantiere).

Si osserva come l'impatto del cantiere, sia di natura short term che di natura long, non sembra coinvolgere aree esterne al cantiere stesso.

Soffermandosi sui ricettori discreti (Tabella 14), ci si attende un incremento della concentrazione media annuale di  $\text{NO}_2$  compreso tra 0,05 e 0,16  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e del 99,8 percentile della media oraria compreso tra 1,8 e 6,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



99,8esimo percentile media oraria



Media annuale

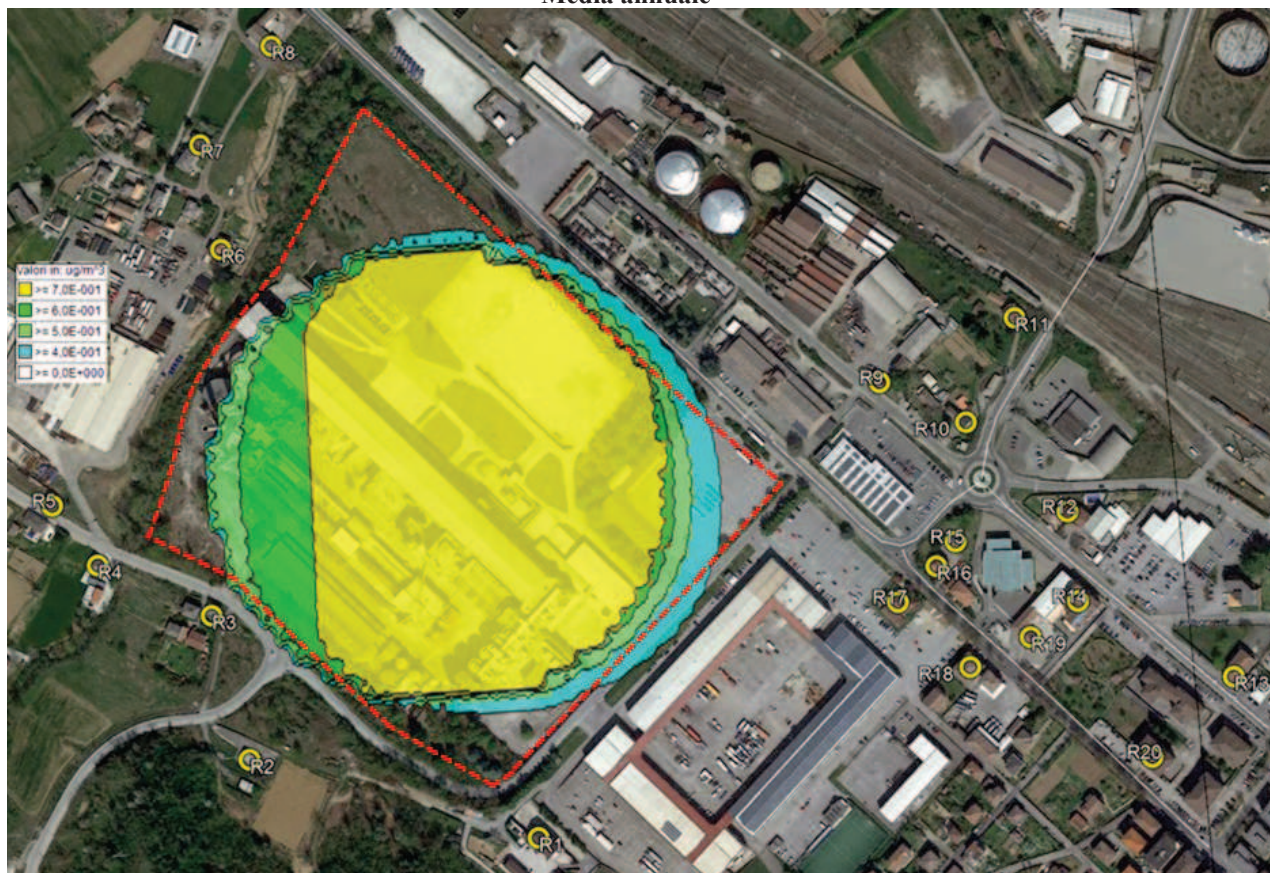


Figura 12 – Incremento della concentrazione di NO<sub>2</sub> atteso a causa delle sorgenti emissive del cantiere (mezzi d'opera). Per la media annuale sono rappresentati esclusivamente gli incrementi ritenuti significativi (concentrazioni superiori ai limiti di significatività ai sensi dell'approccio della UK EPA), mentre per il

**valore 99,8esimo percentile media oraria, non essendo presenti valori superiori a tale limite, è stata adottata una scala con base differente. In rosso viene indicato il perimetro del cantiere.**

*Tabella 15 – Incremento della concentrazione media annuale e del 99,8esimo percentile della concentrazione media oraria di NO<sub>2</sub> atteso ai ricettori puntuali a causa delle attività condotte nel cantiere. In rosso gli incrementi ritenuti significativi ai sensi dell'approccio della UK EPA.*

RICETTORE	INCREMENTO NO <sub>2</sub>	
	99.8esimo percentile media oraria	Media annuale
	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
R1	5,423	0,158
R2	5,917	0,107
R3	6,385	0,127
R4	3,793	0,062
R5	2,783	0,050
R6	5,209	0,141
R7	3,033	0,096
R8	2,865	0,094
R9	4,360	0,150
R10	3,577	0,113
R11	2,801	0,085
R12	2,777	0,085
R13	1,837	0,056
R14	2,613	0,085
R15	3,614	0,127
R16	3,778	0,137
R17	4,124	0,157
R18	3,440	0,117
R19	2,820	0,098
R20	2,209	0,066



---

## 6. IMPATTO DEL TRAFFICO INDOTTO

### 6.1 MATERIALI E METODI

#### 6.1.1 *Modello di calcolo CALINE*

Per la determinazione delle concentrazioni di inquinanti in atmosfera dovute al traffico veicolare è stato utilizzato il software MMS CALINE.

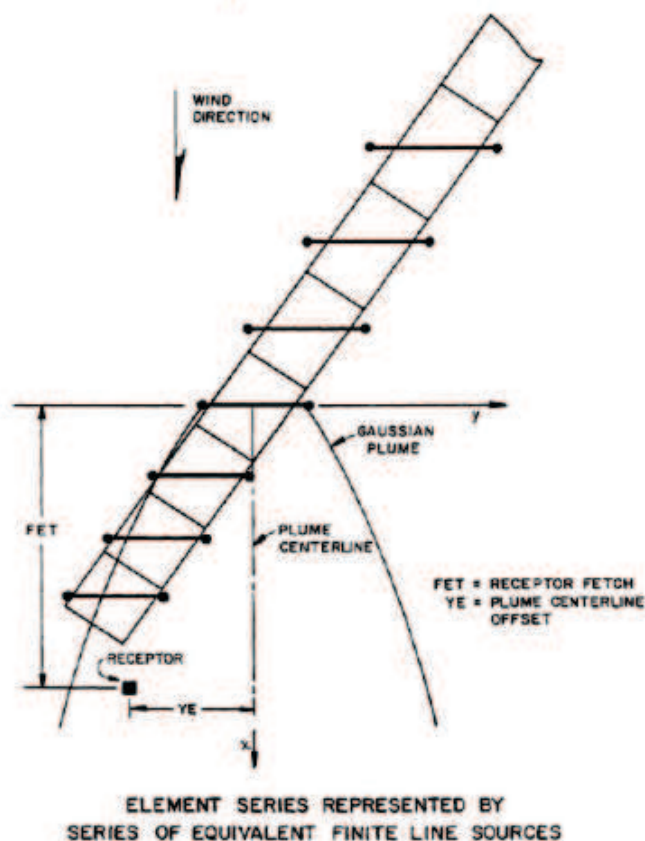
MMS CALINE è la versione commerciale del software CALINE sviluppato dal CALTRANS -California Department of Transport. CALINE è un modello di dispersione gaussiano che simula le ricadute degli inquinanti da traffico per ricettori posti entro 500 m dagli archi viari considerati. CALINE è uno dei software consigliati dall'Istituto Superiore della Sanità e nella guida web del Centro tematico Nazionale Aria Clima Emissioni.

L'approccio del modello nel ricostruire le condizioni di dispersione degli inquinanti, ossia le dimensioni del pennacchio gaussiano, consiste nel considerare la zona direttamente sopra la carreggiata come una regione di rimescolamento uniforme (la cosiddetta mixing zone). In tal zona i meccanismi dominanti sono la turbolenza meccanica creata dal movimento dei veicoli e termica dei gas di scarico. Queste componenti aggiuntive della turbolenza atmosferica impartiscono una dispersione verticale iniziale in funzione del tempo di permanenza della massa inquinata nella mixing zone. Minore è la velocità del vento, maggiore è la dispersione verticale che subisce una particella d'aria prima di essere trasportata fino al ricettore (Iuzzolino et al., 2005).

Il parametro che ha il maggior peso nel calcolo delle ricadute è la direzione del vento, in quanto determina se il ricettore è sottovento alla sorgente emissiva.

La presenza di edifici ai bordi della carreggiata influisce, invece sulla turbolenza meccanica. Questo effetto, che comporta un incremento della dispersione verticale, viene quantificato attraverso un parametro che definisce la rugosità del terreno (roughness) nell'area di studio. Tale parametro è funzione dell'utilizzo del suolo nell'area di indagine.

Per quanto riguarda la modellizzazione delle sorgenti e le modalità di calcolo, il modello suddivide gli archi della strada considerata in una serie finita di elementi emissivi perpendicolari alla direzione del vento (Figura 13) che sono trattati con il metodo FLS (Finite Line Source). La concentrazione stimata dal modello in un punto (definito ricettore) è data dalla somma dei contributi delle gaussiane generate da ciascuno degli archi del grafo considerato.



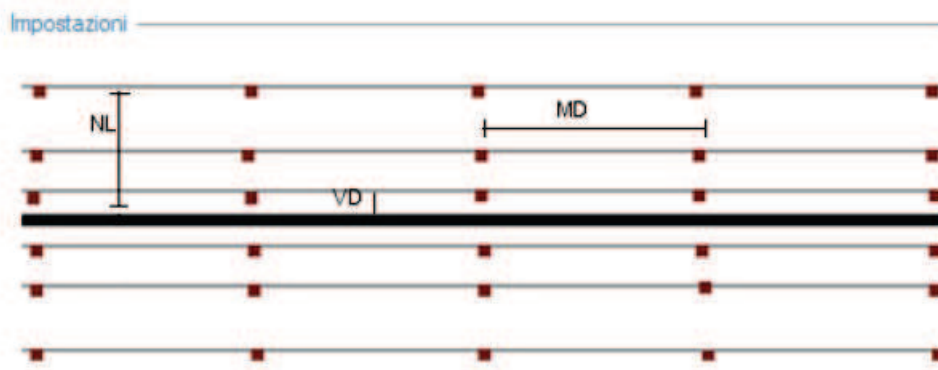
*Figura 13- Trattamento della sorgente lineare nel modello CALINE4 con il metodo della suddivisione in numero finite di elementi emissivi perpendicolari alla direzione del vento (Fonte: CALTRANS).*

L'implementazione del modello richiede, dunque, i seguenti dati in input:

- definizione dei tratti stradali interessati e dei relativi volumi di traffico: ogni percorso stradale è inserito nel modello attraverso la specificazione geometrica (coordinate iniziali e finali), di tratti rettilinei per ognuno dei quali viene richiesto il volume veicolare in transito ed il fattore di emissione medio. Il modello può considerare diverse tipologie di strade: strade normali, strade in avvallamento, strade di terrapieno, ponti e parcheggi. Per ogni tratto stradale è necessario definire la larghezza della mixing zone;
- definizione dei recettori nei quali dovrà essere valutata la concentrazione di inquinante. Il modello distingue diverse tipologie di ricettore:
  - ricettori discreti: sono ricettori puntuali identificati nell'area di studio. Ogni recettore viene inserito nel modello attraverso la specificazione delle sue coordinate e dell'altezza dal suolo;
  - reticolo cartesiano: si tratta di ricettori disposti lungo un reticolo cartesiano;
  - ricettori stradali: sono ricettori costruiti automaticamente dal software per essere paralleli ai singoli tratti stradali. Possono essere previste più linee di ricettori parallele ad ogni singolo tratto stradale. Ciò significa che si avranno ricettori posti a diversa distanza dalla carreggiata, secondo un fattore moltiplicativo impostato, come esemplificato in Figura 14. Per ciascun tratto stradale, va definito il numero di ricettori. È possibile impostare un numero fisso di ricettori per ogni tratto stradale a prescindere dalla sua lunghezza o,

come consigliato, impostare una distanza fissa tra i ricettori.

- caratteristiche topografiche dell'area, rappresentate dalla rugosità media del dominio;
- dati meteorologici: è necessario fornire la direzione e la velocità del vento e la temperatura, assunte omogenee all'interno del dominio di calcolo.



*Figura 14 - Modellizzazione dei ricettori stradali.*

Per quanto riguarda gli inquinanti, il modello è in grado di simulare la dispersione in atmosfera di:

- Monossido di Carbonio
- Particolato generico
- Gas inerte generico
- Biossido di Azoto

Gli inquinanti vengono modellizzati tutti come inerti.

Il software restituisce le concentrazioni orarie attese in atmosfera presso tutti i ricettori a causa della sorgente di traffico considerata.

#### 6.1.2 *Modalità di analisi e interpretazione dei risultati*

Si rimanda al capitolo 5.1.2.

### 6.2 DATI DI INPUT

Di seguito si riassumono i dati di input al modello Caline:

- Il dominio di calcolo è lo stesso riportato in Tabella 11.
- L'individuazione dei ricettori puntuali è riportata nel Capitolo 3.4. Per quanto riguarda i ricettori stradali è stato assunto un numero di linee parallele al tratto stradale NL pari a 3, un fattore moltiplicativo per la distanza tra le linee pari a 1,5, una distanza VD pari a 10 m e una distanza fissa tra i ricettori MD pari a 50 m (per le sigle si faccia riferimento alla Figura 11).
- La descrizione dei tratti stradali è riportata nel Capitolo 3.3. Per il calcolo della mixing zone, alla larghezza della carreggiata stradale sono stati aggiunti 3 metri a destra e 3 metri a sinistra. Per maggiori dettagli si rimanda alle tabelle in allegato;

- 
- I volumi di traffico e i fattori di emissione per tratto stradale sono riportati rispettivamente nei capitoli 3.3 e 3.4.
  - I dati meteorologici sono riportati nel Capitolo 2.2.
  - Gli inquinanti considerati nel modello sono:
    - PM10: per la modellizzazione del PM10 vengono richiesti come dati aggiuntivi la velocità di sedimentazione gravitazionale, assunta pari a 0,18 cm/s (Oudinet et al., 2011), e la velocità di deposizione, assunta nulla in via precauzionale;
    - Biossido di Azoto: il calcolo della concentrazione di NO<sub>2</sub> attesa in atmosfera a partire da un'emissione di NO<sub>x</sub> viene eseguito utilizzando la procedura ARM2 elaborata dall'EPA. ARM2 definisce il rapporto NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> utilizzando la seguente funzione polinomiale:
$$y = a \cdot x^6 + b \cdot x^5 + c \cdot x^4 + d \cdot x^3 + e \cdot x^2 + f \cdot x + g$$
con  $y =$  rapporto NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>  
 $x =$  concentrazione di NO<sub>x</sub> calcolata dal modello  
 $a, b, c, d, e, f, g =$  coefficienti costanti della funzione interpolante. Tali coefficienti sono stati definiti dall'EPA attraverso l'analisi delle serie decennali 2001-2010 dei dati misurati di NO e NO<sub>2</sub> in tutte le stazioni del territorio nazionale americano.

## 6.3 RISULTATI DELLA SIMULAZIONE RELATIVA AL TRAFFICO INDOTTO

Nel presente capitolo si illustrano i risultati della simulazione condotta con il software MMS Caline relativamente al traffico indotto dal cantiere.

Si ricorda che la simulazione non tiene conto del traffico già gravante sull'area a causa delle altre attività antropiche presenti.

### 6.3.1 Particolato (PM10)

Le mappe riportate in Figura 15 mostrano l'incremento della concentrazione di PM10 (media annuale e 90.4 percentile della media giornaliera) attesa in atmosfera a causa del solo traffico indotto dal cantiere.

L'incremento osservato risulta trascurabile e non significativo ai sensi dell'approccio della UK EPA descritto al capitolo 5.1.2, su tutto il dominio di calcolo (massimo valore della concentrazione media annuale sul dominio di calcolo = 0,027 µg/m<sup>3</sup>; massimo valore del 90.4 percentile = 0,052 µg/m<sup>3</sup>).

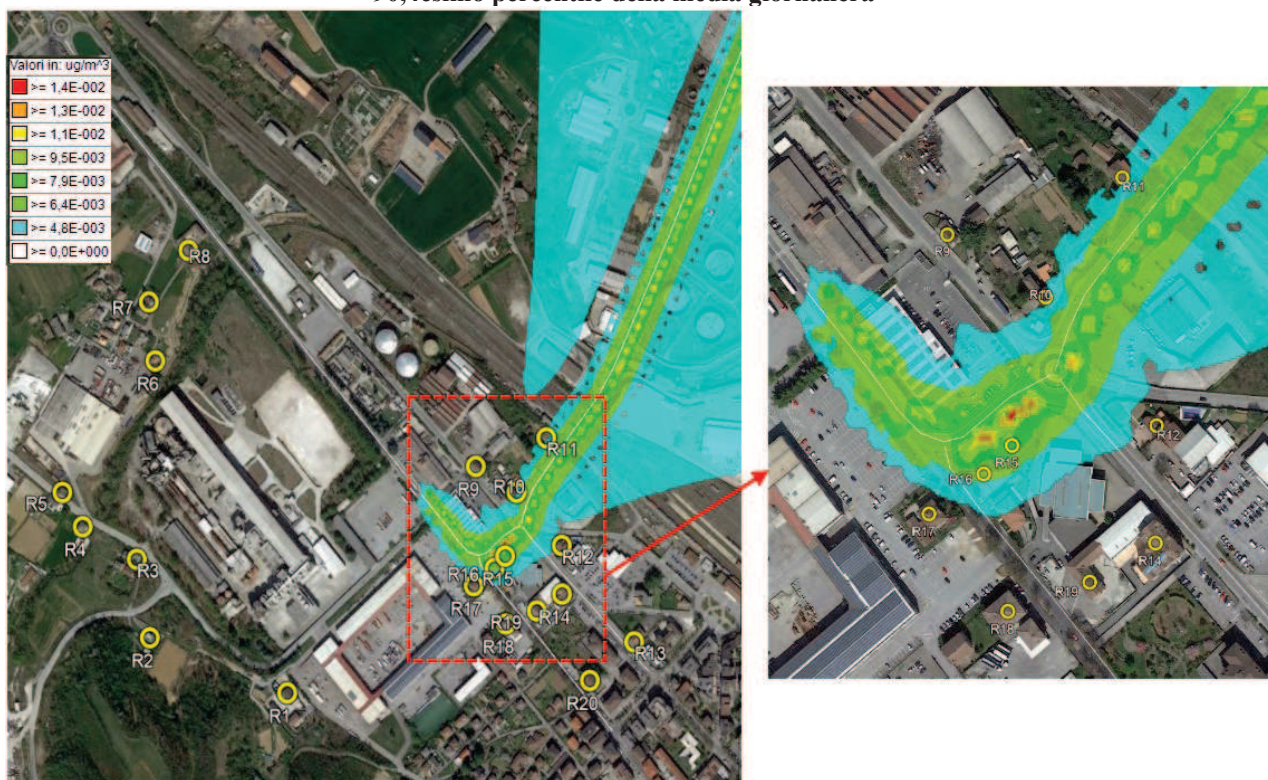
Soffermandosi sui ricettori discreti (Tabella 16), ci si attende un incremento della concentrazione media annuale di PM10 ricompreso tra 3,238x10<sup>-5</sup> e 0,004 ng/m<sup>3</sup> e un incremento del 90.4 percentile della media giornaliera compreso tra 8,87x10<sup>-5</sup> e 0,009 ng/m<sup>3</sup>.



*Tabella 16 – Incremento della concentrazione media annua e del 90,4esimo percentile della concentrazione media giornaliera di PM10 atteso ai ricettori puntuali a causa del traffico indotto dal cantiere. In rosso gli incrementi ritenuti significativi ai sensi dell'approccio della UK EPA (se presenti).*

RICETTORE	INCREMENTO PM10	
	90,4esimo percentile media giornaliera	Media annuale
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
R1	1,898E-04	7,613E-05
R2	1,165E-04	4,346E-05
R3	1,125E-04	4,260E-05
R4	8,875E-05	3,452E-05
R5	9,127E-05	3,238E-05
R6	1,814E-04	6,650E-05
R7	2,289E-04	8,077E-05
R8	4,776E-04	2,112E-04
R9	1,824E-03	1,008E-03
R10	4,265E-03	2,324E-03
R11	4,007E-03	1,903E-03
R12	3,580E-03	1,885E-03
R13	2,143E-03	1,259E-03
R14	2,504E-03	1,259E-03
R15	8,881E-03	4,267E-03
R16	6,875E-03	3,563E-03
R17	3,017E-03	1,328E-03
R18	1,896E-03	8,420E-04
R19	2,435E-03	1,316E-03
R20	1,652E-03	9,640E-04

### 90,4esimo percentile della media giornaliera



### Media annuale

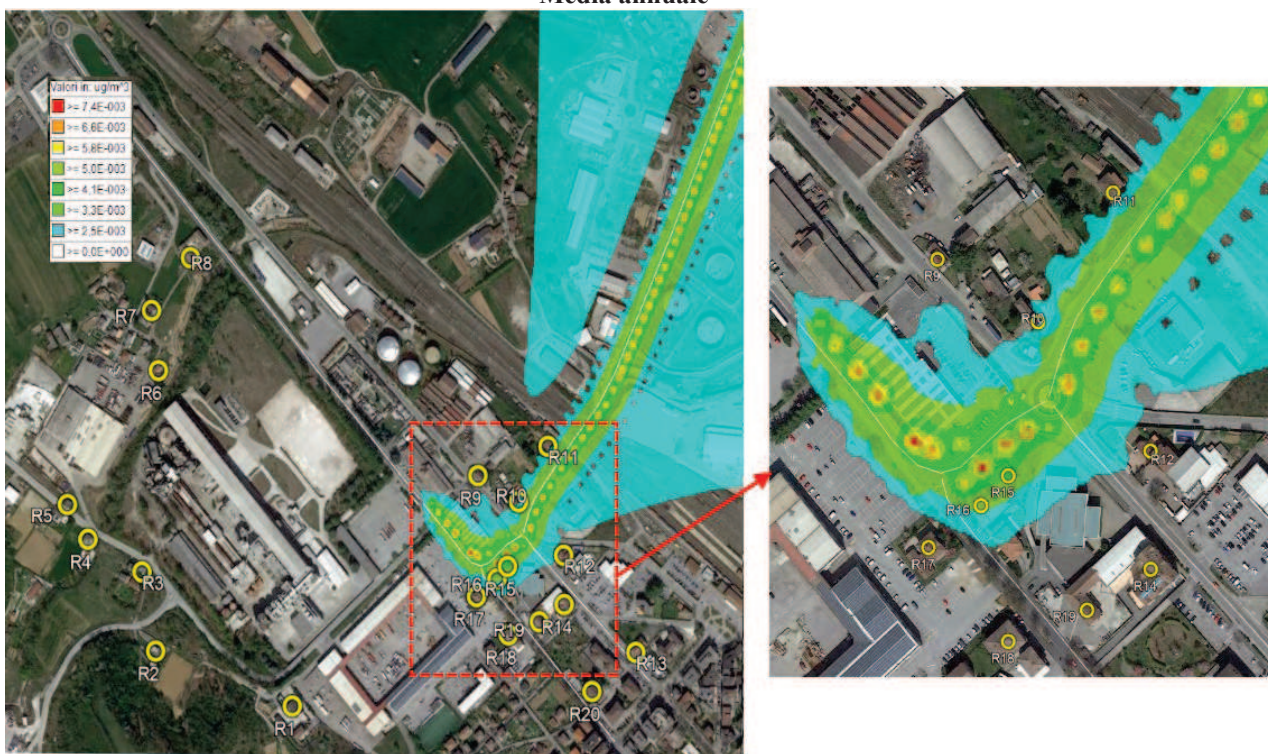


Figura 15 - Incremento della concentrazione di PM10 atteso a causa del traffico indotto dal cantiere.

### 6.3.2 Biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)

Le mappe riportate in Figura 16 mostrano l'incremento della concentrazione di NO<sub>2</sub> (media annuale e 99.8 percentile della media oraria) attesa in atmosfera a causa del traffico indotto dal cantiere.

L'incremento osservato risulta trascurabile e non significativo ai sensi dell'approccio della UK EPA descritto al capitolo 5.1.2, su tutto il dominio di calcolo (massimo valore della concentrazione media annuale sul dominio di calcolo= 0,323 mg/m<sup>3</sup>; massimo valore del 90.4 percentile= 2,66 mg/m<sup>3</sup>).

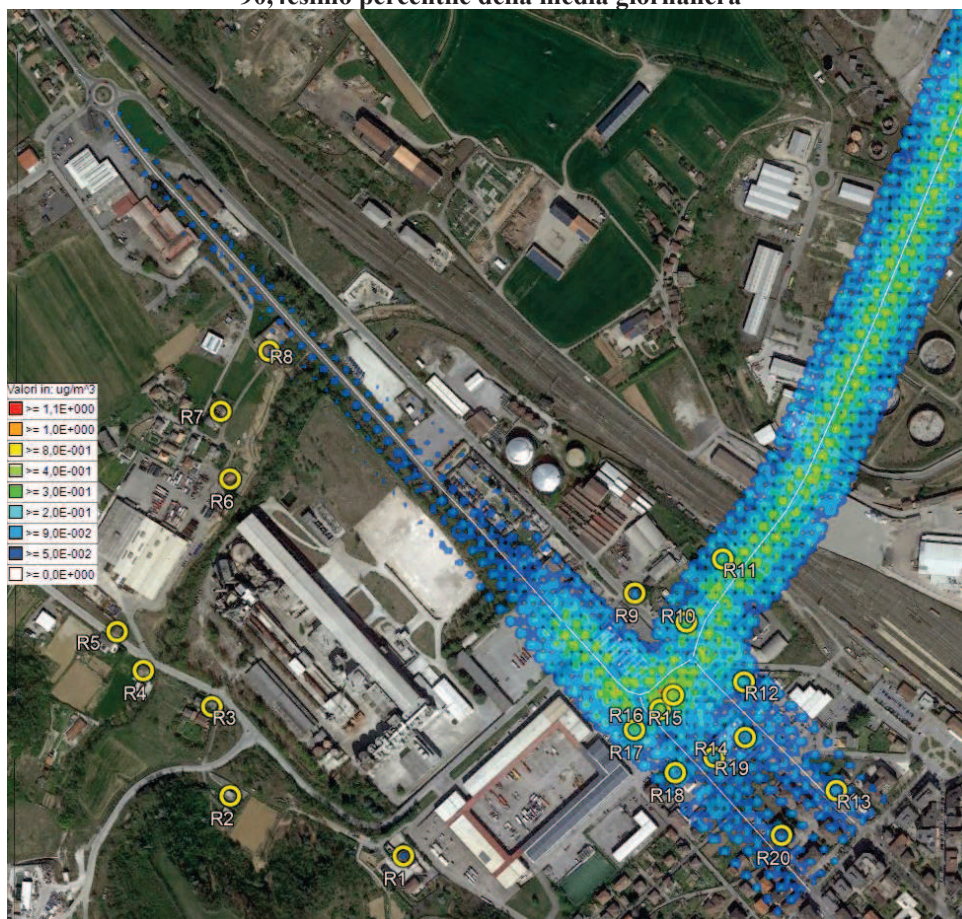
Soffermandosi sui ricettori discreti (Tabella 17), ci si attende un incremento della concentrazione media annuale di NO<sub>2</sub> ricompreso tra  $3 \times 10^{-4}$  e 0,06 mg/m<sup>3</sup> e un incremento del 99.8 percentile della media oraria compreso tra 0,04 e 0,79 mg/m<sup>3</sup>.

Tabella 17 – Incremento della concentrazione media annua e del 99.8esimo percentile della concentrazione media oraria di NO<sub>2</sub> atteso ai ricettori puntuali a causa del traffico indotto dal cantiere.

RICETTORE	INCREMENTO NO <sub>2</sub>	
	99.8esimo percentile media oraria	Media annuale
	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
R1	0,108	8,750E-04
R2	0,057	4,839E-04
R3	0,059	4,695E-04
R4	0,049	3,797E-04
R5	0,043	3,543E-04
R6	0,050	6,745E-04
R7	0,050	7,931E-04
R8	0,062	1,856E-03
R9	0,192	0,015
R10	0,557	0,038
R11	0,485	0,033
R12	0,349	0,026
R13	0,168	0,014
R14	0,245	0,016
R15	0,792	0,061
R16	0,698	0,048
R17	0,474	0,018
R18	0,294	0,011
R19	0,273	0,016
R20	0,15	0,011



90,4esimo percentile della media giornaliera



Media annuale



Figura 16 - Incremento della concentrazione di NO2 atteso a causa del traffico indotto dal cantiere.



## 7. IMPATTO COMPLESSIVO DEL CANTIERE (EMISSIONI DIFFUSE + TRAFFICO)

Dal momento che gli inquinanti PM10 e NO<sub>2</sub> vengono emessi sia dal traffico indotto sia dalle attività condotte all'interno dell'area del cantiere (demolizioni, movimentazione macerie, triturazione e utilizzo macchine operatrici), si rende necessario sommare i contributi delle diverse sorgenti emissive, diffuse e traffico, al fine di valutare l'impatto complessivo del cantiere e la sua significatività.

In Tabella 18 e in Tabella 19 si riportano gli incrementi delle concentrazioni di PM10 e NO<sub>2</sub> complessivamente attesi ai ricettori discreti durante il periodo di attività del cantiere. Valgono le stesse considerazioni effettuate nel capitolo 5.3 circa la significatività degli impatti attesi; infatti le emissioni diffuse associate alle attività svolte in cantiere risultano assolutamente prevalenti rispetto a quelle associate al traffico.

Tabella 18 – Incremento della concentrazione media annua e del 90,4esimo percentile della concentrazione media giornaliera di PM10 complessivamente atteso ai ricettori puntuali a causa del cantiere. In rosso gli incrementi ritenuti significativi ai sensi dell'approccio della UK EPA

RICETTORE	INCREMENTO PM10	
	90,4esimo percentile media giornaliera $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media annuale $\mu\text{g}/\text{m}^3$
R1	1,463	0,634
R2	1,088	0,385
R3	1,365	0,488
R4	0,659	0,233
R5	0,490	0,185
R6	1,278	0,522
R7	0,850	0,339
R8	0,825	0,324
R9	1,287	0,535
R10	0,930	0,401
R11	0,761	0,299
R12	0,709	0,300
R13	0,452	0,195
R14	0,675	0,299
R15	1,021	0,454
R16	1,066	0,486
R17	1,193	0,556
R18	0,899	0,411
R19	0,761	0,344
R20	0,517	0,232

*Tabella 19 – Incremento della concentrazione media annuale e del 99,8esimo percentile della concentrazione media oraria di NO<sub>2</sub> complessivamente atteso ai ricettori puntuali a causa del cantiere. In rosso gli incrementi ritenuti significativi ai sensi dell'approccio della UK EPA.*

RICETTORE	INCREMENTO NO <sub>2</sub>	
	99.8esimo percentile media oraria	Media annuale
	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
R1	5,531	0,159
R2	5,974	0,107
R3	6,444	0,128
R4	3,842	0,063
R5	2,826	0,051
R6	5,259	0,142
R7	3,083	0,097
R8	2,926	0,096
R9	4,552	0,166
R10	4,134	0,151
R11	3,286	0,118
R12	3,126	0,111
R13	2,005	0,070
R14	2,859	0,101
R15	4,405	0,188
R16	4,476	0,185
R17	4,598	0,175
R18	3,734	0,128
R19	3,094	0,114
R20	2,361	0,077

## 8. CONFRONTO CON I LIMITI DI LEGGE

Nel presente capitolo si confrontano le concentrazioni attese in atmosfera durante l'attività del cantiere (valori di fondo registrati da ARPA+ incremento atteso a causa delle attività del cantiere) con i limiti di legge relativi alla qualità dell'aria.

I risultati sono riportati in Tabella 20.

Sia per il PM10 che per l'NO2 non emergono criticità, in quanto le attività del cantiere non andranno a impattare sulla qualità dell'aria locale in entità tale da determinare il superamento dei limiti di qualità fissati dal D. Lgs. 155/2010.

Si fa, inoltre, presente che tali valori sono stati ottenuti estendendo le emissioni di polveri diffuse attese nella fase critica del cantiere a tutta la durata del cantiere stesso, assunta pari a un anno al fine di poter effettuare un confronto con i limiti normativi di qualità dell'aria. Nella realtà le attività di demolizione e la campagna mobile di triturazione, per le quali è stato valutato l'impatto, avranno durata di circa 5 mesi e non 12 mesi; l'impatto effettivo sulla qualità dell'aria locale sarà di conseguenza molto più ridotto di quanto stimato.

*Tabella 20 - Stima delle concentrazioni di PM10 e NO2 attese in atmosfera durante l'attività del cantiere (inclusi i valori di fondo dovuti alle sorgenti già presenti) e confronto con i limiti di legge. La simulazione ipotizza che il cantiere abbia durata di 12 mesi ed emissioni costanti e paragonabili a quelle della fase più critica. In rosso i superamenti del limite normativo.*

Ricettori	PM10				NO <sub>2</sub>			
	media annuale (µg/m <sup>3</sup> )		90.4 percentile media giornaliera (µg/m <sup>3</sup> ) (n. superamenti/anno)		media annuale (µg/m <sup>3</sup> )		99.8 percentile media oraria (µg/m <sup>3</sup> )	
	SDP	valore limite D.Lgs. 155/10	SDP	Valore limite D.Lgs. 155/10	SDP	valore limite D.Lgs. 155/10	SDP	valore limite D.Lgs. 155/10
R1	23,034	40	36,463	50 (35)	21,288	40	78,108	200 (18)
R2	22,785		36,088		21,237		78,057	
R3	22,888		36,365		21,260		78,047	
R4	22,633		35,659		21,190		77,049	
R5	22,585		35,490		21,177		77,043	
R6	22,922		36,278		21,264		77,864	
R7	22,739		35,850		21,217		77,050	
R8	22,724		35,825		21,214		77,062	
R9	22,935		36,287		21,296		77,192	
R10	22,801		35,930		21,279		77,557	
R11	22,699		35,761		21,245		77,485	
R12	22,700		35,709		21,237		77,349	
R13	22,595		35,452		21,195		77,168	
R14	22,699		35,675		21,228		77,245	
R15	22,854		36,021		21,318		77,792	
R16	22,886		36,066		21,315		77,698	
R17	22,956		36,193		21,307		77,474	
R18	22,811		35,899		21,257		77,294	
R19	22,744		35,761		21,242		77,273	
R20	22,632		35,517		21,203		77,153	

---

## 9. CONCLUSIONI

La presente valutazione è stata svolta con il fine di verificare l'impatto sulla qualità dell'aria locale del cantiere di demolizione che sarà avviato nella ex sede CEMENTIR, insieme alla contestuale campagna mobile di triturazione in sito delle macerie derivate.

Per il cantiere in oggetto, si ritiene che la fase maggiormente impattante sull'atmosfera sia la fase di demolizione delle strutture in c.a. e muratura e delle pavimentazioni svolta contestualmente alla campagna mobile di triturazione delle macerie da essa derivate. Tali attività determineranno inevitabilmente l'emissione diffusa di polveri. Inoltre l'utilizzo di macchine operatrici in cantiere, nonché il traffico indotto di mezzi pesanti determineranno anche l'emissione di ossidi di azoto.

Le attività di demolizione e frantumazione delle macerie di cui sopra avranno durata di circa 5 mesi, mentre la durata complessiva del cantiere, incluse le fasi di allestimento e pulizia finale, sarà di circa un anno.

Cautelativamente, ai fini del presente studio, l'impatto del cantiere viene valutato con riferimento alle emissioni di polveri e NO<sub>x</sub> attese nella fase più critica, ossia durante l'esecuzione delle attività di demolizione e frantumazione macerie, estendendo tale emissione all'intera durata nel cantiere, ossia ad un intero anno.

Tale approccio, estremamente cautelativo, ha il vantaggio di permettere il confronto diretto con i limiti normativi di qualità dell'aria.

La valutazione ha mostrato che le attività di demolizione e frantumazione delle macerie potrebbero dar luogo ad emissioni di PM<sub>10</sub> di entità non trascurabile nelle aree limitrofe al cantiere, coinvolgendo alcuni recettori sia di natura commerciale che residenziale. Tuttavia, tali emissioni non saranno tali da causare un effettivo peggioramento della qualità dell'aria locale, con contestuale superamento dei limiti di legge.

Per quanto riguarda NO<sub>2</sub> non sono emerse particolari criticità. Difatti, l'impatto causato dall'utilizzo delle macchine operatrici in cantiere e dal traffico indotto risulta trascurabile e non si prospetta alcun superamento dei limiti di qualità dell'aria per tale parametro.

In termini generali, l'impatto significativo è in sostanza da attribuirsi esclusivamente alle emissioni diffuse di polveri dovute alle attività di demolizione e movimentazione delle macerie, mentre il contributo del traffico indotto è irrilevante.

A commento di tali risultati si ricorda, ancora una volta, che l'analisi effettuata è estremamente cautelativa in quanto assume la contemporaneità delle varie attività svolte e la loro durata continuativa su tutto l'anno. Nella realtà, dunque, ci si attende un impatto sulla qualità dell'aria decisamente inferiore a quello stimato. Si ricorda, inoltre, che la durata del cantiere è temporanea e che gli impatti causati sono di natura reversibile.

Ad ogni modo, al fine di mitigare l'impatto del cantiere sulla qualità dell'aria locale, in particolare modo limitare la diffusione di polveri in aree esterne al cantiere, l'impresa si impegna ad adottare specifiche azioni mitigative quali:

- bagnatura delle piste di cantiere;
- umidificazione con getti d'acqua o cannon-fog delle aree oggetto di demolizione e dei cumuli in stoccaggio;
- utilizzo di tutti i dispositivi mitigativi applicabili all'uso del frantoio in fase di triturazione, quali ad esempio: sponde alte della tramoggia di carico, copertura del nastro trasportatore ed umidificazione delle macerie in lavorazione.



---

Infine è bene ricordare che la barriera arborea presente lungo tutto il perimetro di cantiere è stata considerata di altezza pari a 5 m seppur presenti alberature di maggiore altezza che contribuiranno ulteriormente al contenimento delle polveri all'interno dell'area di cantiere.

---

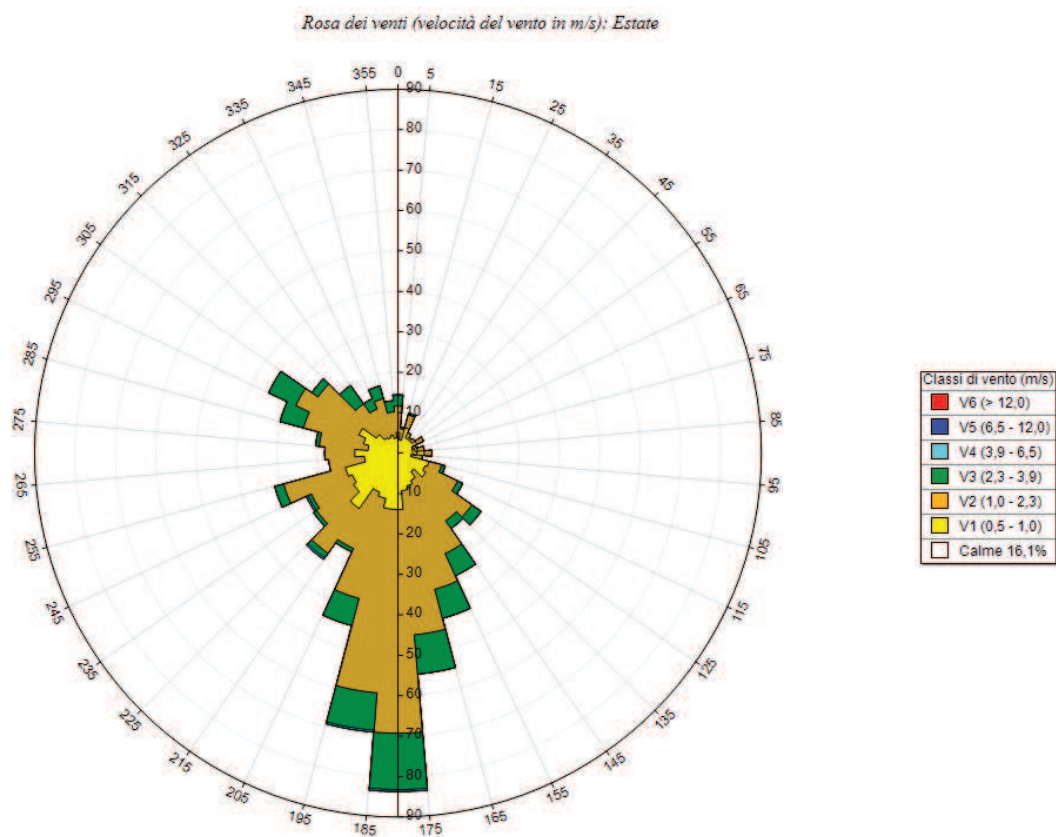
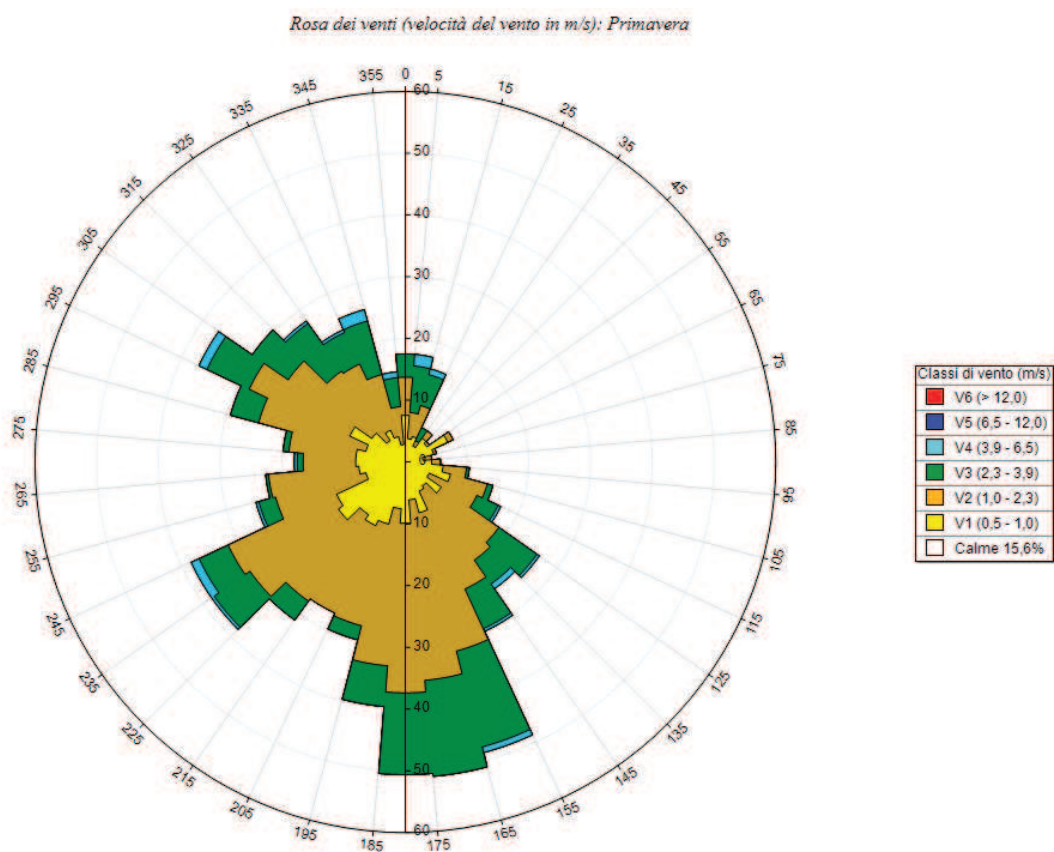
## ALLEGATI

### A. CARATTERISTICHE DEI RICETTORI E DEI TRATTI STRADALI

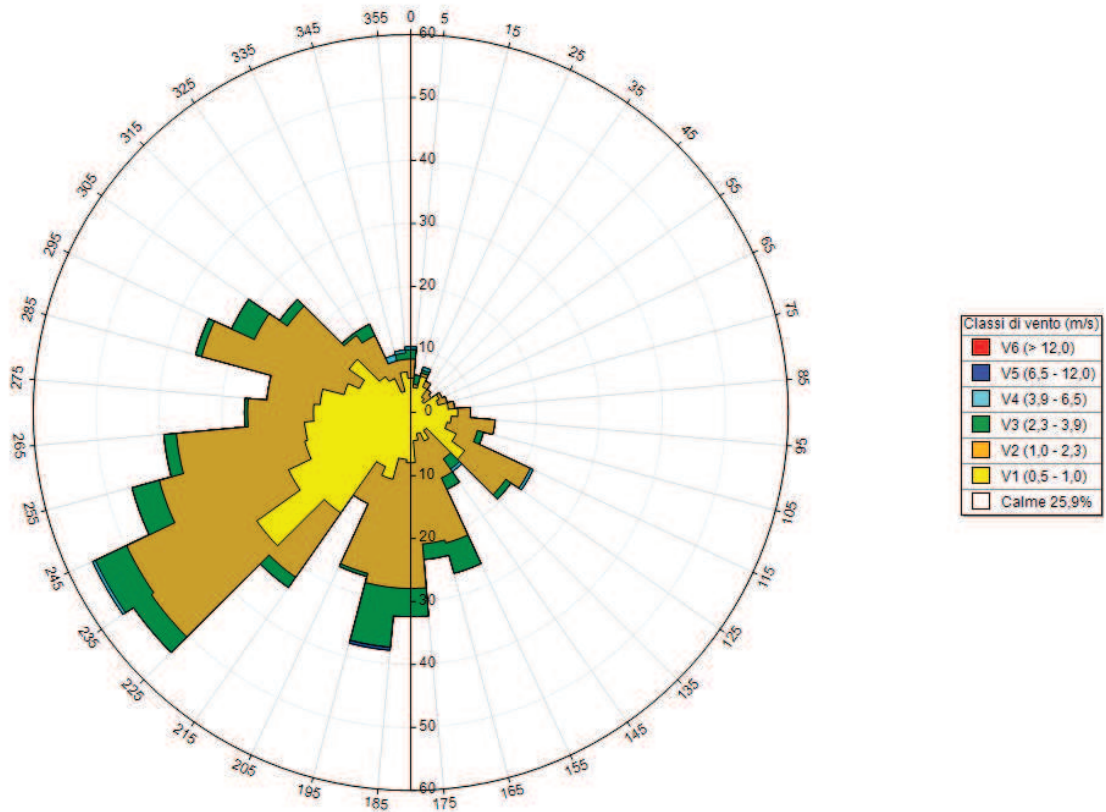
RICETTORI DISCRETI		
id. Ricettore	Coordinate UTM WGS84	
	E (m)	N (m)
R1	490193,00	4948608,00
R2	489976,00	4948682,00
R3	489953,00	4948793,00
R4	489867,00	4948838,00
R5	489834,00	4948886,00
R6	489974,00	4949077,00
R7	489962,00	4949162,00
R8	490022,00	4949237,00
R9	490481,00	4948937,00
R10	490545,00	4948901,00
R11	490590,00	4948980,00
R12	490618,00	4948827,00
R13	490734,00	4948692,00
R14	490619,00	4948758,00
R15	490529,00	4948810,00
R16	490513,00	4948792,00
R17	490481,00	4948767,00
R18	490532,00	4948714,00
R19	490581,00	4948733,00
R20	490665,00	4948636,00

CARATTERISTICHE TRATTI STRADALI		
Tratto stradale	Lunghezza (m)	Larghezza mixing zone (m)
SP140 – Via Gramsci	1350	14
SS35 – Via del Vapore	283	14
Via Serravalle T-nord	852	14
Via Serravalle T-sud	324	14

## B. ROSE DEI VENTI STAGIONALI



Rosa dei venti (velocità del vento in m/s): Autunno



Rosa dei venti (velocità del vento in m/s): Inverno

