

VALUTAZIONE PREVISIONALE DIFFUSIONE POLVERI

SCHEDA B_B5 – Allegato 14

EMISSIONI IN ATMOSFERA RELATIVE ALL'IMPIANTO

Allegato 14

TEMPERATURA	PORTATA (Nmc/h)	TIPOLOGIA INQUINANTI	CONCENTRAZIONE (mg/mc)	FLUSSO DI MASSA (kg/ora)	IMPIANTO DI ABBATTIMENTO	PUNTO DI EMISSIONE	DESTINAZIONE
		Polveri (PM10)	0,01	1,8	ad acqua tramite autobotte	diffuso	atmosfera
		Monossido di carbonio (CO)	0,01	0,2	catalizzatore	scarico mezzi	atmosfera
		Ossidi di azoto (NOx)	0,015	0,8	catalizzatore	scarico mezzi	atmosfera
		Amianto (fibre libere)			Incapsulamento, sigillatura e copertura con terra	sup. scarica	atmosfera

TIPOLOGIA INQUINANTI: specificare gli inquinanti prodotti dalla fase, con particolare riferimento a quelli di cui all'All. III del D.Lgs 59/2005

IMPIANTO DI ABBATTIMENTO: indicare tipologia e se a servizio della singola fase o di più fasi.

DESTINAZIONE: indicare se in atmosfera, in imp. di abbattimento, ad altra fase, altro.



REGIONE PIEMONTE

PROVINCIA DI NOVARA

COMUNE DI BORGOMANERO
Località Cumiona

IMPIANTO DI SMALTIMENTO PER RIFIUTI NON PERICOLOSI MONODEDICATO A MATERIALE DA COSTRUZIONE CONTENENTE CEMENTO AMIANTO

ART. 12 L.R. 40/98

Fase di valutazione e giudizio di compatibilità ambientale
allegato A2 punto n. 8

ART. 29 D.Lgs. 152/06

Autorizzazione Integrata Ambientale
categoria IPPC di cui al punto 5.4 dell'allegato VIII, parte I

ART. 208 D.Lgs. 152/06

Autorizzazione unica per i nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti

Elaborato n. 1

STUDIO D'IMPATTO AMBIENTALE

ALLEGATO 1 Studio atmosferico e Valutazione previsionale diffusione polveri

Progettisti **INGEGNERIA E AMBIENTE**

Dott. Ing. ALBERTO COLOMBO

Dott. Ing. SIMONA DELSALE

Via Cavour n. 21, 28010 NEBBIUNO (NO)

Tel. 0322/589839 Fax 0322/589839

Email albertocolombo67@libero.it

Email simona.delsale@libero.it

PLANETA studio associato

Via Cerello n. 21, 10034 CHIVASSO (TO)

Tel. 011/9103450 Fax 011/9101908

Email mattia.biasioli@studioplaneta.it

Dott. MATTIA BIASIOLI, Ing. ELENA HARTOG, Ing. FABIO CAMINITI

Proponente **SAVOINI Rag. LUIGI di Savoini Giuseppe & C s.a.s.**
TERRE REFRATTARIE

via Domenico Savio n. 27, 28021 BORGOMANERO (NO)

Tel. 0322/834134

P. IVA e C.F. 01231000033

Luglio 2012

INDICE

1. OBIETTIVI E CONTENUTI	6
1.1 <i>La documentazione di riferimento</i>	<i>6</i>
2. ANALISI DEL QUADRO NORMATIVO	8
2.1 <i>Limiti di riferimento per l'impianto in località Cumiona</i>	<i>9</i>
2.1.1 <i>PM₁₀.....</i>	<i>9</i>
2.1.2 <i>Biossido di azoto e ossidi di azoto.....</i>	<i>10</i>
2.1.3 <i>Monossido di carbonio</i>	<i>11</i>
3. CARATTERIZZAZIONE METEOCLIMATICA	13
3.1 <i>Stazioni meteorologiche di riferimento.....</i>	<i>14</i>
3.2 <i>Climatologia provinciale.....</i>	<i>18</i>
3.2.1 <i>Regimi delle temperature.....</i>	<i>19</i>
3.2.2 <i>Regime pluviometrico</i>	<i>20</i>
3.2.3 <i>Parametri di scala della turbolenza atmosferica.....</i>	<i>21</i>
3.2.4 <i>Regime anemologico provinciale.....</i>	<i>22</i>
3.3 <i>Caratterizzazione climatologica su scala locale</i>	<i>23</i>
3.3.1 <i>Regime anemologico locale.....</i>	<i>23</i>
3.3.2 <i>Stabilità atmosferica</i>	<i>24</i>
3.3.3 <i>Forza di inversione termica</i>	<i>27</i>
4. STATO DELLA QUALITA' DELL'ARIA NELL'AREA IN ESAME.....	29
4.1 <i>La rete regionale di monitoraggio: la provincia di Novara</i>	<i>29</i>
4.2 <i>Dati di qualità dell'aria</i>	<i>32</i>
4.2.1 <i>Biossido di Azoto</i>	<i>32</i>
4.2.2 <i>Particolato sottile PM₁₀.....</i>	<i>33</i>
4.2.3 <i>Monossido di Carbonio CO</i>	<i>34</i>
4.2.4 <i>Valori di fondo per il sito</i>	<i>35</i>
5. CARATTERIZZAZIONE DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA CONNESSE ALL'IMPIANTO	36
5.1 <i>Emissioni polverulente</i>	<i>38</i>
5.1.1 <i>Scotico e movimentazione del materiale superficiale.....</i>	<i>39</i>
5.1.2 <i>Scavo e movimentazione del materiale sbancato</i>	<i>40</i>
5.1.3 <i>Erosione del vento dai cumuli.....</i>	<i>41</i>
5.1.4 <i>Trasporto di materiale su piste non asfaltate</i>	<i>43</i>
5.2 <i>Emissioni connesse al traffico dei mezzi pesanti</i>	<i>45</i>
5.3 <i>Compatibilità delle emissioni stimate con i limiti di qualità dell'aria</i>	<i>47</i>
6. SIMULAZIONE DELLA DISPERSIONE DEGLI INQUINANTI IN ATMOSFERA CON IL MODELLO WINDIMULA	51

6.1	<i>Il modello Windimula</i>	51
6.2	<i>I dati di input</i>	52
6.2.1	<i>La sorgente emissiva</i>	53
6.2.2	<i>Dominio di calcolo</i>	54
6.2.3	<i>I dati meteo</i>	55
6.2.4	<i>Orografia</i>	56
6.2.5	<i>I recettori</i>	57
6.3	<i>Risultati dell'applicazione modellistica</i>	58
7.	CONCLUSIONI	62

TABELLE NEL TESTO

Tabella 1	Valori limite di riferimento per l'impatto da polveri sottili prodotte dall'impianto in località Cumiona
Tabella 2	Valori limite di riferimento per l'impatto da ossidi di azoto prodotti dall'impianto in località Cumiona
Tabella 3	Valori limite di riferimento per l'impatto da monossido di carbonio prodotto dall'impianto in località Cumiona
Tabella 4	Stazione meteorologiche automatiche in Provincia di Novara considerate nell'ambito della definizione della climatologia provinciale
Tabella 5	Stazione meteorologica automatica in Provincia di Varese considerata nell'ambito della valutazione dell'impatto da parte dell'impianto in esame sull'aria atmosferica
Tabella 6	Medie mensili delle temperature, media annuale delle temperature e dell'escursione termica misurata presso la stazione di Novara (in ° C). Periodo 1989-2008
Tabella 7	Medie mensili delle precipitazioni misurate in Provincia di Novara (in mm). Periodo 1989-2008
Tabella 8	Classificazione della stabilità atmosferica in classi di stabilità (Pasquill-Gifford)
Tabella 9	Metodo di Pasquill per l'attribuzione della classe di stabilità atmosferica a una serie di dati meteo climatici
Tabella 10	Stazione di misura della qualità dell'aria appartenenti alla rete regionale gestita da ARPA: stazioni presenti nel 2009 nella Provincia di Novara

Tabella 11	Campagne di monitoraggio della qualità dell'aria realizzate da ARPA con l'ausilio del mezzo mobile nel periodo 1998-2009. (Fonte ARPA Piemonte)
Tabella 12	Valori di fondo caratteristici del sito in esame
Tabella 13	Riepilogo dati di progetto
Tabella 14	Descrizione delle fasi di realizzazione
Tabella 15	Dati progettuali relativi alle operazioni di scavo del Settore 2
Tabella 16	Fattore di emissione areale relativo all'erosione dei cumuli
Tabella 17	Coefficienti utilizzati nella formula del calcolo delle emissioni derivanti dal transito dei mezzi su piste non asfaltate
Tabella 18	Fattori di emissione connessi al transito dei mezzi pesanti ottenuti dal modello COPERT
Tabella 19	Emissioni orarie dovute al transito dei mezzi
Tabella 20	Fattori di emissione delle macchine operatrici (escavatori)
Tabella 21	Emissioni totali delle macchine operatrici (escavatori)
Tabella 22	Emissione oraria complessiva generata dalle attività di transito dei mezzi pesanti
Tabella 23	Emissioni di PM ₁₀ generate dalle attività di cantiere
Tabella 24	Proposta di soglie assolute di emissione di PM ₁₀ al variare della distanza dalla sorgente e al variare del numero di giorni di emissione [ARPAT, 2009]
Tabella 25	Valutazione delle emissioni al variare della distanza tra recettore e sorgente per un numero di giorni di attività inferiore a 100 giorni/anno [ARPAT, 2009]
Tabella 26	Caratteristiche geometriche della sorgente emissiva e flussi emissivi.
Tabella 27	Distribuzione delle classi di velocità del vento (Varese, anno 2005).

IMMAGINI NEL TESTO

Immagine 1	Ubicazione delle stazioni meteorologiche utilizzate per la definizione del clima provinciale di Novara (Borgomanero e
-------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Cameri) e per la valutazione dell'impatto dell'impianto (ISPRA - VA)

- Immagine 2** Posizione per la quale la Provincia di Torino ha fornito i dati relativi all'altezza di rimescolamento (stazione Ivrea)
- Immagine 3** Inquadramento della Provincia di Novara nella Regione Piemonte
- Immagine 4** Precipitazioni annuali e numero di giorni piovosi misurati presso le stazioni Borgomanero e Cameri (NO). Periodo 1989-2008. (Fonte ARPA Piemonte)
- Immagine 5** Frequenza delle classi di stabilità atmosferica calcolate sulla base dei dati meteorologici misurati, ogni ora, presso la stazione ISPRA di Varese. Periodo 24/09/2003 – 31/12/2010
- Immagine 6** Rosa dei venti relativa alla stazione Cameri (NO). Periodo 01/01/2002 – 30/03/2011
- Immagine 7** Rosa dei venti relativa alla stazione ISPRA (VA). Periodo 01/01/2005 – 31/12/2005
- Immagine 8** Ubicazione delle stazioni di misura della qualità dell'aria della Provincia di Novara
- Immagine 9** Concentrazioni medie annuali di NO₂ misurate dalle stazioni della rete regionale in provincia di Novara. Periodo 2006-2008. (Fonte ARPA Piemonte)
- Immagine 10** Concentrazioni medie annuali di PM₁₀ misurate dalle stazioni della rete regionale in provincia di Novara. Periodo 2006-2008. (Fonte ARPA Piemonte)
- Immagine 11** Numero di giorni di superamento del limite giornaliero di 50 µg/m³ riferito alle stazioni della rete regionale in provincia di Novara. Periodo 2006-2008. (Fonte ARPA Piemonte)
- Immagine 12** Monossido di carbonio, massima media mobile 8 ore (mg/m³). Periodo 2006-2008. (Fonte ARPA Piemonte)
- Immagine 13** Inquadramento del sito e caratteristiche considerate nella modellizzazione della dispersione degli inquinanti in atmosfera
- Immagine 14** Rappresentazione della sorgente (in blu) e del dominio di calcolo (in rosso)

Immagine 15 Conformazione morfologica del territorio ricompreso nel dominio di calcolo

Immagine 16 Ubicazione dei recettori in prossimità dell'impianto

FIGURE

- Figura 1** Concentrazioni medie orarie di PM_{10}
- Figura 2** Concentrazioni medie orarie di PM_{10} – vista 3D
- Figura 3** Concentrazioni medie orarie di NO_x ;
- Figura 4** Concentrazioni medie orarie di NO_x – vista 3D
- Figura 5** Concentrazioni medie orarie di CO
- Figura 6** Concentrazioni medie orarie di CO – vista 3D
- Figura 7** 90° percentile delle concentrazioni orarie di PM_{10}

1. OBIETTIVI E CONTENUTI

Il presente studio ha quale obiettivo la valutazione degli effetti sulla componente atmosferica derivanti dalla realizzazione e dalla gestione di un impianto di smaltimento monodedicato per rifiuti contenenti cemento amianto ubicato nel territorio del Comune di Borgomanero (Novara), a nord-ovest del centro abitato, in Località Cumiona.

Tali effetti sono riconducibili essenzialmente a:

- operazioni di scavo ed allestimento dei vari settori in cui sarà suddiviso l'impianto di smaltimento;
- movimentazione e trasporto del materiale sbancato;
- trasporto dei rifiuti conferiti.

Gli argomenti trattati nel presente studio sono i seguenti:

- principali riferimenti normativi in materia di emissioni e di qualità dell'aria;
- breve descrizione dell'impianto di smaltimento con particolare riferimento alle caratteristiche delle sorgenti emmissive;
- caratterizzazione meteo-climatica dell'area;
- simulazione della ricaduta al suolo dei principali inquinanti emessi (PM_{10} , NO_x , CO) attraverso l'applicazione del modello gaussiano WINDIMULA 2.0;
- verifica dei limiti previsti dal D.M. 60/2002 per gli inquinanti considerati e caratterizzazione statistica dei valori di concentrazione ottenuti nella simulazione.

1.1 La documentazione di riferimento

Si riportata l'elenco della principale documentazione utilizzata per la stesura del documento:

- EPA-AP-42 - Emissions Factors & AP 42, Compilation of Air Pollutant Emission Factors;
- Linee Guida ARPA TOSCANA - Linee guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali pulverulenti (estate 2009);

- Progetto realizzazione discarica - Tavola descrittiva delle fasi del progetto

2. ANALISI DEL QUADRO NORMATIVO

Si riporta di seguito l'elenco delle principali norme di riferimento per la valutazione dell'impatto prodotto da un impianto di smaltimento monodedicato per rifiuti contenenti cemento amianto nei confronti dell'aria atmosferica:

- D.M. 60/2002 (Attuazione della direttiva 2001/77/Ce) "*Recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i limiti di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo, e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio*" così come modificato e integrato dal D.Lgs 13 agosto 2010, n. 155 - Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa. (10G0177) - (GU n. 216 del 15-9-2010 - Suppl. Ordinario n.217);
- Sicurezza Lavoratori "Norme in materia ambientale": l'A.C.G.I.H (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*) ha stabilito dei livelli di riferimento fissati specificatamente per gli ambienti di lavoro denominati **TLV** o **valori limite di soglia** (*Threshold Limit Values*). Questi rappresentano le concentrazioni al di sotto delle quali si ritiene che la maggior parte dei lavoratori possa rimanere esposta ripetutamente giorno per giorno senza effetti negativi per la salute. In ogni caso questi limiti non costituiscono una linea di demarcazione netta fra concentrazione non pericolosa e pericolosa, né un indice relativo di tossicità
- Rapporto CTN_ACE¹: RTI CTN_ACE 2/2000: "*I modelli per la valutazione della qualità dell'aria*";
- Rapporto CTN_ACE: RTI CTN_ACE 4/2001: "*Linee guida per la selezione e l'applicazione dei modelli di dispersione atmosferica per la valutazione della qualità dell'aria*";
- La Parte Quinta del D.Lgs. n. 152/2006, Titolo I, relativo alla «Prevenzione e limitazione delle emissioni in atmosfera di impianti e attività» si applica agli impianti ed alle attività che producono emissioni in atmosfera, inclusi gli impianti termici civili non disciplinati dal Titolo II, e stabilisce:

1 Centro Tematico Nazionale Atmosfera Clima Emissioni - APAT

- i valori di emissione, le prescrizioni, i metodi di campionamento e di analisi delle emissioni;
- i criteri per la valutazione della conformità dei valori misurati ai valori limite.

Resta fermo, per gli impianti sottoposti ad autorizzazione integrata ambientale, quanto previsto dal decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59; per tali impianti, l'autorizzazione integrata ambientale sostituisce l'autorizzazione alle emissioni prevista dalle disposizioni in esame.

2.1 Limiti di riferimento per l'impianto in località Cumiona

2.1.1 PM_{10}

Per il particolato sottile PM_{10} ² il riferimento normativo vigente è il Decreto n. 60 del 2 aprile 2002 e s.m.i., che fissa un valore limite (media giornaliera) per la protezione della salute umana pari a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, da non superarsi per più di 35 volte per anno civile. Lo stesso decreto fissa inoltre un valore limite per la protezione della salute umana pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ espresso come media annua.

Per la tutela della salute dei lavoratori la legislazione non prevede un limite di esposizione professionale per il parametro polveri sottili "generico" ma bensì per singoli composti. L'A.C.G.I.H (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*) raccomanda una concentrazione per le polveri inalabili inferiore a $10.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, riferita all'arco temporale di 8 ore giornaliere in orario lavorativo. Tale concentrazione rappresenta un livello di riferimento al di sotto del quale si ritiene che la maggior parte dei lavoratori possa rimanere esposta ripetutamente giorno per giorno senza effetti negativi per la salute. In ogni caso questo limite non costituisce una linea di demarcazione netta fra concentrazione non pericolosa e pericolosa, né un indice relativo di tossicità.

² PM_{10} : frazione di materiale particolato sospeso in aria ambiente che passa attraverso un sistema di separazione in grado di selezionare il materiale particolato di diametro aerodinamico di $10 \mu\text{m}$, con una efficienza di campionamento pari al 50% (art. 2, c. 1, D.M. 60/2002 e s.m.i.).

I limiti³ che saranno pertanto presi in considerazione nell'ambito della modellizzazione della dispersione del particolato PM₁₀ nell'aria atmosferica all'esterno della sorgente costituita dal corpo dell'impianto in Località Cumiona sono riassunti nella Tabella 1.

Parametro	Tipologia ai sensi del D.M. 02/04/02 n. 60	Periodo di mediazione	Valore limite	Numero di superamento ammessi
PARTICELLE (PM10)	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m ³	35 volte/anno civile
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m ³	---

Tabella 1 – Valori limite di riferimento per l'impatto da polveri sottili prodotte dall'impianto in località Cumiona

2.1.2 Biossido di azoto e ossidi di azoto

Per il biossido di azoto il D.M. 60/2002 e s.m.i. ha fissato delle dei valori limite e delle soglie di allarme, a cui corrispondono dei livelli di concentrazione di inquinanti in atmosfera il cui superamento determina il sorgere di seri rischi per la salute umana anche in caso di esposizioni di breve durata. In caso si verifichi tale situazione di pericolo le autorità competenti sono tenute all'adozione immediata di misure capaci di portare ad una riduzione delle concentrazioni di inquinante al di sotto del valore di allarme.

Per quanto attiene i limiti di riferimento per valutare l'impatto delle attività connesse alla realizzazione e alla gestione dell'impianto di smaltimento monodedicato per rifiuti contenenti amianto non si terrà conto della soglia di allarme (pari a 400 µg/m³ per un periodo di mediazione di 3 ore) in quanto i processi di combustione, che sono la causa principale dell'emissione di ossidi di azoto, sono legati al solo transito e operatività dei mezzi, le cui emissioni contribuiscono al raggiungimento del predetto limite in percentuale irrisoria. La soglia di allarme per gli ossidi di azoto è uno strumento utile alla valutazione di

³ I valori limite devono essere espressi in µg/m³. Il volume deve essere normalizzato ad una temperatura di 293 K e ad una pressione di 101,3 kPa

rischio per la salute umana in centri densamente abitati fortemente interessati da traffico veicolare, ove la produzione di ossidi di azoto è legata alle emissioni da motori a combustione interna, riscaldamento domestico, presenza di insolazione (promotore di ossidazione di NO e NO₂ in NO_x in presenza di emissioni di gas di scarico incombusti). Tale non è la situazione di un impianto ubicato in una zona non abitata, sovrelevata rispetto a un piccolo centro abitato, e in presenza di vegetazione al contorno come quella del sito in oggetto.

I limiti che saranno pertanto presi in considerazione nell'ambito della modellizzazione della dispersione degli ossidi di azoto nell'aria atmosferica all'esterno della sorgente costituita dal corpo dell'impianto in Località Cumiona sono riassunti nella Tabella 2.

Parametro	Tipologia ai sensi del D.M. 02/04/02 n. 60	Periodo di mediazione	Valore limite	Numero di superamento ammessi
BIOSSIDO DI AZOTO (NO₂) e OSSIDI DI AZOTO (NO_x)	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	200 µg/m ³	18 volte/anno civile
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m ³	---
	Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	anno civile	30 µg/m ³	---

Tabella 2 – Valori limite di riferimento per l'impatto da ossidi di azoto prodotti dall'impianto in località Cumiona

2.1.3 Monossido di carbonio

I limiti di riferimento per valutare l'impatto da monossido di carbonio dell'impianto in esame nei confronti dell'aria atmosferica sono riassunti nella Tabella 3.

Parametro	Tipologia ai sensi del D.M. 02/04/02 n. 60	Periodo di mediazione	Valore limite	Numero di superamenti ammessi
Monossido di Carbonio (CO)	Valore limite per la protezione della salute umana	media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m ³	---

Tabella 3 – Valori limite di riferimento per l'impatto da monossido di carbonio prodotto dall'impianto in località Cumiona

3. CARATTERIZZAZIONE METEOCLIMATICA

I parametri meteorologici svolgono un ruolo determinante nell'evoluzione dell'inquinamento atmosferico. Gli episodi di inquinamento, infatti, sono governati da processi meteorologici che avvengono all'interno dello strato di atmosfera direttamente a contatto con la superficie terrestre (*"Planetary Boundary Layer"*, o Strato Limite Planetario, PBL) sia a scala regionale che locale.

In particolare, relativamente ai processi meteorologici che avvengono a scala locale, questi sono governati dal vento in prossimità della superficie e dalla differenza di temperatura tra il suolo e l'aria sovrastante, grandezze che determinano la diluizione o il ristagno degli inquinanti in atmosfera.

I più importanti fattori meteorologici che interessano i fenomeni di inquinamento atmosferico sono:

- Vento orizzontale (velocità e direzione): generato dalla componente geostrofica e modificato dal contributo delle forze d'attrito del terreno e da effetti meteorologici locali, come brezze (di monte-valle o marine) o, come nel caso di una città, da circolazioni urbano-rurali.
- Stabilità atmosferica: è un indicatore della turbolenza atmosferica alla quale si devono i rimescolamenti dell'aria e quindi il processo di diluizione degli inquinanti; le condizioni di stabilità e di estrema stabilità (F+G secondo la classificazione di Pasquill-Gifford) sono le più favorevoli ad un ristagno ed accumulo degli inquinanti.
- Altezza di rimescolamento: è un indicatore della capacità che ha la troposfera di disperdere gli inquinanti; indica indirettamente il volume all'interno del quale gli inquinanti emessi si concentrano. Relativamente al ciclo stagionale, si registra che:
 - nel periodo invernale il modesto irraggiamento solare, l'alta umidità relativa con le nebbie, la bassa temperatura, la ridotta ventilazione e l'assenza di precipitazioni producono la riduzione dello strato di rimescolamento, talvolta fino a generare l'inversione termica al suolo; in tali situazioni viene favorito l'aumento delle concentrazioni degli inquinanti aerodispersi;
 - nel periodo estivo, le alte temperature diurne e l'irraggiamento solare favoriscono un aumento dello strato di

rimescolamento che ha come effetto una maggiore diluizione degli inquinanti rispetto ad altri periodi dell'anno.

- Temperatura: sono importanti la sua evoluzione annuale, quella diurna nonché il profilo verticale.
- Precipitazioni: è importante il numero di giorni caratterizzati da quantità di pioggia $\geq 0,3$ mm nonché l'entità cumulata mensile e annuale.
- Inversioni termiche: quota alla quale si verifica che la temperatura, anziché diminuire, aumenti con l'aumento dell'altezza. Essa determina anche l'altezza del PBL.
- Movimenti atmosferici verticali: spostamenti di masse d'aria in senso verticale che in ambiente urbano sono dovuti principalmente a moti termoconvettivi.

3.1 Stazioni meteorologiche di riferimento

Il sito in esame si trova a circa 33 km da Novara (a Nord-Ovest) e a circa 3 km a ovest della cittadina di Borgomanero.

La Rete di Monitoraggio Regionale nella provincia di Novara dispone di 10 stazioni meteorologiche, ma solo due centraline hanno una serie abbastanza lunga di dati adatta a confronti climatologici: Cameri e Borgomanero. Tali stazioni sono le più vicine al sito di tutte quelle costituenti la rete regionale nella provincia per la misura dei dati anemologici e di radiazione solare: quella urbana di Borgomanero è ubicata a distanza di circa 3 km a est del sito, mentre quella di riferimento per il Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare di Cameri⁴, è ubicata circa 28 km a sud-est del sito.

Le informazioni relative alle suddette stazioni meteorologiche sono riassunte nella seguente Tabella 4:

⁴ La stazione meteorologica di Cameri è ubicata a circa 8 km a sud ovest dell'aeroporto internazionale Milano Malpensa

stazione meteo/parametri	Coord UTM-X ED50	Coord UTM-Y ED50	Altitudine s.l.m. (m)	Distanza dal sito	Parametri misurati
Borgomanero (NO)	458054	5059749	300	3 km	- Precipitazioni - Temperatura dell'aria - Radiazione solare
Cameri (NO)	476179	5044074	173	28 km	- Velocità vento - Direzione vento - Precipitazioni - Temperatura dell'aria

Tabella 4 – Stazioni meteorologiche automatiche in Provincia di Novara considerate nell'ambito della definizione della climatologia provinciale

Sulla base delle indicazioni del Rapporto CTN_ACE: RTI CTN_ACE 4/2001: *“Linee guida per la selezione e l'applicazione dei modelli di dispersione atmosferica per la valutazione della qualità dell'aria”*, la scelta dei dati meteorologici deve basarsi sui seguenti criteri generali:

- Disponibilità di dati orari;
- Vicinanza delle stazioni prescelte rispetto al sito;
- “Bontà” dei dati scelti, in termini di consistenza dal punto di vista fisico (disponibilità di più parametri da una stessa stazione). Come indicato in Tab. 4 la stazione di Borgomanero non dispone di anemometro (velocità e direzione del vento), mentre la centralina di Cameri non dispone di radiometro per la misura della radiazione solare globale.

Il database di input meteorologico al modello Windimula per la simulazione della dispersione nello scenario *short-term* deve di norma contenere una serie temporale di dati orari nell'arco di un anno solare misurati possibilmente da una stessa stazione meteorologica. Tale esigenza deriva dalla necessità di ottenere le classi di stabilità atmosferica (si veda il Par. 3.3.2) con un approccio fisicamente consistente⁵. Le classi di stabilità sono calcolate sulla base dei dati di velocità del vento, precipitazione e radiazione solare. A tal fine si è scelto di utilizzare i dati meteorologici misurati dalla stazione ISPRA di Varese (ubicata presso il

⁵ E' sempre possibile formare una matrice di dati provenienti da stazioni diverse, tuttavia assemblare dati meteorologici registrati presso aree generalmente molto distanti o caratteristiche di zone rurali piuttosto che aeroportuali nelle quali il microclima può variare sensibilmente, può far calcolare parametri di turbolenza atmosferica poco rappresentativi dell'area che si sta considerando

Centro Comune di Ricerche, edificio 51) dotata dei sensori per la misura dei tre parametri citati. La disponibilità di dati orari misurati dalla medesima stazione ha permesso di calcolare le classi di stabilità (con il metodo di Pasquill) con un approccio realistico per l'area in esame.

Tra le serie storiche disponibili (relative al ventennio 1989-2008) si è utilizzata quella relativa al 2005, risultato per la provincia l'anno più siccitoso del ventennio in questione (si veda il Par. 3.2.2). Tale scelta si è basata sul criterio conservativo di simulare la dispersione degli inquinanti in atmosfera nelle condizioni meteorologiche avverse all'abbattimento degli inquinanti dovuti alle precipitazioni.

Le informazioni relative alla stazione meteorologica ISPRA di Varese sono riassunte nella seguente Tabella 5:

stazione meteo/parametri	Coord UTM-X ED50	Coord UTM-Y ED50	Altitudine s.l.m. (m)	Distanza dal sito	Parametri misurati
ISPRA (VA)	5073502	1470085	220	18,6 km	- Velocità vento - Direzione vento - Precipitazioni - Temperatura dell'aria - Radiazione solare - Umidità relativa

Tabella 5 – Stazione meteorologica automatica in Provincia di Varese considerata nell'ambito della valutazione dell'impatto da parte dell'impianto in esame sull'aria atmosferica

La scelta della stazione ISPRA quale stazione rappresentativa delle condizioni meteorologiche del sito in esame, oltre ai criteri generali indicati dalle Linee guida RTI_ACE, ha tenuto conto dei seguenti fattori:

- Confrontabilità delle rose dei venti costruite sulla base dei dati misurati dalla stazione ISPRA e dalla stazione Cameri;
- Confrontabilità dei regimi pluviometrici medi misurati dalla stazione ISPRA e dalla stazione di Borgomanero;
- Vicinanza della stazione al sito.

L'ubicazione delle stazioni fin qui citate sono riportate in **Imm. 1**.



Immagine 1 – Ubicazione delle stazioni meteorologiche utilizzate per la definizione del clima provinciale di Novara (Borgomanero e Cameri) e per la valutazione dell'impatto dell'impianto (ISPRA (VA))

L'unica informazione meteorologica non desunta dalle misurazioni della stazione ISPRA di Varese è l'altezza di rimescolamento.

Lo strato di rimescolamento (o "mixing layer") è un parametro meteorologico indiretto (cioè non direttamente misurabile) tanto fondamentale quanto difficilmente stimabile con accuratezza. Esso, infatti, varia con il tipo di suolo, la stagione, la nuvolosità e l'altezza del sole sull'orizzonte. Tale grandezza rappresenta la quota dello strato di aria in prossimità del suolo all'interno della quale gli inquinanti o ogni altra sostanza emessa all'interno di questo strato, o contenuto in esso, diventa verticalmente dispersa per mezzo della convezione o della turbolenza meccanica in un tempo di scala di circa mezz'ora.

Si è ritenuto l'utilizzo di dati di default forniti dal modello WINDIMULA poco conservativo e poco realistico; il modello infatti associa a tutti i dati orari di un anno solare valori di altezza di rimescolamento anche dell'ordine delle migliaia di metri, laddove il regime di turbolenza diurno e notturno hanno di norma valori rispettivamente dell'ordine dei 60 m e di 300- 1000 m.

Si è scelto pertanto di utilizzare una serie annua (2005) di dati forniti dalla Provincia di Torino⁶ per un'area limitrofa a IVREA (coordinate UTM-X: 413471; UTM-Y: 5032203). L'ubicazione di tale posizione (denominata "stazione IVREA") è riportata in **Imm. 2**.

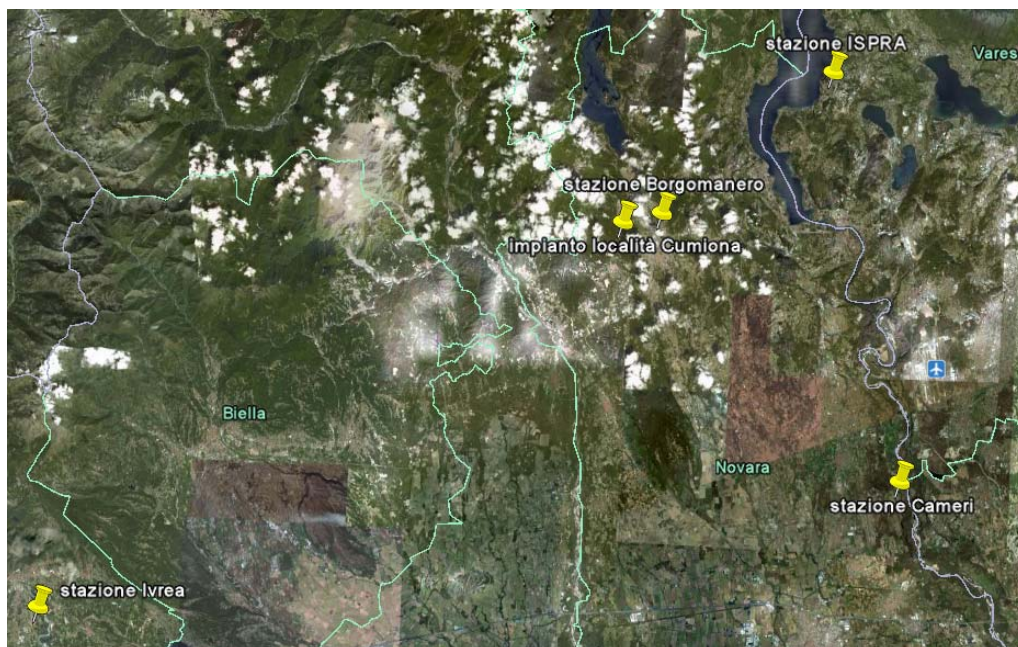


Immagine 2 – Posizione per la quale la Provincia di Torino ha fornito i dati relativi all'altezza di rimescolamento (stazione Ivrea).

3.2 Climatologia provinciale

Il territorio della provincia di Novara (**Imm. 3**), nella sua metà meridionale, è prevalentemente pianeggiante con la massiccia presenza della coltura risicola che interessa oltre il 50% della superficie agricola utilizzata. La zona centro settentrionale è invece caratterizzata da un paesaggio collinare, che nell'area più ad ovest è fortemente connotata dalla presenza dei vigneti, mentre verso est ha caratteristiche boschive.

Verso l'estremità nord le colline salgono in modo più ripido, fino a formare il massiccio collinare montuoso del Vergante, che culmina con la

⁶ L'altezza di rimescolamento è uno dei parametri di scala della turbolenza atmosferica che è stato ricostruito sul territorio della Provincia di Torino. Si rimanda a tale proposito alla pubblicazione Rif. ARIANET R2003.XX - giugno 2003: *"Costruzione di una base dati meteorologici sulla Provincia di Torino con l'ausilio di modellistica numerica"*.

cima del Mottarone (1.491 m), al confine con la provincia del Verbano Cusio Ossola.

Il territorio della provincia di Novara comprende anche due importanti bacini lacustri: il Lago Maggiore (nella sua parte meridionale) e il lago d'Orta (quasi per intero), attornati da aree collinari.

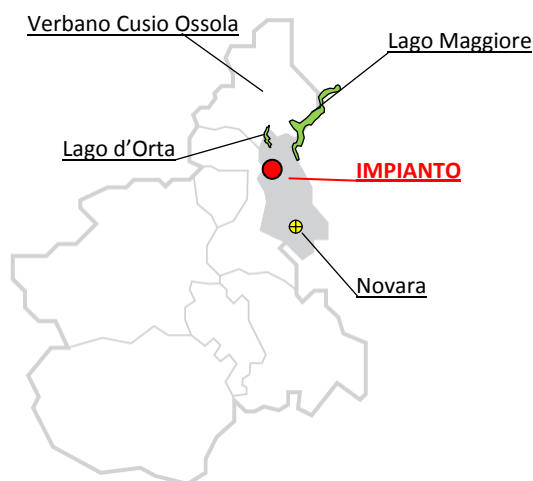


Immagine 3 – Inquadramento della Provincia di Novara nella Regione Piemonte

3.2.1 Regimi delle temperature

Esaminando i regimi delle temperature medie mensili relativi a Novara (periodo 1989-2008) si può osservare che il mese più caldo è luglio mentre quello più freddo è gennaio (si veda la Tabella 6). I mesi che più si avvicinano alla media annua del periodo sono aprile e ottobre. Il collocamento di questi valori peculiari nell'anno è simile a quanto avviene nella penisola italiana con clima continentale.

Nella Tabella 6 sono anche riportate le escursioni medie annue, ottenute per differenza tra le temperature medie mensili di luglio e di gennaio. Il clima di una regione può definirsi di tipo continentale quando tale escursione è uguale o superiore a 20 °C, mentre è di tipo marittimo se è inferiore a 15 °C. L'escursione media annua è utile per mettere in evidenza differenze termiche tra le stagioni invernale ed estiva. Queste sono più pronunciate per le stazioni della pianura piemontese (tutte con valori superiori a 20 °C) e meno per quelle di montagna (tra 15 e 20 °C). Nelle regioni mediterranee le escursioni annuali sono inferiori per la mitigazione dovuta ai mari. Un effetto analogo, pur se molto limitato, esercita, nel territorio limitrofo, la massa del lago Maggiore, tanto che la

stazione di Pallanza denuncia, fra tutte quelle di pianura, la più bassa escursione media annua (20,2 °C). Per tali ragioni la provincia di Novara è caratterizzata da un clima temperato subcontinentale.

GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	MEDIA	ESC. TERM.
1,1	3,4	8,1	13,0	17,4	21,6	23,9	23,1	19,2	13,2	7,3	2,4	12,7	26,5

Tabella 6 – Medie mensili delle temperature, media annuale delle temperature e dell'escursione termica misurata presso la stazione di Novara (in ° C). Periodo 1989-2008.

3.2.2 Regime pluviometrico

L'analisi della distribuzione annuale delle precipitazioni nell'ambito dei vari mesi (Tabella 7) può essere utilizzata per definire il regime pluviometrico di un'area geografica. L'andamento di tale distribuzione per la provincia di Novara risulta bimodale con i massimi localizzati in primavera ed in autunno. In base alla collocazione nell'anno del minimo principale, del massimo principale e del massimo secondario, si possono distinguere quattro tipi di regime pluviometrico, dei quali tre di tipo continentale (minimo principale in inverno) ed uno di tipo mediterraneo (minimo principale in estate). Il regime pluviometrico di Novara si colloca nel regime sublitoraneo padano con due massimi (nelle stagioni primaverile ed autunnale) e due minimi equivalenti. Tale regime è presente in tutta la zona della pianura compresa tra le prealpi e il corso del Po e si addentra nell'ampia valle del Tanaro.

GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
49	46	73	94	101	80	60	68	77	92	117	67

Tabella 7 – Medie mensili delle precipitazioni misurate in Provincia di Novara (in mm). Periodo 1989-2008.

Analizzando l'andamento delle piogge dal 1989 al 2008 risultano essere più siccitosi il 1990 a Borgomanero e il 2005 a Cameri, mentre l'anno più piovoso è stato in entrambe le località il 2002 (**Imm. 4**).

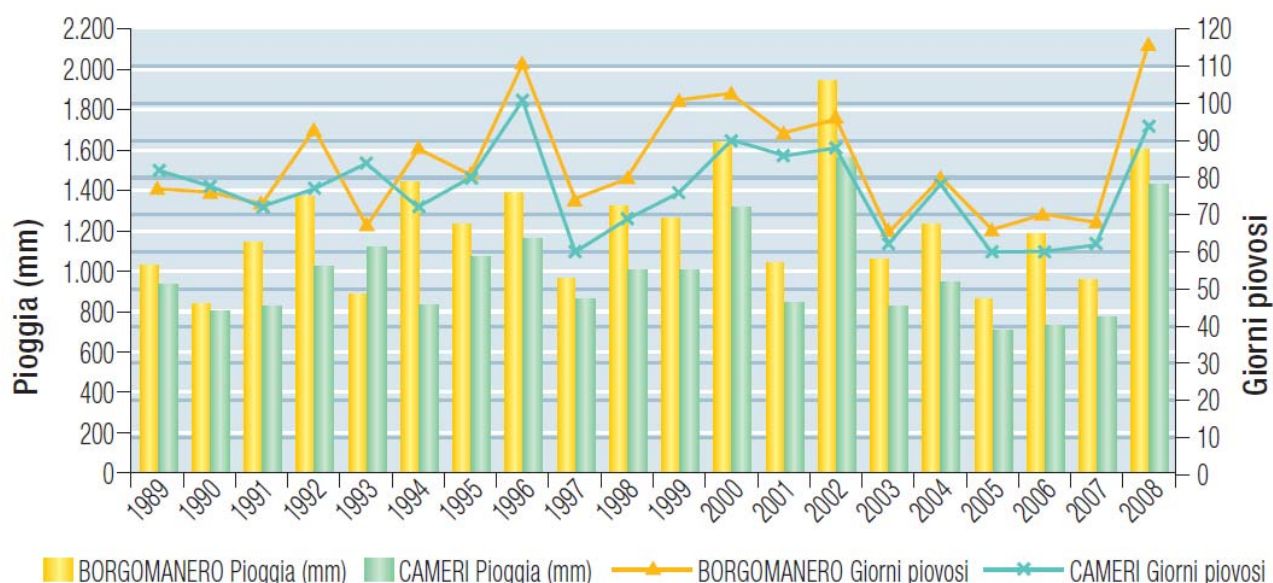


Immagine 4 – Precipitazioni annuali e numero di giorni piovosi misurati presso le stazioni Borgomanero e Cameri (NO). Periodo 1989-2008. (Fonte ARPA Piemonte)

3.2.3 Parametri di scala della turbolenza atmosferica

Per quanto riguarda l'altezza di rimescolamento riferita all'area dell'impianto, i valori medi stagionali riferiti al periodo 2004-2007 risultano compresi nel range 275-600 m nel periodo estivo e nell'intervallo 125-350 m nella stagione invernale (dato desunto da mappatura realizzata dall'ARPA Piemonte).

Per ciò che concerne la frequenza delle condizioni di stabilità atmosferica (classe F+G), si osserva una frequenza di casi di stabilità superiore al 40% come media oraria sull'intero periodo settembre 2003-dicembre 2010. Tali dati sono stati desunti dalla stazione ISPRA di Varese (Imm. 5).

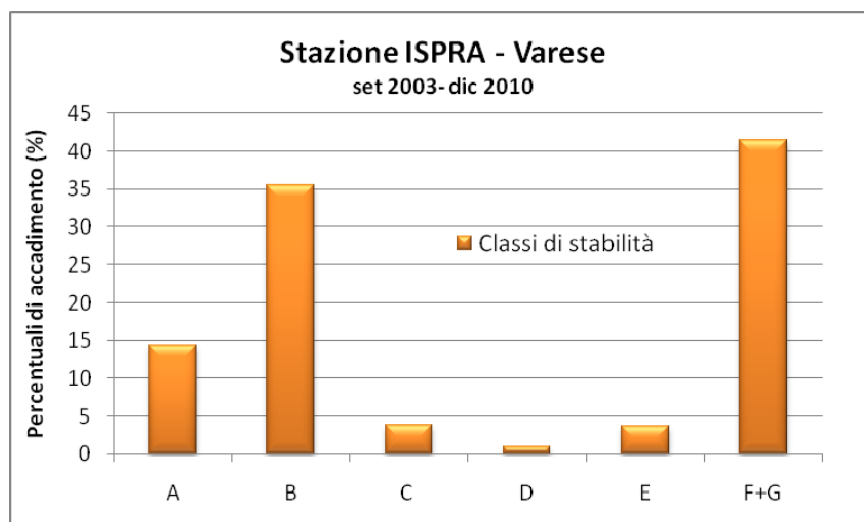


Immagine 5 – Frequenza delle classi di stabilità atmosferica calcolate sulla base dei dati meteorologici misurati, ogni ora, presso la stazione ISPRA di Varese. Periodo 24/09/2003 – 31/12/2010

3.2.4 Regime anemologico provinciale

In provincia di Novara Arpa Piemonte dispone di due anemometri: Cameri in funzione dal 03/05/1988 e Novara dal 06/04/2005.

La rosa dei venti relativa ai dati orari registrati dalla stazione Cameri nel periodo gennaio 2002 – marzo 2011 (**Imm. 6**) mostra una direzione prevalente di provenienza del vento dal settore NNE e frequenze di accadimento di fenomeni di calma di vento (intensità del vento inferiore a 0,5 m/s) superiore al 35 %.

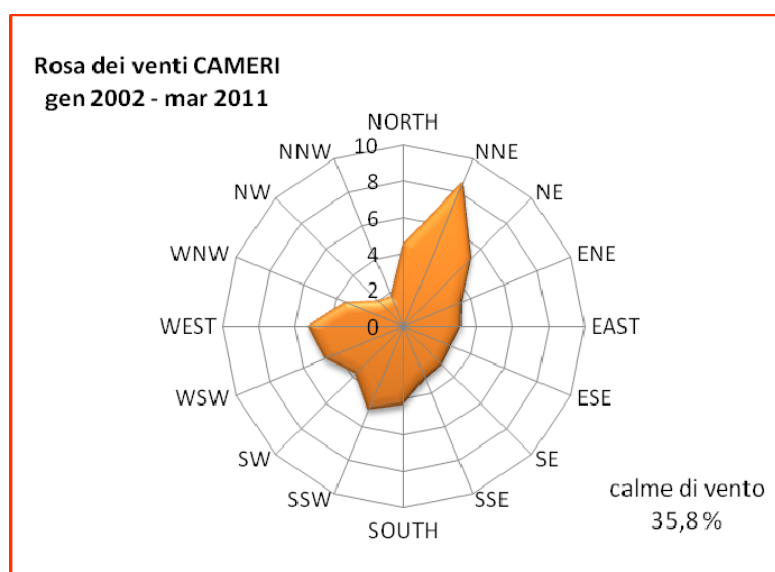


Immagine 6 – Rosa dei venti relativa alla stazione Cameri (NO). Periodo 01/01/2002 – 30/03/2011

La velocità media annua del vento a Cameri è pari a 1,6 m/s (fonte ARPA Piemonte).

3.3 Caratterizzazione climatologica su scala locale

3.3.1 Regime anemologico locale

La rosa dei venti relativa all'anno 2005 costruita sulla base dei dati anemologici registrati dalla stazione ISPRA di Varese (**Imm. 7**) mostra una direzione prevalente di provenienza del vento dal settore N e NNO e frequenze di accadimento di fenomeni di calma di vento (intensità del vento inferiore a 0,5 m/s) superiore al 38 %.

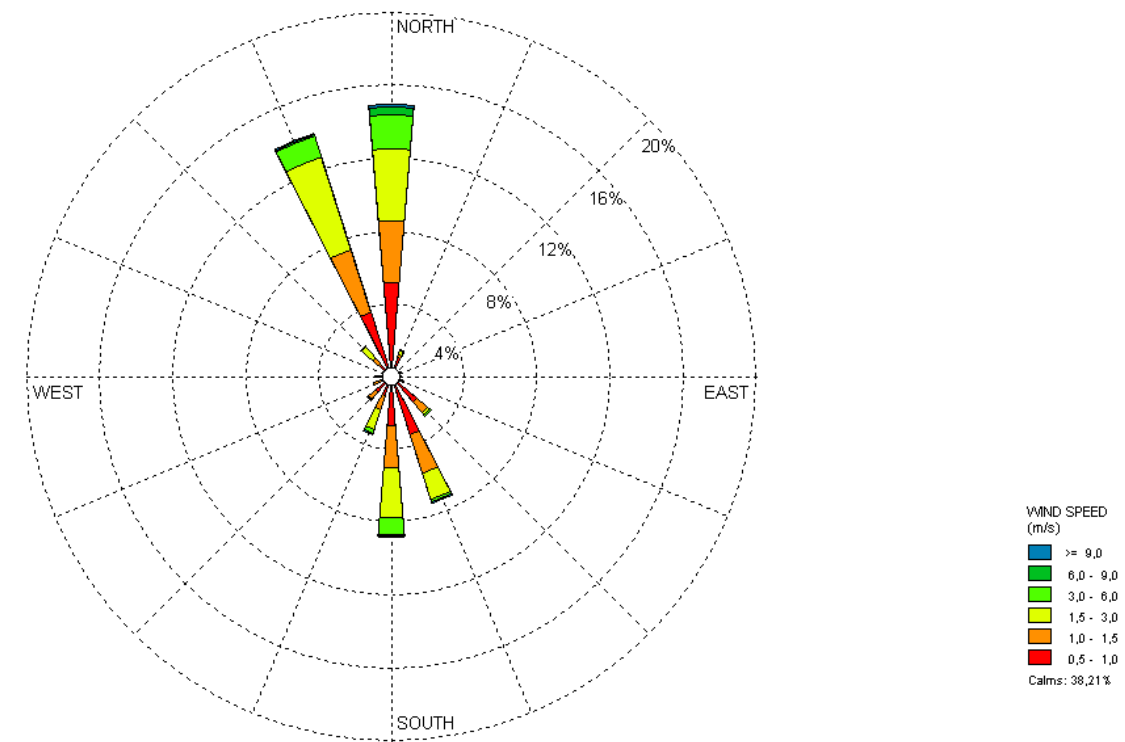


Immagine 7 – Rosa dei venti relativa alla stazione ISPRA (VA). Periodo 01/01/2005 – 31/12/2005

La suddivisione della rosa dei venti in classi di velocità dimostra come mediamente le intensità del vento siano contenute, tanto da avere intensità inferiori a 1,5 m/s in circa l'82 % delle ore nell'anno.

Il regime anemologico ricavabile dalla stazione ISPRA risulta esattamente confrontabile con quello della stazione Cameri, confermando

la validità della scelta della stazione ISPRA come riferimento per i parametri di input al modello di simulazione della dispersione di inquinanti in atmosfera Windimula 2.0.

3.3.2 Stabilità atmosferica

La stabilità atmosferica assume un ruolo molto importante per la dispersione degli inquinanti, in quanto da essa dipendono le modalità della dispersione nello strato limite atmosferico. Le classi di stabilità atmosferica sono uno dei parametri di input al modello Windimula utilizzato per la valutazione dell'impatto da parte dell'attività dell'impianto nei confronti dell'aria.

Nella troposfera la temperatura normalmente decresce all'aumentare dell'altitudine. Il profilo di temperatura di riferimento per valutare il comportamento delle masse d'aria è quello osservato per una particella d'aria che si innalza espandendosi adiabaticamente.

Quando il profilo reale coincide con quello di riferimento una particella d'aria, a qualsiasi altezza venga portata, si trova in equilibrio ovvero non ha alcuna tendenza a scendere o a salire (atmosfera neutra). Quando la temperatura decresce con l'altezza più velocemente del profilo di riferimento, le particelle d'aria ad ogni quota si trovano in una condizione instabile perché se vengono spostate continuano a muoversi nella direzione dello spostamento. Se invece la temperatura decresce con l'altezza più lentamente del profilo adiabatico, o addirittura aumenta (inversione termica) le particelle d'aria sono inibite nei movimenti sia verso l'alto che verso il basso e la situazione è detta stabile.

Condizioni neutre sono dunque caratterizzate dalla presenza di un gradiente di temperatura adiabatico e si verificano tipicamente durante le transizioni giorno-notte, in presenza di copertura nuvolosa o con forte vento.

Condizioni instabili si verificano quando il trasporto di calore dal suolo verso l'alto è notevole, come nelle giornate assolate.

Condizioni stabili, che si verificano tipicamente nelle notti limpide con vento debole, sono le più favorevoli ad un ristagno ed accumulo degli inquinanti.

Per lo studio dei problemi di diffusione si utilizza la classificazione della stabilità atmosferica in sei categorie o classi di stabilità (Pasquill-Gifford), secondo la seguente Tabella 8:

Classe	Caratteristiche
A	estremamente instabile; turbolenza termodinamica molto forte
B	moderatamente instabile; turbolenza termodinamica media
C	debolmente instabile; turbolenza termodinamica debole
D	neutra (adiabatica e pseudoad.); turbolenza termodinamica molto debole
E	debolmente stabile; turbolenza termodinamica molto debole
F+G	stabile o molto stabile; turbolenza termodinamica assente

Tabella 8 – Classificazione della stabilità atmosferica in classi di stabilità (Pasquill-Gifford)

La nebbia non appartiene a nessuna classe e fa categoria a sé, data la particolare struttura dell'atmosfera caratterizzata dalla presenza di un'inversione di temperatura al suolo.

In condizioni di stabilità (classi E e in prevalenza F+G) le sostanze inquinanti permangono più a lungo allo stesso livello. Le condizioni di stabilità F (e le condizioni di estrema stabilità G), sono associate prevalentemente al verificarsi di inversione termica, con il confinamento degli inquinanti in prossimità della superficie.

In condizioni di instabilità (classi A, B e C) l'inquinante viene rapidamente rimescolato in atmosfera ad opera dei moti turbolenti di origine termica.

In condizioni di neutralità (classe D) quando il cielo è coperto l'inquinante viene trasportato e rimescolato per condizioni di turbolenza meccanica.

Le classi di stabilità vengono calcolate nelle ore diurne e notturne, utilizzando le seguenti misure meteorologiche:

- Intensità del vento;
- Intensità della radiazione solare (dati diurni);
- Copertura nuvolosa (dati notturni).

Il metodo di attribuzione della classe di stabilità a una serie di dati orari è fornito dal metodo di Pasquill⁷ in Tabella 9.

Velocità del vento in superficie m/s	Intensità della radiazione solare			Copertura nuvolosa notturna	
	Forte	Moderata	Leggera	> 50%	< 50%
< 2	A	A – B	B	E	F+G
2 – 3	A – B	B	C	E	F+G
3 – 5	B	B – C	C	D	E
5 – 6	C	C – D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D

Nota: la classe D si applica a cieli molto coperti, a qualsiasi velocità del vento, giorno o notte

Tabella 9 - Metodo di Pasquill per l'attribuzione della classe di stabilità atmosferica a una serie di dati meteo climatici.

Per ottenere i dati di copertura nuvolosa utili ad ottenere le classi di stabilità notturne per il sito si è fatto riferimento ai dati pluviometrici: nell'anno 2005, che come detto precedentemente è risultato essere l'anno più siccitoso del periodo 1989-2008, sono stati registrati 856,6 mm di pioggia e 110 giorni piovosi⁸

La distribuzione delle classi di stabilità per il sito per l'anno assunto come riferimento hanno il medesimo andamento del periodo settembre 2003-dicembre 2010 (Imm. 5). Si evidenzia la notevole frequenza della classe stabile F+G, soprattutto nel periodo invernale, quando le ore caratterizzate da turbolenza termodinamica pressoché assente sono circa il 40% del totale; le classi F+G sono comunque sempre fortemente presenti anche nelle altre stagioni. Questo fenomeno contribuisce ad un ristagno delle masse di aria senza possibilità di diffusione degli inquinanti. E' d'altra parte importante la presenza di condizioni di atmosfera moderatamente instabile (classe B) pari a circa il 35%. Ciò è dovuto alle frequenti condizioni di vento debole (**Par. 3.3.1**).

⁷ Pasquill, F. (1961). *The estimation of the dispersion of windborne material*, The Meteorological Magazine, vol 90, No. 1063, pp 33-49

⁸ Si considera giorno piovoso il giorno caratterizzato da intensità di pioggia superiore a 1 mm (fonte ARPA Piemonte)

3.3.3 Forza di inversione termica

Il modello gaussiano Windimula richiede quale dato di input la forza dell'inversione per valutare la penetrazione degli inquinanti nelle inversioni in quota. Le inversioni termiche corrispondono a condizioni di stabilità molto elevata. Il loro meccanismo di formazione è brevemente riassunto nel seguito.

Dal momento che l'aria è trasparente alle radiazioni solari e si riscalda pochissimo in maniera diretta, il suo riscaldamento o raffreddamento dipende dal contatto turbolento con il terreno. Il suolo si riscalda di giorno e disperde calore per irraggiamento durante la notte. Di giorno il calore che il terreno acquista dal sole riscalda progressivamente l'aria che diviene instabile e si mescola in maniera turbolenta, tendendo a salire per galleggiamento finché l'aria circostante è più fredda.

Quando in quota si trova uno strato d'aria più calda (in una fase anticiclonica ad alte quote vi sono masse d'aria piuttosto calde), i movimenti verticali vengono bloccati, per annullamento della spinta ascensionale di galleggiamento. Qui si esaurisce la turbolenza e comincia la libera atmosfera stabilmente stratificata.

Tra lo strato turbolento e la libera atmosfera si forma una netta discontinuità con inversione termica. L'inversione così formata (estremamente stabile poiché l'aria superiore è molto più calda e leggera) si comporta come un tappo che impedisce il rimescolamento dello strato limite con l'atmosfera superiore.

Come conseguenza maggiore è l'irraggiamento solare, più grande sarà il riscaldamento, più in alto si eleverà la turbolenza e quindi più in alto si situerà l'inversione limite del PBL (*Planetary Boundary Layer*). In inverno non è raro riscontrare dei PBL con spessore di soli 100 metri mentre in estate lo strato limite può arrivare a qualche chilometro. L'inversione termica è la situazione peggiore dal punto di vista della dispersione degli inquinanti perché il punto di inversione costituisce una barriera oltre la quale avvengono scambi d'aria.

Un PBL può essere distrutto, ad esempio, da un forte vento sinottico (cioè nella libera atmosfera). Se la differenza di velocità dell'aria nei bassi strati (quasi ferma) e nella libera atmosfera è elevata si genera turbolenza tra i due strati e quindi mescolamento (instabilità dinamica). Il PBL viene alterato anche in regime di alta pressione, ove l'aria ha tendenza a muoversi lateralmente verso le regioni di bassa pressione richiamando aria dalle alte quote verso il basso (subsidenza).

Fattori che influenzano i movimenti verticali sono la temperatura, un fronte perturbato, i rilievi e la forza dell'inversione. Generalmente valgono le seguenti regole:

- più fa caldo al suolo, più sono forti i movimenti verticali,
- sui rilievi l'inversione si sfonda più facilmente,
- i fronti fanno spesso alzare masse d'aria calda, e dunque le inversioni si sfondano più facilmente

Per un approccio conservativo tale parametro è stato impostato nelle simulazioni pari a zero, così da considerare che gli inquinanti emessi dall'impianto restino costantemente intrappolati all'interno dello strato di mescolamento.

4. STATO DELLA QUALITA' DELL'ARIA NELL'AREA IN ESAME

Come precedentemente evidenziato, nella provincia di Novara la condizione più frequente in tutte le stagioni è quella di stabilità, associata ad assenza di turbolenza termodinamica (classe F+G). Ciò comporta che anche in primavera ed estate vi siano spesso condizioni poco favorevoli alla dispersione degli inquinanti immessi vicino alla superficie.

Al fine di poter meglio valutare l'impatto dell'impianto in esame sull'atmosfera in termini di incidenza dell'intervento in progetto sulla qualità dell'aria caratteristica dell'area si fornisce una descrizione dello stato della qualità dell'aria nell'area vasta in cui si colloca il sito; la conoscenza sullo stato della qualità dell'aria della zona deriva dalle valutazioni condotte attraverso la rete di monitoraggio della qualità dell'aria di proprietà pubblica gestita da ARPA; tale rete di monitoraggio è costituita da 11 postazioni automatiche fisse di cui 8 di fondo urbano e 3 da traffico veicolare.

4.1 La rete regionale di monitoraggio: la provincia di Novara

La qualità dell'aria in Piemonte è rilevata tramite un sistema regionale di monitoraggio composto da reti provinciali pubbliche e da reti private. La rete gestita da Arpa nel 2009 era costituita da 71 stazioni (69 pubbliche e 2 private) per il rilevamento delle concentrazioni di sostanze inquinanti primarie, ossia quelle correlate all'inquinamento da traffico/riscaldamento/industria (monossido di carbonio, monossido di azoto e PM10), e secondarie che si formano parzialmente o totalmente a seguito di una serie di reazioni chimiche e che costituiscono l'inquinamento fotochimico (ozono, biossido di azoto e in parte il PM10).

Le centraline di misurazione della qualità dell'aria sono dislocate sul territorio in modo da rappresentare in maniera significativa le diverse tipologie di stazioni, quali fondo e traffico.

Le stazioni di traffico sono situate in posizione tale che il livello di inquinamento è influenzato prevalentemente da emissioni provenienti da veicoli transitanti in strade limitrofe (Decisione 2001/752/CE) con flussi di traffico medio - alti. Tali stazioni sono ubicate in aree caratterizzate da notevoli gradienti di concentrazione.

Le stazioni di fondo (*background*) non sono influenzate direttamente da traffico o da attività industriali ma bensì dal contributo integrato di tutte le fonti sopravvento alla stazione (Decisione

2001/752/CE) e perciò sono punti rappresentativi di livelli d'inquinamento caratteristici di aree relativamente ampie.

Gli inquinanti di interesse del presente studio (CO, NO_x, PM₁₀) sono monitorati in Provincia di Novara dalle seguenti stazioni (Tabella 10):

STAZIONE	TIPO	INQUINANTI MONITORATI
ARONA – Monterosa	Fondo	Biossido di azoto (NO ₂); Monossido di azoto (NO); Ozono (O ₃)
BIANDRATE - Giacomo	Fondo	Biossido di azoto (NO ₂); Monossido di azoto (NO); Ozono (O ₃)
BORGOMANERO - Ospedale	Traffico	Biossido di azoto (NO ₂); Monossido di azoto (NO); Monossido di carbonio (CO); Polveri PM ₁₀ - Beta
CAMERI - Buonarroti	Fondo	Biossido di azoto (NO ₂); Monossido di azoto (NO)
CASTELLETTO SOPRA TICINO – Fontane	Fondo	Biossido di azoto (NO ₂); Monossido di azoto (NO); Ozono (O ₃)
CERANO – BAGNO	Fondo	Arsenico (PM ₁₀); Benzene; Benzo(a)pirene (PM ₁₀); Biossido di azoto (NO ₂); Biossido di Zolfo (SO ₂); Cadmio (PM ₁₀); Monossido di azoto (NO); Piombo (PM ₁₀); Polveri (PM ₁₀) – Basso Volume; Idrocarburi non metanici (NMHC)
NOVARA – BOVIO	Fondo	Benzene; Biossido di azoto (NO ₂); Biossido di Zolfo (SO ₂); Monossido di azoto (NO); Monossido di carbonio (CO)
NOVARA – ROMA (EX LARGO LEONARDI)	Traffico	Biossido di azoto (NO ₂); Biossido di Zolfo (SO ₂); Cadmio (PM ₁₀); Monossido di azoto (NO); Monossido di carbonio (CO); Piombo (PM ₁₀); Polveri (PM ₁₀) – Basso Volume
NOVARA – VERDI	Fondo	Biossido di azoto (NO ₂); Cadmio (PM ₁₀); Monossido di azoto (NO); Ozono (O ₃); Piombo (PM ₁₀); Polveri (PM ₁₀) – Basso Volume; Polveri PM ₁₀ - Beta
OLEGGIO - CIRCONVALLAZIONE	Traffico	Biossido di azoto (NO ₂); Monossido di azoto (NO); Monossido di carbonio (CO); Polveri PM ₁₀ - Beta
TRECATE – VERRA	Fondo	Benzene; Biossido di azoto (NO ₂); Biossido di Zolfo (SO ₂); Monossido di azoto (NO); Monossido di carbonio (CO)

Tabella 10 - Stazione di misura della qualità dell'aria appartenenti alla rete regionale gestita da ARPA: stazioni presenti nel 2009 nella Provincia di Novara.

L'ubicazione di tali stazioni è riportata in **Imm. 8**

Per campagne specifiche viene impiegato periodicamente il laboratorio mobile (che dispone di strumenti automatici per l'analisi di: NO_x, CO, SO₂, O₃, direzione e velocità del vento, umidità relativa,

temperatura e pressione e per il campionamento di PM10 e BTEX). La stazione mobile effettua campagne normalmente della durata di un mese.

Si riporta in Tabella 11 la distribuzione provinciale delle campagne di misura effettuate con mezzo mobile nel periodo 1998-2009.

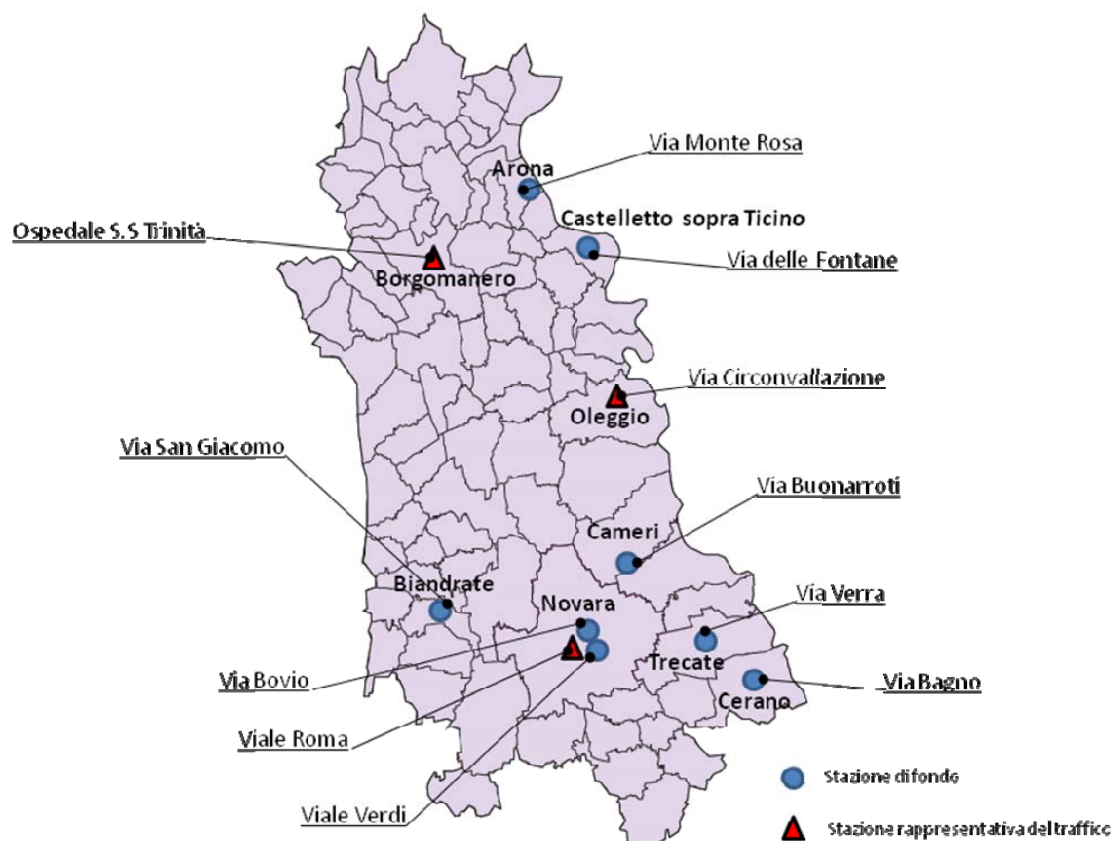


Immagine 8 - ubicazione delle stazioni di misura della qualità dell'aria della Provincia di Novara.

CAMPAGNE Mezzo Mobile 1998-2009 (ottobre)			
Comune	Campagne	Comune	Campagne
Arona	2	Meina	2
Biandrate	1	Mezzomerico	1
Borgolavezzaro	2	Nebbiuno	1
Borgomanero	2	Novara	14
Caltignaga	1	Oleggio	4
Cameri	1	Oleggio Castello	1
Castelletto Ticino	2	Pogno	1
Cavaglio D'Agogna	1	Pombia	2
Cerano	1	Romagnano Sesia	1
Dormelletto	3	San Maurizio D'Opaglio	1
Fara Novarese	1	San Nazzaro Sesia	1
Galliate	1	Trecate	3
Ghemme	2	Varallo Pombia	2
Gozzano	1	Vicolungo	1
Lesa	2	TOTALE	58

Tabella 11 - Campagne di monitoraggio della qualità dell'aria realizzate da ARPA con l'ausilio del mezzo mobile nel periodo 1998-2009. (Fonte ARPA Piemonte)

4.2 Dati di qualità dell'aria

Per la descrizione dello stato della qualità dell'aria nell'area vasta intorno al sito si è fatto riferimento ai seguenti documenti:

- Rapporto sullo stato dell'Ambiente in Provincia di Novara – anno 2008;
- Rapporti sullo stato dell'Ambiente in Regione Piemonte, anni 2009 e 2010.

I dati relativi all'anno 2009 confermano la tendenza degli ultimi anni: una situazione stabile per monossido di carbonio, biossido di zolfo, metalli e benzene i cui livelli di concentrazione si mantengono al di sotto dei limiti previsti dalle normative vigenti. Resta invece stazionaria la situazione per il biossido di azoto, ozono e particolato PM₁₀ seppur per quest'ultimo si sia registrato un leggero decremento dei livelli di concentrazione ma poco significativo ai fini del raggiungimento degli obiettivi previsti dalla normativa vigente.

Si riporta di seguito una descrizione più dettagliata dello stato dell'aria relativamente agli inquinanti oggetto delle simulazioni: NO₂⁹, particolato sottile PM₁₀ e monossido di carbonio CO.

4.2.1 Biossido di Azoto

Per quanto riguarda il 2009 il valore limite di protezione della salute umana di 40 µg/m³ **su base annuale** risulta superato nelle stazioni di Biandrate (rurale di fondo) e Novara – Bovio (fondo urbano).

Si riportano i valori di concentrazione media su base annuale del biossido di azoto misurato presso le stazioni della Provincia di Novara relativamente al triennio 2006-2008 in **Imm. 9**.

Per quanto riguarda il rispetto del **limite orario** di NO₂, il D.M. 60/2002 e s.m.i. consente un numero massimo di superamenti del valore di 200 µg/m³ pari a 18 ore/anno civile. Nel 2009 non si sono verificati superamenti in eccedenza rispetto al valore di superamenti consentito nella Provincia di Novara.

⁹ Le emissioni di ossidi di azoto oggetto delle simulazioni sono indicate come NO_x e consistono nella somma di NO e NO₂. I risultati prodotti da ogni modello matematico di simulazione dell'inquinamento atmosferico esprimono le emissioni di NO_x riferendoli stechiometricamente al parametro NO₂ così da essere direttamente confrontabili con i dati di qualità dell'aria riferiti al biossido di azoto.

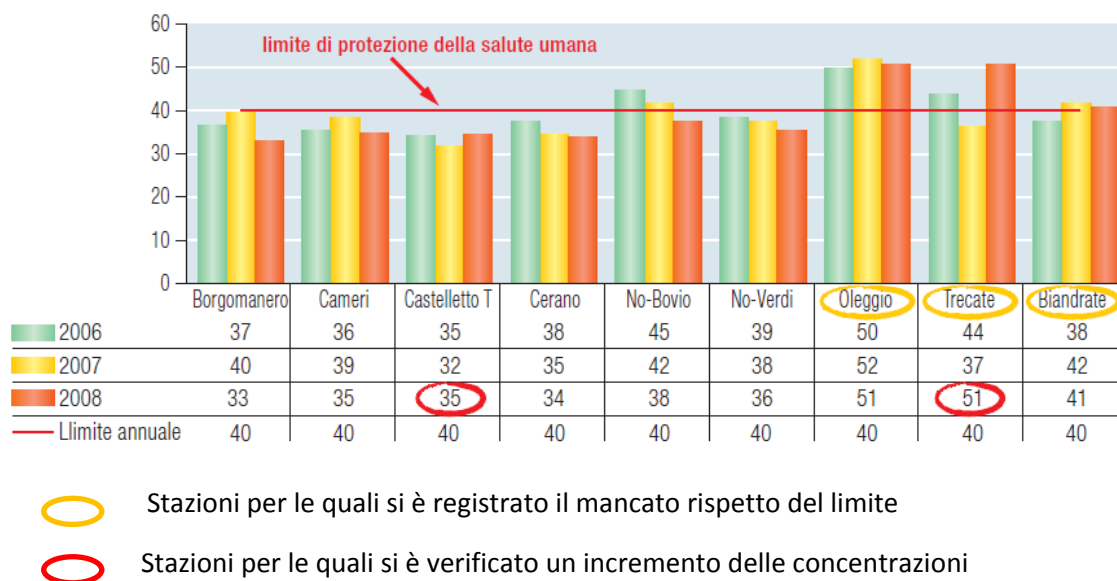


Immagine 9 - concentrazioni medie annuali di NO₂ misurate dalle stazioni della rete regionale in provincia di Novara. Periodo 2006-2008. (Fonte ARPA Piemonte)

4.2.2 Particolato sottile PM₁₀

L'indicatore sintetico rappresentato dalla **media annuale**, per l'anno 2009, non ha evidenziato superamenti del valore limite per la protezione della salute umana (40 µg/m³). La situazione generale è di lieve miglioramento rispetto agli anni precedenti.

Già nell'anno 2008, ove la meteorologia è stata particolarmente favorevole alla dispersione di questo inquinante, si era rilevato un netto miglioramento in tutte le stazioni, e il mancato rispetto del limite annuo di protezione della salute umana è avvenuto nella sola stazione di Cerano (**Imm. 10**).

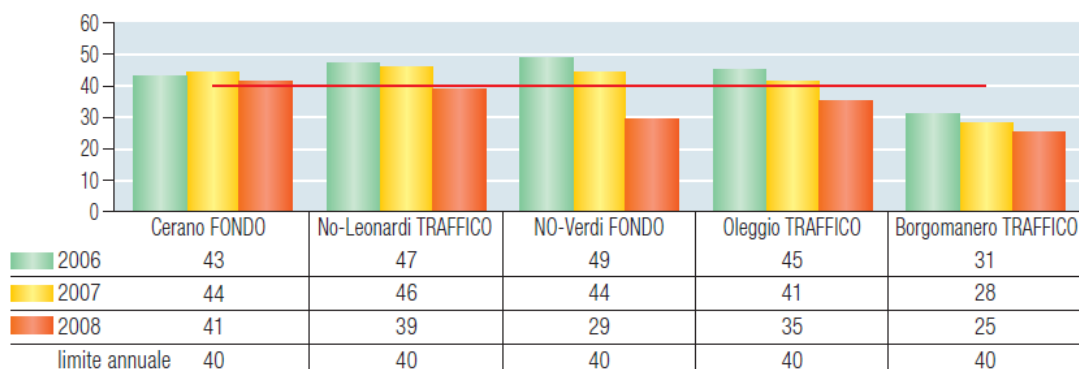


Immagine 10 - concentrazioni medie annuali di PM₁₀ misurate dalle stazioni della rete regionale in provincia di Novara. Periodo 2006-2008. (Fonte ARPA Piemonte)

Questa tendenza generale al miglioramento si conferma in tutte le stazioni anche per il numero di casi di superamento del **limite giornaliero** di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sebbene in tutte le stazioni, tranne Borgomanero, i casi di mancato rispetto del limite siano ancora superiori ai 35 giorni/anno consentiti dalla norma vigente (si veda l'**Imm. 11**).

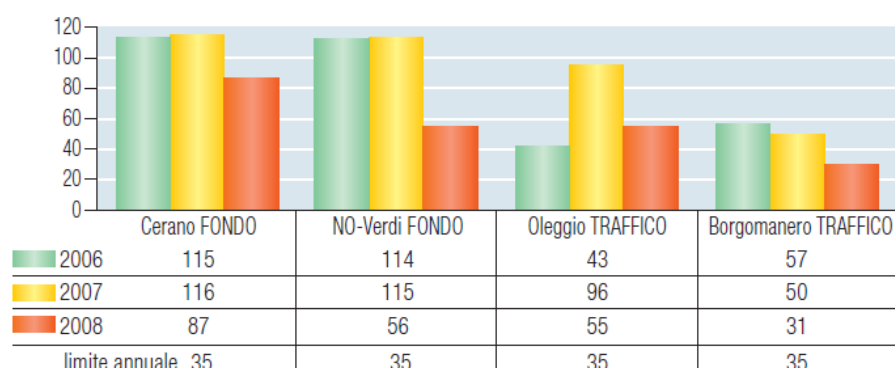


Immagine 11 - numero di giorni di superamento del limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ riferito alle stazioni della rete regionale in provincia di Novara. Periodo 2006-2008. (Fonte ARPA Piemonte)

Nel 2009 infatti, considerando le sole stazioni di Novara, il numero dei superamenti del limite giornaliero di 35 volte l'anno si è verificato presso le stazioni di Novara –Verdi (58 superamenti) e Novara-Roma (79 superamenti).

L'anno 2010 ha visto per la stazione di Borgomanero un ulteriore miglioramento del livello di fondo di PM_{10} , risultato pari a $19,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annuale e con il verificarsi di 18 giornate di mancato rispetto del limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (14 eventi a gennaio e 4 eventi nella prima metà di febbraio 2010).

4.2.3 Monossido di Carbonio CO

Il valore limite per il monossido di carbonio previsto dal DM 60/2002 e s.m.i. per la protezione della salute è pari a $10 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ inteso come concentrazione massima giornaliera delle medie mobili di 8 ore.

L'andamento delle concentrazioni di questo inquinante è strettamente correlato al traffico. L'inquinamento da monossido di carbonio, pur mantenendo i valori medi di molto inferiori al valore limite

vigente registra un lieve aumento in più stazioni per il periodo 2006-2008 (Imm. 12).

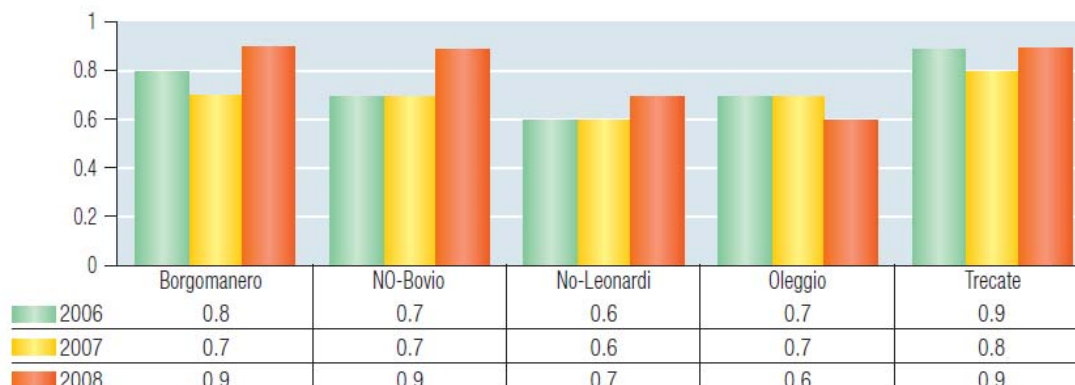


Immagine 12 - Monossido di carbonio, massima media mobile 8 ore (mg/m³). Periodo 2006-2008. (Fonte ARPA Piemonte)

4.2.4 Valori di fondo per il sito

Pur non disponendo di centraline di monitoraggio della qualità dell'aria presso il sito, è possibile utilizzare i dati di qualità dell'aria delle stazioni appartenenti alla rete regionale di rilevamento al fine di determinare i valori di fondo degli inquinanti per i quali il presente progetto valuta il contributo da parte dell'impianto in esame.

Si considerano quali valori di fondo per i parametri NO₂, PM₁₀ e CO i valori medi su base annua desunti dai dati di cui alle pubblicazioni ARPA. Le stazioni più vicine al sito in esame per le quali si dispone di dati di qualità dell'aria sono quelle di traffico veicolare di Borgomanero – Ospedale di S.S. Trinità (PM₁₀ e CO) e di fondo urbano di Castelletto Sopra Ticino - Fontane (NO₂), distanti rispettivamente circa 4 km e 16 km dal sito.

I valori di fondo per i parametri NO₂, PM₁₀ e CO che si possono considerare come caratteristici del sito sono riassunti in Tabella 12.

Valori di fondo caratteristici del sito dell'impianto in località Cumiona		
NO ₂	PM10	CO
37 µg/m ³	26 µg/m ³	0,8 mg/m ³

Tabella 12 - Valori di fondo caratteristici del sito in esame

5. CARATTERIZZAZIONE DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA CONNESSE ALL'IMPIANTO

La realizzazione e la gestione dell'impianto avverrà attraverso 10 distinte fasi che comprendono le seguenti operazioni principali:

- attività di scavo;
- allestimento dei diversi settori;
- coltivazione;
- recupero ambientale.

L'impianto sarà suddiviso in tre differenti settori (Settore A, Settore B e Settore C) che verranno coltivati separatamente procedendo da nord verso sud.

Si riportano di seguito i principali dati progettuali dell'impianto (Tabella 13) e la descrizione delle fasi di realizzazione (Tabella 14).

Superficie in disponibilità	[m ²]	31.905
Superficie interessata dallo smaltimento	[m ²]	20.667
Opere di Movimento terra e allestimento		
Volume materiale di scavo	[m ³]	197.714
Volume materiale di impermeabilizzazione di fondo	[m ³]	15.612
Volume materiale di drenaggio fondo	[m ³]	6.917
Volume rifiuto	[m ³]	289.750
Opere di copertura definitiva		
Volume materiale di impermeabilizzazione di copertura	[m ³]	10.572
Volume terreno vegetale di copertura	[m ³]	21.144
Durata dell'intervento	[anni]	10

Tabella 13 – Riepilogo dati di progetto

N° Fase	Descrizione Fase	Superficie [m ²]	Volume [m ³]	Viaggi/giorno	Durata attività
0	Stato Attuale				
1	Scavo Settore A	10.206	66.533	60	3 mesi
2	Allestimento Settore A	4.910	6.100	10	6 mesi
3	Coltivazione Settore A	4.560	38.812	9	14 mesi
	Scavo Settore B	6.830	52.818	47	3 mesi
4	Coltivazione Settore A	4.560	38.812	9	14 mesi
	Allestimento Settore B	4.113	6.347	10	3 mesi
5	Coltivazione Settore B	8.553	118.455	9	3 anni e 6 mesi
	Scavo Settore C	10.330	78.064	35	6 mesi
6	Coltivazione Settore B	8.553	118.455	9	3 anni e 6 mesi
	Allestimento Settore C	12.114	10.587	10	3 mesi
7	Coltivazione Settore C	12.150	211.244	9	6 anni e 2 mesi
	Recupero parziale Settori A, B	4.150	6.225	10	6 mesi
8	Coltivazione Settore C	8.553	118.455	9	3 anni e 6 mesi
	Recupero Settori A, B	5.220	7.830	10	6 mesi
9	Recupero Settore C	12.504	18.756	10	6 mesi

Tabella 14 – Descrizione delle fasi di realizzazione

L'impatto sulla componente atmosfera è determinato essenzialmente:

- dal sollevamento di polveri derivanti dallo scavo e dalla movimentazione di terre e materiali di ingegneria durante la fase di allestimento dei lotti e dalla movimentazione dei rifiuti nel periodo di esercizio dell'impianto;
- dall'emissione di inquinanti quali ossidi di azoto e monossido di carbonio derivanti dal traffico di mezzi pesanti indotto dalle attività di cantiere.

Risultano infatti trascurabili gli impatti legati alla dispersione in atmosfera di fibre di amianto aerodisperse, dal momento che i rifiuti conferiti in impianto saranno costituiti da lastre incapsulate, imballate e

chiuse in big bags. Nella successiva movimentazione e collocamento in discarica i big bags non saranno mai aperti, impedendo ogni dispersione di fibre di amianto in atmosfera.

5.1 Emissioni polverulente

Le emissioni di polveri in atmosfera sono costituite principalmente dalla somma dei seguenti contributi:

- operazioni di scavo con mezzi meccanici;
- movimentazione dei materiali (operazioni di carico e scarico);
- erosione eolica dai cumuli;
- transito di mezzi pesanti su piste sterrate;
- erosione eolica di aree operative non pavimentate.

La valutazione delle emissioni di polveri è stata effettuata secondo le indicazioni contenute nelle *“Linee guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti”* redatte da ARPAT (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana).

Tali linee guida introducono i metodi di stima delle emissioni di particolato di origine diffusa prodotte dalle attività di trattamento degli inerti e dei materiali polverulenti in genere e le azioni e le opere di mitigazione che si possono effettuare, anche ai fini dell'applicazione del D.Lgs 152/06 (Allegato V alla Parte 5a, Polveri e sostanze organiche liquide, Parte 1: Emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti).

I metodi di valutazione proposti nelle Linee guida ARPAT provengono principalmente dai dati e modelli dell'US-EPA (*AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors*) ai quali si rimanda per la consultazione della trattazione originaria.

La valutazione quantitativa delle emissioni è stata eseguita esclusivamente per la Fase 1 (Tab. 14) che risulta quella più impattante fra tutte le fasi di realizzazione dell'impianto in quanto caratterizzata da operazioni di scavo del Settore A in un breve periodo di tempo (3 mesi) con una incidenza complessiva di 60 viaggi/giorno.

Per la valutazione dell'emissione di polveri sono stati considerati i seguenti contributi connessi alle attività di cantiere:

- rimozione degli strati superficiali di terreno e movimentazione del materiale;
- scavo e movimentazione del materiale sbancato;
- erosione del vento dai cumuli;
- trasporto del materiale su piste non pavimentate.

Il flusso di massa totale $E_i(t)$ generato dalle diverse operazioni di cantiere è dato dalla somma delle emissioni stimate per ciascuna delle singole attività in cui la lavorazione è stata schematizzata:

$$E_i(t) = \sum AD_l(t) \times EF_{i,l}$$

dove:

- i indica la tipologia di particolato (PTS, PM_{10} , $PM_{2,5}$);
- l indica la tipologia del processo;
- t è il periodo di tempo (ora, mese, anno, ecc.);
- E_i rappresenta il rateo emissivo (kg/h) dell' i -esimo tipo di particolato;
- AD_l rappresenta l'attività relativa all' l -esimo processo (ad es. materiale lavorato/h, Km percorsi dai mezzi lungo le piste non pavimentate,...);
- $EF_{i,l}$ rappresenta il fattore di emissione.

Nei paragrafi successivi è illustrato, per ciascuna attività fonte potenziale di emissioni polverulente, il calcolo dettagliato dell'emissione oraria (formule utilizzate, valori dei coefficienti, dati di progetto, etc).

5.1.1 Scotico e movimentazione del materiale superficiale

L'attività di scotico (rimozione degli strati superficiali del terreno) e sbancamento del materiale superficiale viene effettuata di norma con ruspa o escavatore e, secondo quanto indicato al paragrafo 13.2.3 "*Heavy construction operations*" dell'AP-42 (Tabella 11.2.3-1), produce delle emissioni di PTS con un rateo di 5,7 kg/km. Ipotizzando una percentuale di PM_{10} contenute nelle PTS pari al 60% si ottiene un fattore di emissione per il PM_{10} pari a 3,42 kg/km.

Nella fase di scotico si ipotizza che la ruspa rimuova circa 12 m³/h di "materiale sterile" ed effettui quindi il lavoro su di un tratto lineare di 7 m/h (7 x 0,5 [profondità scavo] x 3,2 [larghezza ruspa] ≈ 12 m³/h).

L'emissione oraria stimata per questa attività sarà dunque:

$$E = 3,42 \frac{kg}{km} \times 0,007 \frac{km}{h} = 0,02394 \frac{kg}{h}$$

Il materiale superficiale rimosso sarà caricato su autocarri e allontanato dall'area; l'operazione di carico corrisponde al SCC 3-05-010-37 "*Truck loading overburden*" cui è assegnato un fattore di emissione di 7,5x10⁻³ kg/t. Ipotizzando per il materiale superficiale una densità di 1,5 t/m³, avremo 18 t/h da caricare a cui corrisponde un'emissione oraria pari a:

$$E = 7,5 \times 10^{-3} \frac{kg}{t} \times 12 \frac{m^3}{h} \times 1,5 \frac{t}{m^3} = 0,135 \frac{kg}{h}$$

5.1.2 Scavo e movimentazione del materiale sbancato

Sulla base dei dati progettuali sono stati ricavati i quantitativi giornalieri ed orari di materiale da sbancare (in massa e in volume), ipotizzando una densità del materiale di 1,7 t/m³ (Tab. 17).

Scavo Settore A	
Volume di scavo totale [m ³]	66.533
ρ [t/m ³]	1,7
Durata attività [mesi]	3
Volume di scavo mensile [m ³ /mese]	22.178
Giorni lavorativi/mese	21
Volume di scavo giornaliero [m ³ /d]	1.056
Ore lavorative/giorno	8
Volume di scavo orario [m ³ /h]	132
tonnellate/giorno	1.795
tonnellate/ora	224

Tabella 15 - Dati progettuali relativi alle operazioni di scavo del Settore 2

L'estrazione del materiale avviene successivamente allo scotico e viene fatta con un escavatore cingolato a benna rovescia. Il materiale movimentato è umido per cui non esiste uno specifico fattore di emissione ma si considera cautelativamente il fattore di emissione associato al SCC 3-05-027-60 *Sand Handling, Transfer and Storage in Industrial Sand and Gravel*, pari a $3,9 \times 10^{-4}$ kg/t di PM₁₀ avendo considerato il 60% del particolato come PM₁₀. Ipotizzando una densità del materiale da sbancare pari a 1,7 t/m³, si ottengono 224 t/h di materiale da sbancare a cui è associata una emissione oraria pari a:

$$E = 3,9 \times 10^{-4} \frac{kg}{t} \times 132 \frac{m^3}{h} \times 1,7 \frac{t}{m^3} = 0,0875 \frac{kg}{h}$$

Per la fase di caricamento del materiale estratto si è fatto riferimento al SCC 3-05-025-06 *Bulk Loading Construction Sand and Gravel* per il quale FIRE (*The Factor Information REtrieval data system*, FIRE) indica un fattore di emissione pari a $1,20 \times 10^{-3}$ kg/t di materiale caricato. Ipotizzando sempre una densità del materiale pari a 1,7 t/m³, si ha una emissione oraria pari a

$$E = 1,2 \times 10^{-3} \frac{kg}{t} \times 132 \frac{m^3}{h} \times 1,7 \frac{t}{m^3} = 0,2693 \frac{kg}{h}$$

5.1.3 Erosione del vento dai cumuli

Le emissioni causate dall'erosione del vento sono dovute all'occorrenza di venti intensi su cumuli soggetti a movimentazione. Nell'AP-42 (paragrafo 13.2.5 "*Industrial Wind Erosion*") il rateo emissivo orario di polveri derivante dai cumuli di materiale si calcola attraverso la seguente espressione:

$$E(kg / h) = EF \cdot a \cdot movh$$

dove:

- EF è il fattore di emissione areale (kg/m²);
- a è la superficie dell'area movimentata (m²);
- movh è il numero di movimentazioni/ora.

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

- altezza del cumulo H in m

- diametro della base D in m

si individua il fattore di emissione areale per ogni movimentazione dalla sottostante Tabella 16:

cumuli alti $H/D > 0,2$	
	EF (kg/m ²)
PM ₁₀	$7,9 \cdot 10^{-6}$
cumuli bassi $H/D \leq 0,2$	
	EF (kg/m ²)
PM ₁₀	$2,5 \cdot 10^{-4}$

Tabella 16 – Fattore di emissione areale relativo all'erosione dei cumuli

Materiali di risulta provenienti dallo scotico

Si ipotizza che ogni nuovo scarico di materiale superficiale costituisca un cumulo di 24 t (carico netto di un dumper). Considerando una densità del materiale superficiale pari a $1,7 \text{ t/m}^3$ si ottiene un volume di 14 m^3 . Ipotizzando un'altezza del cumulo di 2 m ed ipotizzando per il cumulo una forma conica si ottiene un diametro di 5,2 m e di conseguenza una superficie laterale di 27 m^2 . Il rapporto tra altezza del cumulo e diametro risulta $>0,2$ e quindi il cumulo è da considerarsi come "alto" con un fattore di emissione pari a $7,96 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^2$.

L'emissione oraria attribuita al fenomeno di erosione per il materiale superficiale è dunque di:

$$E = 7,96 \cdot 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot 27 \text{ m}^2 \times 8 \frac{\text{mov}}{\text{h}} = 0,0017 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Materiale di scavo

Si ipotizza che ogni nuovo scarico di materiale di scavo costituisca un cumulo di 24 t (carico netto di un dumper); considerando una densità del materiale superficiale pari a $1,5 \text{ t/m}^3$ si ottiene un volume di 16 m^3 . Ipotizzando un'altezza del cumulo di 2 m ed ipotizzando per il cumulo una forma conica si ottiene un diametro di 5,6 m e di conseguenza una superficie laterale di 30 m^2 . Il rapporto tra altezza del cumulo e diametro risulta $>0,2$ e quindi il cumulo è da considerarsi alto con un fattore di emissione pari a $7,96 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^2$.

L'emissione oraria attribuita al fenomeno di erosione per il materiale superficiale è dunque di:

$$E = 7,96 \cdot 10^{-6} \frac{kg}{m^2} \cdot 30m^2 \times 0,75 \frac{mov}{h} = 0,0002 \frac{kg}{h}$$

Il contributo all'emissione di polveri dovuto all'erosione dei cumuli è trascurabile.

5.1.4 Trasporto di materiale su piste non asfaltate

Per il calcolo dell'emissione di particolato dovuto al transito di mezzi su strade non asfaltate si ricorre al modello emissivo proposto nel paragrafo 13.2.2 "*Unpaved roads*" dell'AP-42. Il rateo emissivo orario risulta proporzionale al volume di traffico e al contenuto di limo (*silt*) del suolo, inteso come particolato di diametro inferiore a 75 µm.

Il fattore di emissione lineare dell'iesimo tipo di particolato per ciascun mezzo EF_i (kg/km) per il transito su strade non asfaltate all'interno dell'area industriale è calcolato secondo la formula:

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

- i è il tipo di particolato (PTS, PM₁₀, PM_{2.5})
- s è il contenuto in limo del suolo in percentuale in massa (%);
- W è il peso medio del veicolo utilizzato per il trasporto del materiale (t);
- k_i , a_i , b_i sono coefficienti che variano a seconda del tipo di particolato.

Il peso medio dell'automezzo W deve essere calcolato sulla base del peso del veicolo vuoto e a pieno carico. Si ricorda che la precedente relazione è valida per veicoli con un peso medio inferiore a 260 t e velocità media inferiore a 69 km/h. Per il calcolo del fattore di emissione dovuto al transito dei mezzi su strade non asfaltate si considera un dumper avente un peso scarico pari a 16 t e in grado di sopportare un carico di 24 t; il peso medio sarà dato da $(16+24+16)/2=28$ t.

Si riportano di seguito i coefficienti relativi al PM₁₀ utilizzati nella formula precedente (Tabella 17).

s (contenuto in limo del suolo)	%	14	ipotesi
k	adimensionale	0,423	da tabelle EPA AP-42

a	adimensionale	0,9	da tabelle EPA AP-42
b	adimensionale	0,45	da tabelle EPA AP-42
W	tonnellate	28	ipotesi

Tabella 17 – Coefficienti utilizzati nella formula del calcolo delle emissioni derivanti dal transito dei mezzi su piste non asfaltate

Il fattore di emissione risulta pari a:

$$EF(kg / km) = 0,423 \times \left(\frac{14}{12}\right)^{0,9} \times \left(\frac{28}{3}\right)^{0,45} = 0,423 \times 1,148 \times 2,73 = 1,3277 \frac{kg}{km}$$

Per il calcolo dell'emissione finale occorre determinare la lunghezza del percorso di ciascun mezzo riferito all'unità di tempo (numero di km percorsi/ora), sulla base della lunghezza della pista (km), come nel seguito descritto.

Calcolo strada percorsa per allontanamento materiale di risulta dello scotico

Il dumper è in grado di sopportare un carico di 24 t e quindi per allontanare le 18 t/h come da progetto occorrono 0,75 viaggi/h; supponendo di percorrere una distanza di circa 160 m (80 m di andata e 80 m di ritorno) si ottiene 0,12 km percorsi all'ora. L'emissione finale è quindi:

$$EF = 1,3277 \frac{kg}{km} \times 0,12 \frac{km}{h} = 0,1593 \frac{kg}{h}$$

Calcolo strada percorsa per allontanamento materiale di scavo

Il dumper è in grado di sopportare un carico di 24 t e quindi per allontanare le 224 t/h come da progetto occorrono circa 9,3 viaggi/h. Supponendo di percorrere una distanza di circa 160 m (80 m di andata e 80 m di ritorno) si ottiene 1,5 km percorsi all'ora e un'emissione oraria pari a:

$$EF = 1,3277 \frac{kg}{km} \times 1,5 \frac{km}{h} = 1,99 \frac{kg}{h}$$

Sistemi di controllo o abbattimento

Per ridurre le emissioni dovute a questo tipo di attività, si possono ipotizzare alcune azioni mitiganti, quali:

- la restrizione del limite di velocità dei mezzi all'interno del sito;
- la bagnatura della superficie non asfaltata (*wet suppression*).

Generalmente una bagnatura costante può portare a delle efficienze di abbattimento comprese tra il 50 e il 90%; nel caso di studio è stata considerata cautelativamente un'efficienza di abbattimento del 40%.

Nel calcolo delle emissioni dovute al transito di veicoli su strade non asfaltate si potrebbe considerare anche l'effetto dovuto alla mitigazione naturale delle precipitazioni meteoriche moltiplicando il fattore di emissione per il termine $(365-g_p)/365$ dove g_p indica il numero di giorni nell'anno con almeno 0,25 mm di precipitazione.

Il calcolo della mitigazione naturale viene effettuato su base annua quindi nel nostro caso, durando le operazioni di scavo solamente tre mesi, non è applicabile alle stime di emissione su base oraria. Secondo un approccio basato sulla massima cautela la mitigazione naturale dovuta alla pioggia non è quindi stata considerata.

5.2 Emissioni connesse al traffico dei mezzi pesanti

Il traffico di mezzi pesanti indotto dalle attività di cantiere determina il rilascio in atmosfera di composti chimici inquinanti che si disperdono nell'area di interesse.

Le emissioni giornaliere dei mezzi di trasporto pesanti quali autocarri e dumper sono stati stimati utilizzando i fattori di emissione per i veicoli pesanti alimentati a diesel, espressi in g/veicolo*km, ottenuti dal modello COPERT e riportati nel database dei fattori di emissione di APAT (Centro Tematico Nazionale Atmosfera Clima Emissioni).

I fattori di emissione sono riportati nella seguente Tabella 18.

	CO [g/Km*veicolo]	NO _x [g/Km*veicolo]	PM ₁₀ [g/Km*veicolo]
Autocarro (>32 ton)	2,23	13,12	0,69

Tabella 18 – Fattori di emissione connessi al transito dei mezzi pesanti ottenuti dal modello COPERT

Il traffico generato dalle attività connesse alla realizzazione della fase 1 (scavo Settore A) è di 60 veicoli al giorno ossia circa 7,5 veicoli/h per un percorso orario complessivo di circa 0,75 Km (strada percorsa per allontanamento materiale di scotico + strada percorsa per allontanamento materiale di scavo).

Le emissioni orarie sono riportate nella seguente Tabella 19:

	CO [kg/h]	NO _x [kg/h]	PM ₁₀ [kg/h]
Autocarro (>32 ton)	0,01254	0,0738	0,0038

Tabella 19 – Emissioni orarie dovute al transito dei mezzi

Per le macchine operatrici pesanti (escavatori ed altri veicoli di movimentazione terra, di peso maggiore di 32 tonnellate), si è fatto riferimento ai dati stimati per l'anno 2009 secondo la metodologia americana definita in AQMD "Air Quality Analysis Guidance Handbook" (<http://www.aqmd.gov/ceqa/handbook/offroad/offroad.html>) che utilizza i fattori di emissione calcolati da SCAQMD (South Coast Air Quality Management District) e CARB (California Air Resources Board).

I fattori di emissione sono riportati per CO, NO_x, PM₁₀, l'unico combustibile considerato è il diesel, ma è possibile scegliere la tipologia di veicolo e la potenza.

Per le attività di scavo del caso in studio si ipotizza l'utilizzo di un escavatore idraulico di potenza pari a 250 hp alimentato a diesel.

I fattori di emissione, espressi in kg/h per tale tipologia di mezzo sono riportati nella seguente Tabella 20:

	CO [Kg/h]	NO _x [Kg/h]	PM ₁₀ [Kg/h]
Escavatore (250 Hp)	0,188	0,729	0,025

Tabella 20 – Fattori di emissione delle macchine operatrici (escavatori)

Considerando l'utilizzo di un escavatore per una durata di 8 ore al giorno per 21 gg lavorativi al mese e per 3 mesi si ottengono le seguenti emissioni totali (Tabella 21):

	CO [Kg]	NO _x [Kg]	PM ₁₀ [Kg]
Escavatore (250 Hp)	94,752	367,416	12,6

Tabella 21 – Emissioni totali delle macchine operatrici (escavatori)

Si riportano di seguito la tabella riepilogativa delle emissioni di PM₁₀, NO_x e di CO generate dalle attività di cantiere (Tabella 22).

Attività	CO [Kg/h]	NO _x [Kg/h]	PM ₁₀ [Kg/h]
----------	-----------	------------------------	-------------------------

Autocarri	0,01254	0,0738	0,0038
Escavatore	0,188	0,729	0,025
Totale Emissione	0,2	0,8	0,028

Tabella 22 – Emissione oraria complessiva generata dalle attività di transito dei mezzi pesanti

Si può notare come il contributo all'emissione totale di PM₁₀ derivante dai mezzi pesanti (0,028 kg/h) risulti trascurabile rispetto al contributo delle attività di scavo e delle operazioni di carico e trasporto del materiale.

5.3 Compatibilità delle emissioni stimate con i limiti di qualità dell'aria

Si riporta di seguito la tabella riepilogativa delle emissioni di PM₁₀ generate dalle attività di cantiere di Fase 4, quella più impattante per ciò che concerne il sollevamento di polveri (Tabella 23).

Attività	Particolare	Emissione oraria [kg/h]	Efficienza di abbattimento	Emissione oraria [kg/h]
Movimentazione del materiale superficiale	Rimozione	0,02394	1	0,02394
	Carico	0,135	1	0,135
Movimentazione del materiale da sbancare	Rimozione	0,0875	1	0,0875
	Carico	0,2693	1	0,2693
Trasporto materiale su piste non asfaltate	Materiale superficiale	0,1593	0,4	0,1
	Materiale da sbancare	1,99	0,4	1,2
Totale Emissione				1,8

Tabella 23 – Emissioni di PM₁₀ generate dalle attività di cantiere

Si ricorda che i limiti di legge per il PM₁₀ sono relativi alle concentrazioni medie annue (40 µg/m³) ed alle medie giornaliere (50 µg/m³); sono ammessi 35 superamenti del limite giornaliero in un anno, quindi per valutare il superamento di questo limite nel sito in esame occorre riferirsi alla distribuzione dei valori medi giornalieri ed al 36° valore più elevato (all'incirca il suo 90° percentile).

In generale le attività di cantiere sono limitate ad un certo periodo dell'anno e non si svolgono a ciclo continuo: nel caso in esame il cantiere di scavo del Settore A ha una durata di 3 mesi e la giornata lavorativa è ipotizzata pari a 8 ore.

Se si considera una attività di 100-200 giorni l'anno, la probabilità che in questi si presentino i 35 giorni che danno luogo alle 35 concentrazioni giornaliere superiori al limite, risulta estremamente bassa. Conseguentemente assegnare a casi con attività lavorativa inferiore a 100 giorni l'anno (come nel caso in esame) la stessa soglia di emissione determinata ipotizzando un'attività su 365 giorni l'anno, risulta una misura fortemente cautelativa.

Attraverso l'applicazione di un modello gaussiano (ISCST3 dell'EPA) ad una sorgente emissiva di PM_{10} standardizzata con caratteristiche compatibili con quelle tipiche di attività quali cave e cantieri (sorgenti di polveri diffuse) ed utilizzando un approccio statistico-probabilistico, ARPAT ha elaborato un metodo per correggere le soglie di emissione in relazione alla durata delle attività emissive stesse e ha definito delle soglie di emissione (o flussi di massa massimi) al di sotto delle quali è atteso il rispetto dei valori limite di qualità dell'aria, ed al di sopra delle quali vi è invece la possibilità di superare tali valori limite in qualche punto del territorio.

In relazione alla notevole variabilità ed alla diminuzione delle concentrazioni con l'allontanarsi dalla sorgente, tenuto conto che i valori limite di qualità dell'aria per il PM_{10} sono espressamente definiti a protezione della salute umana, sono stati individuati da ARPAT dei livelli di soglia di emissione variabili con la distanza, validi qualora l'emissione abbia caratteristiche che non si discostano in modo rilevante dalle seguenti:

- durata delle attività inferiore a 300 giorni/anno, per un numero medio di ore al giorno superiore a 6 e non superiore a 10, svolta in periodo prevalentemente diurno.
- tipologia dell'area circostante l'emissione definibile come rurale.
- concentrazioni di fondo considerate non superiori a $20 \mu g/m^3$.
- condizioni orografiche definibili di terreno piano.
- la maggior parte delle emissioni si svolge permanentemente all'interno di un'area di forma sufficientemente regolare e di dimensioni lineari dai 20 ai 100 m.
- emissioni non convogliate in specifici dispositivi di emissione e invece distribuite all'interno dell'area di attività.

Nella seguente Tabella 24 si riportano i ratei emissivi di PM_{10} al variare della distanza dalla sorgente e al variare del numero di giorni di emissione (ARPAT 2009).

Intervallo di distanza (m)	Giorni di emissione all'anno					
	>300	300 ÷ 250	250 ÷ 200	200 ÷ 150	150 ÷ 100	<100
0 ÷ 50	145	152	158	167	180	208
50 ÷ 100	312	321	347	378	449	628
100 ÷ 150	608	663	720	836	1038	1492
>150	830	908	986	1145	1422	2044

Tabella 24 - Proposta di soglie assolute di emissione di PM_{10} al variare della distanza dalla sorgente e al variare del numero di giorni di emissione (i valori sono espressi in g/h) [ARPAT, 2009]¹⁰

Per operare con la ragionevole certezza che l'attività oggetto di studio non determini un numero di superamenti della concentrazione limite prevista maggiore di quello fissato come soglia per il periodo temporale di un anno (35 superamenti della concentrazione media giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ARPAT propone di impiegare un fattore di cautela pari a 2 per definire tali soglie effettive. In pratica, quando un'emissione risulta essere inferiore alla metà delle soglie presentate in Tabella 23, tale emissione può essere considerata a priori compatibile con i limiti di legge per la qualità dell'aria (Tabella 25). Nel caso del sito in oggetto, il rateo emissivo totale stimato è pari a 1.800 g/h. Confrontando tale valore con i dati riportati in Tab. 24 (distanza superiore a 150 m e giorni di emissione inferiore a 100) si nota come il dato sia compreso tra la metà del valore soglia e il valore soglia medesimo.

¹⁰ I valori riportati in tabella sono stati determinati nell'ipotesi di terreno piano, facendo riferimento ad una meteorologia tipica del territorio pianeggiante della Provincia di Firenze, considerando concentrazioni di fondo dell'ordine dei $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ed un'emissione di durata di pari a 10 ore/giorno

La possibilità del superamento dei limiti è soprattutto legata alle differenze tra le condizioni reali e quelle adottate per le simulazioni, pertanto in tali situazioni appare preferibile una valutazione diretta dell'impatto o una valutazione modellistica specifica che dimostri con strumenti e dati adeguati la compatibilità dell'emissione.

Si è proceduto pertanto ad una valutazione più approfondita dell'impatto sulla componente atmosferica determinato dall'attività in esame attraverso l'applicazione di un modello numerico i cui risultati sono riportanti nel capitolo 6.

Intervallo di distanza (m) del recettore dalla sorgente	Soglia di emissione di PM10 (g/h)	risultato
0 ÷ 50	<104	Nessuna azione
	104 ÷ 208	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 208	Non compatibile (*)
50 ÷ 100	<364	Nessuna azione
	364 ÷ 628	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 628	Non compatibile (*)
100 ÷ 150	<746	Nessuna azione
	746 ÷ 1492	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 1492	Non compatibile (*)
>150	<1022	Nessuna azione
	1022 ÷ 2044	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 2044	Non compatibile (*)

(*) fermo restando che in ogni caso è possibile effettuare una valutazione modellistica che produca una quantificazione dell'impatto da confrontare con i valori limite di legge per la qualità dell'aria, e che quindi eventualmente dimostri la compatibilità ambientale dell'emissione.

Tabella 25 - Valutazione delle emissioni al variare della distanza tra recettore e sorgente per un numero di giorni di attività inferiore a 100 giorni/anno [ARPAT, 2009]

6. SIMULAZIONE DELLA DISPERSIONE DEGLI INQUINANTI IN ATMOSFERA CON IL MODELLO WINDIMULA

Per valutare gli effetti delle emissioni generate durante le vari fasi di realizzazione dell'impianto è stata condotta una simulazione della dispersione di PM₁₀, NO_x, CO utilizzando il modello gaussiano Windimula 2.0. Si riportano nei paragrafi seguenti i dati di input utilizzati e i risultati dell'applicazione.

6.1 Il modello Windimula

Il modello DIMULA è inserito nei rapporti ISTISAN 90/32 ("Modelli per la progettazione e valutazione di una rete di rilevamento per il controllo della qualità dell'aria") e ISTISAN 93/36 ("Modelli ad integrazione delle reti per la gestione della qualità dell'aria"), in quanto corrispondente ai requisiti qualitativi per la valutazione delle dispersioni di inquinanti in atmosfera in regioni limitate (caratterizzate da scale spaziali dell'ordine di alcune decine di chilometri) ed in condizioni atmosferiche sufficientemente omogenee e stazionarie.

DIMULA è un modello gaussiano multisorgente che consente di effettuare simulazioni in versione *short term* (risoluzione temporale dell'ordine dell'ora) ed in versione *long term* (stima delle concentrazioni su periodi lunghi, ossia uno o più mesi, una stagione, un anno) tenendo conto dell'orografia del terreno e considerando anche situazioni meteorologiche di calma di vento (i modelli gaussiani non sono in grado di gestire le calme di vento) e di inversione in quota.

Le calme di vento sono tutte quelle situazioni meteorologiche nelle quali gli strumenti di misura non riescono a definire una direzione e una intensità del vento e costituisce una singolarità che non viene di solito descritta né dai modelli standard né da quelli avanzati

Una pratica comune, consigliata anche dall'EPA, è quella di ignorare i periodi di tempo caratterizzati da basse velocità del vento, oppure di attribuire loro una velocità del vento pari a 1 m/s e direzione pari a quella del periodo di tempo immediatamente precedente.

Per contro, la calma di vento è una situazione particolarmente critica per la dispersione, in quanto implica un accumulo delle sostanze inquinanti nelle immediate vicinanze delle sorgenti di emissione, con conseguente crescita delle concentrazioni in aria.

WinDIMULA 2 è dotato di un algoritmo che consente di tenere in considerazione le situazioni di calma di vento e può essere quindi utilizzato

per valutare la ricaduta di inquinanti in situazioni meteorologiche caratterizzate da velocità di vento inferiori a 0,5 m/s.

I moduli di calcolo per la ricaduta al suolo degli inquinanti emessi in atmosfera presenti in WinDIMULA sono:

- il modulo climatologico (o long term) per il calcolo su un reticolo bidimensionale relativamente ad una climatologia definita tramite l'uso di *Joint Frequency Functions*, funzioni che riportano, tramite frequenze di accadimento, l'aggregazione dei dati velocità e direzione del vento per ogni classe di stabilità;
- il modulo *short term* per il calcolo su un reticolo bidimensionale relativamente ad una definita situazione meteorologica.

Nel presente studio è stato utilizzato il modulo *short term* che permette di calcolare la distribuzione spaziale al suolo delle concentrazioni di inquinante sul breve periodo, in funzione della distanza vettoriale dalla sorgente di emissione e sulla base dei seguenti dati di input:

- caratteristiche delle sorgenti (geometria, entità delle emissioni);
- caratteristiche orografiche e urbanistiche del territorio all'interno del dominio di calcolo;
- condizioni meteorologiche.

L'input anemologico è rappresentato in questo caso da un valore istantaneo di direzione e intensità del vento (valori orari in corrispondenza del punto in cui è situata la sorgente emissiva); le ipotesi alla base di questo modulo sono la stazionarietà nel tempo delle condizioni meteorologiche e la continuità delle emissioni in esame.

Il modulo short term può essere eseguito utilizzando una sola situazione meteorologica o una serie di dati orari; l'utilizzo dell'insieme dei dati orari di un anno tipo consente di processare l'output della simulazione attraverso il modulo di postelaborazione al fine di valutare il rispetto dei limiti di legge. Per poter disporre di una serie completa di dati orari (8760 situazioni meteo) si è fatto riferimento ai dati dell'anno 2005 rilevati presso la stazione di Ispra (Varese), unica centralina di monitoraggio tra quelle presenti nell'intorno del sito per la quale questo tipo di dataset. La scelta dell'anno 2005 come anno di riferimento è stata improntata ad uno scenario cautelativo, in anno più siccitoso del ventennio di riferimento.

6.2 I dati di input

I principali dati di input utilizzati per l'applicazione del modello sono:

- geometria delle sorgenti e flusso emissivo;
- caratteristiche della griglia di calcolo;
- dati meteo;
- caratteristiche orografiche e urbanistiche del territorio all'interno del dominio di calcolo;
- presenza di recettori nelle immediate vicinanze dell'impianto.

6.2.1 La sorgente emissiva

Il modello è stato impostato considerando le emissioni stimate per la Fase 1 caratterizzata dalla presenza per tre mesi delle attività di scavo del Settore A (si veda il Capitolo 5) e quindi rappresentante l'impatto più elevato in termini di emissioni di particolato sottile, ossidi di azoto e monossido di carbonio.

La sorgente emissiva, per necessità geometrica e di calcolo del programma, è stata approssimata ad una sorgente circolare con raggio pari a 57 m per una superficie di circa 10.206 m², equivalente alla superficie di scavo del Settore A (**Imm. 13**).

La quota a cui avverranno le operazioni di movimentazione terra (base della sorgente di emissione) è stata assunta pari al piano campagna e l'altezza del punto di emissione è stata posta pari a 2 m al di sopra di questo. Questa ipotesi risulta fortemente cautelativa in quanto gran parte delle emissioni di particolato verranno generate, durante lo scavo, ad una quota inferiore a quella del piano campagna.



Scavo Settore A
Superficie: 10.206 m ²
Volumetria: 66.533 m ³
Viaggi/giorno: 60
Tempi: 3 mesi

Immagine 13: Inquadramento del sito e caratteristiche considerate nella modellizzazione della dispersione degli inquinanti in atmosfera

Nella tabella seguente si riporta un prospetto delle condizioni operative della sorgente emissiva durante le condizioni esercizio. Per i calcoli dei flussi di massa emissivi si rimanda al capitolo precedente.

	Realizzazione fase 4
Raggio della sorgente	57 m
Quota sorgente s.l.m.	420
Altezza di emissione	2 m
Flusso di massa emissivo PM ₁₀ attività di scavo, carico, trasporto	1,8 kg/h
Flusso di massa emissivo NO _x da traffico veicolare	0,8 kg/h
Flusso di massa emissivo CO da traffico veicolare	0,2 kg/h

Tabella 26 - Caratteristiche geometriche della sorgente emissiva e flussi emissivi.

6.2.2 Dominio di calcolo

Per quanto attiene all'area oggetto dello studio di simulazione (**Imm. 14**), si è considerata una griglia quadrata regolare avente **lato pari a 2,5 km** con passo di 50 m (2601 nodi) con il centro collocato all'incirca nel centro virtuale dell'area interessata dal settore A dell'impianto e avente coordinate UTM Zone 32N in m:

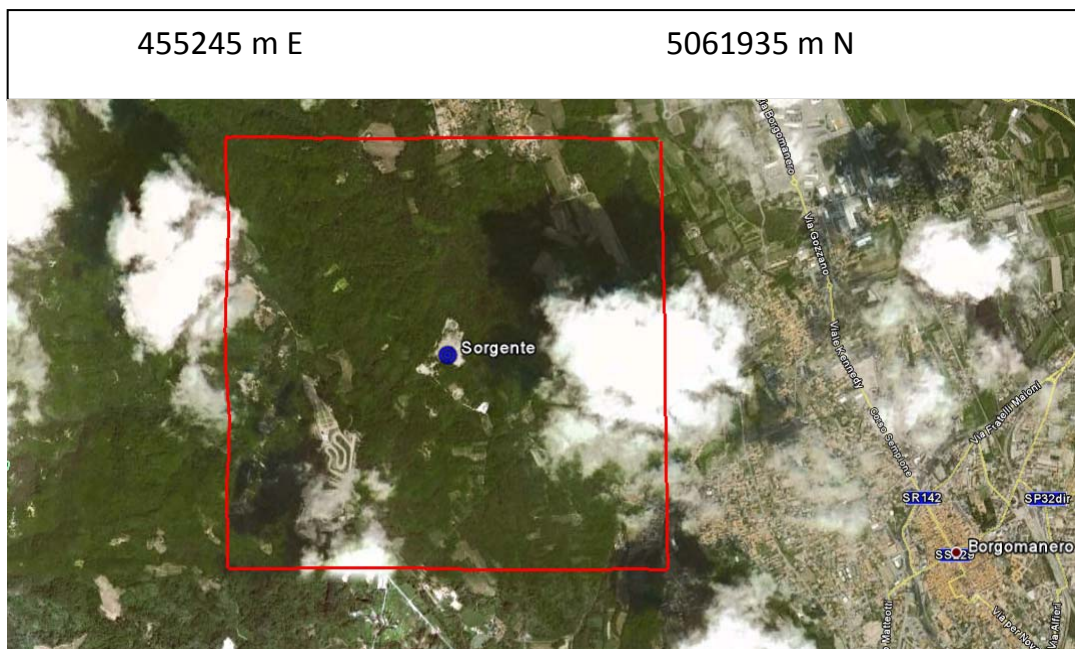


Immagine 14 – Rappresentazione della sorgente (in blu) e del dominio di calcolo (in rosso).

6.2.3 I dati meteo

Per la simulazione dell'impatto sull'atmosfera in modalità *short term* sono stati utilizzati dati meteorologici su base oraria relativi all'anno 2005 (dalle ore 00:00 del 1 Gennaio 2005 alle ore 23:00 del 31 Dicembre 2005) misurati dalla stazione ISPRA di Varese. Per una trattazione completa relativa ai dati meteorologici utilizzati si rimanda al **Capitolo 3**. I dati misurati dalla citata stazione ISPRA riguardano:

- velocità e direzione del vento;
- radiazione solare globale, che associata a velocità del vento e nuvolosità, permette di calcolare le classi di stabilità di Pasquill: le classi di stabilità di Pasquill sono indicatori qualitativi dell'intensità della turbolenza atmosferica, esse sono caratterizzate da 6 possibili condizioni, da fortemente instabile (A) a fortemente stabile (F+G).
- temperatura dell'aria (°K);
- precipitazioni atmosferiche (per la stima della copertura nuvolosa notturna).

Sono inoltre stati utilizzati i dati relativi all'altezza di rimescolamento forniti dalla Provincia di Torino per un'area limitrofa ad Ivrea (si veda il Par. 3.1) come da specifiche che seguono:

altezza di inversione in quota per le classi A, B, C, D: la presenza di un'inversione in quota (da utilizzare solo con le classi instabili e neutre A, B, C, D) implica l'utilizzo del "modello gaussiano con riflessioni" in cui l'inversione in quota viene modellata come un tappo impenetrabile all'inquinante; quest'ultimo viene riflesso verso il suolo producendo elevati valori di concentrazione.

Si riporta di seguito la tabella (Tabella 27) delle distribuzioni di frequenza delle classi di velocità del vento al variare delle direzioni di provenienza.

L'analisi dei dati meteo sul lungo periodo (2002-2011) rilevati presso la stazione di Cameri (Imm. 6) ha evidenziato la prevalenza di venti provenienti da NNE e N; l'utilizzo dei dati meteo dell'anno 2005 relativi alla stazione Ispra di Varese (Imm. 7) come input del modello di simulazione, conduce ad una stima conservativa delle ricadute di polveri in corrispondenza dei recettori risultando questi sottovento rispetto alla direzione prevalente N-NNO."

	Classi di velocità [m/s]						
Direzione di provenienza	0,5-1	1-1,5	1,5-3	3-6	6-9	>9	Totale
N	446	288	343	161	38	11	1287
NNE	96	14	19	7	0	0	136
NE	26	8	9	0	0	0	43
ENE	31	15	9	1	0	0	56
E	36	5	5	0	1	1	48
ESE	46	13	5	1	0	0	65
SE	158	68	17	2	0	0	245
SSE	289	192	132	11	1	6	631
S	236	199	234	81	2	7	759
SSW	98	67	99	18	1	5	288
SW	99	42	10	0	1	1	153
WSW	58	34	3	0	0	0	95
W	50	24	8	0	1	0	83
WNW	37	9	4	0	0	0	50
NW	75	43	65	4	1	1	189
NNW	325	303	459	110	3	4	1204
Subtotale	2106	1324	1421	396	49	36	5332
Calme							3298
Dati mancanti							0
Totale							8630

Tabella 27 – Distribuzione delle classi di velocità del vento (Varese, anno 2005).

6.2.4 Orografia

È stato ricostruito un modello territoriale 3D mediante vettorializzazione delle isoipse da cartografia CTR da cui è stato possibile ricavare l'altezza geodetica nei nodi della griglia di calcolo.

In **Immagine 15** è riportata una rappresentazione tridimensionale dell'orografia ricostruita su un'area vasta 36 km² attorno all'impianto in esame.

La simulazione dell'impatto da parte dell'impianto sulla componente atmosferica è stata pertanto condotta su orografia complessa e con assunzione della rugosità superficiale per aree rurali.

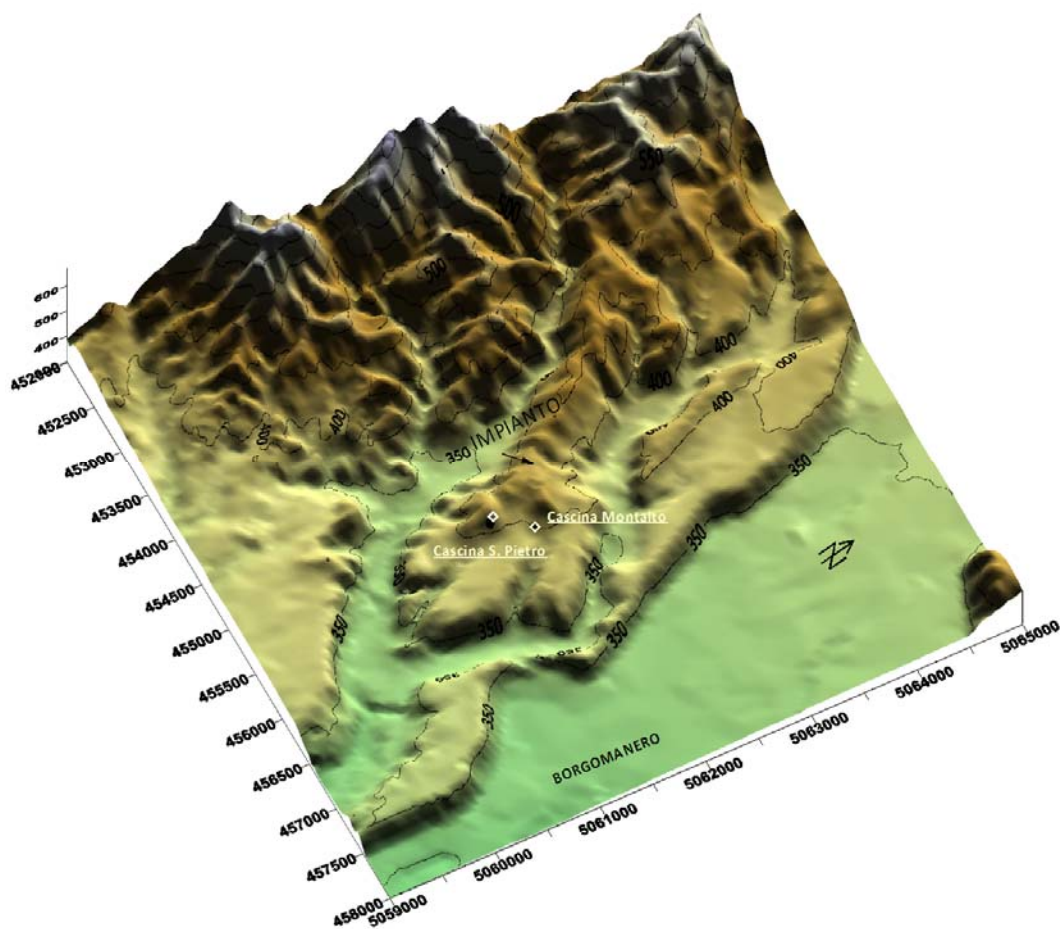


Immagine 15 – Conformazione morfologica del territorio ricompreso nel dominio di calcolo

6.2.5 I recettori

Sono stati considerati complessivamente 2 recettori, evidenziati in **Imm. 16**: la Cascina S. Pietro e la Cascina Montalto, ubicate a circa 350-500 m di distanza in direzione sud-sudest rispetto all'impianto. I recettori risultano posizionati sottovento¹¹ la sorgente emissiva costituita dall'area dell'impianto in esame.

¹¹ Rispetto alla direzione prevalente di provenienza del vento



Immagine 16 – Ubicazione dei recettori in prossimità dell'impianto

Recettore	X	Y	Distanza dalla sorgente
Cascina Montalto	455.500	5.061.650	≈350 m
Cascina S. Pietro	455.300	5.061.300	≈500 m

6.3 Risultati dell'applicazione modellistica

Le sostanze inquinanti emesse dalle attività inerenti la realizzazione dell'impianto sono state considerate, ai fini dello studio, come chimicamente non reattive. Dai risultati ottenuti per il PM₁₀ è stato quindi possibile ricavare le concentrazioni degli altri inquinanti (CO, NO_x) attraverso fattori moltiplicativi derivanti dal rapporto tra le portate in massa dei diversi composti (cfr. Tabella 26). In altre parole i rapporti tra le quantità di inquinanti nel punto di emissione si mantengono invariati nel punto di immissione.

Si riportano i risultati delle simulazioni Windimula con modulo **short term** rappresentati mediante curve di isoconcentrazione relative alle concentrazioni medie orarie di PM₁₀ (**Figure 1 e 2**), NO_x (**Figure 3 e 4**) e CO (**Figure 5 e 6**).

Si ricorda che la simulazione è stata condotta con riferimento alla Fase 1 in cui si hanno le attività di scavo del Settore A con un'incidenza complessiva di 60 viaggi/giorno. I risultati di tale scenario sono a maggior

ragione validi anche per la fase di esercizio dell'impianto in cui il maggior contributo all'emissione di polveri è dato dal transito di mezzi su piste non pavimentate (9 viaggi al giorno). Durante le fasi di esercizio dell'impianto, infatti, i rifiuti verranno trasportati fino all'area servizi, ed il loro collocamento in cella avverrà tramite gru, non comportando quindi emissione di sostanze inquinanti.

Nella Figura 1 è riportata la mappa delle concentrazioni medie orarie (ottenuta mediando in ciascun nodo della griglia gli 8.630 valori di concentrazione ricavati in corrispondenza di altrettante situazioni meteorologiche relative ai dati disponibili nel 2005) durante il periodo di attività del cantiere, ossia 8 ore al giorno e 3 mesi in un anno. Tali concentrazioni non sono pertanto confrontabili con i limiti di legge (D.M. 60/2002 e s.m.i.) che si riferiscono ad un intero anno. Si richiamano i limiti normativi nel seguito:

Inquinante	Limite	Periodo di mediazione	Valore di riferimento	Superamenti concessi
NO _x	Valore limite orario per la protezione della salute	1 ora	200 µg/Nm ³	18 volte/anno civile
	Valore limite annuale per la protezione della salute	anno civile	40 µg/Nm ³	--
CO	Valore limite per la protezione della salute	media massima giornaliera su 8	10 mg/Nm ³	---
PM ₁₀	Valore limite giornaliero per la protezione della salute	24 ore	50 µg/Nm ³	35 volte/anno civile
	Valore limite annuale per la protezione della salute	anno civile	40 µg/Nm ³	---

Una rappresentazione tridimensionale delle concentrazioni medie orarie sovrapposte all'orografia (Imm. 15) è riportata in **Figura 2**.

Il pennacchio di concentrazione ottenuto tramite le simulazioni per il sito in oggetto (si vedano le Figg. 1÷6) si sviluppa lungo la direttrice dei venti dominanti (NNW-N e S) con concentrazioni massime all'interno dell'area di cantiere.

La concentrazione media oraria di PM₁₀ ottenuta dalle simulazioni risulta superiore a 20 µg/Nm³ solo nell'immediato intorno del cantiere, riducendosi rapidamente con la distanza (**Figure 1 e 2**).

Si riportano di seguito le concentrazioni medie fornite dal modello di calcolo in corrispondenza dei recettori considerati:

Recettore	PM ₁₀ [µg/m ³]	NO _x [µg/m ³]	CO [µg/m ³]
	Media	Media	Media
Cascina Montalto	1,5	0,66	0,16
Cascina S. Pietro	14,8	6,58	1,65

La concentrazione media ai recettori relativa al PM₁₀ (range 1,5-14,8 µg/m³) è molto inferiore al limite (giornaliero) consentito, pari a 50 µg/m³ (D.M. 60/2002 e s.m.i.).

La concentrazione media di NO_x calcolata dal modello Windimula è dell'ordine di 1÷7 µg/Nm³ raggiungendo valori più elevati in corrispondenza dell'area di cantiere (**Figure 3 e 4**). L'impatto dell'impianto nei confronti dell'aria atmosferica risulta pertanto di un ordine di grandezza inferiore rispetto al limite orario di cui al D.M. 60/2002 e s.m.i., nonostante i dati di input siano estremamente conservativi.

Le concentrazioni medie orarie di CO ottenute dalle simulazioni sono estremamente basse (dell'ordine di 0,2÷1 µg/Nm³), rimanendo tre ordini di grandezza inferiori al limite giornaliero (media sulle 8 ore), pari a 10 mg/Nm³ (**Figure 5 e 6**).

Al fine di poter confrontare i risultati delle simulazioni (relativi a 3 mesi di lavorazione) con i limiti stabiliti dal D.M. 60/2002 e s.m.i. (riguardanti un anno) è stato utilizzato il programma WDPPostProc, il modulo di post processamento dei risultati calcolati da WinDimula. Il programma analizza i file di output prodotti da WinDimula e valuta il superamento di valori di soglia relativamente a concentrazioni medie orarie, concentrazioni medie giornaliere sulle otto ore, concentrazione medie giornaliere, concentrazioni annuali, concentrazioni invernali; valuta inoltre il superamento di valori di soglia per ore consecutive.

Nel caso in esame, benché l'attività lavorativa duri meno di 100 giorni e non sia a ciclo continuo (cfr par. 5.3), attraverso il post-processamento dei dati è stato calcolato il numero di superamenti della soglia di emissione. I risultati del post-processamento sono i seguenti:

- Per gli ossidi di azoto (NO_x) non si riscontra alcun superamento della soglia oraria di 200 µg/Nm³, pertanto il limite consentito di 18 superamenti l'anno risulta rispettato;
- per il parametro CO il D.M. 60/2002 e s.m.i. non stabilisce una soglia oraria o giornaliera, ma unicamente il limite annuale di 10 mg/Nm³;

- Per il PM_{10} il D.M. 60/02 e s.m.i. prevede che il limite per la protezione della salute, pari a $50 \mu g/Nm^3$, non debba essere superato per più di 35 giorni l'anno, che corrisponde al 10% delle misure di concentrazione giornaliere di PM_{10} . Se il 90° percentile è superiore a $50 \mu g/Nm^3$, questo comporta che per più di 35 giorni in un anno venga superato il limite fissato.

La **Figura 7** riporta il 90° percentile delle concentrazioni orarie di PM_{10} .

Dalla figura si osserva come la zona potenzialmente interessata da concentrazioni medie giornaliere superiori a $50 \mu g/m^3$ per più di 35 giorni l'anno sia circoscritta nell'immediato intorno dell'area di cantiere non estendendosi in prossimità dei due ricettori considerati.

Le concentrazioni di PM_{10} sono state ottenute, come precedentemente descritto, applicando il modello in condizioni estremamente cautelative:

- la base della sorgente emissiva è stata posta pari alla quota del piano campagna;
- sono stati trascurati gli effetti di mitigazione dovuti ai giorni piovosi (110 giorni piovosi nel 2005) nel computo del sollevamento di polveri per il transito di mezzi su piste sterrate (contributo più alto nella determinazione del rateo emissivo);
- il confronto del superamento dei 35 giorni annui basandosi sull'approccio del 90° percentile delle concentrazioni orarie parte dal presupposto che un giorno di superamento contenga 24 ore consecutive di superamento della concentrazione di $50 \mu g/m^3$.

I valori di concentrazione ottenuti per il PM_{10} sono significativi nell'area di cantiere (dell'ordine di $10-70 \mu g/m^3$ con massimi di qualche centinaio di $\mu g/m^3$) ma sempre comunque inferiori ai valori di concentrazione fissati dalla A.C.G.I.H per gli ambienti di lavoro (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*) per le polveri inalabili ($10.000 \mu g/m^3$ su un arco temporale di 8 ore giornaliere in orario lavorativo).

7. CONCLUSIONI

L'applicazione di modelli di dispersione a situazioni emissive riconducibili ad attività di cantiere comporta in generale stime di ricadute di particolato (PM_{10}) estremamente elevate e spesso anche superiori ai valori limite per la qualità dell'aria. Questo è dovuto da un lato agli elevati fattori di emissione specifici di queste attività, dall'altro alle particolari condizioni di emissione. Questo tipo di sorgenti infatti si presenta generalmente esteso su di una certa area ed assume le caratteristiche di una emissione diffusa anziché quella di una sorgente convogliata in specifici dispositivi di evacuazione (camini), come la maggior parte delle emissioni di tipo industriale.

In generale le attività di cantiere sono limitate ad un certo periodo dell'anno e non si svolgono a ciclo continuo: nel caso in esame il cantiere di scavo del Settore A ha una durata di 3 mesi e la giornata lavorativa è ipotizzata pari a 8 ore. D'altra parte la stima delle concentrazioni attraverso l'applicazione di un modello di simulazione viene in genere effettuata sull'intero anno (cfr par. 5.3).

Se si considera una attività di 100-200 giorni l'anno, la probabilità che in questi si presentino i 35 giorni che danno luogo alle 35 concentrazioni giornaliere più elevate, risulta estremamente bassa. Conseguentemente assegnare a casi con attività lavorativa inferiori a 100 giorni l'anno (come nel caso in esame) la stessa soglia di emissione determinata ipotizzando un'attività su 365 giorni l'anno, risulta una misura fortemente cautelativa.

L'emissione oraria di PM_{10} derivante dalle operazioni della fase più impattante da un punto di vista di emissioni in atmosfera (Fase 1 di scavo del Settore A per un periodo di 3 mesi), è stata calcolata ponendosi in condizioni estremamente cautelative:

- la base della sorgente emissiva è stata posta alla quota del piano campagna;
- sono stati trascurati gli effetti di mitigazione dovuti ai giorni piovosi nel computo del sollevamento di polveri per il transito di mezzi su piste sterrate (contributo più alto nella determinazione del rateo emissivo);

Tale rateo emissivo, pari a 1,8 kg/h, è risultato a priori compatibile con i limiti di legge per la qualità dell'aria (Tabella 25); si è tuttavia proceduto, coerentemente con le indicazioni delle Linee Guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione,

manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali pulverulenti elaborate da ARPAT, ad una valutazione più approfondita dell'impatto sulla componente atmosferica determinato dall'attività in esame attraverso l'applicazione di un modello gaussiano, Windimula 2.0 nella versione *short term*.

Le sostanze inquinanti emesse dalle attività inerenti la realizzazione dell'impianto sono state considerate, ai fini dello studio, come chimicamente non reattive e immesse in atmosfera in continuo (24 ore al giorno per 365 giorni l'anno), di fatto simulando un carico emissivo circa 16 volte superiore a quello reale. Dai risultati ottenuti per i PM_{10} è stato quindi possibile ricavare le concentrazioni degli altri inquinanti (CO , NO_x) attraverso fattori moltiplicativi derivanti dal rapporto tra le portate in massa dei diversi composti (cfr. Tabella 26).

I risultati delle simulazioni sono presentati nelle seguenti figure:

- Figura 1: mappa delle concentrazioni medie orarie di PM_{10} ;
- Figura 2: mappa delle concentrazioni medie orarie di PM_{10} sovrapposta all'orografia;
- Figura 3: mappa delle concentrazioni medie orarie di NO_x ;
- Figura 4: mappa delle concentrazioni medie orarie di NO_x sovrapposta all'orografia;
- Figura 5: mappa delle concentrazioni medie orarie di CO ;
- Figura 6: mappa delle concentrazioni medie orarie di CO sovrapposta all'orografia;
- Figura 7: mappa del 90° percentile relativo al PM_{10} .

Le Figure 1÷7 evidenziano come il pennacchio di concentrazione si sviluppi lungo la direttrice dei venti dominanti (NNW-N e S) con concentrazioni massime riscontrabili all'interno dell'area di cantiere.

Le concentrazioni medie orarie di CO sono estremamente basse (dell'ordine di $1\div 10 \mu g / Nm^3$), rimanendo tre ordini di grandezza al di sotto del limite giornaliero (media sulle 8 ore) fissato dal D.M. 60/2002 e s.m.i., pari a $10 mg / Nm^3$.

La concentrazione media oraria di NO_x è dell'ordine di $2\div 15 \mu g / Nm^3$ raggiungendo valori più elevati in corrispondenza dell'area di cantiere (inferiori comunque al limite orario di $200 \mu g / Nm^3$ di cui al D.M. 60/2002 e s.m.i.).

La concentrazione media oraria di PM_{10} risulta superiore a $20 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ solo nell'immediato intorno del cantiere, riducendosi rapidamente con la distanza e risultando dell'ordine di $10 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ in corrispondenza dei recettori individuati. In ogni caso l'impatto del PM_{10} si confonde con il livello di fondo esistente nell'area.

La Figura 7 evidenzia come la zona potenzialmente interessata da concentrazioni medie giornaliere di PM_{10} superiori a $50 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ per più di 35 giorni l'anno sia circoscritta nell'immediato intorno dell'area di cantiere non estendendosi in prossimità dei due ricettori considerati.

I valori di concentrazione di PM_{10} ottenuti sono significativi nell'area di cantiere (dell'ordine di $10-70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con massimi di qualche centinaio di $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e si riducono rapidamente allontanandosi da questo. All'interno del cantiere le concentrazioni comunque sempre inferiori ai valori di concentrazione che l'A.C.G.I.H (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*) raccomanda per le polveri inalabili: $10.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ su un arco temporale di 8 ore giornaliere in orario lavorativo.

La fase più impattante per ciò che concerne il sollevamento di polveri è senza dubbio quella di scavo per l'elevato numero di mezzi pesanti coinvolti; l'operazione che contribuisce maggiormente all'emissione di PM_{10} è il trasporto del materiale sulle piste sterrate. Su questa è possibile intervenire con mitigazioni quali la restrizione del limite di velocità dei mezzi all'interno del sito e la bagnatura periodica delle piste.

L'impatto sulla qualità dell'aria atmosferica da parte delle lavorazioni caratterizzate da maggiore contributo in termini emissivi risulta confondersi con i livelli di fondo esistenti (si veda il Par. 4.2.4).

La gestione dell'impianto per 10 anni avrà un impatto decisamente inferiore a quello considerato nell'ambito delle simulazioni (Capitolo 6), risultando influente sulla qualità dell'aria e trascurabile presso i recettori sottovento considerati.

PLANETA STUDIO ASSOCIATO



Dott. Mattia Biasoli
Forestale



Ing. Fabio Caminiti
Ingegnere ambientale



Ing. Elena Hartog
Ingegnere ambientale