ALLEGATO A: EMISSIONI DEGLI INQUINANTI IN ATMOSFERA E VALUTAZIONE DELLE RICADUTE AL SUOLO

Preparato per:
Waste Recycling

Novembre 2009

Progetto: P09-WAR-081
Revisione n: 0

STEAM
Sistemi Energetici Ambientali

Lungarno Mediceo, 40
I – 56127 Pisa
Telefono +39 050 9711664
Fax +39 050 3136505
Email : info@steam-group.net

STEAM

INDICE

A1	***INTRODUZIONE***	***1***
A2	***CARATTERIZZAZIONE GEOGRAFICA DEL SITO***	***3***
A3	***ATMOSFERA E QUALITÀ DELL'ARIA***	***6***
A3.1	***METEOROLOGIA***	***6***
A3.1.1	***Precipitazioni***	***7***
A3.1.2	***Temperatura***	***9***
A3.1.3	***Regime Anemologico***	***12***
A3.1.4	***Umidità Relativa***	***29***
A3.1.5	***Stabilità Atmosferica***	***32***
A3.2	***QUALITÀ DELL'ARIA***	***33***
A3.2.1	***Normativa sulla Qualità dell'Aria***	***33***
A3.2.2	***Caratterizzazione della Qualità dell'Aria***	***39***
A4	***STIMA E VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI***	***47***
A4.1	***FASE DI CANTIERE***	***47***
A4.1.1	***Valutazione del Rateo di Deposizione delle Polveri Presso i Ricettori***	***48***
A4.2	***FASE DI ESERCIZIO***	***51***
A4.2.1	***Qualità dell'Aria e dei Suoli***	***51***
A4.2.2	***Risultati***	***62***
A4.2.3	***Conclusioni***	***68***

A1 INTRODUZIONE

Il presente documento riporta i risultati dello studio di valutazione dell'impatto sulla qualità dell'aria effettuato relativamente ad un nuovo impianto di trattamento rifiuti solidi e semisolidi con valorizzazione termica per la produzione di energia elettrica e/o vapore ad alta temperatura mediante processo di pirogassificazione con combustione integrata, che la "Waste Recycling" prevede di realizzare nel Comune di Castelfranco di Sotto (PI), a nord del centro abitato.

Lo studio è stato eseguito sulla base della documentazione tecnica fornita da NSE Industry S.r.l., considerando le problematiche d'impatto sulla qualità dell'aria e dei suoli originate dalle emissioni di inquinanti gassosi del nuovo impianto.

In particolare, è stata esaminata la sorgente emissiva presente nell'impianto di trattamento rifiuti solidi e semisolidi costituita da un unico camino in cui vengono convogliati i fumi di combustione.

È stata effettuata una descrizione meteo-climatica dell'area di studio, riportando le elaborazioni dei dati acquisiti dalle stazioni meteorologiche di Santa Croce – Serao (PI) e di Pisa – Oratoio (PI), gestite da ARPA Toscana e di quella di Pisa S. Giusto dell'Aeronautica Militare - ENEL.

Per quanto riguarda i valori attuali relativi all'ambiente ricettore, si è eseguita un'indagine sulla qualità dell'aria analizzando i dati registrati nel triennio 2006-2008 da tre centraline della Rete Provinciale di Monitoraggio della Qualità dell'Aria della Provincia di Pisa e attingendo dai risultati, disponibili sul web, riportati nei Rapporti Annuali sulla Qualità dell'Aria redatti da ARPAT – Dipartimento Provinciale di Pisa relativi allo stesso periodo e alle stesse stazioni.

La valutazione dell'entità degli impatti si è basata su un confronto con i limiti ammessi dalle leggi vigenti in un dominio di calcolo di 40 km x 40 km, centrato sull'impianto di trattamento rifiuti in progetto e costituito da una griglia di punti spaziati di 0,5 km. Per questo scopo si è fatto uso del set di modelli CALMET-CALUPFF-CALPOST certificato dall'EPA, Agenzia Americana per la Protezione dell'Ambiente.

Il Documento è articolato nel modo seguente:

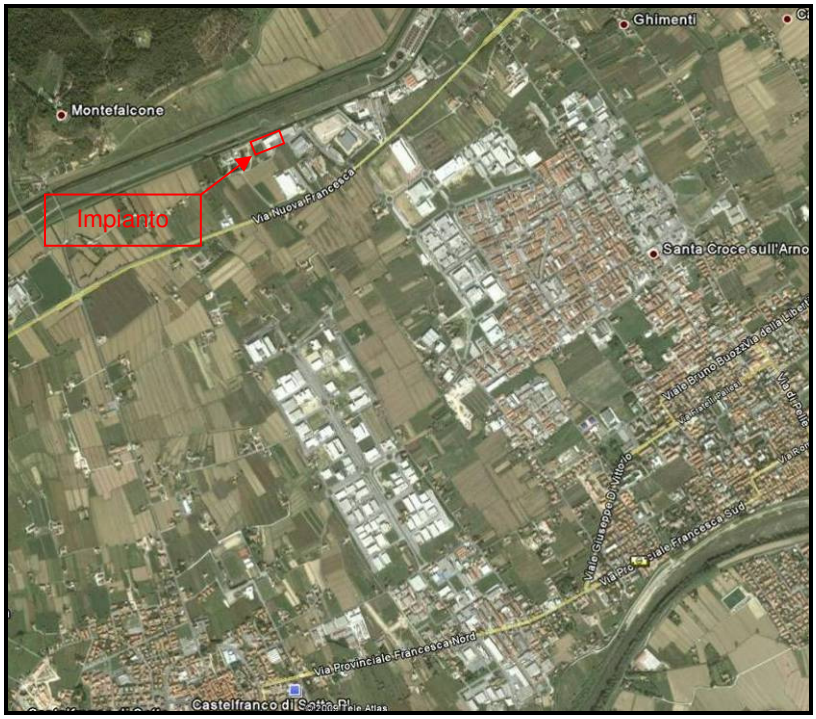
- descrizione del Progetto in cui si prende in considerazione sia la caratterizzazione geografica del sito che la localizzazione dell'impianto in progetto;
- analisi meteo-climatica dell'area di studio.

- analisi dello stato della qualità dell'aria, in cui si riportano una sintesi della normativa di riferimento, i dati di concentrazione per gli inquinanti monitorati dalle stazioni considerate e i risultati dei confronti con i limiti di riferimento.
- valutazione dell'impatto dell'impianto sulla qualità dell'aria e dei suoli, in cui si identificano gli apporti delle emissioni dello stesso e, tramite il sistema di modelli di calcolo CALPUFF, si calcolano gli impatti generati in fase di esercizio valutandone la conformità con la normativa vigente;
- conclusioni, in cui vengono riassunti e commentati i risultati ottenuti.

A2 CARATTERIZZAZIONE GEOGRAFICA DEL SITO

L'impianto di pirogassificazione con combustione integrata sarà ubicato all'interno dell'area di proprietà dello Stabilimento Waste Recycling, attualmente operante sul territorio comunale di Castelfranco di Sotto (PI) nell'ambito della selezione e trattamento rifiuti. Il sito è ubicato a circa 1 km in direzione nord-ovest rispetto all'abitato di Santa Croce sull'Arno e a circa 2,4 km in direzione nord rispetto all'abitato di Castelfranco di Sotto in Provincia di Pisa. L'area è mostrata in *Figura A2a* nella quale è delimitato il futuro confine dell'impianto.

Figura A2a Vista Aerea dell'Area Individuata per la Costruzione dell'Impianto



L'area in cui sorgerà l'impianto, in particolare, è costituita da terreno classificato dal Regolamento Urbanistico di Castelfranco di Sotto come area D5 *"Area di espansione produttiva a prevalente carattere terziario e tecnologico"*, attualmente inutilizzato ed occupato in parte da superfici pavimentate adibite a parcheggi e a piazzali per facilitare le manovre dei camion afferenti allo stabilimento Waste Recycling esistente. In *Figura A2b* si riporta un particolare dell'area individuata per la costruzione dell'Impianto di pirogassificazione con combustione integrata estratto dall'esterno dello stabilimento esistente.

Figura A2b *Particolare dell'Area Individuata per la Costruzione dell'Impianto*

Il sito è delimitato:

- ad ovest da terreni classificati D5 *"Area di espansione produttiva a prevalente carattere terziario e tecnologico*" in parte occupati da un impianto di trattamento acque reflue;
- ad est dallo stabilimento della Waste Recycling operante nella selezione e trattamento rifiuti. Sul lato est dello stabilimento esistente si trova Via dei Lancioni che costituisce il confine comunale tra Castelfranco di Sotto e Santa Croce sull'Arno;
- a nord da terreni occupati da colture estensive prospicienti al corso del Canale Usciana;
- a sud da terreni classificati dal regolamento Urbanistico come D5 *"Area di espansione produttiva a prevalente carattere terziario e tecnologico*" ed attualmente occupati in parte da edifici industriali ed in parte da colture agricole.

Attualmente l'area circostante il perimetro dello Stabilimento, risulta scarsamente popolata. Prevalgono isolati edifici di civile abitazione, in genere di due piani, inseriti all'interno di aree agricole o lungo la Strada Provinciale n. 66 Via Nuova Francesca.

Come precedentemente accennato, nelle aree circostanti il sito individuato per la costruzione dell'impianto, sono presenti attività produttive di medie dimensioni.

Il sito in studio ricade all'interno della fascia di territorio compresa tra la Strada Provinciale n. 66 Via Nuova Francesca e il corso del Canale Usciana, affluente del fiume Arno. In *Figura A2c* si riporta un punto di vista del canale appena citato, eseguito da Via Usciana in direzione del sito individuato per la costruzione dell'impianto in progetto.

Figura A2c *Vista del Corso del Canale Usciana Limitrofo al Sito in Studio*

A3 ATMOSFERA E QUALITÀ DELL'ARIA

A3.1 METEOROLOGIA

Nel presente paragrafo vengono esaminati i dati climatici e meteorologici relativi agli andamenti medi annuali delle grandezze fondamentali che caratterizzano i fenomeni atmosferici, quali la temperatura, l'umidità relativa, la direzione e l'intensità del vento.

Obiettivo fondamentale è in particolare quello di caratterizzare i parametri che influenzano la dispersione degli inquinanti in atmosfera.

L'analisi ha richiesto preliminarmente il censimento delle stazioni meteorologiche di interesse per la caratterizzazione dell'area considerata, confrontando le relative variabili misurate, i periodi disponibili e la posizione rispetto alla zona in esame.

In particolare sono stati elaborati i dati di due centraline di monitoraggio gestite da ARPAT – Dipartimento Provinciale di Pisa per il triennio 2006-2008 e di una dell'Aeronautica Militare – ENEL per il periodo 1951-1991 e febbraio 2006 - gennaio 2007 (in cui vengono svolte le modellazioni di dispersione degli inquinanti).

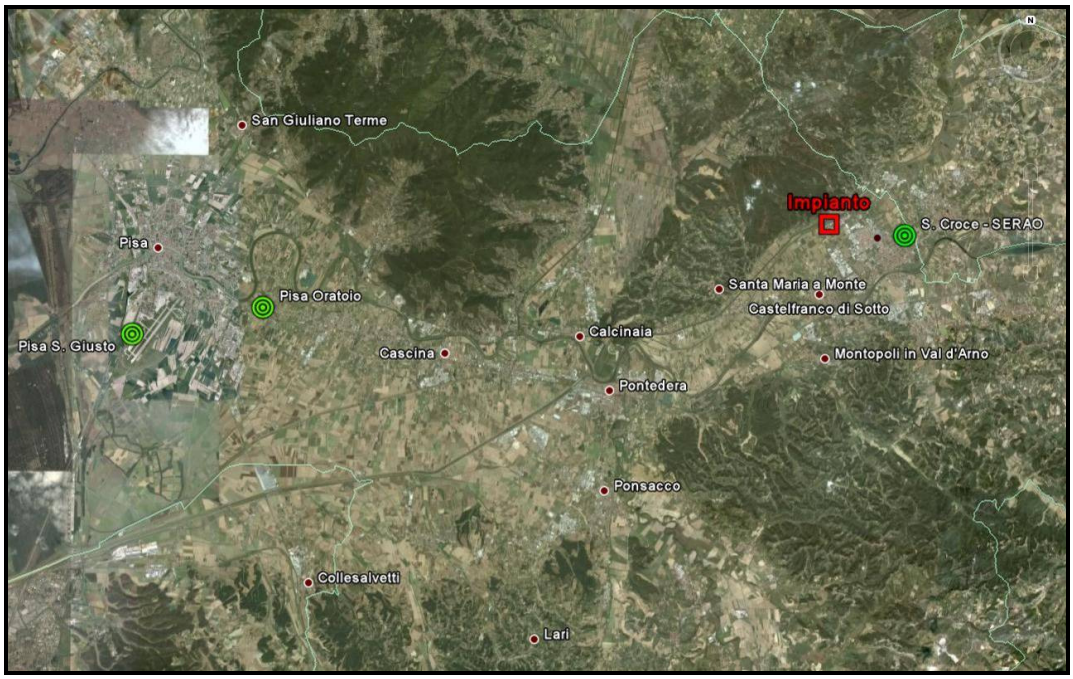
In *Tabella A3.1a* si riportano, per le stazioni meteorologiche considerate, la denominazione, la distanza dal sito di interesse, il periodo considerato, le coordinate geografiche e l'altezza sul livello del mare.

Tabella A3.1a Caratteristiche delle Stazioni Meteorologiche Considerate

Stazione Meteorologica	Distanza dal Sito	Periodo Considerato	Lat.	Long.	Alt. s.l.m.
S. Croce - Serao	3,2 km	2006-2008	43°43'16''	10°47'14''	16 m
Pisa - Oratoio	24 km	2006-2008	43°41'37''	10°27'06''	4 m
Pisa S. Giusto	29,5 km	1951-1991; 02/2006-01/2007	43°41'00''	10°23'00''	1 m

La *Figura A3.1a* riporta la localizzazione delle stazioni meteoclimatiche considerate nel presente studio.

Figura A3.1a *Localizzazione delle Stazioni Meteoclimatiche Considerate*



I Paragrafi seguenti riportano le elaborazioni dei diversi parametri meteorologici considerati per le stazioni e i periodi summenzionati.

A3.1.1 Precipitazioni

Nelle tabelle seguenti vengono riportati per ogni mese ed anno la quantità, in millimetri, di pioggia e l'intensità oraria massima, minima e media (stimata sulle effettive ore di precipitazione) dei fenomeni piovosi registrati nella stazione di Pisa - Oratoio negli anni 2006, 2007 e 2008.

Sono stati calcolati anche parametri statistici, quali le percentuali di dati disponibili per ciascun mese ed anno, in riferimento ai possibili 8760 dati (uno per ogni ora dell'anno, ad eccezione dell'anno 2008 che essendo bisestile ha 24 ore in più) e la deviazione standard (sigma) calcolata per ogni mese e per l'intero anno.

Di seguito si riportano le elaborazioni relative al 2006.

Tabella A3.1.1a *Analisi delle Precipitazioni Mensili, Anno 2006, Stazione di Pisa - Oratoio*

Anno	**2006**					
Mese	**Totale Pioggia [mm]**	**Massimo Orario [mm/h]**	**Media Oraria [mm/h]**	**Minimo Orario [mm/h]**	**% Dati validi**	**Sigma [mm/h]**
Gennaio	112,8	6,4	0,2	0,0	100,0	0,6
Febbraio	91,6	8,4	0,1	0,0	99,9	0,7
Marzo	24,0	2,4	0,0	0,0	99,9	0,2
Aprile	11,6	8,2	0,0	0,0	100,0	0,3
Maggio	70,2	13,6	0,1	0,0	99,3	0,7
Giugno	0,0	0,0	0,0	0,0	97,5	0,0
Luglio	35,4	13,0	0,0	0,0	97,6	0,6
Agosto	101,6	15,6	0,1	0,0	100,0	1,1
Settembre	196,4	58,8	0,3	0,0	100,0	3,0
Ottobre	58,2	18,6	0,1	0,0	100,0	0,8
Novembre	124,0	16,2	0,2	0,0	100,0	1,1
Dicembre	126,4	16,2	0,2	0,0	100,0	1,1
Anno	**952,2**	**58,8**	**0,1**	**0,0**	**99,5**	**1,1**

Di seguito si riportano le elaborazioni relative al 2007.

Tabella A3.1.1b *Analisi delle Precipitazioni Mensili, Anno 2007, Stazione di Pisa - Oratoio*

Anno	**2007**					
Mese	**Totale Pioggia [mm]**	**Massimo Orario [mm/h]**	**Media Oraria [mm/h]**	**Minimo Orario [mm/h]**	**% Dati validi**	**Sigma [mm/h]**
Gennaio	75,4	6,4	0,1	0,0	97,8	0,5
Febbraio	58,4	8,0	0,1	0,0	100,0	0,5
Marzo	52,0	4,8	0,1	0,0	100,0	0,4
Aprile	2,0	1,0	0,0	0,0	100,0	0,0
Maggio	156,2	24,0	0,2	0,0	100,0	1,3
Giugno	17,6	4,0	0,0	0,0	100,0	0,3
Luglio	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0
Agosto	71,0	13,0	0,1	0,0	100,0	0,8
Settembre	118,2	30,6	0,2	0,0	100,0	1,6
Ottobre	73,0	7,0	0,1	0,0	96,2	0,6
Novembre	39,4	4,4	0,1	0,0	99,7	0,4
Dicembre	83,6	16,2	0,1	0,0	100,0	0,8
Anno	**746,8**	**30,6**	**0,1**	**0,0**	**99,5**	**0,8**

Di seguito si riportano le elaborazioni relative al 2008.

Tabella A3.1.1c *Analisi delle Precipitazioni Mensili, Anno 2008, Stazione di Pisa - Oratoio*

Anno	**2008**					
Mese	**Totale Pioggia [mm]**	**Massimo Orario [mm/h]**	**Media Oraria [mm/h]**	**Minimo Orario [mm/h]**	**% Dati validi**	**Sigma [mm/h]**
Gennaio	179,0	22,0	0,2	0,0	100,0	1,2
Febbraio	37,4	5,8	0,1	0,0	100,0	0,4
Marzo	78,4	4,4	0,1	0,0	97,8	0,5
Aprile	60,0	4,8	0,1	0,0	100,0	0,4
Maggio	83,8	6,4	0,1	0,0	96,5	0,6
Giugno	59,6	18,2	0,1	0,0	100,0	0,8
Luglio	0,2	0,2	0,0	0,0	100,0	0,0
Agosto	5,0	3,4	0,0	0,0	100,0	0,1
Settembre	29,2	6,0	0,0	0,0	100,0	0,3
Ottobre	162,4	13,8	0,2	0,0	100,0	1,1
Novembre	245,6	16,0	0,4	0,0	95,8	1,4
Dicembre	118,0	5,6	0,2	0,0	99,1	0,6
Anno	**1058,6**	**22,0**	**0,1**	**0,0**	**99,1**	**0,7**

Relativamente alla stazione di Pisa - Oratoio si osserva che le precipitazioni totali in mm per l'anno 2007 sono pari a circa 746,8 mm, mentre per gli anni 2006 e 2008 sono maggiori e pari rispettivamente a 952,2 mm e 1058,6 mm. I valori massimi si sono registrati nel mese di settembre per l'anno 2006, in quello di maggio nel 2007 e in quello di novembre nel 2008: in particolare il mese più piovoso dei tre anni considerati risulta novembre 2008, con 245,6 mm di pioggia.

A3.1.2 Temperatura

Nelle tabelle seguenti vengono riportati per ogni mese ed anno i valori di temperatura medi, massimi e minimi, in gradi centigradi, rilevati nelle stazioni meteorologiche di S. Croce - Serao negli anni 2006, 2007 e 2008 e di Pisa S. Giusto nel periodo 1 febbraio 2006 – 31 gennaio 2007 (in cui vengono svolte le modellazioni di dispersione degli inquinanti).

Sono state calcolate le percentuali di dati disponibili per ogni mese ed anno, in riferimento ai possibili 8760 dati (uno per ogni ora dell'anno, ad eccezione dell'anno 2008 che essendo bisestile ha 24 ore in più) e la deviazione standard (sigma), per ogni mese e per l'intero anno.

Stazione di S. Croce - Serao

Di seguito si riportano le elaborazioni relative al 2006.

Tabella A3.1.2a *Analisi delle Temperature Mensili [°C], Anno 2006, Stazione di S. Croce - Serao*

Anno			**2006**		
Mese	**% Dati validi**	**Media**	**Min**	**Max**	**Sigma**
Gennaio	98,8	3,5	-5,6	16,9	4,2
Febbraio	100,0	5,6	-5,1	20,0	4,4
Marzo	100,0	8,1	-2,4	18,5	4,2
Aprile	100,0	13,1	2,1	25,8	4,7
Maggio	100,0	16,7	4,3	28,8	4,9
Giugno	100,0	20,6	7,2	34,2	6,3
Luglio	100,0	25,5	15,4	35,9	5,2
Agosto	100,0	21,4	9,9	31,8	4,6
Settembre	100,0	19,9	9,9	31,1	4,8
Ottobre	100,0	15,6	4,4	25,9	4,8
Novembre	100,0	10,0	-2,9	18,5	4,1
Dicembre	100,0	7,3	-3,6	17,7	4,5
Anno	**99,9**	**14,0**	**-5,6**	**35,9**	**8,3**

Di seguito si riportano le elaborazioni relative al 2007.

Tabella A3.1.2b *Analisi delle Temperature Mensili [°C], Anno 2007, Stazione di S. Croce - Serao*

Anno			**2007**		
Mese	**% Dati validi**	**Media**	**Min**	**Max**	**Sigma**
Gennaio	100,0	7,6	-2,8	16,7	4,4
Febbraio	100,0	8,2	-2,5	16,7	3,9
Marzo	100,0	10,0	-1,6	22,0	4,3
Aprile	100,0	15,1	3,5	27,5	5,8
Maggio	100,0	17,5	7,9	32,3	5,4
Giugno	98,8	20,7	10,5	33,8	4,6
Luglio	99,1	23,0	11,5	36,0	5,6
Agosto	92,7	21,9	13,0	34,1	4,8
Settembre	100,0	17,9	7,3	28,9	5,4
Ottobre	100,0	14,0	3,4	27,7	5,2
Novembre	97,1	8,3	-2,3	19,9	4,5
Dicembre	100,0	4,5	-5,2	14,4	4,0
Anno	**99,0**	**14,0**	**-5,2**	**36,0**	**7,7**

Di seguito si riportano le elaborazioni relative al 2008.

Tabella A3.1.2c *Analisi delle Temperature Mensili [°C], Anno 2008, Stazione di S. Croce - Serao*

Anno			**2008**		
Mese	**% Dati validi**	**Media**	**Min**	**Max**	**Sigma**
Gennaio	100,0	6,8	-2,8	15,4	3,4
Febbraio	100,0	7,0	-5,5	17,1	4,4
Marzo	96,8	9,0	-1,6	21,0	3,9
Aprile	99,9	12,3	1,2	22,8	4,3
Maggio	92,9	17,1	5,5	30,6	4,7
Giugno	99,9	20,9	11,6	34,5	5,5
Luglio	99,6	23,4	12,0	34,2	4,9
Agosto	100,0	23,5	13,6	33,6	5,4
Settembre	100,0	18,1	4,4	34,0	6,3
Ottobre	100,0	15,3	3,2	26,3	4,4
Novembre	100,0	9,7	-0,9	21,0	4,4
Dicembre	99,3	5,4	-3,8	13,4	3,6
Anno	**99,0**	**14,1**	**-5,5**	**34,5**	**7,9**

La temperatura media annua relativa ai tre anni considerati presso la stazione di S. Croce - Serao si aggira intorno ai 14,0°C.

È possibile notare che la temperatura massima si verifica nei mesi estivi ed in particolare nel mese di luglio nel 2006 e nel 2007 e nel mese di giugno nel 2008 con picchi massimi che raggiungono i 35,9°C, i 36,0°C e i 34,5°C rispettivamente. I mesi in cui si presenta il valore minimo di temperatura risultano gennaio nel 2006, dicembre nel 2007 e febbraio nel 2008 con -5,5°C, -5,2°C e -5,5°C rispettivamente.

Stazione di Pisa S. Giusto

Di seguito si riportano le elaborazioni relative al periodo 1 febbraio 2006 – 31 gennaio 2007.

Tabella A3.1.2d *Analisi delle Temperature Mensili [°C], Febbraio 2006 – Gennaio 2007, Stazione di Pisa S. Giusto*

Anno	**Feb 2006 – Gen 2007**				
Mese	**% Dati validi**	**Media**	**Min**	**Max**	**Sigma**
Febbraio	100,0	6,9	-3,9	17,8	4,3
Marzo	100,0	9,3	-2,2	17,8	4,0
Aprile	100,0	13,3	2,2	25,0	4,4
Maggio	100,0	17,4	5,0	27,8	4,4
Giugno	100,0	21,3	8,9	33,9	5,6
Luglio	100,0	26,2	17,2	35,0	4,3
Agosto	100,0	22,6	12,8	32,2	3,9
Settembre	100,0	20,9	12,2	31,7	3,8
Ottobre	100,0	17,0	6,7	26,1	4,1
Novembre	100,0	12,0	-1,1	18,9	3,9
Dicembre	100,0	8,9	-2,2	17,8	4,4
Gennaio	100,0	9,0	-1,1	17,8	4,1
Anno	**100,0**	**15,4**	**-3,9**	**35,0**	**7,5**

Dalla tabella si può notare che per il periodo considerato, in linea con i valori tipici della zona, la temperatura media risulta di 15,4°C, il massimo di 35°C nel mese di luglio, mentre il minimo è pari a circa -3,9°C misurato nel mese di febbraio.

A3.1.3 Regime Anemologico

Per la caratterizzazione anemologica del sito in esame, sono stati analizzati i dati registrati negli anni 2006, 2007 e 2008 presso la stazione meteorologica di S. Croce – Serao e nel periodo febbraio 2006 – gennaio 2007 presso la stazione di Pisa S. Giusto.

Di seguito sono riportate le rose dei venti relative all'elaborazione dei dati delle suddette stazioni negli anni considerati e le tabelle relative alle frequenze di accadimento delle classi di velocità del vento e alle frequenze di accadimento della direzione del vento in classi stabilite. Si fa presente che nelle rose dei venti sono riportate in colore giallo le calme di vento (venti con intensità ≤ 0,5 m/s).

Nelle tabelle seguenti vengono inoltre riportati per ogni mese ed anno i valori di velocità del vento, in m/s, medi, massimi e minimi rilevati nella stazione meteorologica considerata.

Stazione di S. Croce - Serao

Di seguito si riportano le elaborazioni relative all'anno 2006.

Figura A3.1.3a *Rosa dei Venti Stazione S. Croce - Serao, Anno 2006*

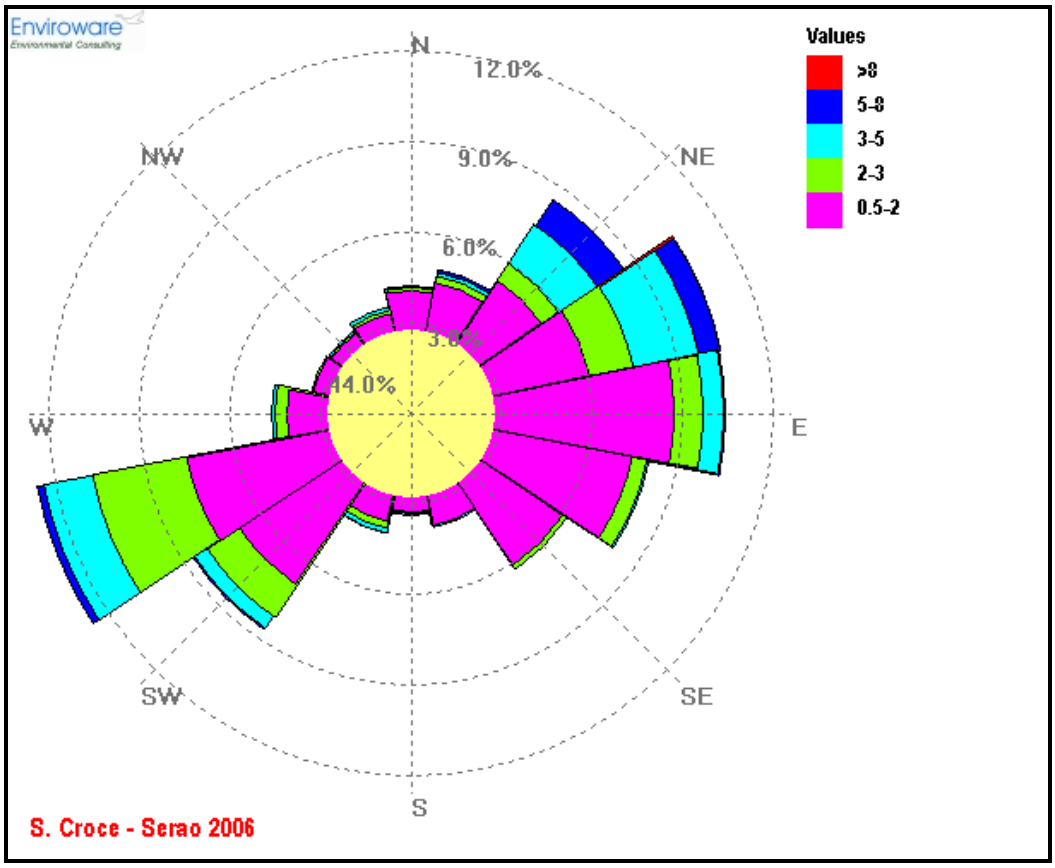


Tabella A3.1.3a *Analisi delle Velocità del Vento [m/s], Anno 2006, Stazione di S. Croce - Serao*

Anno		**2006**		
Mese	**% Dati validi**	**Media**	**Min**	**Max**
Gennaio	98,9	1,4	0,0	8,0
Febbraio	100,0	1,3	0,0	6,6
Marzo	100,0	1,5	0,0	7,8
Aprile	100,0	1,1	0,0	5,9
Maggio	100,0	1,2	0,0	4,5
Giugno	100,0	1,2	0,0	6,5
Luglio	100,0	1,1	0,0	4,7
Agosto	100,0	1,3	0,0	5,7
Settembre	100,0	1,1	0,0	6,2
Ottobre	100,0	0,9	0,0	6,1
Novembre	100,0	0,6	0,0	8,3
Dicembre	100,0	1,2	0,0	8,6
Anno	**99,9**	**1,2**	**0,0**	**8,6**

Tabella A3.1.3b *Frequenza di Accadimento delle Classi di Velocità del Vento, Anno 2006, Stazione di S. Croce - Serao*

Distribuzione delle velocità del vento							
Classi [m/s]	**≤ 0,5**	**0,5-2,0**	**2,0-3,0**	**3,0-5,0**	**5,0-8,0**	**> 8,0**	**Totale**
N° di Dati	3797	3201	818	629	185	3	8633
% Frequenza	44,0	37,1	9,5	7,3	2,1	0,04	100,0

Tabella A3.1.3c *Frequenza di Accadimento delle Direzioni del Vento, Anno 2006, Stazione di S. Croce - Serao*

Distribuzione delle direzioni del vento																			
Settori	**V≤ 0,5 m/s**	**N**	**NNE**	**NE**	**ENE**	**E**	**ESE**	**SE**	**SSE**	**S**	**SSO**	**SO**	**OSO**	**O**	**ONO**	**NO**	**NNO**	**Totale**
N° di Dati	3797	127	181	497	666	659	454	298	91	54	112	509	851	163	53	48	73	8633
% Frequenza	44,0	1,5	2,1	5,8	7,7	7,6	5,3	3,5	1,1	0,6	1,3	5,9	9,9	1,9	0,6	0,6	0,8	100,0

Nelle figure seguenti si riportano, per l'anno 2006, le rose dei venti stagionali.

Figura A3.1.3b *Rosa dei Venti Stazione S. Croce - Serao, Inverno 2006*

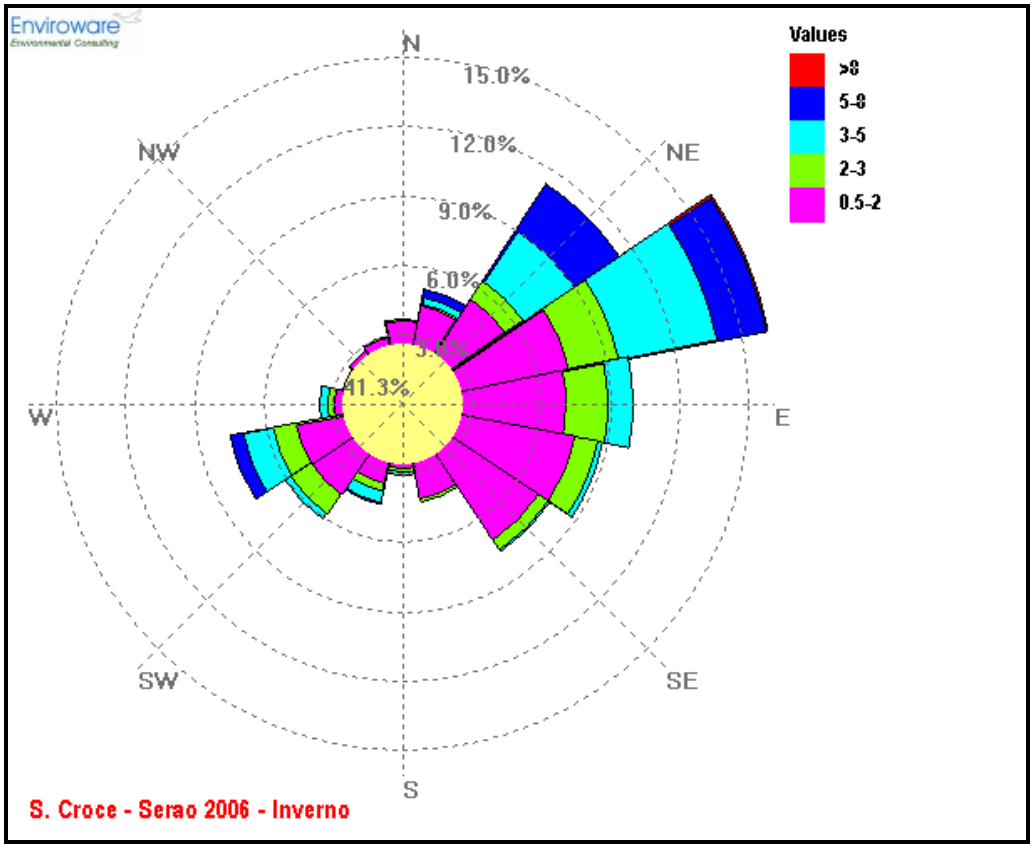


Figura A3.1.3c *Rosa dei Venti Stazione S. Croce - Serao, Primavera 2006*

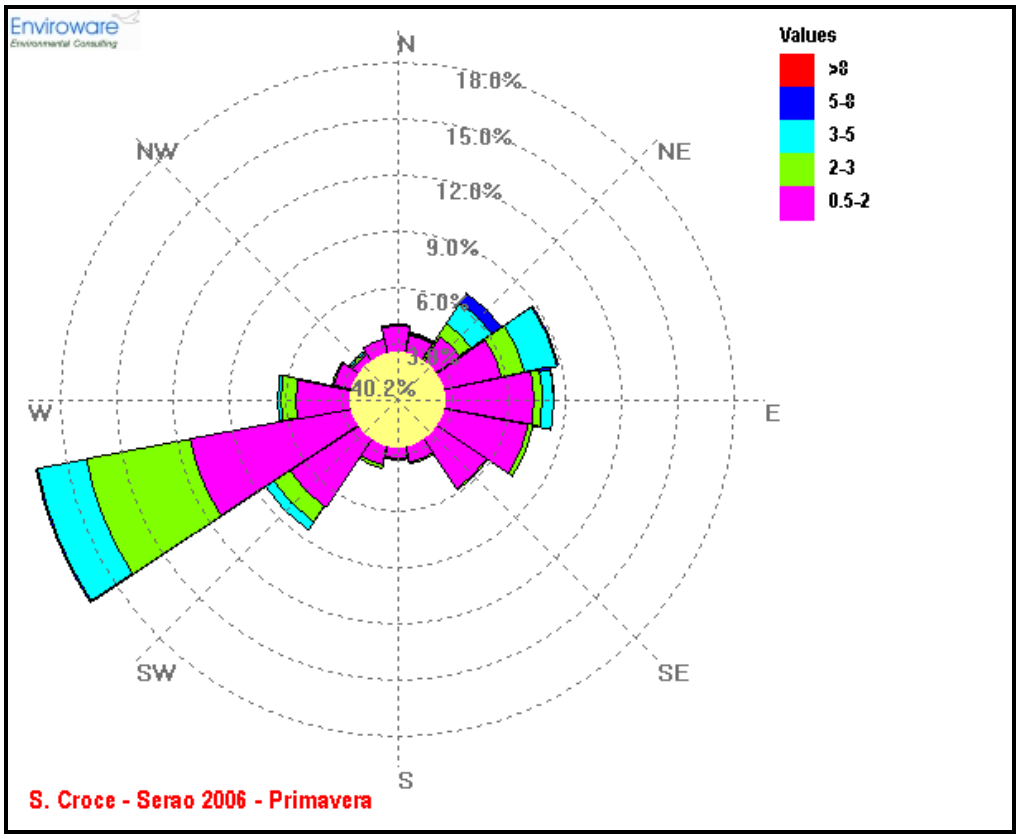


Figura A3.1.3d *Rosa dei Venti Stazione S. Croce - Serao, Estate 2006*

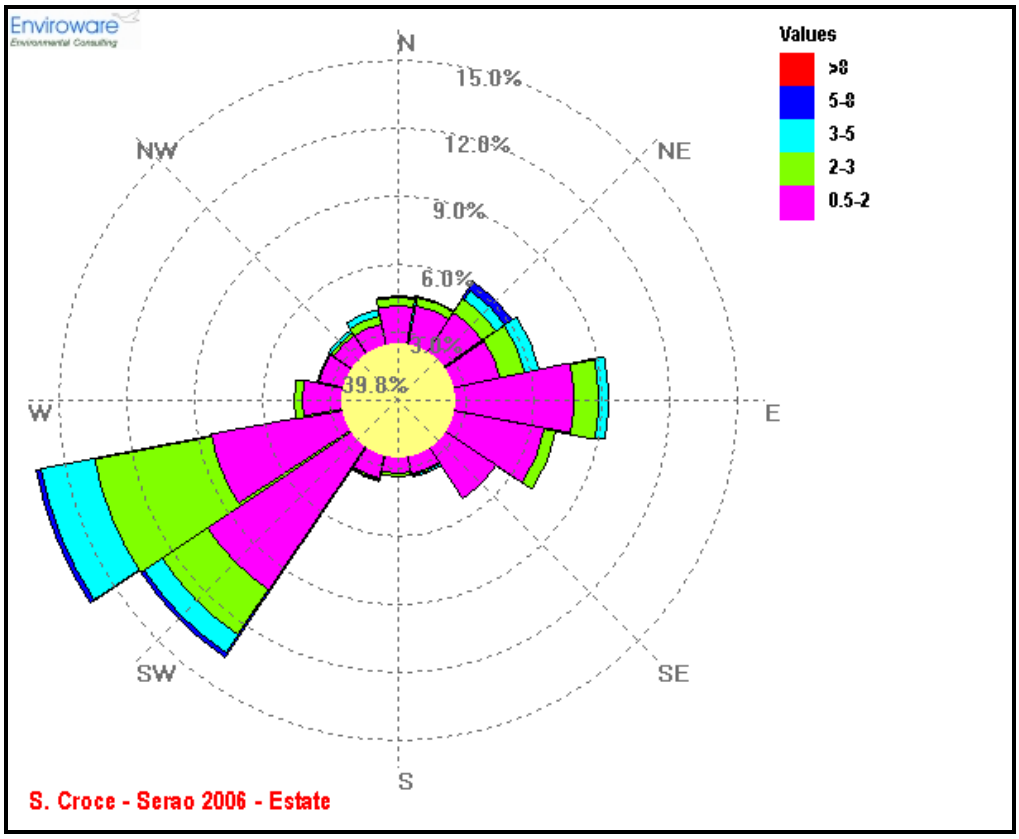
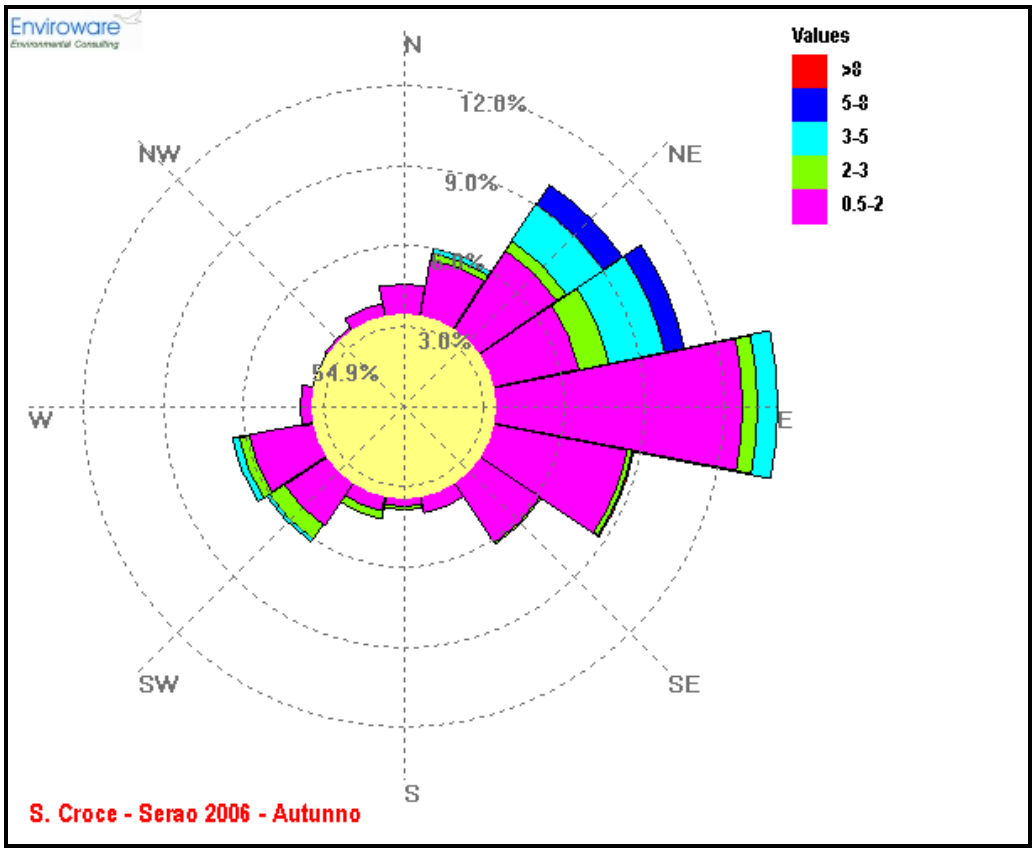


Figura A3.1.3e *Rosa dei Venti Stazione S. Croce - Serao, Autunno 2006*



Di seguito si riportano le elaborazioni relative all'anno 2007.

Figura A3.1.3f *Rosa dei Venti Stazione S. Croce - Serao, Anno 2007*

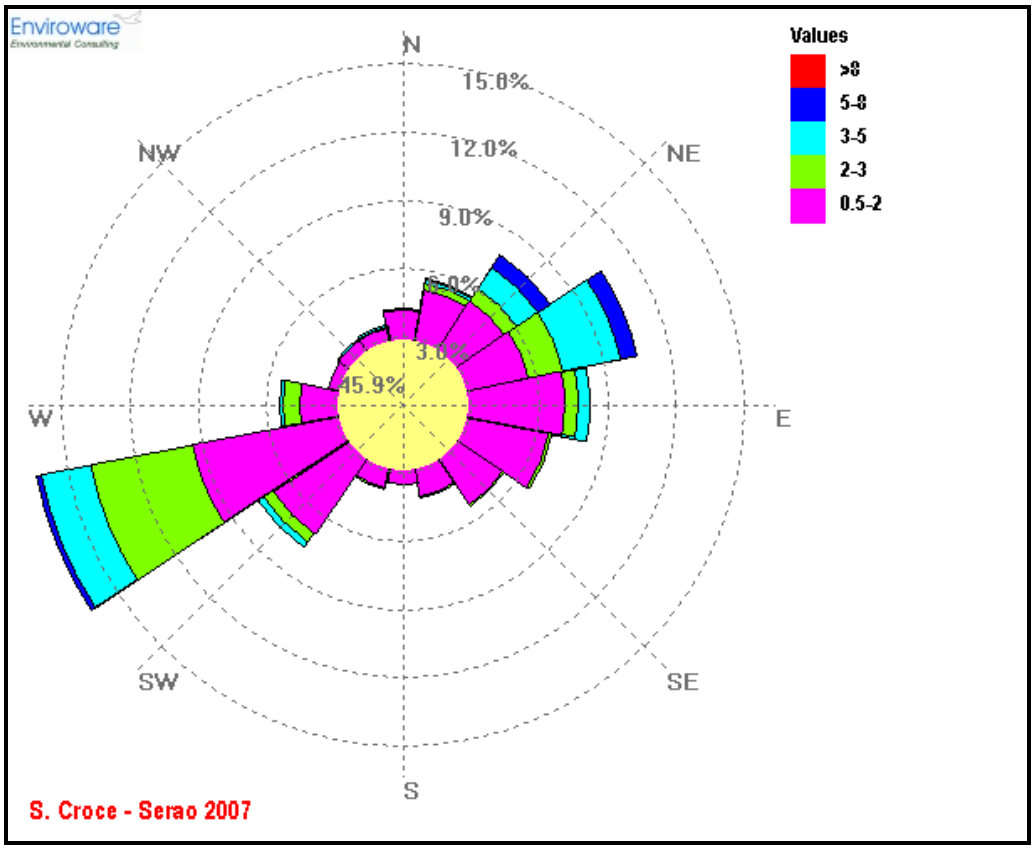


Tabella A3.1.3d *Analisi delle Velocità del Vento [m/s], Anno 2007, Stazione di S. Croce - Serao*

Anno		**2007**		
Mese	**% Dati validi**	**Media**	**Min**	**Max**
Gennaio	100,0	0,7	0,0	7,1
Febbraio	100,0	0,9	0,0	5,2
Marzo	100,0	1,7	0,0	9,6
Aprile	100,0	1,2	0,0	6,1
Maggio	100,0	1,1	0,0	5,1
Giugno	98,8	1,2	0,0	5,4
Luglio	99,1	1,2	0,0	5,1
Agosto	92,7	1,0	0,0	3,8
Settembre	100,0	0,9	0,0	6,1
Ottobre	100,0	1,2	0,0	7,6
Novembre	97,2	1,1	0,0	8,1
Dicembre	100,0	1,2	0,0	7,4
Anno	**99,0**	**1,1**	**0,0**	**9,6**

Tabella A3.1.3e *Frequenza di Accadimento delle Classi di Velocità del Vento, Anno 2007, Stazione di S. Croce - Serao*

Distribuzione delle velocità del vento							
Classi [m/s]	**≤ 0,5**	**0,5-2,0**	**2,0-3,0**	**3,0-5,0**	**5,0-8,0**	**> 8,0**	**Totale**
N° di Dati	3920	3055	806	621	139	5	8546
% Frequenza	45,9	35,7	9,4	7,3	1,6	0,06	100,0

Tabella A3.1.3f *Frequenza di Accadimento delle Direzioni del Vento, Anno 2007, Stazione di S. Croce - Serao*

Distribuzione delle direzioni del vento																			
Settori	**V≤ 0,5 m/s**	**N**	**NNE**	**NE**	**ENE**	**E**	**ESE**	**SE**	**SSE**	**S**	**SSO**	**SO**	**OSO**	**O**	**ONO**	**NO**	**NNO**	**Totale**
N° di Dati	3920	121	236	429	655	456	328	213	109	56	81	410	1157	220	43	53	59	8546
% Frequenza	45,9	1,4	2,8	5,0	7,7	5,3	3,8	2,5	1,3	0,7	0,9	4,8	13,5	2,6	0,5	0,6	0,7	100,0

Nelle figure seguenti si riportano, per l'anno 2007, le rose dei venti stagionali.

Figura A3.1.3g *Rosa dei Venti Stazione S. Croce - Serao, Inverno 2007*

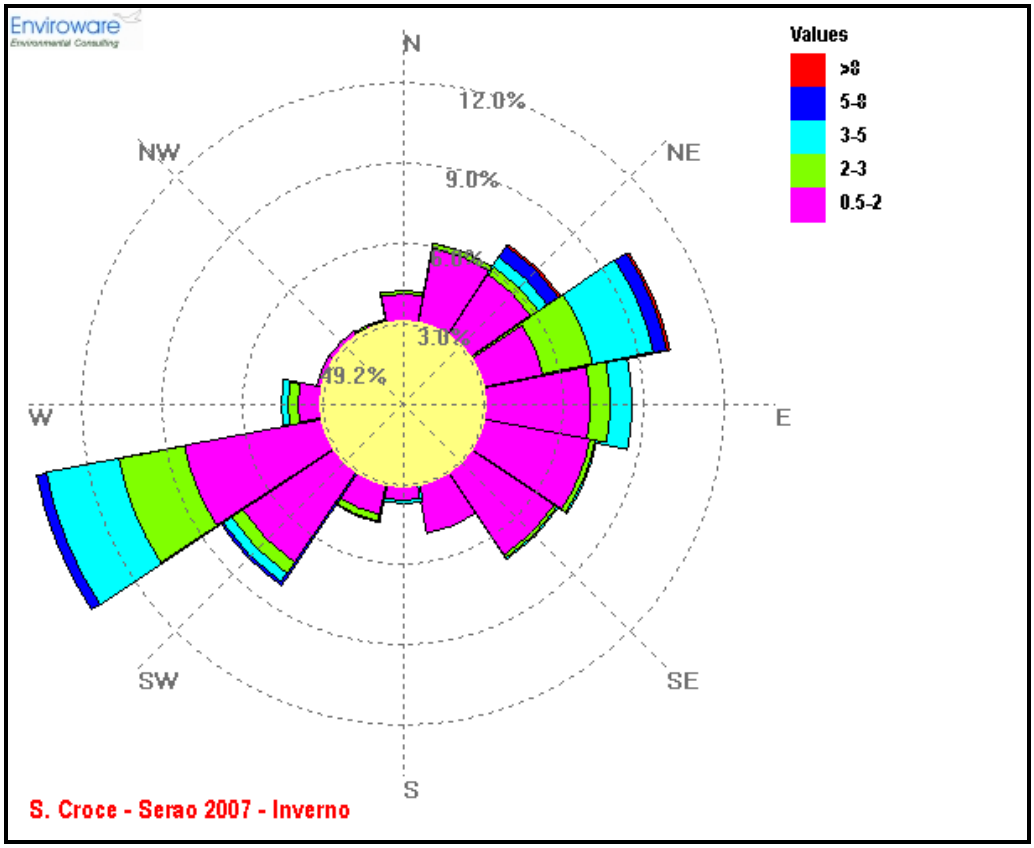


Figura A3.1.3h *Rosa dei Venti Stazione S. Croce - Serao, Primavera 2007*

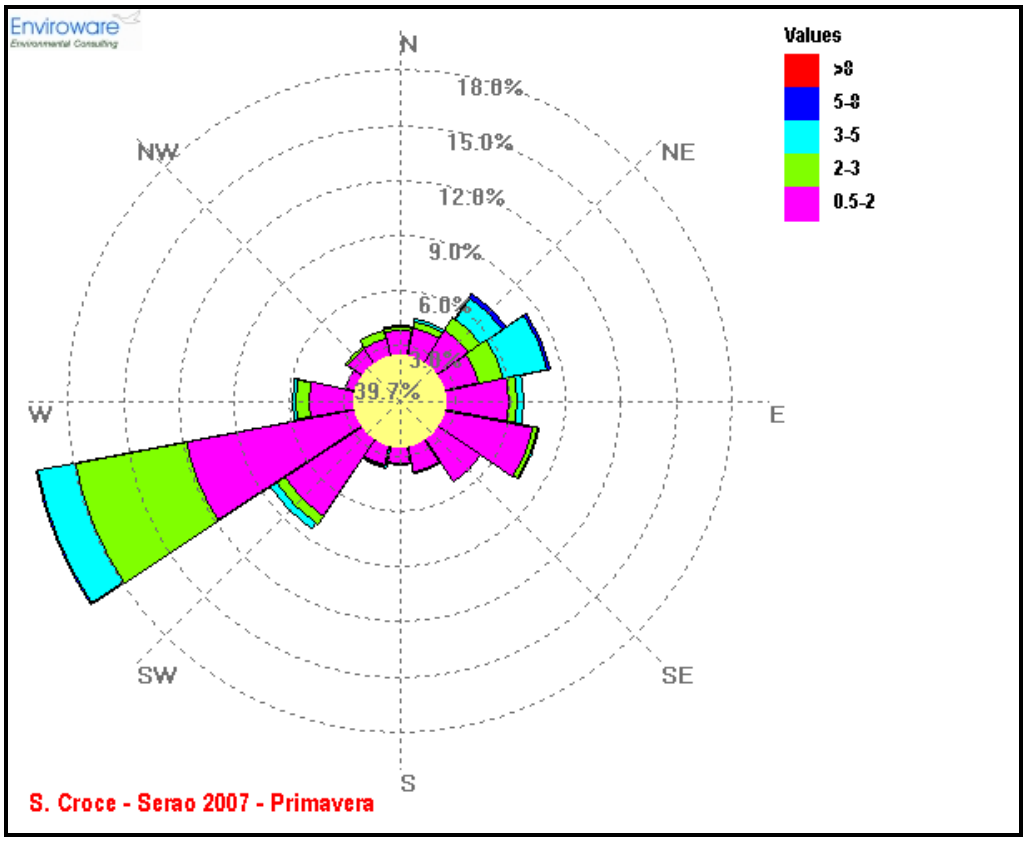


Figura A3.1.3i *Rosa dei Venti Stazione S. Croce - Serao, Estate 2007*

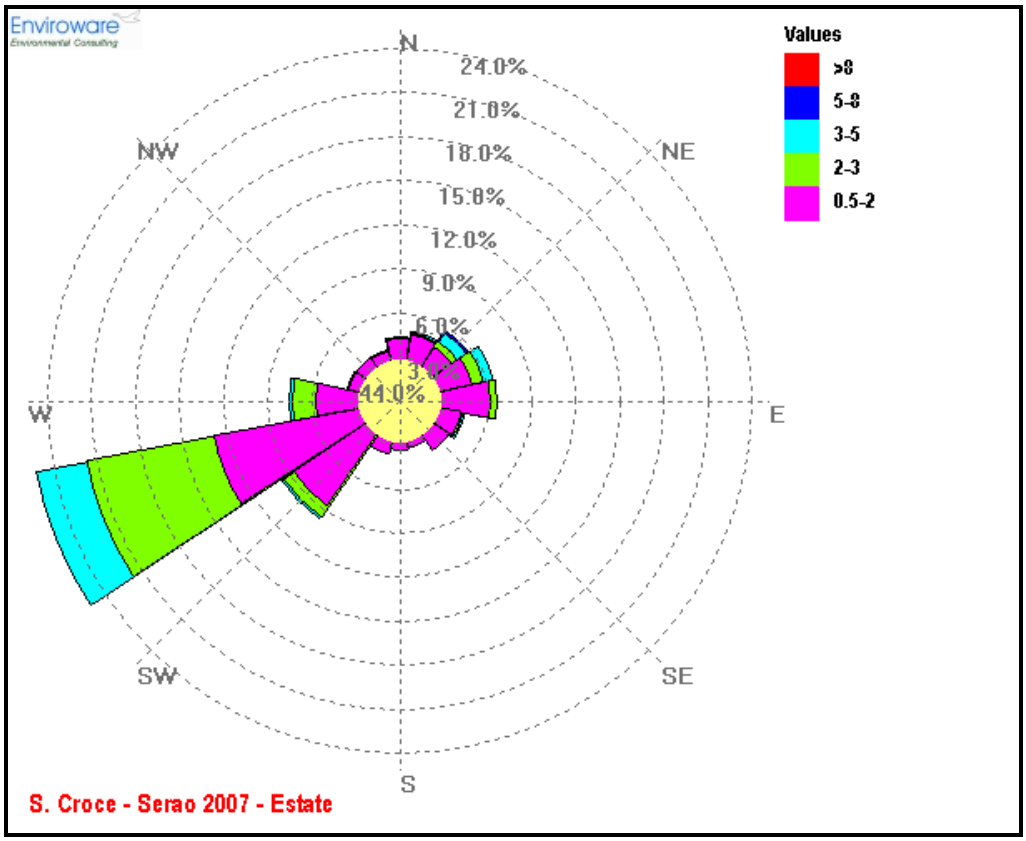
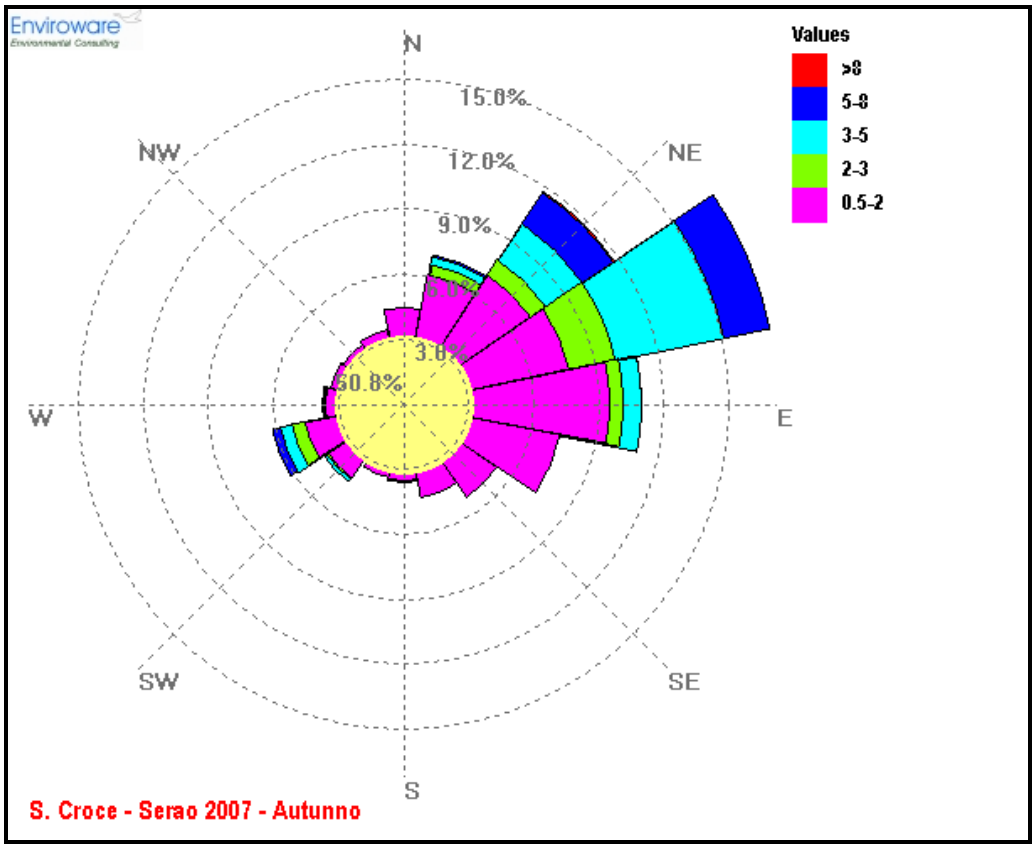


Figura A3.1.3j *Rosa dei Venti Stazione S. Croce - Serao, Autunno 2007*



Di seguito si riportano le elaborazioni relative all'anno 2008.

Figura A3.1.3k *Rosa dei Venti Stazione S. Croce - Serao, Anno 2008*

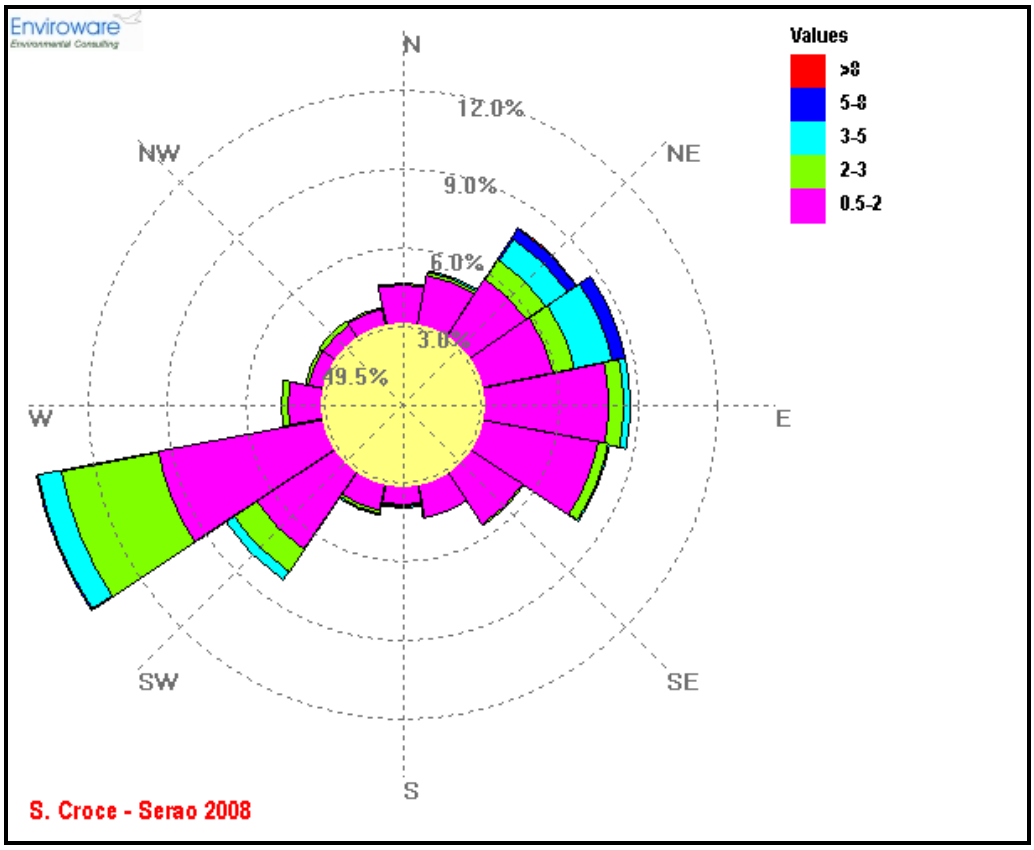


Tabella A3.1.3g *Analisi delle Velocità del Vento [m/s], Anno 2008, Stazione di S. Croce - Serao*

Anno		**2008**		
Mese	**% Dati validi**	**Media**	**Min**	**Max**
Gennaio	100,0	0,6	0,0	5,5
Febbraio	100,0	1,1	0,0	7,3
Marzo	96,8	1,5	0,0	10,4
Aprile	100,0	1,2	0,0	6,7
Maggio	93,0	1,0	0,0	5,4
Giugno	99,9	0,8	0,0	4,1
Luglio	99,6	1,0	0,0	4,9
Agosto	100,0	1,0	0,0	3,8
Settembre	100,0	1,1	0,0	6,2
Ottobre	100,0	0,7	0,0	4,9
Novembre	100,0	1,0	0,0	5,9
Dicembre	99,3	1,3	0,0	8,8
Anno	**99,0**	**1,0**	**0,0**	**10,4**

Tabella A3.1.3h *Frequenza di Accadimento delle Classi di Velocità del Vento, Anno 2008, Stazione di S. Croce - Serao*

Distribuzione delle velocità del vento							
Classi [m/s]	**≤ 0,5**	**0,5-2,0**	**2,0-3,0**	**3,0-5,0**	**5,0-8,0**	**> 8,0**	**Totale**
N° di Dati	3218	2373	557	283	63	3	6497
% Frequenza	49,5	36,5	8,6	4,4	1,0	0,05	100,0

Tabella A3.1.3i *Frequenza di Accadimento delle Direzioni del Vento, Anno 2008, Stazione di S. Croce - Serao*

Distribuzione delle direzioni del vento																			
Settori	**V≤ 0,5 m/s**	**N**	**NNE**	**NE**	**ENE**	**E**	**ESE**	**SE**	**SSE**	**S**	**SSO**	**SO**	**OSO**	**O**	**ONO**	**NO**	**NNO**	**Totale**
N° di Dati	3218	101	140	323	362	362	320	159	84	53	80	325	723	101	47	51	48	6497
% Frequenza	49,5	1,6	2,2	5,0	5,6	5,6	4,9	2,4	1,3	0,8	1,2	5,0	11,1	1,6	0,7	0,8	0,7	100,0

Nelle figure seguenti si riportano, per l'anno 2008, le rose dei venti stagionali.

Figura A3.1.3l *Rosa dei Venti Stazione S. Croce - Serao, Inverno 2008*

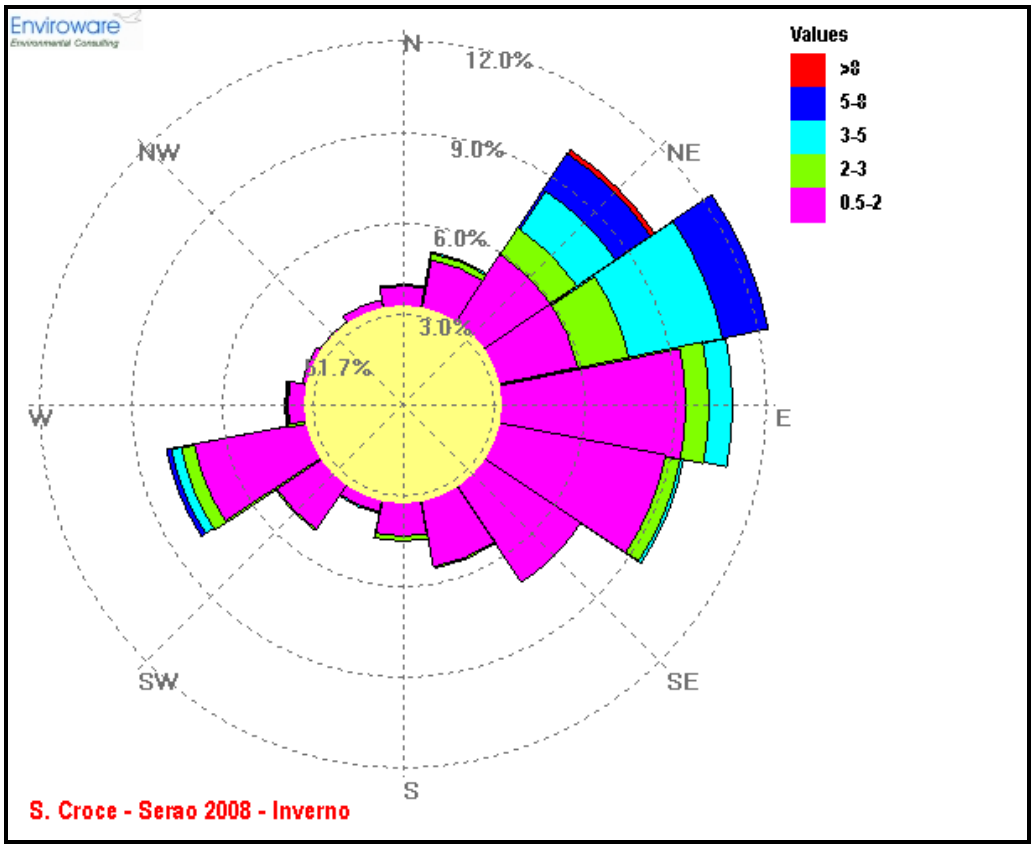


Figura A3.1.3m *Rosa dei Venti Stazione S. Croce - Serao, Primavera 2008*

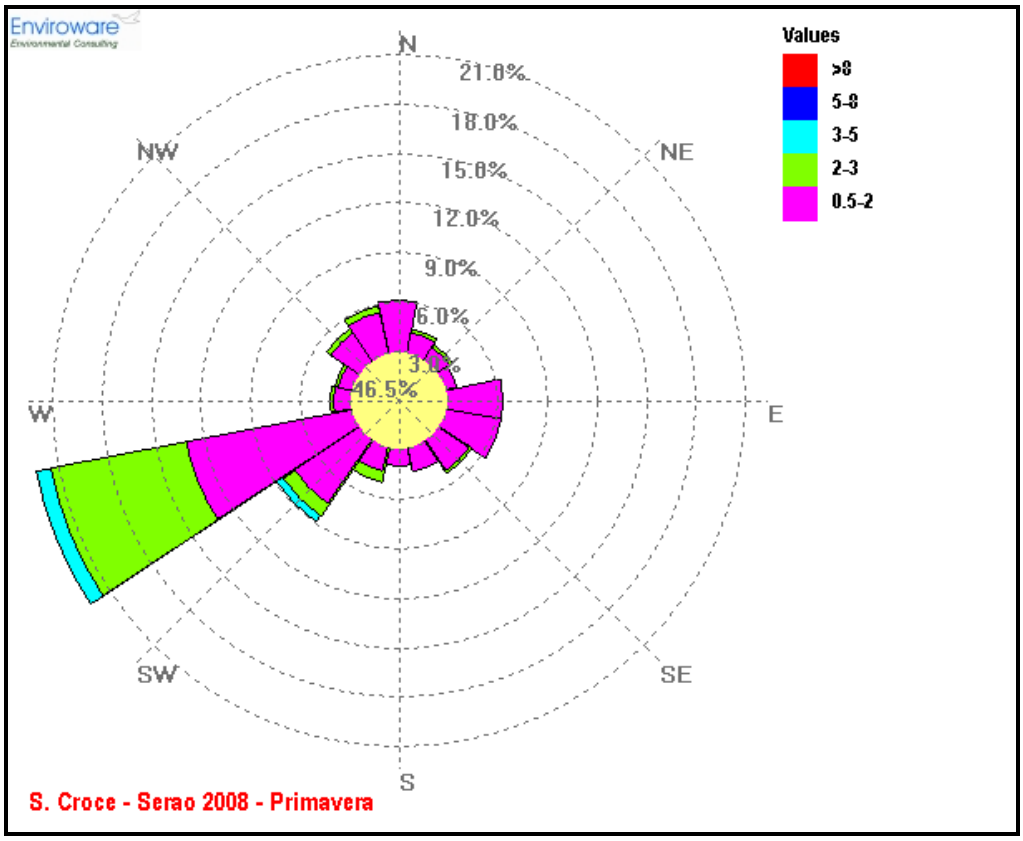


Figura A3.1.3n *Rosa dei Venti Stazione S. Croce - Serao, Estate 2008*

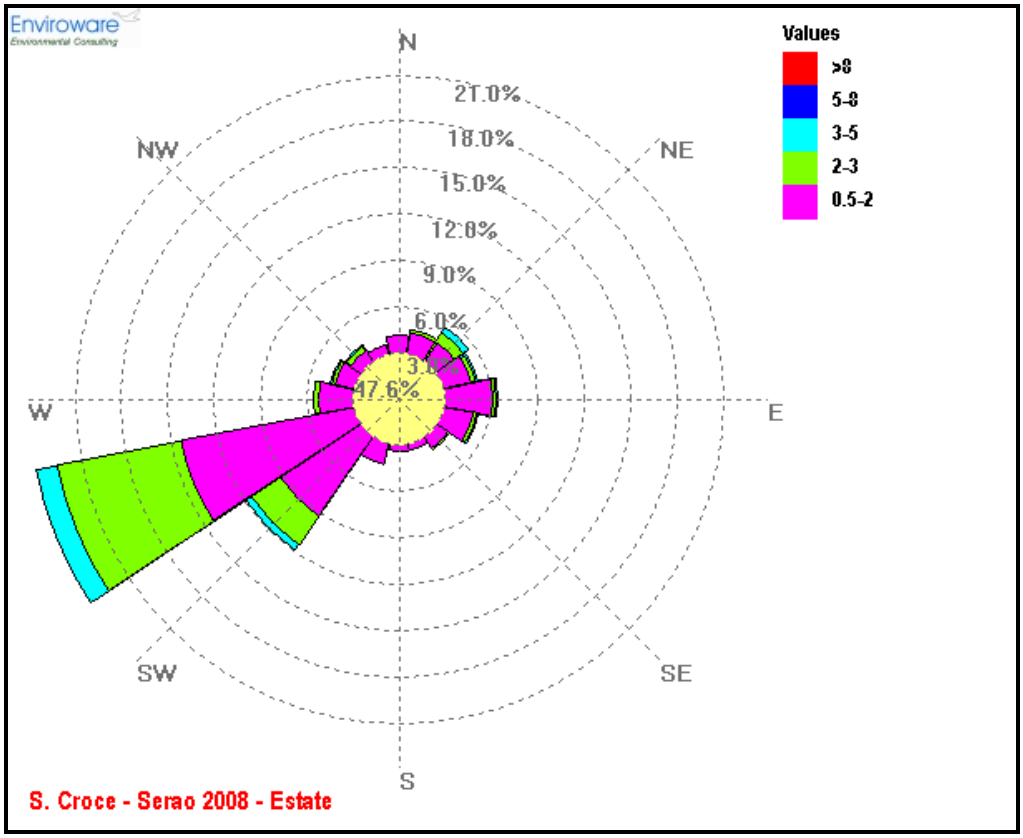
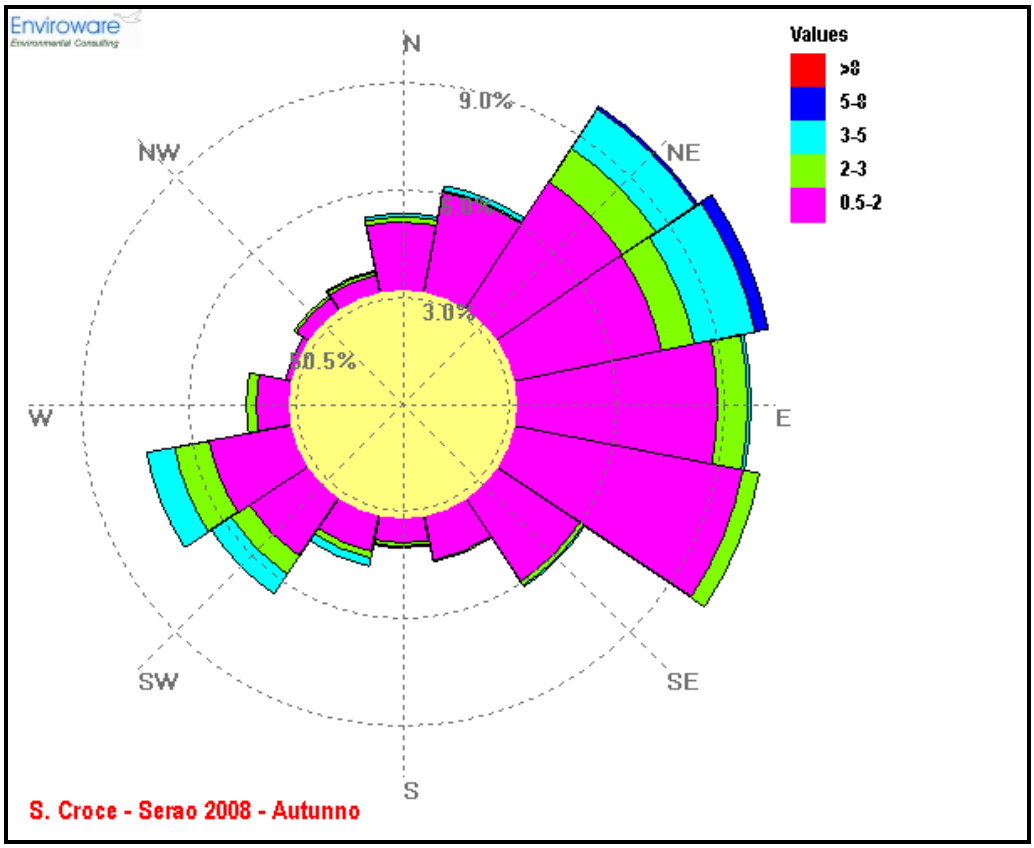


Figura A3.1.3o *Rosa dei Venti Stazione S. Croce - Serao, Autunno 2008*



Dall'analisi delle figure precedenti è possibile osservare che le rose dei venti degli anni 2006, 2007 e 2008 risultano molto simili: infatti tutte presentano una netta prevalenza di venti provenienti da Ovest – Sud Ovest. Mostrano una frequenza di accadimento significativa anche i quadranti orientali con particolare riguardo per le direzioni Est ed Est – Nord Est.

L'analisi delle calme di vento (venti di intensità ≤0,5 m/s) rivela che esse rappresentano la condizione anemometrica più frequente nella zona costituendo il 44,0%, 45,9% e 49,5% delle occorrenze totali nei vari anni. I venti prevalenti risultano quelli con intensità variabile tra 0,5 e 2 m/s, con frequenze di accadimento pari a circa il 37,1%, 35,7% e 36,5% del tempo nel periodo analizzato rispettivamente negli anni 2006, 2007 e 2008.

Per la stazione meteorologica di S. Croce - Serao sono state analizzate anche le rose dei venti stagionali. In tutti e tre gli anni considerati è possibile notare che nei mesi invernali ed autunnali la direzione prevalente di provenienza del vento risulta dai quadranti nordorientali (con una componente importante da Est – Nord Est nell'inverno 2007), mentre nei mesi estivi e primaverili risulta Ovest – Sud Ovest.

Stazione di Pisa S. Giusto

Di seguito si riportano le elaborazioni relative al periodo 1 febbraio 2006 – 31 gennaio 2007.

Figura A3.1.3p *Rosa dei Venti Stazione Pisa S. Giusto, Febbraio 2006 – Gennaio 2007*

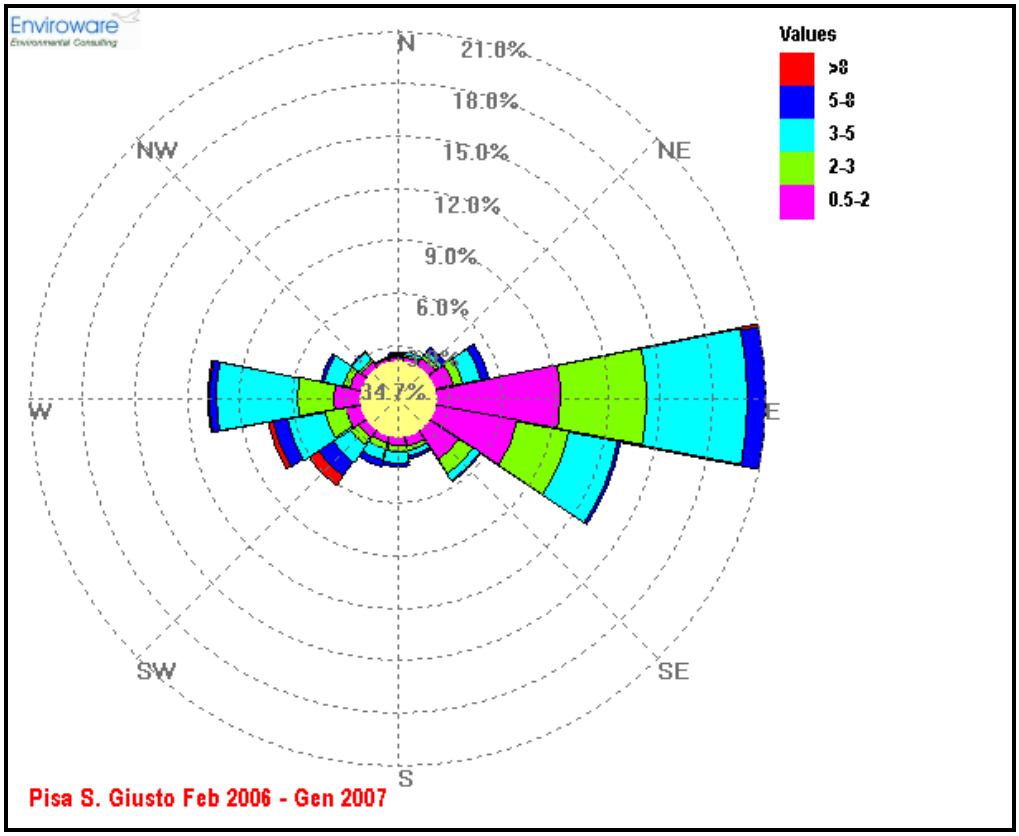


Tabella A3.1.3j *Analisi delle Velocità del Vento [m/s], Febbraio 2006 – Gennaio 2007, Stazione di Pisa S. Giusto*

Anno	**Feb 2006 – Gen 2007**			
Mese	**% Dati validi**	**Media**	**Min**	**Max**
Febbraio	100,0	2,8	0,0	14,3
Marzo	100,0	3,0	0,0	13,9
Aprile	100,0	2,1	0,0	8,5
Maggio	100,0	2,2	0,0	10,3
Giugno	100,0	2,1	0,0	8,5
Luglio	100,0	1,9	0,0	7,2
Agosto	100,0	2,0	0,0	12,5
Settembre	100,0	1,4	0,0	7,6
Ottobre	100,0	1,5	0,0	7,6
Novembre	100,0	1,5	0,0	11,2
Dicembre	100,0	2,1	0,0	8,5
Gennaio	100,0	1,2	0,0	13,0
Anno	**100,0**	**2,0**	**0,0**	**14,3**

Tabella A3.1.3k *Frequenza di Accadimento delle Classi di Velocità del Vento, Febbraio 2006 – Gennaio 2007, Stazione di Pisa S. Giusto*

Distribuzione delle velocità del vento							
Classi [m/s]	**≤ 0,5**	**0,5-2,0**	**2,0-3,0**	**3,0-5,0**	**5,0-8,0**	**> 8,0**	**Totale**
N° di Dati	2951	1843	1289	1865	460	92	8500
% Frequenza	34,7	21,7	15,2	21,9	5,4	1,1	100,0

Tabella A3.1.3l *Frequenza di Accadimento delle Direzioni del Vento, Febbraio 2006 – Gennaio 2007, Stazione di Pisa S. Giusto*

Distribuzione delle direzioni del vento																			
Settori	**V≤ 0,5 m/s**	**N**	**NNE**	**NE**	**ENE**	**E**	**ESE**	**SE**	**SSE**	**S**	**SSO**	**SO**	**OSO**	**O**	**ONO**	**NO**	**NNO**	**Totale**
N° di Dati	2951	37	49	112	272	1602	923	299	116	146	160	333	452	734	197	93	24	8500
% Frequenza	34,7	0,4	0,6	1,3	3,2	18,8	10,9	3,5	1,4	1,7	1,9	3,9	5,3	8,6	2,3	1,1	0,3	100,0

Nelle figure seguenti si riportano, per il periodo 1 febbraio 2006 – 31 gennaio 2007, le rose dei venti stagionali.

Figura A3.1.3q *Rosa dei Venti Stazione Pisa S. Giusto, Inverno 2006 – 2007*

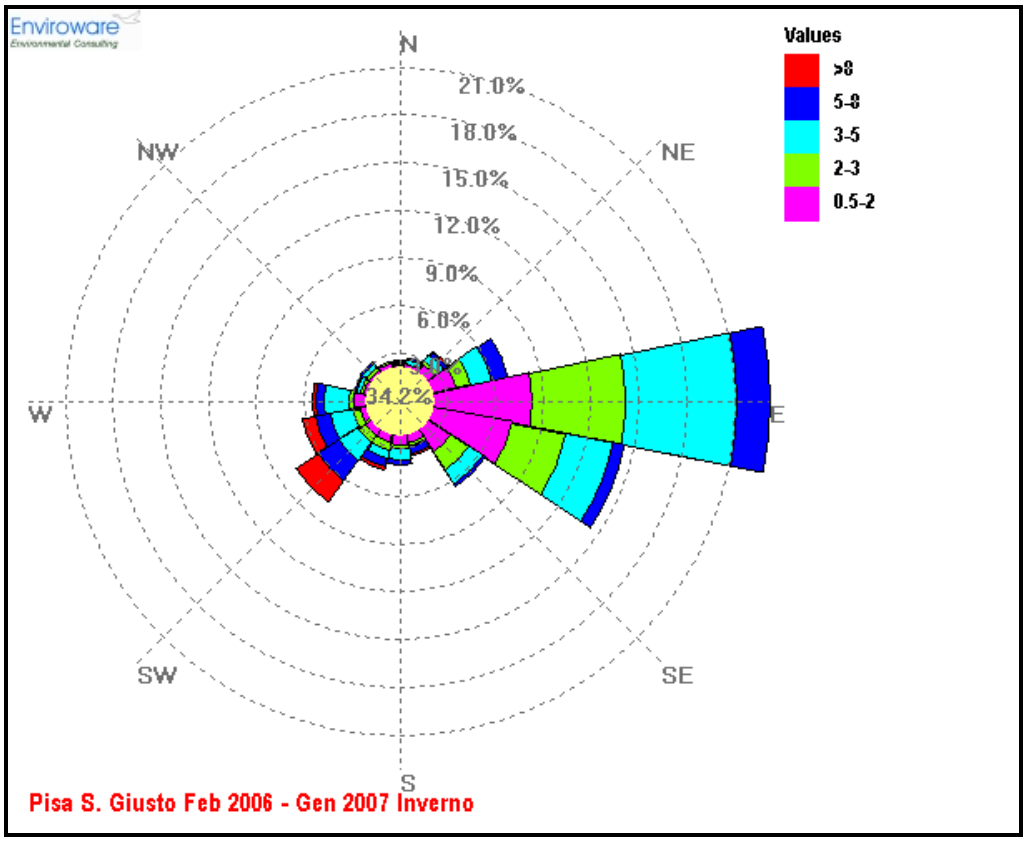


Figura A3.1.3r *Rosa dei Venti Stazione Pisa S. Giusto, Primavera 2006*

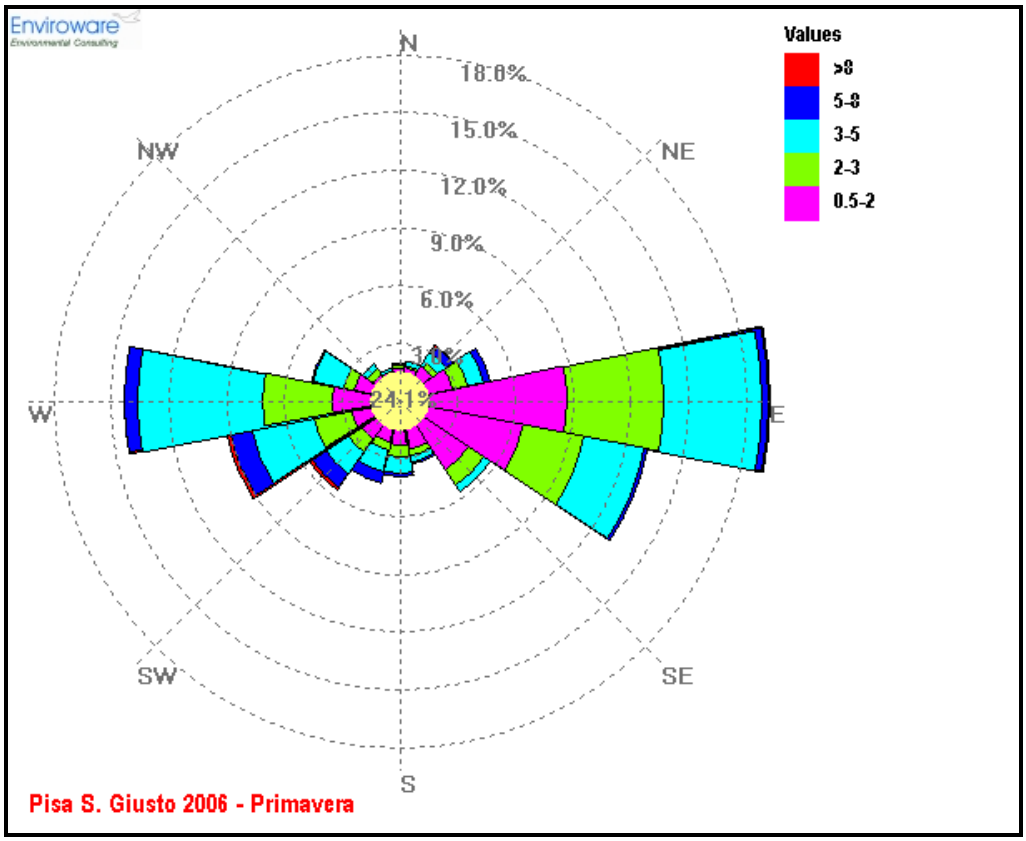


Figura A3.1.3s *Rosa dei Venti Stazione Pisa S. Giusto, Estate 2006*

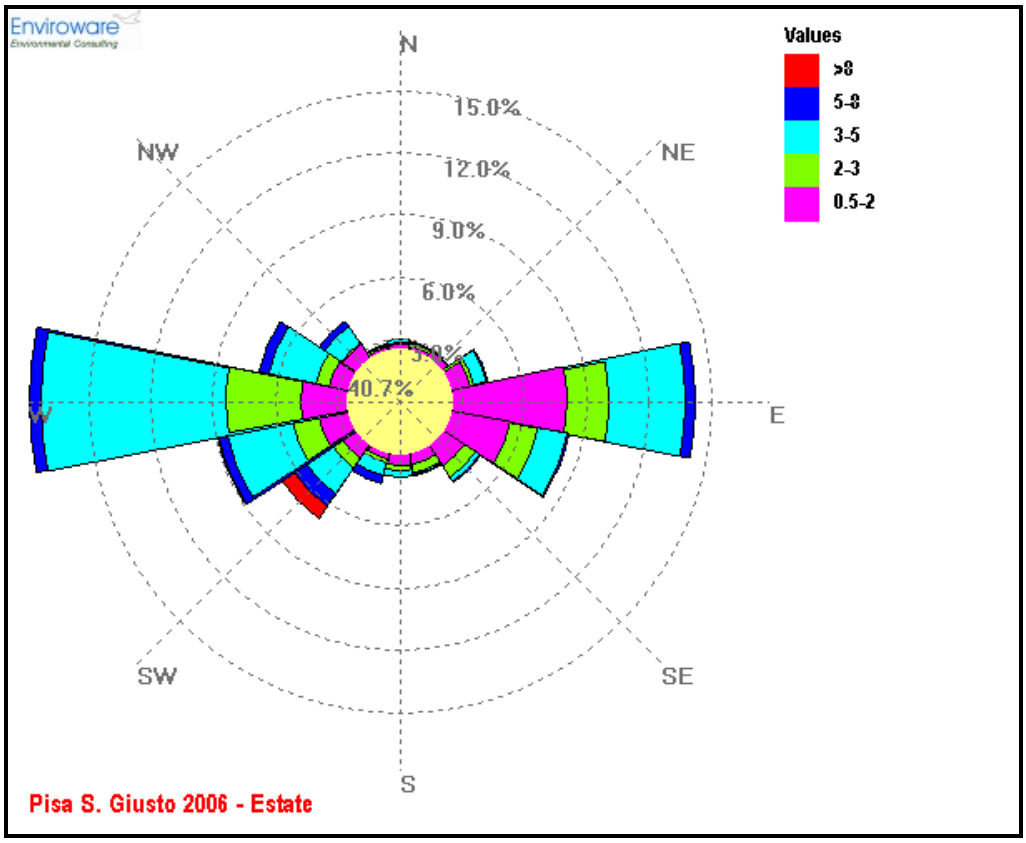
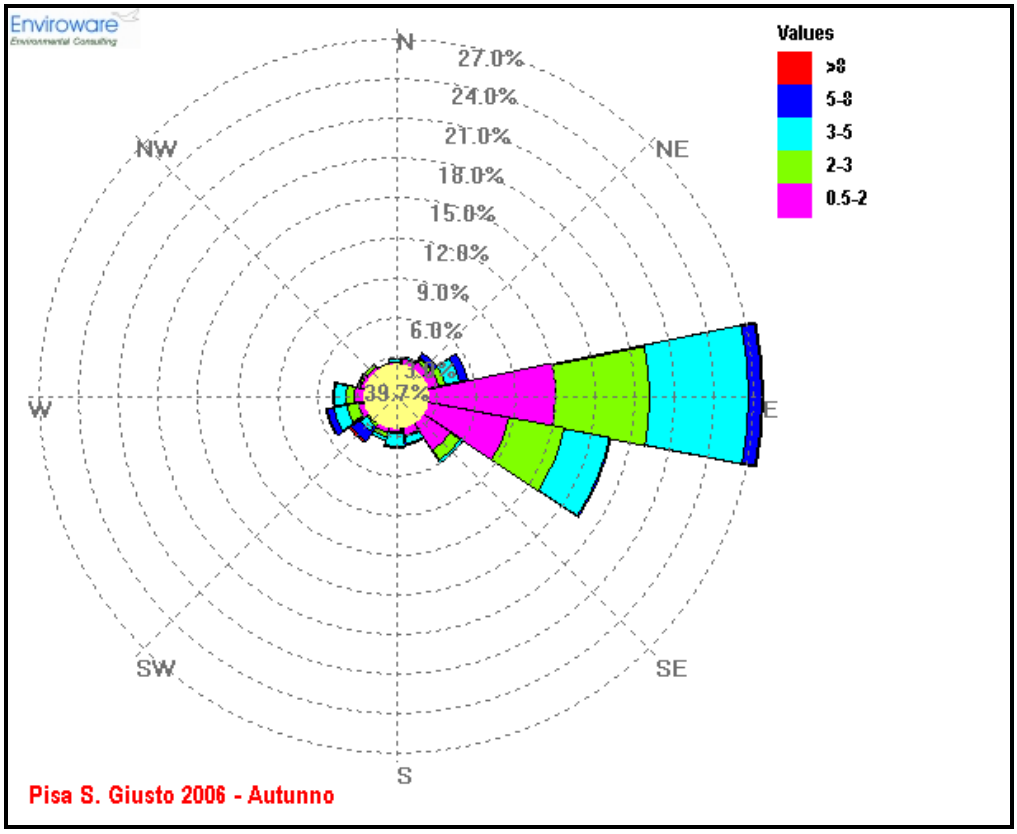


Figura A3.1.3t *Rosa dei Venti Stazione Pisa S. Giusto, Autunno 2006*



Dall'analisi delle figure precedenti riferite al periodo compreso tra febbraio 2006 e gennaio 2007 si rilevano, come direzioni prevalenti dei venti, quelle di Est, Est – Sud Est ed Ovest.

L'analisi delle calme di vento (venti di intensità ≤0,5 m/s) rivela che esse rappresentano la condizione anemometrica più frequente nella zona costituendo il 34,7%. I venti prevalenti risultano quelli con intensità variabile tra 3 e 5 m/s, con una frequenza di accadimento nel periodo analizzato pari a circa il 21,9%.

Anche l'analisi delle rose dei venti stagionali mostra come le direzioni preferenziali di provenienza del vento siano, in ordine di importanza, Est, Est – Sud Est ed Ovest. Per l'autunno e l'inverno si nota una netta predominanza di provenienza delle componenti Est ed Est – Sud Est.

A3.1.4 Umidità Relativa

Nelle tabelle seguenti vengono riportati per ogni mese ed anno i valori di umidità relativa medi, massimi e minimi rilevati alle stazioni meteorologiche di S. Croce - Serao (negli anni 2006, 2007 e 2008) e di Pisa S. Giusto (periodo febbraio 2006 - gennaio 2007).

Sono state calcolate anche le percentuali di dati disponibili per ogni mese ed anno, in riferimento ai possibili 8760 dati (uno per ogni ora dell'anno, ad eccezione dell'anno 2008 che, essendo bisestile, ha 24 ore in più) e la deviazione standard (sigma) per ogni mese e per l'intero anno.

Stazione di S. Croce - Serao

Di seguito si riportano le elaborazioni relative al 2006.

Tabella A3.1.4a *Analisi dell'Umidità Relativa Mensile [%], Anno 2006, Stazione di S. Croce - Serao*

Anno			**2006**		
Mese	**% Dati validi**	**Media**	**Min**	**Max**	**Sigma**
Gennaio	98,8	83,8	31,2	98,5	17,6
Febbraio	100,0	83,1	22,5	98,5	20,0
Marzo	100,0	82,5	22,3	98,5	19,0
Aprile	100,0	80,5	27,4	98,5	19,7
Maggio	100,0	75,7	24,1	98,5	21,0
Giugno	100,0	64,7	19,2	98,5	23,7
Luglio	100,0	65,3	7,3	98,5	24,7
Agosto	99,9	73,4	23,1	98,5	21,8
Settembre	100,0	77,2	13,6	98,5	23,0
Ottobre	100,0	83,9	32,6	98,5	18,8
Novembre	100,0	90,9	17,2	98,5	14,9
Dicembre	100,0	87,4	30,3	98,5	16,2
Anno	**99,9**	**79,0**	**7,3**	**98,5**	**21,7**

Di seguito si riportano le elaborazioni relative al 2007.

Tabella A3.1.4b *Analisi dell'Umidità Relativa Mensile [%], Anno 2007, Stazione di S. Croce - Serao*

Anno			**2007**		
Mese	**% Dati validi**	**Media**	**Min**	**Max**	**Sigma**
Gennaio	99,9	93,5	28,8	98,5	10,9
Febbraio	100,0	89,3	30,4	98,5	14,4
Marzo	99,9	81,5	30,9	98,5	19,2
Aprile	100,0	71,9	19,0	98,5	24,2
Maggio	100,0	78,8	19,9	98,5	21,4
Giugno	98,8	78,9	31,8	98,5	19,4
Luglio	99,1	66,5	15,9	98,4	24,9
Agosto	92,7	74,2	16,0	98,7	23,8
Settembre	100,0	74,8	15,6	98,6	24,9
Ottobre	100,0	76,2	22,3	98,6	22,0
Novembre	97,1	80,6	29,5	98,6	19,7
Dicembre	100,0	83,1	33,9	98,6	18,6
Anno	**98,9**	**79,1**	**15,6**	**98,7**	**21,9**

Di seguito si riportano le elaborazioni relative al 2008.

Tabella A3.1.4c *Analisi dell'Umidità Relativa Mensile [%], Anno 2008, Stazione di S. Croce - Serao*

Anno			**2008**		
Mese	**% Dati validi**	**Media**	**Min**	**Max**	**Sigma**
Gennaio	100,0	88,6	18,8	98,6	17,7
Febbraio	100,0	79,8	27,2	98,6	21,0
Marzo	96,8	83,8	30,6	98,6	17,4
Aprile	99,9	81,3	26,4	98,6	21,0
Maggio	92,9	76,6	21,9	98,7	23,7
Giugno	99,9	78,5	26,4	98,7	21,3
Luglio	99,6	68,3	21,3	98,5	23,2
Agosto	100,0	67,1	14,7	98,6	25,4
Settembre	100,0	71,5	10,8	98,6	22,6
Ottobre	100,0	83,5	25,0	98,6	18,6
Novembre	100,0	88,1	17,6	98,5	16,3
Dicembre	99,3	90,1	38,1	98,5	13,1
Anno	**99,0**	**79,8**	**10,8**	**98,7**	**21,7**

L'umidità relativa media annua presso la stazione di S. Croce - Serao risulta pari al 79,0% per il 2006, al 79,1% per il 2007 e al 79,8% per il 2008. Il valore minimo si è registrato nel mese di settembre, sia nel 2008 che nel 2007 mentre nel 2006 si è verificato in luglio.

Stazione di Pisa S. Giusto

Tabella A3.1.4d *Analisi dell'Umidità Relativa Mensile [%], Febbraio 2006 – Gennaio 2007, Stazione di Pisa S. Giusto*

Anno			**Feb 2006 – Gen 2007**		
Mese	**% Dati validi**	**Media**	**Min**	**Max**	**Sigma**
Febbraio	100,0	71,7	32,5	98,1	15,3
Marzo	100,0	73,6	31,5	98,1	15,3
Aprile	100,0	79,7	43,9	98,1	12,5
Maggio	100,0	74,8	37,6	98,0	13,1
Giugno	100,0	68,6	37,3	98,0	13,9
Luglio	100,0	70,8	35,2	97,9	14,9
Agosto	100,0	71,9	37,6	96,7	10,9
Settembre	100,0	77,1	35,6	97,7	15,0
Ottobre	100,0	77,2	44,4	97,7	14,8
Novembre	100,0	79,0	35,7	97,7	13,2
Dicembre	100,0	73,7	35,5	97,7	14,1
Gennaio	100,0	80,6	37,1	97,7	11,2
Anno	**100,0**	**74,9**	**31,5**	**98,1**	**14,2**

Per quanto concerne la stazione meteorologica di Pisa S. Giusto, in riferimento al periodo febbraio 2006 – gennaio 2007, si osserva un valore di umidità relativa media annua al 74,9% e un valore minimo, registrato nel mese di marzo, pari al 31,5%.

A3.1.5 Stabilità Atmosferica

Nello studio della dispersione in atmosfera delle sostanze inquinanti in generale, riveste una considerevole importanza l'analisi dei dati relativi alla stabilità atmosferica.

La stabilità atmosferica è di norma definita attraverso il gradiente termico verticale esistente, ossia attraverso le variazioni della temperatura dell'aria con la quota: da essa dipendono le modalità con le quali si verifica la dispersione nello strato limite atmosferico.

In genere, tale parametro atmosferico viene descritto attraverso le cosiddette classi di stabilità di Pasquill-Gifford. Esse comprendono tre classi (A, B e C) per l'atmosfera instabile, una classe (D) per l'atmosfera neutra e due classi (E ed F+G) per l'atmosfera stabile. La classificazione, dipendente dalla velocità del vento, dalla radiazione solare - per il giorno - e dalla limpidezza del cielo - per la notte -, è riportata in *Tabella A3.1.5a*.

Tabella A3.1.5a Classi di Stabilità di Pasquill-Gifford

Categoria A	• situazione estremamente instabile; • turbolenza termodinamica molto forte; • shear del vento molto debole.
Categoria B	• situazione moderatamente instabile; • turbolenza termodinamica media; • shear del vento moderato;
Categoria C	• situazione debolmente instabile; • turbolenza molto debole; • shear del vento moderato-forte.
Categoria D	• situazione neutra (adiabatica e pseudoadiabatica); • turbolenza termodinamica molto debole; • shear del vento forte.
Categoria E	• situazione debolmente instabile; • turbolenza termodinamica molto debole; • shear del vento forte.
Categoria F + G	• situazione stabile o molto stabile; • turbolenza termodinamica assente; • shear del vento molto forte.

Per quanto riguarda la stabilità atmosferica, si è fatto riferimento ai dati storici provenienti dalla stazione di Pisa S. Giusto appartenente all'Aeronautica Militare - Enel. Tali dati si riferiscono all'intervallo temporale che va da gennaio 1951 a dicembre 1991 e sono stati elaborati in modo da mostrare la frequenza delle classi di stabilità in funzione delle classi di velocità, come riportato nella *Tabella A3.1.5b*.

Le condizioni meteorologiche della stazione di Pisa S. Giusto sono caratterizzate dalla preponderanza della classe di stabilità D, che determina situazioni di neutralità, seguite da condizioni di stabilità e turbolenza termodinamica assente, corrispondenti alla classe F+G.

Tabella A3.1.5b *Classi di Stabilità di Pasquill-Gifford per Classe di Velocità [%], Stazione dell'Aeronautica Militare di Pisa S. Giusto, 1951-1991*

	Ripartizione delle frequenze di velocità del vento (Pisa S. Giusto) [%]						
Classi di stabilità atmosferica	**≤0,5 m/s**	**0,5-2,5 m/s**	**2,5-4,0 m/s**	**4,0-6,5 m/s**	**6,5-12,0 m/s**	**> 12,0 m/s**	**Cumulativo**
A	1,9	0,6	0,4	0,0	0,0	0,0	**2,8**
B	2,5	2,3	2,7	0,7	0,0	0,0	**8,3**
C	0,0	0,6	2,0	3,2	0,2	0,0	**6,1**
D	11,5	6,2	6,3	9,7	6,6	0,4	**40,7**
E	0,0	1,4	4,8	1,0	0,0	0,0	**7,2**
F+G	24,0	8,0	1,6	0,0	0,0	0,0	**33,6**
Nebbie	1,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	**1,3**
1951-1991	**40,9**	**19,3**	**18,0**	**14,6**	**6,8**	**0,4**	**100,0**

A3.2 QUALITÀ DELL'ARIA

A3.2.1 Normativa sulla Qualità dell'Aria

I primi standard di qualità dell'aria sono stati definiti in Italia dal *D.P.C.M. 28/03/1983* relativamente ad alcuni parametri, modificati quindi dal *D.P.R. 203 del 24/05/1988* che, recependo alcune Direttive Europee, ha introdotto oltre a nuovi valori limite, i valori guida, intesi come "obiettivi di qualità" cui le politiche di settore devono tendere.

Con il successivo *Decreto del Ministro dell'Ambiente del 15/04/1994* (aggiornato con il *Decreto del Ministro dell'Ambiente del 25/11/1994*) sono stati introdotti i livelli di attenzione (situazione di inquinamento atmosferico che, se persistente, determina il rischio che si raggiunga lo stato di allarme) ed i livelli di allarme (situazione di inquinamento atmosferico suscettibile di determinare una condizione di rischio ambientale e sanitario), validi per gli inquinanti in aree urbane. Tale decreto ha inoltre introdotto i valori obiettivo per alcuni nuovi inquinanti atmosferici non regolamentati con i precedenti decreti: PM_{10} (frazione delle particelle sospese inalabile), Benzene e IPA (idrocarburi policiclici aromatici).

Il *D. Lgs 351 del 04/08/1999* ha recepito la *Direttiva 96/62/CEE* in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria, rimandando a decreti attuativi l'introduzione dei nuovi standard di qualità.

Infine il *D.M. 60 del 2 Aprile 2002* ha recepito rispettivamente la *Direttiva 1999/30/CE* concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido

di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle ed il piombo e la *Direttiva 2000/69/CE* relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio.

Il decreto ha abrogato le disposizioni della normativa precedente relative a: biossido di zolfo, biossido d'azoto, particelle sospese, PM_{10}, piombo, monossido di carbonio e benzene, ma l'entrata in vigore dei nuovi limiti avverrà gradualmente per completarsi nel gennaio 2010.

Il *D.M. 60/2002* ha introdotto, inoltre, i criteri per l'ubicazione ottimale dei punti di campionamento in siti fissi; per l'ubicazione su macroscala, ai fini della protezione umana, un punto di campionamento dovrebbe essere ubicato in modo tale da essere rappresentativo dell'aria in una zona circostante non inferiore a 200 m^2, in siti orientati al traffico, e non inferiore ad alcuni km^2, in siti di fondo urbano.

Per la protezione degli ecosistemi e della vegetazione i punti di campionamento dovrebbero essere ubicati a più di 20 km dagli agglomerati o a più di 5 km da aree edificate diverse dalle precedenti o da impianti industriali o autostrade; il punto di campionamento dovrebbe essere ubicato in modo da essere rappresentativo della qualità dell'aria ambiente di un'area circostante di almeno 1.000 km^2.

Il *Decreto Ministeriale n. 60 del 02/04/2002* stabilisce per Biossido di Zolfo, Biossido Azoto, Ossidi di Azoto, PM_{10}, Benzene e Monossido di Carbonio:

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

L'*Allegato IX* del *D.M. 60/2002* riporta, infine, i criteri per determinare il numero minimo di punti di campionamento per la misurazione in siti fissi dei livelli di Biossido di Zolfo, Biossido d'Azoto, Ossidi d'Azoto, Materiale Particolato (PM_{10}), Piombo, Benzene e Monossido di Carbonio nell'aria ambiente. Per la popolazione umana vengono forniti dei criteri distinti per le fonti diffuse e per le fonti puntuali. Per queste ultime il punto di campionamento dovrebbe essere definito sulla base della densità delle emissioni, del possibile profilo di distribuzione dell'inquinamento dell'aria e della probabile esposizione della popolazione.

Il *D. Lgs 183 del 21/05/2004* ha recepito la *Direttiva 2002/3/CE* relativa all'ozono nell'aria; con tale Decreto vengono abrogate tutte le precedenti disposizioni concernenti l'ozono e vengono fissati i nuovi limiti.

Si precisa infine che il *D. Lgs 152 del 2006* recentemente emanato non modifica quanto stabilito dai suddetti decreti in materia di qualità dell'aria.

Vengono riportati nelle successive tabelle i principali parametri di valutazione della qualità dell'aria; i valori limite sono espressi in $\mu g/m^3$ (ad eccezione del Monossido di Carbonio espresso come mg/m^3) e il volume deve essere normalizzato ad una temperatura di 293°K e ad una pressione di 101,3 kPa.

Tabella A3.2.1a Limiti di Legge Relativi all'Esposizione Acuta

Inquinante	Tipologia	Valore	Riferimento Legislativo	Termine di efficacia
SO_2	Soglia di allarme*	500 µg/m³	DM 60/02	
SO_2	Limite orario da non superare più di 24 volte per anno civile	1 gennaio 2005: 350 µg/m³	DM 60/02	
SO_2	Limite di 24 h da non superare più di 3 volte per anno civile	Dal 1 gennaio 2005: 125 µg/m³	DM 60/02	
NO_2	Soglia di allarme*	400 µg/m³	DM 60/02	
NO_2	Limite orario da non superare più di 18 volte per anno civile	1 gennaio 2005: 250 µg/m³ 1 gennaio 2006: 240 µg/m³ 1 gennaio 2007: 230 µg/m³ 1 gennaio 2008: 220 µg/m³ 1 gennaio 2009: 210 µg/m³ 1 gennaio 2010: 200 µg/m³	DM 60/02	
PM_{10} Fase 1	Limite di 24 h da non superare più di 35 volte per anno civile	1 gennaio 2005: 50 µg/m³	DM 60/02	
PM_{10} Fase 2**	Limite di 24 h da non superare più di 7 volte per anno civile	1 gennaio 2010: 50 µg/m³	DM 60/02	
CO	Massimo giornaliero della media mobile di 8 h	1 gennaio 2005: 10 mg/m³	DM 60/02	
O_3	Soglia di informazione Media 1 h	180 µg/m³	D. Lgs.183/04	Dal 07/08/04
O_3	Soglia di allarme Media 1 h	240 µg/m³	D. Lgs.183/04	Dal 07/08/04
Fluoro	Media 24 h	20 µg/m³	DPCM 28/03/83	
NHMC	Concentrazione media di 3 h Consecutive (in un periodo del giorno da specificarsi secondo le zone, a cura delle autorità regionali competenti)	200 µg/m³	DPCM 28/03/83	

** misurato per 3 ore consecutive in un sito rappresentativo della qualità dell'aria in un'area di almeno 100 Km², oppure in un'intera zona o agglomerato nel caso siano meno est.*
*** valori limite indicativi, da rivedere con successivo decreto sulla base della futura normativa comunitaria; margine di tolleranza da stabilire in base alla fase 1.*

Tabella A3.2.1b Limiti di Legge Relativi all'Esposizione Cronica

Inquinante	Tipologia	Valore	Riferimento Legislativo	Termine di efficacia
NO_2	98° percentile delle concentrazioni medie di 1h rilevate durante l'anno civile	200 µg/m³	DPCM 28/03/83 e succ. mod.	Fino 31/12/2009
NO_2	Valore limite annuale per la protezione della salute umana Anno civile	1 gennaio 2005: 50 µg/m³ 1 gennaio 2006: 48 µg/m³ 1 gennaio 2007: 46 µg/m³ 1 gennaio 2008: 44 µg/m³ 1 gennaio 2009: 42 µg/m³ 1 gennaio 2010: 40 µg/m³	DM 60/02	
O_3	Valore bersaglio per la protezione della salute da non superare per più di 25 giorni all'anno come media su 3 anni (altrimenti su 1 anno) Media su 8 h massima giornaliera	120 µg/m³	D. Lgs.183/04	Dal 2010. Prima verifica nel 2013
O_3	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute Media su 8 h massima giornaliera	120 µg/m³	D. Lgs.183/04	Dal 07/08/04
PM_{10} Fase 1	Valore limite annuale Anno civile	1 gennaio 2005: 40 µg/ m³	DM 60/02	
PM_{10} Fase 2**	Valore limite annuale Anno civile	1 gennaio 2005: 30 µg/ m³ 1 gennaio 2006: 28 µg/ m³ 1 gennaio 2007: 26 µg/ m³ 1 gennaio 2008: 24 µg/ m³ 1 gennaio 2009: 22 µg/ m³ 1 gennaio 2010: 20 µg/ m³	DM 60/02	
Piombo	Valore limite annuale per la protezione della salute umana Anno civile	1 gennaio 2005: 0,5 µg/ m³	DM 60/02	
Fluoro	Media delle medie di 24 h rilevate 1 mese	10 µg/m³	DPCM 28/03/83	
Benzene	Valore limite annuale per la protezione della salute umana Anno civile	1 gennaio 2005: 10 µg/m³ 1 gennaio 2006: 9 µg/m³ 1 gennaio 2007: 8 µg/m³ 1 gennaio 2008: 7 µg/m³ 1 gennaio 2009: 6 µg/m³ 1 gennaio 2010: 5 µg/m³	DM 60/02	
B(a)pirene	Obiettivo di qualità Media mobile annuale	1 ng/m³	DM 25/11/94	Fino a recepimento della Direttiva

*** valori limite indicativi, da rivedere con successivo decreto sulla base della futura normativa comunitaria; margine di tolleranza da stabilire in base alla fase 1.*

Tabella A3.2.1c Limiti di Legge per la Protezione degli Ecosistemi

Inquinante	Tipologia	Valore	Riferimento Legislativo	Termine di efficacia
SO_2	Limite protezione ecosistemi Anno civile e inverno (01/10 – 31/03)	20 µg/m³ Dal 19 luglio 2001	DM 60/02	
NO_X	Limite protezione ecosistemi Anno civile	30 µg/m³ Dal 19 luglio 2001	DM 60/02	
O_3	Valore bersaglio per la protezione della vegetazione AOT40 su medie di 1 h da maggio a luglio Da calcolare come media su 5 anni (altrimenti su 3 anni)	18000 µg/m³h	D. Lgs.183/04	Dal 2010. Prima verifica nel 2015.
O_3	Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione AOT40* su medie di 1 h da maggio a luglio	6000 µg/m³h	D. Lgs.183/04	
(*) *Per AOT40 (espresso in µg/m³·ora) si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m³(= 40 parti per miliardo) e 80 µg/m³ in un dato periodo di tempo,utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8:00 e le 20:00,ora dell'Europa centrale.*				

Infine il *D. Lgs 152 del 03/08/2007* ha recepito la *Direttiva 2004/107/CE* concernente l'Arsenico, il Cadmio, il Mercurio, il Nichel e gli Idrocarburi Policiclici Aromatici nell'aria ambiente; tale Decreto ha l'obiettivo di migliorare lo stato di qualità dell'aria ambiente e di mantenerlo tale laddove buono.

Per perseguire tali obiettivi stabilisce:

- i valori obiettivo per la concentrazione nell'aria ambiente dell'Arsenico, del Cadmio, del Nichel e del Benzo(a)pirene;
- i metodi e i criteri per la valutazione delle concentrazioni nell'aria ambiente dell'Arsenico, del Cadmio, del Mercurio, del Nichel e degli Idrocarburi Policiclici Aromatici;
- i metodi e criteri per la valutazione della deposizione dell'Arsenico, del Cadmio, del Mercurio, del Nichel e degli Idrocarburi Policiclici Aromatici.

Nella tabella successiva sono riportati i valori obiettivo. Tali valori sono riferiti al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM_{10} del materiale particolato, calcolato come media su anno civile. La media annuale calcolata deve essere espressa con una cifra decimale. Il valore obiettivo si intende superato anche se pari a quello indicato nella tabella, ma seguito da una qualsiasi cifra decimale diversa da 0.

Tabella A3.2.1d Valori Obiettivo

Inquinante	Valore
Arsenico	6 ng/m³
Cadmio	5 ng/m³
Nichel	20 ng/m³
Benzo(a)pirene	1 ng/m³

Le Regioni e le Province autonome individuano le zone e gli agglomerati in cui i livelli degli inquinanti sopra riportati sono al disotto del rispettivo valore obiettivo. In tali zone e agglomerati deve essere assicurato il mantenimento di detti livelli. Nelle zone in cui tali valori obiettivo sono superati, si evidenziano le aree di superamento e le fonti che contribuiscono a tale superamento. Successivamente si adottano nei limiti delle risorse disponibili a legislazione vigente, le misure necessarie a perseguire il raggiungimento del valore obiettivo entro il 31 dicembre 2012, con priorità per le misure che intervengono sulle principali fonti di emissione. Il perseguimento del valore obiettivo non comporta, per gli impianti soggetti al *Decreto Legislativo 18 febbraio 2005, n. 59*, condizioni più rigorose di quelle connesse all'applicazione delle migliori tecniche disponibili.

A3.2.2 Caratterizzazione della Qualità dell'Aria

La caratterizzazione della qualità dell'aria dell'area di studio è stata effettuata analizzando i dati registrati nel triennio 2006-2008 da tre centraline della Rete Provinciale di Monitoraggio della Qualità dell'Aria della Provincia di Pisa e facendo riferimento ai risultati riportati nei Rapporti Annuali sulla Qualità dell'Aria redatti da ARPAT – Dipartimento di Pisa per il territorio provinciale di Pisa relativamente allo stesso periodo e alle stesse stazioni.

A3.2.2.1 Analisi dei Dati della Rete Provinciale di Monitoraggio della Qualità dell'Aria di Pisa

Per l'analisi dello stato di qualità dell'aria sono stati utilizzati i dati registrati dalle centraline della Rete Provinciale di Monitoraggio della Qualità dell'Aria della Provincia di Pisa. Nello specifico sono state considerate le stazioni ubicate nelle vicinanze dell'impianto in progetto.

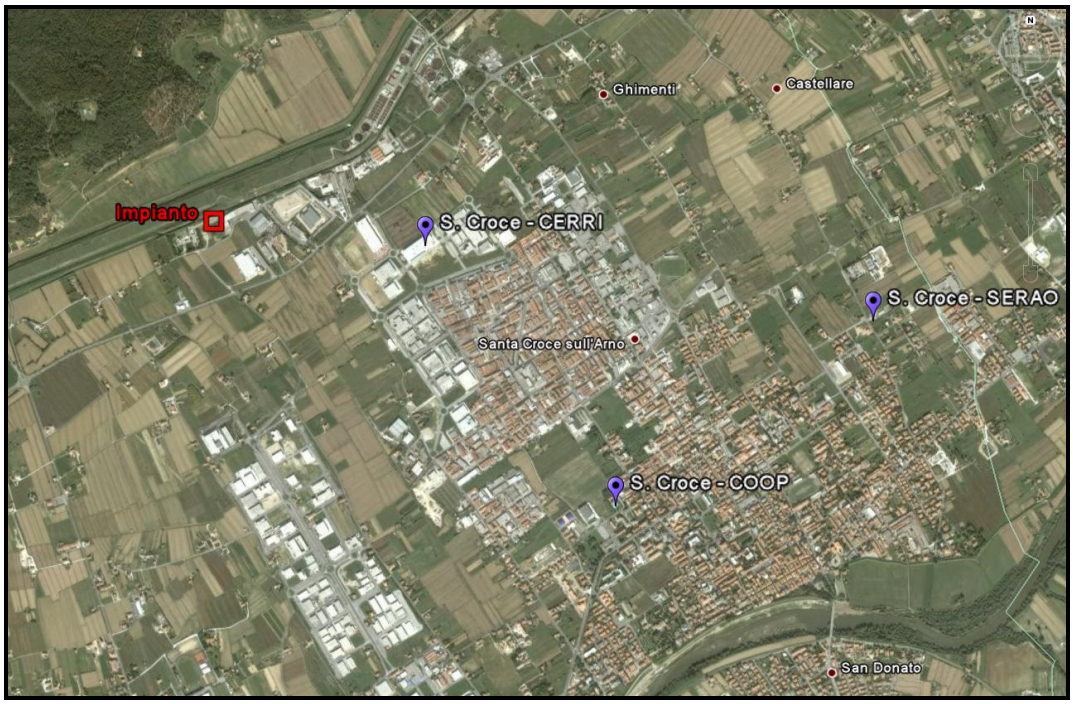
Nella successiva *Tabella A3.2.2.1a* si riportano, per ciascuna stazione di monitoraggio della qualità dell'aria utilizzata, la denominazione, la tipologia, le coordinate geografiche e l'altezza sul livello del mare.

Tabella A3.2.2.1a Caratteristiche delle Stazioni della Rete di Monitoraggio della Provincia di Pisa Appartenenti all'Area di Studio

Stazione	Tipologia	Lat.	Long.	Alt. s.l.m.	Distanza Dal Sito
S. Croce – Cerri	Rurale - Industriale	43°43'47''	10°45'46''	14 m	1 km
S. Croce – Coop	Suburbana - Industriale	43°42'47''	10°46'18''	16 m	2,4 km
S. Croce – Serao	Suburbana - Industriale	43°43'16''	10°47'14''	16 m	3,2 km

In *Figura A3.2.2.1a* è riportata la localizzazione delle centraline di monitoraggio della qualità dell'aria utilizzate nel presente studio.

Figura A3.2.2.1a Ubicazione delle Stazioni di Monitoraggio della Qualità dell'Aria



In *Tabella A3.2.2.1b* si indicano, per le stazioni sopra indicate, gli inquinanti monitorati.

Tabella A3.2.2.1b Inquinanti Analizzati dalle Stazioni della Rete di Monitoraggio della Provincia di Pisa Appartenenti all'Area di Studio

Stazione	Inquinanti Analizzati					
	SO_2	NO_2	NO_X	PM_{10}	O_3	CO
S. Croce – Cerri	x					
S. Croce – Coop		x	x	x		
S. Croce – Serao				x	x	

Nella successiva tabella si riportano le caratteristiche dell'area di localizzazione delle centraline di monitoraggio di qualità dell'aria utilizzate nello studio seguente.

Tabella A3.2.2.1c Caratteristiche dell'Area di Localizzazione delle Stazioni della Rete di Monitoraggio della Provincia di Pisa Appartenenti all'Area di Studio

Stazione	Localizzazione**	Caratteristiche dell'Area di Localizzazione**
S. Croce – Cerri	Via I Maggio, S. Croce sull'Arno	La zona è di tipo industriale caratterizzata da aziende per il trattamento e lo smaltimento dei rifiuti
S. Croce – Coop	Via del Concilio, S. Croce sull'Arno	La zona è di tipo residenziale/commerciale/industriale caratterizzata da attività connesse a processi produttivi
S. Croce – Serao	P.zza Deledda, S. Croce sull'Arno	La zona è di tipo residenziale
(**) Fonte: http://www.brace.sinanet.apat.it/web/struttura.html		

Biossido di Zolfo (SO_2)

Gli ossidi di zolfo, costituiti da biossido di zolfo (SO_2) e, in piccole quantità, da triossido di zolfo o anidride solforica (SO_3), sono composti originati da processi di combustione di combustibili contenenti zolfo che si svolgono principalmente nell'ambito della produzione di elettricità e di calore (centrali termoelettriche e produzione di calore a fini domestici). Attualmente, nella maggior parte dei centri urbani la presenza di questo inquinante in atmosfera è da attribuire essenzialmente alla combustione del gasolio negli impianti di riscaldamento e nei motori diesel. Negli anni passati, la concentrazione di questo inquinante è stata molto superiore ai livelli attuali per l'utilizzazione di combustibili liquidi e gassosi ad elevato tenore di zolfo. Il controllo dello zolfo alla sorgente, ossia nel combustibile, unitamente all'estensivo uso di gas naturale, pressoché privo di zolfo, hanno contribuito a ridurre notevolmente la concentrazione a terra di questo inquinante.

La *Tabella A3.2.2.1d* riporta l'andamento dell'inquinante rilevato presso la stazione di rilevamento di S. Croce - Cerri (per il triennio 2006-2008).

Tabella A3.2.2.1d Concentrazioni di SO_2 rilevate nel triennio 2006-2008 [µg/m^3]

Stazione	Rendimento Strumentale %			N° sup. Lim. Orario prot. Salute Umana(1)			N° sup. Lim. Giorn. Prot. Salute Umana(2)			N° sup. Soglia di Allarme(3)			Valore Media Annua(4)		
	'06	'07	'08	'06	'07	'08	'06	'07	'08	'06	'07	'08	'06	'07	'08
S. Croce – Cerri	95	91	98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,2	2,2	2

Note: Rif: *D.M.60/02*
(1) Il limite di riferimento è 350 µg/m^3 in vigore dal 1 gennaio 2005, da non superare per più di 24 ore in un anno. Tale limite rappresenta il 99,7° percentile delle concentrazioni medie orarie.
(2) Il limite di riferimento è 125 µg/m^3 da non superare per più di 3 volte in un anno. Tale limite rappresenta il 90,4° percentile delle concentrazioni medie giornaliere.
(3) Il limite di riferimento è 500 µg/m^3, definito per 3 ore consecutive per un'area uguale o superiore a 100 km^2 o l'intero agglomerato se inferiore a 100 km^2.
(4) Il limite per la protezione degli ecosistemi pari a 20 µg/m^3.

Nel periodo 2006-2008 analizzato, la soglia di allarme, il valore limite orario e quello medio giornaliero per la protezione della salute umana non sono mai stati superati.

Il valore limite annuale per la protezione degli ecosistemi introdotto dal *D.M. 60/02* (con l'avvertenza che le stazioni ove valutare tale limite siano ubicate a più di 20 km dagli agglomerati o a più di 5 km da aree edificate diverse dalle precedenti o da impianti industriali o autostrade) non può essere applicato in quanto la stazioni di monitoraggio sono poste ad una distanza inferiore rispetto a quella prescritta dalla vigente normativa; ciò nonostante si rilevano, nel triennio, concentrazioni medie annue nettamente inferiori al limiti di legge.

Biossido di Azoto (NO_2)

Esistono numerose specie chimiche di ossidi di azoto, classificate in funzione dello stato di ossidazione dell'azoto:

- ossido di diazoto: N_2O;
- ossido di azoto: NO;
- triossido di diazoto (anidride nitrosa): N_2O_3;
- biossido di azoto: NO_2;
- tetrossido di diazoto: N_2O_4;
- pentossido di diazoto (anidride nitrica): N_2O_5.

Le emissioni naturali di NO comprendono i fulmini, gli incendi e le emissioni vulcaniche e dal suolo; le emissioni antropogeniche sono principalmente causate dai trasporti, dall'uso di combustibili per la produzione di elettricità e di calore e, in misura minore, dalle attività industriali. Negli ultimi anni le emissioni antropogeniche di ossidi di azoto sono aumentate notevolmente e questa è la causa principale dell'incremento della concentrazione atmosferica delle specie ossidanti.

Il monossido di azoto si forma per reazione dell'ossigeno con l'azoto nel corso di qualsiasi processo di combustione che avvenga in aria e ad elevata temperatura; l'ulteriore ossidazione dell'NO produce anche tracce di biossido di azoto, che in genere non supera il 5% degli NO_x totali emessi.

La formazione di biossido di azoto, la specie di prevalente interesse per i possibili effetti sulla salute umana e che svolge un importante ruolo nel processo di formazione dell'ozono, avviene per ossidazione in atmosfera del monossido di azoto. La concentrazione in aria di NO_2, oltre ad essere funzione della componente meteorologica, dipende dalla velocità di emissione di NO, dalla velocità di trasformazione di NO in NO_2 e dalla velocità di conversione di NO_2 in altre specie ossidate (nitrati).

La *Tabella A3.2.2.1e* riporta i parametri statistici di legge calcolati per la centralina presa in esame che monitora l'NO_2.

Tabella A3.2.2.1e Concentrazioni di NO_2 rilevate nel triennio 2006-2008 [µg/m^3]

Stazione	Rendimento Strumentale %			N° sup. Lim. Orario prot. Salute Umana(1)			99,8° Percentile delle Concentrazioni Medie Orarie(1)			N° sup. Soglia di Allarme(2)			Valore Media Annua(3)		
	'06	'07	'08	'06	'07	'08	'06	'07	'08	'06	'07	'08	'06	'07	'08
S. Croce – Coop	100	95	99	0	0	0	104	111	105	0	0	0	25	29	25

Note: Rif: *D.M. 60/02*
(1) N° superamenti del limite orario per la protezione della salute umana: 200 µg/m^3 (2010), come NO_2 da non superare per più di 18 volte nell'anno civile – tempo di mediazione 1 ora. Rappresenta il 99,8° percentile delle concentrazioni medie orarie.
(2) N° di giorni di superamento della soglia di allarme: 400 µg/m^3, misurati per tre ore consecutive.
(3) Limite annuale per la protezione della salute umana: 40 µg/m^3 (2010) – tempo di mediazione anno civile.

Si osservi che entrambi i limiti di legge risultano rispettati nell'unica stazione del Comprensorio in cui viene monitorato il Biossido di Azoto, e che le medie annue e i 99,8° percentili delle concentrazioni medie orarie rilevati risultano già ad oggi inferiori ai corrispondenti limiti previsti al 2010.

Nello stesso periodo, come è logico pensare non avendo osservato superamenti del limite orario per la protezione della salute umana pari a 200 µg/m^3, non sono avvenuti superamenti della soglia di allarme (400 µg/m^3).

PM_{10}

Gli inquinanti atmosferici definiti PM_{10} o anche "particolato fine" o "materiale particellare" includono polvere, fumo, microgocce di liquido di dimensioni inferiori a 10 micron, emesse direttamente in atmosfera da sorgenti quali industrie, centrali termoelettriche, autoveicoli, cantieri e polveri di risospensione trasportate dal vento.

Il PM_{10} può anche formarsi in modo indiretto in atmosfera tramite la condensazione in microgocce di gas inquinanti quali l'anidride solforosa, gli ossidi di azoto ed alcuni composti organici volatili. Il materiale particolato sospeso è dunque una miscela di particelle a composizione chimica variabile di componenti organiche ed inorganiche in fase solida e liquida.

Il particolato atmosferico viene emesso in atmosfera da anche una grande varietà di sorgenti naturali quali:

- polvere minerale trasportata dal vento;
- emissioni vulcaniche;
- materiali biologici;
- fumi da combustione di biomasse (ad es. in agricoltura).

Le sorgenti antropogeniche (prevalentemente combustioni) sono invece:

- polveri prodotte dai veicoli diesel;
- polvere sollevata dalle strade;
- fumi e fuliggine.

La *Tabella A3.2.2.1f* riporta l'andamento dell'inquinante per le centraline di S. Croce – Coop e S. Croce – Serao per il triennio 2006-2008.

Tabella A3.2.2.1f Concentrazioni di PM_{10} rilevate nel triennio 2006-2008 [µg/m³]

Stazione	Rendimento Strumentale %			Media Annuale(1)			90,4° Percentile delle Conc. Medie Giornaliere			N° Superamenti Media su 24 ore per la Protezione della Salute Umana(2)		
	'06	'07	'08	'06	'07	'08	'06	'07	'08	'06	'07	'08
S. Croce – Coop	99	98	100	29	30	29	50,0	53,7	50,9	33	42	35
S. Croce – Serao	94	95	100	26	26	25	46,0	42,5	42,5	25	19	20

Note: Rif: *D.M. 60/02*
(1) Il limite della media annuale per la protezione della salute umana è pari a 40 µg/m³.
(2) Il limite è pari a 50 µg/m³ da non superare per più di 35 volte in un anno. Rappresenta il 90,4° percentile delle concentrazioni giornaliere.

Dall'analisi della tabella precedente emerge che il limite dei 35 superamenti della media giornaliera di 50 µg/m³, così come quello della media annuale per la protezione della salute umana (40 µg/m³) risultano sempre rispettati nel triennio considerato per la stazione di S. Croce – Serao; analogamente si osserva per la stazione di S. Croce - Coop, per la quale però non è stato rispettato il limite dei 35 superamenti delle concentrazioni medie giornaliere nell'anno 2007. La differenza che si osserva nel numero dei superamenti del limite giornaliero tra le stazioni di S. Croce - Coop e S. Croce – Serao (tra loro non molto distanti) è ipotizzabile che sia legata alla sorgente traffico, maggiormente significativa nel primo caso.

Ozono (O_3)

L'ozono presente nella bassa atmosfera (troposfera) è sia di origine naturale che legato alle attività antropiche. Quando la concentrazione nell'aria che respiriamo aumenta, l'ozono diventa un inquinante pericoloso per la nostra salute.

L'ozono troposferico è un inquinante secondario, ossia non viene emesso direttamente da una sorgente, ma si produce per effetto della radiazione solare in presenza di inquinanti primari (prodotti dal traffico automobilistico, dai processi di combustione, dai solventi delle vernici, dall'evaporazione di carburanti, etc.).

Infatti le più alte concentrazioni di ozono si rilevano nei mesi più caldi dell'anno e nelle ore di massimo irraggiamento solare (tra le 12.00 e le 17.00) mentre nelle ore serali l'ozono diminuisce. Negli ambienti interni la sua concentrazione è molto più bassa rispetto alla sua concentrazione all'aria aperta. Nei pressi delle aree urbane, dove è più forte l'inquinamento atmosferico, l'ozono si forma e si trasforma con grande rapidità, con un comportamento molto diverso da quello osservato per gli altri inquinanti.

Gli inquinanti primari, che costituiscono la base di formazione dell'ozono, sono gli stessi che possono provocarne la rapida distruzione. Per questa ragione, quando si verifica un aumento dell'ozono nell'aria, il blocco della circolazione non risulta molto efficace. Il particolare comportamento dell'ozono determina anche il diverso modo di monitorarlo rispetto agli altri inquinanti.

Il vento trasporta l'ozono dalle aree urbane alle zone suburbane e rurali, dove il minore inquinamento rende la sostanza più stabile. Il monitoraggio corretto di questo inquinante va quindi realizzato nelle località più periferiche della città e nei parchi, dove l'ozono raggiunge i valori più alti.

In *Tabella A3.2.2.1g* sono riportati il numero di superamenti della soglia di informazione, il numero di superamenti della soglia di allarme ed il numero di superamenti del valore bersaglio per la protezione della salute umana (massimo giornaliero della media mobile di 8 ore pari a 120 µg/m^3). Quest'ultimo valore non deve essere superato per più di 25 volte all'anno, come media su tre anni di rilevamento; in assenza di dati per tale periodo, secondo quanto riportato nel *D. Lgs. 183/04*, è possibile fare riferimento ai dati relativi ad un anno.

Tabella A3.2.2.1g Superamenti Valore per la Protezione della Salute Umana per l'Ozono nel Triennio 2006-2008 [µg/m^3]

Stazione	Rendimento Strumentale %			N° Superamenti Valore Bersaglio(1)			N° Superamenti Soglia di Informazione(2)			N° Superamenti Soglia di Allarme(3)		
	'06	'07	'08	'06	'05-'07(4)	'06-'08(5)	'06	'07	'08	'06	'07	'08
S. Croce – Serao	98	99	99	28	18	18	1	0	1	0	0	0

Note: Rif: *D. Lgs. 183/04:*
(1) Valore bersaglio per la protezione della salute umana: 120 µg/m^3 da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni oppure in assenza di dati si può fare riferimento ai dati di un anno.
(2) 180 µg/m^3. Il superamento della soglia deve essere misurato per tre ore consecutive.
(3) 240 µg/m^3. Il superamento della soglia deve essere misurato per tre ore consecutive.
(4) Valore medio riferito al triennio 2005-2007.
(5) Valore medio riferito al triennio 2006-2008.

Come mostrato in tabella, per la centralina di S. Croce - Serao si registra, nel solo 2006, un numero di superamenti del valore bersaglio per la protezione della salute umana maggiore del limite di legge pari a 25. Analizzando invece i trienni 2005-2007 e 2006-2008, così come richiesto dal *D. Lgs 183/04*, il numero dei superamenti rimane sempre al di sotto dei limiti. Nello stesso sito sono sempre rispettati sia il limite di superamenti della soglia di informazione che quello dei superamenti della soglia di allarme.

Infine, è stato analizzato il valore bersaglio per la vegetazione, considerando l'AOT40 (*Accumulated dose Over a Threshold of 40 ppb*), somma delle concentrazioni orarie di ozono superiori a 80 µg/m^3 (40 ppm) a livello del suolo durante le ore diurne, diminuite ciascuna di 80 µg/m^3, accumulate ogni anno da maggio a luglio (*Direttiva 2001/81/CE*). Per tale monitoraggio, con valore limite per il 2010 pari a 18.000 µg/m^3*h come media su 5 anni, si ha un unico valore medio, valido per il triennio 2006-2008. I valori sono riportati in *Tabella A3.2.2.1h*.

Tabella A3.2.2.1h AOT40, Anni 2006–2008 [µg/m^3 h]

Stazione	2006-2008
S. Croce – Serao	21054

La media relativa al triennio 2006-2008 evidenzia un valore superiore rispetto al limite fissato per il 2010 (18.000 µg/m^3*h).

Benzene (C_6H_6)

Il benzene è un liquido incolore, dall'odore caratteristico, poco solubile in acqua e completamente miscibile con i solventi organici. Prima di essere riconosciuto come cancerogeno trovava largo impiego come additivo anti-detonante nella cosiddetta "benzina verde" in sostituzione del piombo tetraetile. Ora il suo impiego è fortemente ridotto per le stringenti normative sui carburanti.

Le principali sorgenti sono costituite dai motori a benzina, soprattutto se a due tempi o non catalizzati.

In *Tabella A3.2.2.1i* sono riportate le medie annue stimate nella stazione della Rete Provinciale di Monitoraggio della Qualità dell'Aria della Provincia di Pisa appartenente all'area di studio in cui si monitorano le concentrazioni di benzene.

Tabella 3.2.2.1i *Stima delle Concentrazioni Medie Annuali dei Valori di Benzene per il triennio 2006-2008 [µg/m^3]*

Stazione	Rendimento Strumentale (%)			Media Annuale(1)		
	2006	2007	2008	2006	2007	2008
S. Croce – Cerri	95	99	98	1,6	1,4	1,1

Note: Rif: *D.M.60/02*
(1) Il limite della media annuale per la protezione della salute umana è pari a 5 µg/m^3 .

Analizzando la tabella, si nota che per la stazione di S. Croce – Cerri, l'unica tra le tre prese in considerazione che monitora le concentrazioni di benzene, per tutti e tre gli anni considerati, il limite della media annuale, pari a 5 µg/m^3, non viene mai superato.

A4 STIMA E VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI

A4.1 FASE DI CANTIERE

Durante la fase di cantiere l'emissione di polveri è principalmente dovuta a:

- polverizzazione ed abrasione delle superfici, causate da mezzi in movimento durante la movimentazione di terra e materiali;
- trascinamento delle particelle di polvere, dovuto all'azione del vento sui cumuli di materiale incoerente (cumuli di inerti da costruzione, etc.);
- azione meccanica su materiali incoerenti e scavi con l'utilizzo di bulldozer, escavatori, ecc.;
- trasporto involontario di fango attaccato alle ruote degli autocarri.

Il programma di intervento prevede una durata totale di circa 45 giorni.

Attraverso la metodologia successivamente descritta è stata condotta una stima indicativa di tali impatti considerando che l'area interessata dalle attività di cantiere sarà circa 890 m² dei quali 810 m^2 interessati esclusivamente da operazioni di livellamento e compattazione ed i restanti 80 m^2 (essendo al di sotto del piano di campagna di circa 1,5 m) da un riporto di terreno pari a circa 120 m^3.

La stima della produzione di polveri totali legate alle suddette attività viene effettuata attraverso l'utilizzo di opportuni fattori di emissione proposti dall'US EPA (*Environmental Protection Agency*) per le attività di cantiere.

Considerando un valore medio di peso specifico del terreno pari a 1,8 t/m³, dal volume sopra citato (120 m^3) si ricava una massa di materiale movimentato pari a 216 t. Nelle seguenti tabelle *A4.1a* e *A4.1b* è valutata la stima delle emissioni totali di polveri (attività del cantiere e risospensione per l'azione erosiva del vento).

Tabella A4.1a *Emissioni Totali di Polveri in Cantiere*

Attività	Operazione	Fattore di Emissione [kg/t]	Quantità di Materiale [t]	Emissioni di Polveri [t]	Polveri Totali [t]
Realizzazione fondo	Carico mezzi	0,02	216	0,0045	0,009
	Scarico mezzi	0,02	216	0,0045	

Tabella A4.1b *Emissione di Polvere Dovuta alla Risospensione da Parte del Vento*

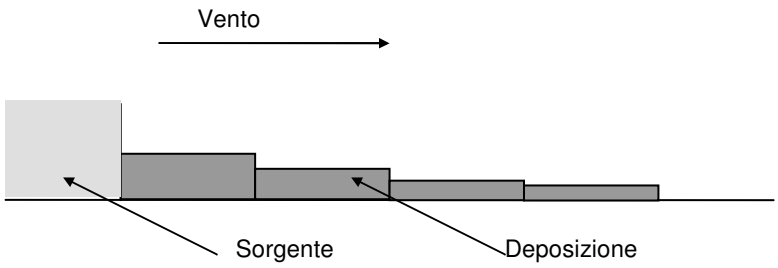
Attività	Fattore di Emissione [t/ha*anno]	Superficie Esposta [ha]	Tempo di Esposizione [anni]	Emissioni [t]
Realizzazione fondo	0,85	0,089	0,12	0,009

Dalle tabelle sopra riportate si ricava un'emissione di polveri complessiva pari a circa 0,018 t per il cantiere. Ipotizzando inoltre circa 45 giorni lavorativi totali per la realizzazione del progetto, si ottiene una produzione giornaliera di PTS (polveri totali sospese) pari a circa 0,4 kg/giorno.

A4.1.1 Valutazione del Rateo di Deposizione delle Polveri Presso i Ricettori

Sebbene non sia possibile effettuare una stima accurata del rateo di deposizione in funzione della distanza dal cantiere, possono comunque essere svolti dei calcoli parametrici volti ad individuare l'ordine di grandezza della deposizione attesa di polveri. A tal fine è stato impostato un modello di calcolo che permette di stimare la frazione di particelle che si deposita a diverse distanze dalla sorgente (*Figura A4.1.1a*).

Figura A4.1.1a Modello di Deposizione delle Polveri



Il modello calcola un *fattore di deposizione* sottovento alla sorgente, attraverso:

- il valore di emissione giornaliero pari a 0,4 kg/giorno;
- la sorgente, rappresentata mediante un flusso di polvere uniformemente distribuito su di una superficie verticale rettangolare di base 1 metro e di altezza variabile parametricamente.

Si ammette che la deposizione di polvere, sottovento alla sorgente, sia funzione della sola distanza dalla stessa e che i fenomeni di dispersione laterale delle polveri siano trascurabili.

Il metodo di stima degli impatti qui proposto fornisce una stima delle concentrazioni massime sottovento al cantiere, in condizioni meteorologiche critiche. Nei calcoli si assume che la velocità del vento sia sempre uguale a 2 m/s. Si osservi che il fattore di emissione specifico, stimato precedentemente,

è indipendente dalla velocità del vento e costituisce una stima cautelativa delle situazioni medie.

Variazioni della velocità del vento possono quindi modificare la sola modalità di dispersione: velocità limitate riducono l'area impattata, ma aumentano la deposizione di polvere nelle prossimità del cantiere; la situazione inversa si determina nel caso di elevate velocità del vento.

Le emissioni complessive calcolate sono ipotizzate distribuite su di un certo fronte lineare, ortogonale alla direzione del vento. Il fronte lineare di emissione è correlato alle dimensioni del cantiere: in questa sede si ipotizza, per semplicità di calcolo ed in maniera conservativa, che tale lunghezza di emissione sia pari alla radice quadrata della superficie del cantiere.

Riguardo al fronte di emissione occorrerebbe calcolare, in funzione della direzione del vento, la dimensione trasversale del cantiere e quindi ipotizzare una certa distribuzione delle emissioni all'interno di tale lunghezza. Poiché tale dimensione è sostanzialmente ignota, anche a causa delle diverse forme che essa assume durante le varie fasi di vita del cantiere stesso, si preferisce un approccio riproducibile in tutti i cantieri. Questo ha il vantaggio di fornire un'indicazione diretta e certa della relativa criticità di ogni singolo cantiere.

Si noti che a parità di altre condizioni, un'area minore comporta un rateo di deposizione più elevato (dovuto ad una maggiore emissione per unità di superficie).

Si ipotizza che le emissioni avvengano ad un'altezza variabile tra 0 e 5 m da terra. I livelli di deposizione delle polveri al suolo sono stimate a partire dalla loro velocità di sedimentazione gravimetrica. Cautelativamente, si ammette che le polveri non subiscano dispersione ("diluizione") in direzione ortogonale a quella del vento.

La velocità di sedimentazione dipende dalla granulometria delle particelle, che può essere nota solo con analisi di laboratorio da effettuarsi dopo che il Cantiere stesso sia già stato aperto. Le particelle di dimensione significativamente superiore ai 30 µm si depositano nelle immediate prossimità del cantiere. La fascia dei primi 100 metri attorno ad ogni cantiere è quindi valutata, in relazione alle polveri, come significativamente impattata, indipendentemente da ogni calcolo numerico.

Per il calcolo dell'impatto delle polveri a distanze superiori, si ammette (come risulta in letteratura) che nel range 1-100 µm la distribuzione dimensionale delle particelle di polvere sollevate da terra sia simile alla distribuzione dimensionale delle particelle che compongono il terreno. Nel caso in esame si può assumere la seguente composizione:

- 10% della massa in particelle con diametro equivalente inferiore a 10 µm;

- 10% della massa con diametro equivalente compreso tra 10 e 20 µm;
- 10% della massa con diametro equivalente compreso tra 20 e 30 µm;
- rimanente massa emessa con granulometria superiore, che si deposita nei primi 100 metri di distanza dal cantiere o all'interno del cantiere stesso, subito dopo l'emissione.

La velocità con cui le particelle di medie dimensioni sedimentano per l'azione della forza di gravità oscilla tra 0,6 e 3 cm/s (corrispondente a quella di corpi sferici aventi una densità di 2.000 kg/m^3 e diametro di 10 e 30 µm).

Considerando le suddette velocità di deposizione, è possibile calcolare la distanza alla quale si depositano le particelle in funzione della velocità del vento e dell'altezza di emissione; tali distanze risultano (per particelle emesse a 5 metri da terra con vento a 2 m/s):

- particelle da 10 µm: 800 metri sottovento;
- particelle da 20 µm: 550 metri sottovento;
- particelle da 30 µm: 300 metri sottovento.

La deposizione di polvere in fasce di distanza dal cantiere è quindi calcolata sulla base delle ipotesi precedentemente esposte, secondo le seguenti formule:

$$D_{<100\ m} = rilevante$$

$$D_{100-300} = \frac{0{,}10 \cdot F.E.}{300\ L} + \frac{0{,}10 \cdot F.E.}{550\ L} + \frac{0{,}10 \cdot F.E.}{800\ L}$$

$$D_{300-550} = \frac{0{,}10 \cdot F.E.}{550\ L} + \frac{0{,}10 \cdot F.E.}{800\ L}$$

$$D_{550-800} = \frac{0{,}10 \cdot F.E.}{800\ L}$$

dove:

- ***D_{xx}*** è la deposizione (in g/m^2·giorno) all'interno delle fasce di distanza indicate dal pedice "$_{xx}$";
- ***L*** è la lunghezza del cantiere e viene posta uguale a 200 (metri) per i cantieri mobili e ad A^{0,5}, per i cantieri fissi (incluse le aree tecniche), dove A è la superficie del cantiere in m^2;
- ***F.E.*** è l'emissione totale di polvere (in g/giorno)

Una stima accurata del rateo di deposizione in funzione della distanza dai due tipi di cantiere è al momento difficilmente elaborabile. In generale, l'impatto della deposizione delle polveri è valutato confrontando il tasso di deposizione gravimetrico con i valori riportati nel Rapporto Conclusivo del gruppo di lavoro della "*Commissione Centrale contro l'Inquinamento Atmosferico*" del Ministero dell'Ambiente, che permettono di classificare un'area in base agli indici di polverosità riportati nella *Tabella A4.1.1a*.

Tabella A4.1.1a *Classi di Polverosità in Funzione del Tasso di Deposizione*

Classe di Polverosità	Polvere Totale Sedimentabile (mg/m^2giorno)	Indice Polverosità
I	< 100	Praticamente Assente
II	100 – 250	Bassa
III	251 - 500	Media
IV	501 - 600	Medio – Alta
V	> 600	Elevata

Sulla base delle considerazioni e delle ipotesi fatte in precedenza, si ottengono i risultati riportati in *Tabella A4.1.1b*.

Tabella A4.1.1b *Impatto Prodotto dalle Attività di Cantiere*

Tipologia	Area (m^2)	Distanza dal Cantiere (m)	Deposizione (mg/m^2·giorno)	Impatto
Cantiere realizzazione fondo	890	< 100	Rilevante	Rilevante
		100 - 300	8,6	Praticamente Assente
		300 - 550	4,1	Praticamente Assente
		550 - 800	1,7	Praticamente Assente

Come si può osservare dai dati riportati nella *Tabella A4.1.1b*, sulla base delle ipotesi fatte, l'impatto dovuto alla deposizione di materiale aerodisperso è praticamente assente per tutte le distanze superiori a 100 m.

Considerando che il primo ricettore sensibile (civile abitazione) dista circa 300 m in direzione ovest rispetto all'impianto, si può ritenere che l'impatto delle attività di cantiere non sarà significativo. Inoltre si ricorda che la fase di cantiere avrà una durata temporale limitata (circa 45 giorni).

Va sottolineato che l'approccio adottato è assolutamente cautelativo e che il valore stimato rappresenta la massima deposizione che può verificarsi sottovento al cantiere e non quella media nel punto considerato.

La gestione di cantiere e la programmazione dei lavori sarà comunque finalizzata a contenere la durata delle fasi di attività di massimo impatto.

A4.2 *FASE DI ESERCIZIO*

A4.2.1 *Qualità dell'Aria e dei Suoli*

Obiettivi del presente studio sono la valutazione dell'impatto del proposto impianto di pirogassificazione con combustione integrata sulla qualità dell'aria ambiente e la stima delle deposizioni di PCDD (Policlorodibenzodiossine), PCDF (policlorodibenzofurani) e metalli pesanti indotte da esso al suolo.

L'influenza dell'attività del gassificatore sulla qualità dell'aria e dei suoli è stata valutata prendendo in considerazione le caratteristiche emissive riportate nel paragrafo *A4.2.1.3* che possono essere considerate quali valori massimi possibili nelle condizioni di esercizio normali.

Gli inquinanti presi in considerazione sono:

- gli NO_X (assimilati conservativamente all'NO_2);
- le polveri totali (assimilate conservativamente al PM_{10});
- l'SO_2;
- le PCDD e i PCDF;
- i metalli pesanti.

In suddetto scenario si sono considerate le condizioni meteorologiche relative al periodo 1 febbraio 2006 – 31 gennaio 2007, che presentava una soddisfacente disponibilità di dati validi.

Lo studio è stato svolto adottando la seguente metodologia:

- Ricostruzione dello scenario emissivo: rappresentativo delle condizioni emissive dell'impianto di pirogassificazione con combustione integrata in progetto. Per la determinazione degli impatti sulla qualità dell'aria e dei suoli è stato considerato, conservativamente, che l'impianto di trattamento rifiuti funzioni al carico massimo con scrubber sempre in esercizio. In tale condizione la temperatura dei fumi in uscita dal camino è inferiore rispetto all'assetto di marcia senza scrubber: ciò comporta un minor innalzamento del pennacchio e, quindi, maggiori ricadute di inquinanti al suolo. Effettivamente lo scrubber non verrà utilizzato in continuo, ma soltanto quando verranno trattati rifiuti che possono dar luogo alla formazione di sostanze acide. Il quadro emissivo simulato è descritto in dettaglio in *Tabella A4.2.1.3a*;

- Dispersione di inquinanti in atmosfera: lo studio della dispersione di inquinanti in atmosfera è stato condotto mediante il "Sistema di Modelli CALPUFF", composto dai moduli CALMET, CALPUFF, CALPOST descritti in dettaglio nei paragrafi seguenti:

  - Preprocessore CALMET: il campo cinetico di vento tridimensionale e le variabili di turbolenza sono stati ricostruiti attraverso il modello CALMET, per il periodo 1 febbraio 2006 – 31 gennaio 2007, considerando un dominio di calcolo di dimensione 60 km x 60 km con passo cella pari a 0,5 km;
  - CALPUFF: le emissioni dell'impianto sono state utilizzate, unitamente al campo di vento 3D, come input per l'applicazione del modello di dispersione CALPUFF. L'approccio allo studio ha visto l'applicazione del codice ad un dominio di calcolo, compreso in quello meteorologico, di 40 km x 40 km con passo di cella pari ad 0,5 km. È stata effettuata così un'analisi sull'intero anno di riferimento restituendo come output i valori di concentrazione per tutti gli inquinanti simulati e i valori di deposizione per

i PCDD/F e i metalli pesanti, ora per ora per tutti i punti del dominio di calcolo.

- Postprocessore CALPOST: i dati orari di concentrazione, in uscita da CALPUFF, sono stati elaborati mediante l'applicazione del modello CALPOST. Il post-processing ha consentito di ottenere mappe di concentrazione e deposizione, che sono state successivamente confrontate con gli standard di qualità dell'aria e dei suoli.

- Valutazione dell'effetto sulla qualità dell'aria: a partire dai valori di qualità dell'aria registrati dalle stazioni di monitoraggio di S. Croce – Cerri e di S. Croce - Coop e dalla stima delle ricadute generate dal nuovo impianto di pirogassificazione con combustione integrata, è stato valutato lo stato di qualità dell'aria nell'area di studio in seguito alla realizzazione e all'esercizio di quest'ultimo.

- Valutazione dell'effetto sulla qualità dei suoli: l'effetto dell'esercizio dell'impianto sulla qualità dei suoli per quanto riguarda la deposizione di PCDD/F e metalli pesanti è stato valutato attraverso il confronto della quantità di tali inquinanti accumulata nel suolo (per la stima di dettaglio si veda il paragrafo *A4.2.2.4*) con gli standard di qualità previsti dalla *Tabella 1 dell'Allegato 5 al titolo V alla parte quarta del D. Lgs. 152/2006*. Tale tabella riporta la concentrazione soglia di contaminazione nel suolo (in mg kg^{-1}) in relazione alla specifica destinazione d'uso dei siti: siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale e siti ad uso commerciale e industriale. Nel presente studio i risultati ottenuti sono stati confrontati con i limiti per i siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale in quanto più restrittivi.

A4.2.1.1 Caratteristiche del Sistema di Modelli CALPUFF

Il sistema di modelli CALMET-CALPUFF, inserito dall'U.S. EPA in Appendix A di "Guideline on Air Quality Models", è stato sviluppato da Sigma Research Corporation, ora parte di Earth Tech, Inc., con il contributo di California Air Resources Board (CARB).

Per le simulazioni si è utilizzata la versione 5.8 del modello come raccomandato dall'US-EPA.

Il sistema di modelli è costituito da tre moduli principali:

- il processore meteorologico CALMET: utile per la ricostruzione del campo tridimensionale di vento e temperatura all'interno del dominio di calcolo;
- il processore CALPUFF: modello di dispersione, che inserisce le emissioni all'interno del campo di vento generato da CALMET e ne studia il trasporto e la dispersione;
- il post-processore CALPOST: ha lo scopo di analizzare statisticamente i dati di output di CALPUFF, in modo da renderli utilizzabili per le analisi successive.

CALMET è un processore meteorologico di tipo diagnostico, in grado di riprodurre campi tridimensionali di vento e temperatura unitamente a campi bidimensionali di parametri descrittivi della turbolenza atmosferica. È adatto a simulare il campo di vento su domini caratterizzati da orografia complessa e da diverse tipologie di destinazione di uso del suolo.

Il campo di vento è ricostruito attraverso stadi successivi; in particolare, un campo di vento iniziale viene processato in modo da tenere conto degli effetti orografici tramite interpolazione dei dati misurati alle centraline di monitoraggio e tramite l'applicazione di specifici algoritmi in grado di simulare l'interazione tra il suolo e le linee di flusso.

CALMET è dotato, infine, di un modulo micro-meteorologico, per la determinazione della struttura termica e meccanica (turbolenza) degli strati inferiori dell'atmosfera.

CALPUFF è un modello di dispersione ibrido, multi-strato e non stazionario. È in grado di simulare il trasporto, la dispersione, la trasformazione e la deposizione degli inquinanti, in condizioni meteorologiche variabili nello spazio e nel tempo. CALPUFF è in grado di utilizzare i campi meteorologici prodotti da CALMET, oppure, in caso di simulazioni semplificate, di assumere un campo di vento assegnato dall'esterno, omogeneo all'interno del dominio di calcolo.

CALPUFF contiene diversi algoritmi, che gli consentono, opzionalmente, di tenere conto di diversi fattori, quali:

- l'effetto scia dovuto agli edifici circostanti (building downwash) o allo stesso camino di emissione (stack-tip downwash);
- lo shear verticale del vento;
- la deposizione secca ed umida;
- le trasformazioni chimiche che avvengono in atmosfera;
- il trasporto su superfici d'acqua;
- la presenza di orografia complessa o di zone costiere.

Con riferimento all'ultimo punto, CALPUFF tiene conto dei fenomeni di brezza che caratterizzano le zone costiere, e modella in modo efficace il cosiddetto Thermal Internal Boundary Layer (TIBL) che è causa della ricaduta repentina al suolo degli inquinanti emessi da sorgenti vicine alla costa.

Per simulare al meglio le condizioni reali di emissione, il modello CALPUFF permette di configurare le sorgenti individuate attraverso geometrie puntuali, lineari ed areali. Le sorgenti puntuali permettono di rappresentare emissioni localizzate con precisione in un'area ridotta; le sorgenti lineari consentono di simulare al meglio un'emissione che si estende lungo una direzione prevalente, qual è ad esempio quella dovuta al trasporto su nastri; le sorgenti areali, infine, si adattano bene a rappresentare un'emissione diffusa su di un'area estesa.

CALPOST consente di analizzare i dati di output forniti da CALPUFF, in modo da ottenere i risultati in un formato adatto alle diverse esigenze di simulazione.

Tramite CALPOST si possono ottenere dei file di output direttamente interfacciabili con software grafici per l'ottenimento di mappe di isoconcentrazione.

I codici di calcolo richiedono come input i seguenti dati:

- dati meteorologici in superficie ed in quota, per la ricostruzione del campo di vento tridimensionale (ricostruiti in CALMET);
- dati per le sorgenti: per l'effettivo studio della dispersione degli inquinanti in aria (effettuato da CALPUFF).

Gli output del codice CALPUFF, elaborati attraverso CALPOST, consistono in matrici che riportano i valori di ricaduta calcolati per ogni nodo della griglia definita, relativi alle emissioni di singole sorgenti e per l'insieme di esse. Tali risultati possono essere elaborati attraverso un qualsiasi software di "tipo GIS" creando ad esempio mappe di isoconcentrazione.

A4.2.1.2 Impostazioni del Modello di Calcolo

Ricostruzione del Campo di Vento: Impostazioni del Modello CALMET

L'analisi ha riguardato l'elaborazione e la ricostruzione, per il periodo 1 febbraio 2006 – 31 gennaio 2007, del campo tridimensionale di vento nell'area oggetto di studio. A tal fine è stato utilizzato il modello meteorologico CALMET.

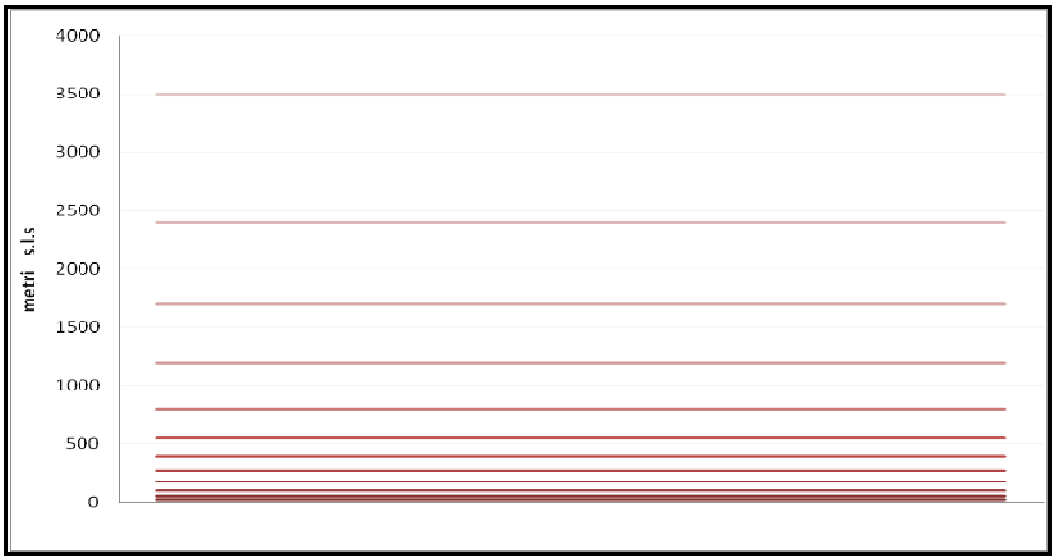
In questo modo, a partire dai parametri meteorologici misurati presso le stazioni meteo presenti sul territorio e dalle caratteristiche geofisiche del dominio di calcolo, è stato possibile ricostruire un campo di vento tridimensionale, e valutare il regime dei venti presente nell'area di interesse.

Per la ricostruzione della micrometeorologia dell'area di studio è stato scelto un dominio ampio, centrato sul futuro impianto, con estensione pari a 60 km x 60 km con cella di forma quadrata e passo pari a 0,5 km.

La scelta di questo dominio ha permesso di utilizzare (oltre ai dati di superficie forniti da ARPA Toscana per la stazione di S. Croce – Serao) i dati di superficie – acquistati dal *NCDC* (*National Climatic Data Center*) dell'*U.S. Department of Commerce* – e quelli in quota – forniti da ARPA Emilia Romagna ed estratti dal dataset denominato "LAMA" (*Limited Area Meteorological Analysis*) – in corrispondenza della stazione meteorologica dell'Aeronautica Militare di Pisa S. Giusto, posta a circa 30 km dall'impianto. In questo modo si è riusciti a caratterizzare nel migliore dei modi i parametri meteoclimatici in quota per l'area d'interesse garantendo una maggiore significatività della ricostruzione del campo di vento. Per avvalorare tale scelta, bisogna tenere presente che il vento in quota, a differenza di quello al suolo, risulta molto più omogeneo e regolare; infatti, al crescere della quota, gli effetti orografici risultano trascurabili ed il vento è caratterizzato dai parametri relativi alla circolazione generale (sistemi di alte e basse pressioni). Per questo motivo la stazione di Pisa S. Giusto è stata assunta come rappresentativa dell'intero dominio di calcolo.

In merito alla risoluzione verticale del domino di calcolo, sono stati definiti 12 layers, per un'estensione del dominio fino ad una quota di 3.500 m dal piano campagna. In questo caso, al fine di rappresentare al meglio la maggior variabilità verticale del PBL (*Planetary Boundary Layer*) negli strati più prossimi al suolo, generata dall'interazione delle masse d'aria con quest'ultimo, è stata definita una risoluzione maggiore negli strati atmosferici più bassi di quota, come mostrato in *Figura A4.2.1.2a*.

Figura A4.2.1.2a Layers Verticali Impostati per la Simulazione con CALMET



I dati richiesti dal modello CALMET sono essenzialmente:

- dati geofisici:
  - orografia;
  - uso del suolo;

- dati meteorologici:
  - dati in superficie (su base oraria);
  - radiosondaggi (su base oraria o ogni 12 ore).

Per una descrizione dettagliata dei dati di input si rimanda alla guida del modello.

<u>Dati Geofisici</u>

Per la caratterizzazione geofisica del dominio si sono utilizzati i seguenti dati:

- Orografia: è stato appositamente realizzato un DEM (Digital Elevation Model) utilizzando i dati del servizio "Seamless Data Distribution System, Earth Resources Observation and Science (EROS)" scaricabili dal sito del US Geological Survey. In *Figura A4.2.1.2b* si riporta l'orografia utilizzata per le simulazioni;
- Uso del suolo: la caratterizzazione della copertura del suolo è stata invece effettuata mediante i dati e la cartografia tematica disponibili grazie al

Progetto "CORINE LANDCOVER 2000", del quale l'Agenzia per la Protezione per l'Ambiente e i Servizi Tecnici (APAT) rappresenta la National Authority, ovvero il soggetto realizzatore e responsabile della diffusione dei prodotti sul territorio nazionale. In *Figura A4.2.1.2c* si riporta l'uso del suolo utilizzato per le simulazioni.

Dati Meteorologici

Per la ricostruzione del campo tridimensionale di vento il modello tridimensionale CALMET richiede in input sia parametri atmosferici "di superficie" con cadenza oraria che parametri atmosferici misurati "in quota" mediante radiosondaggi con cadenza massima di 12 ore.

Parametri Atmosferici di Superficie

I dati di superficie richiesti dal modello CALMET sono:

- velocità del vento [m/s];
- direzione del vento [deg];
- altezza della base delle nubi [100 feet];
- copertura nuvolosa [ottavi];
- temperatura dell'aria [K];
- umidità relativa [%];
- pressione [mbar].

Come dati di input sono stati utilizzati quelli relativi a due stazioni meteorologiche, ossia quella di Pisa S. Giusto e quella di S. Croce – Serao. I primi sono stati acquistati dal NCDC (*National Climatic Data Center*) dell'*U.S. Department of Commerce*, i secondi sono stati forniti da ARPA Toscana – Dipartimento di Pisa. In aggiunta, per effettuare le simulazioni tenendo in considerazione anche le deposizioni umide utili per la valutazione dell'effetto delle emissioni di PCDD/F e metalli pesanti sulla qualità dei suoli, si è fatto uso dei dati di pioggia registrati dalla stazione di Pisa Oratoio e forniti da ARPA Toscana – Dipartimento di Pisa.

Si riportano le coordinate UTM - WGS84 - Fuso 32N di tali punti:

- Pisa S. Giusto: X=611.494; Y=4.837.629

- S. Croce – Serao: X=643.960; Y=4.842.450

- Pisa Oratoio: X=616.984; Y=4.838.868

Per le simulazioni sono stati utilizzati i dati relativi al periodo 1 febbraio 2006 – 31 gennaio 2007.

Parametri Atmosferici Misurati in Quota

I dati in quota richiesti dal modello CALMET sono:

- pressione [mbar];
- quota geopotenziale [m];
- temperatura dell'aria [K];
- direzione del vento [deg];
- velocità del vento [m/s].

Per le modellazioni sono stati utilizzati i dati meteorologici in quota acquistati da ARPA Emilia Romagna relativamente ad un punto, coincidente con quello relativo alla stazione di Pisa S. Giusto citata sopra, estratto dal dataset denominato "LAMA" (*Limited Area Meteorological Analysis*) il quale è stato prodotto sfruttando le simulazioni operative del modello meteorologico COSMO e le osservazioni della rete meteorologica internazionale (dati GTS).

Per le simulazioni sono stati utilizzati i dati relativi allo stesso periodo di quelli di superficie.

Dispersione degli Inquinanti: Applicazione del Codice CALPUFF

Il "Sistema di modelli CALPUFF" è stato applicato ad un intero anno meteorologico di riferimento corrispondente al periodo 1 febbraio 2006 – 31 gennaio 2007 (per un totale di 8760 ore). Tale estensione temporale ha consentito di prendere in considerazione, dal punto di vista della turbolenza atmosferica e delle caratteristiche microclimatiche, le alternanze stagionali dei vari parametri.

Lo studio della dispersione degli inquinanti in atmosfera è stato condotto su un'area vasta quadrata di 1.600 km^2 con lato di 40 km centrata sul sito dell'impianto. La griglia utilizzata in tale contesto è costituita da 80 x 80 celle quadrate spaziate di 0,5 km.

In *Figura A4.2.1.2d* si riporta la mappa con l'individuazione dei domini considerati per l'applicazione di CALMET e CALPUFF.

<u>Deposizioni al suolo di PCDD/F e di Metalli Pesanti</u>

In questo studio sono stati stimati anche i valori di deposizione al suolo di diossine, furani e metalli pesanti emessi dal camino dell'impianto di Castelfranco di Sotto, utilizzando i moduli di deposizione secca e umida che CALPUFF propone per simulare la rimozione degli inquinanti.

L'analisi risulta complessa in quanto non esistono ancora metodi esaustivi in grado di fornire risposte adeguate e complete sulla ripartizione in fase gassosa e solida di tale tipologia di inquinanti.

La ripartizione di PCDD/F nelle due fasi è essenzialmente regolata da parametri quali la temperatura ambiente, l'umidità relativa, le proprietà degli stessi composti considerati e la superficie disponibile delle particelle su cui condensano.

Sostanzialmente i PCDD/F tendono a ridistribuirsi tra fase gassosa e solida in funzione del peso molecolare e della temperatura ambiente.

Alle nostre latitudini si riscontra pertanto una prevalenza di PCDD/F in fase gassosa nelle stagioni calde, mentre la situazione inversa si presenta nella stagione fredda.

In questa modellazione le rispettive percentuali in peso sono state suddivise a seconda della stagione come riportato nella successiva *Tabella A4.2.1.2a*.

Tale assunzione si giustifica con gli studi effettuati nell'ambito della tesi di laurea "La presenza di diossine e di IPA nell'atmosfera nord ovest di Milano", Lollio D.I.I.A.R., Politecnico di Milano 2005.

I metalli pesanti, invece, data la loro bassa tensione di vapore alle temperature riscontrabili nell'ambiente naturale tendono a condensare immediatamente fuori dall'uscita dal camino, indipendentemente dalla stagione, e pertanto nella modellazione si considererà una totale distribuzione nella fase solida.

Tabella A4.2.1.2a PCDD/F: Ripartizione Gas/Adsorbito in Base alla Stagione

Stagione	% Gas	% Particolato
Inverno	0	100
Primavera	50	50
Estate	100	0
Autunno	50	50

Ai fini della simulazione è stata considerata una distribuzione granulometrica del particolato tipica di un inceneritore comunale di rifiuti, non controllato (*U.S EPA Appendix B.1 Particle Size Distribution Data and Sized Emission Factors for Selected Sources; chapter 2.1*).

Per la stima della percentuale in peso delle varie classi granulometriche di particolato in uscita dal camino, essendo presente un sistema di filtrazione (filtro a tessuto), sono stati applicati i coefficienti di abbattimento indicati, per le varie classi granulometriche, in *Tabella 2.3* del documento *U.S EPA Appendix B.2 Generalized Particle Size distribution*.

La seguente *Tabella A4.2.1.2b* riporta la suddivisione del particolato in classi granulometriche, il diametro medio di ogni classe e, in base alle indicazioni dell'U.S. EPA sopra citate, si individua una percentuale di particolato per ogni classe granulometrica studiata.

Tabella A4.2.1.2b Suddivisione del Particolato in Classi Granulometriche

Classe	Diametro (µm)	Diametro medio (µm)	% in peso senza sistemi di abbattimento	Efficienza di abbattimento (%)	% in peso con sistemi di abbattimento
1	<2,5	1,25	26	99	68

2	2,5 - 6	4,25	4,6	99,5	6
3	6 - 10	8	7,4	99,5	10
4	>10	25	62	99,9	16

Si è quindi stimata la superficie disponibile per la deposizione per ogni classe granulometrica, seguendo le indicazioni riportate nel *HHRAP* (*Human Healt Risk Assessment Protocol*) pubblicato da U.S. EPA nel 2005.

Nella *Tabella A4.2.1.2c* si esplicitano le variabili utilizzate per il calcolo: per ciascuna classe granulometrica, una volta definiti il volume e la superficie, è stata valutata la superficie specifica come rapporto tra superficie e volume. Dal prodotto tra la superficie specifica e la percentuale in peso di particolato si ottiene la superficie disponibile per la deposizione. Infine l'ultima colonna della tabella mostra, per ogni classe, la frazione sul totale della superficie disponibile per la condensazione dei PCDD/F e dei metalli pesanti sul particolato.

Tabella A4.2.1.2c Stima per Ciascuna Classe Granulometrica della Frazione di Superficie Disponibile per la Condensazione

Classe	Diametro (µm)	Diametro medio (µm)	Superficie (μm^2)	Volume (μm^3)	Sup. Spec (1/µm)	% in Peso	Sup. disp.	Fraz sup. disp. (% sul tot)
1	<2,5	1,25	4,9	1	4,8	68	3,27	94,3
2	2,5 - 6	4,25	56,8	40,2	1,4	6	0,09	2,5
3	6 - 10	8	201,1	268,1	0,7	10	0,07	2,1
4	>10	25	1.963,5	8.181,2	0,2	16	0,04	1,1

Per ogni classe granulometrica sono state stimate le deposizioni secca e umida per ciascuna stagione.

Per quanto riguarda le deposizioni umide sono stati utilizzati i coefficienti di *scavenging* per le precipitazioni piovose e nevose, riportati in "*La micrometeorologia e la dispersione degli inquinanti in aria*" (APAT 2003) e riassunti in *Tabella A4.2.1.2d* seguente.

Tabella A4.2.1.2d Coefficienti di Scavenging Utilizzati [s^{-1}], APAT

Classe	Pioggia	Neve
<2,5	3,0E-05	1,0E-05
2,5 - 6	3,0E-05	1,0E-05
6 - 10	3,0E-05	1,0E-05
>10	2,2E-04	7,3E-05

Per quanto riguarda la deposizione secca viene calcolata dal codice con la sola indicazione del diametro medio della classe.

Svolte le simulazioni per ogni stagione, la portata di diossine e furani e quella di metalli pesanti è stata ripartita sulla distribuzione granulometrica del particolato

secondo i criteri sopra esposti, proporzionalmente alla frazione di superficie disponibile rappresentata dalla classe considerata.

A4.2.1.3 Scenario Emissivo

Per la determinazione degli impatti sulla qualità dell'aria e dei suoli è stato considerato, conservativamente, che l'impianto di pirogassificazione con combustione integrata funzioni al carico massimo non per le effettive ore previste (8000), ma per la totalità delle 8760 ore presenti in un anno. Le simulazioni delle dispersioni in atmosfera degli inquinanti sono state effettuate utilizzando una sorgente puntuale posizionata in corrispondenza del camino dell'impianto in progetto e considerando lo scenario emissivo (per NO_x, PM_{10} ed SO_2) caratteristico del funzionamento dello stesso al carico massimo come sarebbe in esercizio. In tale condizione la temperatura dei fumi in uscita dal camino è inferiore rispetto all'assetto di marcia senza scrubber: ciò comporta un minor innalzamento del pennacchio e, quindi, maggiori ricadute di inquinanti al suolo. Effettivamente lo scrubber non verrà utilizzato in continuo, ma soltanto quando verranno trattati rifiuti che possono dar luogo alla formazione di sostanze acide. Conservativamente è stato assunto che le emissioni di PM_{10} siano equivalenti a quelle delle polveri totali e che quelle di NO_2 siano equivalenti a quelle degli NO_x. Si ricorda che, all'uscita dal camino, la maggior parte degli NO_x è composta da NO che in seguito, in atmosfera, viene parzialmente trasformato in NO_2 attraverso reazioni fotochimiche.

Per quanto concerne i metalli pesanti, considerando che in base ad analisi effettuate sui fumi in uscita dal camino di un impianto analogo progettato dalla stessa NSE Industry S.r.l. in Provincia di Siena è risultato che numerosi elementi e/o loro composti riportati nel *punto 3. parte A* dell'*Allegato 1* del *D. Lgs. 133/05* "*Attuazione della direttiva 2000/76/CE, in materia di incenerimento dei rifiuti*" (cadmio, mercurio, antimonio, arsenico, cobalto, manganese, nichel, vanadio) risultano presenti in concentrazioni al di sotto dei limiti di rivelabilità, ma che, allo stesso tempo, non è stato ricercato il tallio e, soprattutto, che la composizione dei fumi dipende, come è logico, dalla merceologia dei rifiuti trattati, si è preferito distinguere le portate massiche, considerando, conservativamente, i limiti massimi di 0,05 mg/m^3 per cadmio e tallio in totale, di 0,05 mg/m^3 per il mercurio e di 0,5 mg/m^3 per i rimanenti elementi e composti.

Le caratteristiche della sorgente emissiva sono riportate in *Tabella A4.2.1.3a*.

Tabella A4.2.1.3a Caratteristiche Sorgente Emissiva

Parametri	U.d.M.	Camino
Coordinate UTM - WGS84 - Fuso 32N	[m]	X: 640.702 Y: 4.842.866
Altezza	[m]	11
Diametro	[m]	0,6
Temperatura	[°C]	70
Velocità	[m/s]	13,1
Concentrazione di NO_x nei fumi(1)	[mg/Nm^3]	200
Flusso di massa di NO_x	[kg/h]	2,736

Concentrazione di Polveri Totali nei fumi(1)	[mg/Nm^3]	10
Flusso di massa di Polveri Totali	[kg/h]	0,137
Concentrazione di SO_2 nei fumi(1)	[mg/Nm^3]	50
Flusso di massa di SO_2	[kg/h]	0,684
Concentrazione di PCDD/PCDF nei fumi(1)	[ng/Nm^3]	0,1
Flusso di massa di PCDD/PCDF	[kg/h]	$1,37*10^{-9}$
Concentrazione di Cd, Tl e loro composti nei fumi(1)	[mg/Nm^3]	0,05
Flusso di massa di Cd, Tl e loro composti	[kg/h]	0,0007
Concentrazione di Hg e suoi composti(1)	[mg/Nm^3]	0,05
Flusso di massa di Hg e suoi composti	[kg/h]	0,0007
Concentrazione di Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V e loro composti nei fumi(1)	[mg/Nm^3]	0,5
Flusso di massa di Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V e loro composti	[kg/h]	0,007
(1)Rif. Fumi secchi 11% O_2		

A4.2.2 Risultati

Di seguito sono riportati e commentati, in relazione ai limiti posti dalla normativa di settore, i risultati delle simulazioni climatologiche per il periodo 1 febbraio 2006 – 31 gennaio 2007 eseguite per lo scenario emissivo riportato nella *Tabella A4.2.1.3a.*

In particolare sono riportati:

- le mappe delle ricadute al suolo rappresentative dei parametri statistici di legge, previsti per i vari inquinanti simulati;
- i valori cumulati di concentrazione che si otterrebbero alle centraline di S. Croce – Coop (NO_2 e PM_{10}) e S. Croce – Cerri (SO_2) in seguito alla realizzazione dell'impianto di pirogassificazione con combustione integrata;
- le deposizioni di PCDD/F e metalli pesanti al suolo.

Nella valutazione dei risultati per ogni inquinante considerato è importante sottolineare che, cautelativamente, le emissioni sono state simulate come continue per tutto l'anno e nell'assetto di marcia con scrubber che è quello che presenta le maggiori criticità dispersive (a causa della bassa temperatura dei fumi in uscita dal camino che determinano un minor innalzamento del pennacchio e, quindi, maggiori ricadute di inquinanti al suolo). Si ricorda che lo scrubber verrà attivato nei soli casi in cui si presentino in entrata rifiuti che possono determinare la formazione di composti acidi.

A4.2.2.1 Valori Cumulati

Nelle Figure *A4.2.2.1a, A4.2.2.1b, A4.2.2.1c*, *A4.2.2.1d*, *A4.2.2.1e*, *A4.2.2.1f* ed *A4.2.2.1g* sono riportate le mappe delle ricadute al suolo degli inquinanti emessi dall'impianto all'interno del dominio di calcolo e presentano, rispettivamente:

- il 99,8° percentile delle concentrazioni medie orarie di NO_x;
- la concentrazione media annua di NO_x;

- il 90,4° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di PTS;
- la concentrazione media annua di PTS;
- il 99,73° percentile delle concentrazioni medie orarie di SO_2;
- il 99,2° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di SO_2;
- la concentrazione media annua di SO_2.

Al fine di prevedere lo stato finale di qualità dell'aria nell'area di studio sono stati estratti sulle stazioni di monitoraggio di S. Croce – Coop (NO_x e PM_{10}) e S. Croce – Cerri (SO_2) i contributi orari dell'impianto di trattamento rifiuti (8.760 ore). Successivamente, per ciascuna ora dell'anno compreso tra il 1 febbraio 2006 e il 31 gennaio 2007, si è ottenuto l'ipotetico valore di qualità dell'aria che si avrebbe in seguito alla messa in esercizio del gassificatore (contributo impianto + misurato da centraline).

I valori così ottenuti sono stati elaborati per ottenere gli indici statistici di legge indicati, per l'NO_2, il PM_{10} e l'SO_2 dal *D.M. 60/2002*. Tali indici sono riportati nelle tabelle successive insieme a quelli ricavati elaborando i dati originali monitorati nello stesso periodo delle simulazioni dalle due stazioni sopracitate.

Si ribadisce che la scelta di simulare la dispersione in atmosfera degli ossidi di azoto nella loro totalità, per poi confrontare gli output del modello con i limiti imposti dal *D.M. 60 del 2002* per il biossido di azoto, sia conservativa poiché solo una parte degli NO_x emessi in atmosfera si ossidano ulteriormente in NO_2.

Oltretutto, considerando che è stato assunto che le emissioni di PM_{10} fossero equivalenti a quelle delle polveri totali e in accordo con le impostazioni conservative implementate nelle simulazioni, i valori delle ricadute di tale inquinante si evidenziano come sovrastimati.

Tabella A4.2.2.1a Confronto tra lo Stato di Qualità dell'Aria Attuale e Quello Post Operam per NO_2 [µg/m^3] e PM_{10} [µg/m^3], Stazione di S. Croce – Coop, 1 febbraio 2006 – 31 gennaio 2007

Stato di Qualità dell'Aria	99,8° Percentile delle Concentrazioni Medie Orarie di NO_2 (1)	Valori Medie Annue di NO_2 (2)	90,4° Percentile delle Concentrazioni Medie Giornaliere di PM_{10} (3)	Valori Medie Annue di PM_{10} (4)
Attuale	95,27	25,28	52,000	30,036
A valle della realizzazione dell'impianto	95,46	25,35	52,005	30,040

Note: Rif: D.M.60/02
(1) N° superamenti del limite orario per la protezione della salute umana: 200 µg/m^3 (2010), come NO_2 da non superare per più di 18 volte nell'anno civile – tempo di mediazione 1 ora. Rappresenta il 99,8° percentile delle concentrazioni medie orarie.
(2) Limite annuale per la protezione della salute umana: 40 µg/m^3 (2010) – tempo di mediazione anno civile.
(3) N° superamenti del limite di 24 ore per la protezione della salute umana: 50 µg/m^3 (2010), da non superare per più di 35 volte nell'anno civile – tempo di mediazione 24 ore. Rappresenta il 90,4° percentile delle concentrazioni medie giornaliere.
(4) Limite annuale per la protezione della salute umana: 40 µg/m^3 – tempo di mediazione anno civile.

Tabella A4.2.2.1b Confronto tra lo Stato di Qualità dell'Aria Attuale e Quello Post Operam per SO_2 [µg/m^3], Stazione di S. Croce – Cerri, 1 febbraio 2006 – 31 gennaio 2007

Stato di Qualità dell'Aria	99,73° Percentile delle Concentrazioni Medie Orarie di SO_2 (1)	99,2° Percentile delle Concentrazioni Medie Giornaliere di SO_2 (2)	Valori Medie Annue di SO_2 (3)
Attuale	33,97	11,0	2,25
A valle della realizzazione dell'impianto	34,66	11,1	2,37

Note: Rif: D.M.60/02
(1) Il limite di riferimento è 350 µg/m^3 in vigore dal 1 gennaio 2005, da non superare per più di 24 ore in un anno. Tale limite rappresenta il 99,73° percentile delle concentrazioni medie orarie.
(2) Il limite di riferimento è 125 µg/m^3 da non superare per più di 3 volte in un anno. Tale limite rappresenta il 90,4° percentile delle concentrazioni medie giornaliere.
(3) Limite annuale per la protezione degli ecosistemi: 20 µg/m^3.

Analizzando la *Tabella A4.2.2.1a* precedente emerge che le concentrazioni di NO_2 alla centralina di S. Croce - Coop aumenterebbero di una quantità trascurabile in seguito alla messa in esercizio del nuovo impianto.

Per quanto riguarda il PM_{10}, si nota che nell'ipotesi di entrata in esercizio del gassificatore, non si noterebbero differenze significative rispetto allo stato attuale.

Analogamente accadrebbe (vedi *Tabella A4.2.2.1b*) alla centralina di S. Croce – Cerri per quanto concerne l'SO_2.

Alla luce dei risultati ottenuti si può affermare che la realizzazione dell'impianto di pirogassificazione con combustione integrata manterrebbe sostanzialmente inalterata la qualità dell'aria.

A4.2.2.2 PCDD/F e Metalli Pesanti

Nelle Figure *A4.2.2.2a, A4.2.2.2b, A4.2.2.2c* e *A4.2.2.2d* si riporta la deposizione media annua, espressa in g m^{-2} $anno^{-1}$, rispettivamente di PCDD/F, di Cadmio + Tallio e loro composti, di Mercurio e suoi composti ed infine dei rimanenti elementi e loro composti riportati nel punto *3. Parte A* dell'*Allegato 1* del *D. Lgs. 11 Maggio 2005, n. 133*.

Al fine di prevedere l'impatto dell'impianto sulla concentrazione nel terreno di PCDD/F e metalli pesanti per i siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale indicato nella *Tabella 1* dell'*Allegato 5* al *Titolo V* alla *parte quarta* del *D. Lgs. 152/2006* è stata svolta un'analisi di sensitività per stimare le quantità massime di tali inquinanti accumulate nel suolo per diversi valori dell'altezza e della densità dello strato superficiale di terreno interessato dalle deposizioni.

Le ipotesi conservative su cui si basa tale stima sono:

- i PCDD/F e i metalli pesanti si accumulano soltanto nello strato superficiale del suolo e non vengono dilavati dalla pioggia;
- il periodo di accumulo è pari a 20 anni (periodo di vita dell'impianto previsto).

Nella tabelle successive si riportano i risultati di tale stima.

I due spessori sono stati scelti in quanto rappresentativi delle profondità raggiungibili dalle radici delle principali specie vegetali commestibili attraverso le quali i PCDD/F e i metalli pesanti possono essere assimilati dalla popolazione.

Policlorodibenzodiossine e Policlorodibenzofurani

Dall'analisi della *Figura A4.2.2.2a* emerge che la cella del dominio di calcolo in cui si verifica la deposizione massima, pari a $6{,}4*10^{-13}$ g m^{-2} $anno^{-1}$, è quella situata a Nord Est dell'impianto, nelle immediate vicinanze dello stesso.

Nella tabella successiva si riporta la quantità massima di PCDD+F accumulata nel terreno al variare dello spessore e della densità del substrato interessato.

Tabella A4.2.2.2a PCDD+PCDF: Quantità Accumulata in 20 Anni di Esercizio nel Suolo per Diversi Valori di Altezza e di Densità dello Strato Superficiale di Terreno

Deposizione annuale massima	Periodo di accumulo	Q.tà accumulata massima	Altezza dello strato superficiale di terreno	Densità dello strato superficiale di terreno	Accumulo nel terreno	Limite D. Lgs 152/06
[g/m^2*anno]	[anni]	[mg/m^2]	[m]	[kg/m^3]	[mgPCDD/kg terreno]	[mgPCDD/kg terreno]
6,4*10^{-13}	20	1,3*10^{-8}	0,15	1500	5,7*10^{-11}	1*10^{-5}
6,4*10^{-13}	20	1,3*10^{-8}	0,15	1750	4,9*10^{-11}	1*10^{-5}
6,4*10^{-13}	20	1,3*10^{-8}	0,15	2000	4,3*10^{-11}	1*10^{-5}
6,4*10^{-13}	20	1,3*10^{-8}	0,30	1500	2,9*10^{-11}	1*10^{-5}
6,4*10^{-13}	20	1,3*10^{-8}	0,30	1750	2,4*10^{-11}	1*10^{-5}
6,4*10^{-13}	20	1,3*10^{-8}	0,30	2000	2,1*10^{-11}	1*10^{-5}

Dall'analisi della tabella si evince che, anche nel caso peggiore (5,7*10^{-11} mg PCDD/kg terreno) la quantità di PCDD/F accumulata nel terreno è circa sei ordini di grandezza inferiore al limite imposto dalla *tabella 1* dell'*Allegato 5* al *Titolo V* alla *parte quarta* del *D. Lgs. 152/2006*.

Metalli Pesanti

Considerando che i limiti di emissione in atmosfera dei metalli pesanti per un impianto di trattamento rifiuti, normati nel punto *3. Parte A* dell'*Allegato 1* del *D. Lgs. 11 Maggio 2005, n. 133*, sono espressi in funzione della natura chimica dei metalli (divisi in tre classi, rispettivamente Cd+Tl, Hg, altri elementi) e che i limiti di concentrazione nel terreno, imposti dalla *tabella 1* dell'*Allegato 5* al *Titolo V* alla *parte quarta* del *D. Lgs. 152/2006*, sono invece specifici per ogni singolo elemento chimico, per poter effettuare un confronto tra le deposizioni dovute all'impianto e i valori limite nei suoli si è deciso, cautelativamente, di:

- considerare le deposizioni separate delle tre classi individuate nel punto *3. Parte A* dell'*Allegato 1* del *D. Lgs. 11 Maggio 2005, n. 133*;
- confrontare i valori di accumulo nel terreno per le tre classi considerate con il limite più basso (riportato nella *Tabella 1* dell'*Allegato 5* al *Titolo V* alla *parte quarta* del *D. Lgs. 152/2006*) tra quelli relativi agli elementi di ciascuna classe.

<u>Cadmio+Tallio e Loro Composti</u>

Dall'analisi della *Figura A4.2.2.2b* emerge che la cella del dominio di calcolo in cui si verifica la deposizione massima, pari a 5,8*10^{-7} g m^{-2} anno^{-1}, è quella situata a Nord Est dell'impianto, nelle immediate vicinanze dello stesso.

Nella tabella successiva si riporta la quantità massima di Cadmio, Tallio e loro composti accumulata nel terreno al variare dello spessore e della densità del substrato interessato.

Tabella A4.2.2.2b Cadmio e Tallio e Loro Composti: Quantità Accumulata in 20 Anni di Esercizio nel Suolo per Diversi Valori di Altezza e di Densità dello Strato Superficiale di Terreno

Deposizione annuale massima	Periodo di accumulo	Q.tà accumulata massima	Altezza dello strato superficiale di terreno	Densità dello strato superficiale di terreno	Accumulo nel terreno	Limite D. Lgs 152/06
[g/m^2*anno]	[anni]	[mg/m^2]	[m]	[kg/m^3]	[mgCd+Tl/kg terreno]	[mgTl/kg terreno]
5,8*10^{-7}	20	1,2*10^{-2}	0,15	1500	5,1*10^{-5}	1,0
5,8*10^{-7}	20	1,2*10^{-2}	0,15	1750	4,4*10^{-5}	1,0
5,8*10^{-7}	20	1,2*10^{-2}	0,15	2000	3,9*10^{-5}	1,0
5,8*10^{-7}	20	1,2*10^{-2}	0,30	1500	2,6*10^{-5}	1,0
5,8*10^{-7}	20	1,2*10^{-2}	0,30	1750	2,2*10^{-5}	1,0
5,8*10^{-7}	20	1,2*10^{-2}	0,30	2000	1,9*10^{-5}	1,0

Dall'analisi della tabella si evince che, anche nel caso peggiore (5,1*10^{-5} mg Cd+Tl/kg terreno) la quantità di Cadmio, Tallio e loro composti accumulata nel terreno è cinque ordini di grandezza inferiore al limite imposto dalla *tabella 1* dell'*Allegato 5* al *Titolo V* alla *parte quarta* del *D. Lgs. 152/2006*.

Mercurio e Suoi Composti

Dall'analisi della *Figura A4.2.2.2c* emerge che la cella del dominio di calcolo in cui si verifica la deposizione massima, pari a 5,8*10^{-7} g m^{-2} anno^{-1}, è quella situata a Nord Est dell'impianto, nelle immediate vicinanze dello stesso.

Nella tabella successiva si riporta la quantità massima di Mercurio e suoi composti accumulata nel terreno al variare dello spessore e della densità del substrato interessato.

Tabella A4.2.2.2c Mercurio e Suoi Composti: Quantità Accumulata in 20 Anni di Esercizio nel Suolo per Diversi Valori di Altezza e di Densità dello Strato Superficiale di Terreno

Deposizione annuale massima	Periodo di accumulo	Q.tà accumulata massima	Altezza dello strato superficiale di terreno	Densità dello strato superficiale di terreno	Accumulo nel terreno	Limite D. Lgs 152/06
[g/m^2*anno]	[anni]	[mg/m^2]	[m]	[kg/m^3]	[mgHg/kg terreno]	[mgHg/kg terreno]
5,8*10^{-7}	20	1,2*10^{-2}	0,15	1500	5,1*10^{-5}	1,0
5,8*10^{-7}	20	1,2*10^{-2}	0,15	1750	4,4*10^{-5}	1,0
5,8*10^{-7}	20	1,2*10^{-2}	0,15	2000	3,9*10^{-5}	1,0
5,8*10^{-7}	20	1,2*10^{-2}	0,30	1500	2,6*10^{-5}	1,0
5,8*10^{-7}	20	1,2*10^{-2}	0,30	1750	2,2*10^{-5}	1,0
5,8*10^{-7}	20	1,2*10^{-2}	0,30	2000	1,9*10^{-5}	1,0

Dall'analisi della tabella si evince che, anche nel caso peggiore (5,1*10^{-5} mg Hg/kg terreno) la quantità di Mercurio e suoi composti accumulata nel terreno è cinque ordini di grandezza inferiore al limite imposto dalla *tabella 1* dell'*Allegato 5* al *Titolo V* alla *parte quarta* del *D. Lgs. 152/2006*.

Altri Metalli Pesanti

Dall'analisi della *Figura A4.2.2.2d* emerge che la cella del dominio di calcolo in cui si verifica la deposizione massima dei metalli pesanti quali Antimonio, Arsenico, Piombo, Cromo, Cobalto, rame, Manganese, Nichel e Vanadio, pari a $5{,}8*10^{-6}$ g m^{-2} $anno^{-1}$, è quella situata a Nord Est dell'impianto, nelle immediate vicinanze dello stesso.

Nella tabella successiva si riporta la quantità massima dei rimanenti metalli pesanti di cui al punto *3. Parte A* dell'*Allegato 1* del *D. Lgs. 133/05* accumulata nel terreno al variare dello spessore e della densità del substrato interessato.

Tabella A4.2.2.2d Altri Metalli Pesanti: Quantità Accumulata in 20 Anni di Esercizio nel Suolo per Diversi Valori di Altezza e di Densità dello Strato Superficiale di Terreno

Deposizione annuale massima	**Periodo di accumulo**	**Q.tà accumulata massima**	**Altezza dello strato superficiale di terreno**	**Densità dello strato superficiale di terreno**	**Accumulo nel terreno**	**Limite D. Lgs 152/06**
[g/m^2*anno]	[anni]	[mg/m^2]	[m]	[kg/m^3]	[mgMetalli/kg terreno]	[mgMetalli/kg terreno]
$5{,}8*10^{-6}$	20	$1{,}2*10^{-1}$	0,15	1500	$5{,}1*10^{-4}$	2,0
$5{,}8*10^{-6}$	20	$1{,}2*10^{-1}$	0,15	1750	$4{,}4*10^{-4}$	2,0
$5{,}8*10^{-6}$	20	$1{,}2*10^{-1}$	0,15	2000	$3{,}9*10^{-4}$	2,0
$5{,}8*10^{-6}$	20	$1{,}2*10^{-1}$	0,30	1500	$2{,}6*10^{-4}$	2,0
$5{,}8*10^{-6}$	20	$1{,}2*10^{-1}$	0,30	1750	$2{,}2*10^{-4}$	2,0
$5{,}8*10^{-6}$	20	$1{,}2*10^{-1}$	0,30	2000	$1{,}9*10^{-4}$	2,0

Dall'analisi della tabella si evince che, anche nel caso peggiore ($5{,}1*10^{-4}$ mg Metalli/kg terreno), la quantità di Metalli Pesanti accumulata nel terreno è quattro ordini di grandezza inferiore al limite imposto dalla *Tabella 1* dell'*Allegato 5* al *Titolo V* alla *parte quarta* del *D. Lgs. 152/2006*.

A4.2.3 Conclusioni

Alla luce dei risultati dello studio eseguito si può concludere che:

- lo stato di qualità dell'aria che emerge dall'analisi dei dati monitorati dalle stazioni di monitoraggio risulta buono: i limiti di legge sulla qualità dell'aria imposti dal *D.M. 60/2002* sono ampiamente rispettati per tutti gli inquinanti analizzati;
- in seguito all'installazione dell'impianto di pirogassificazione con combustione integrata, lo stato di qualità dell'aria alle centraline rimane pressoché invariato;
- la quantità di PCDD/F e delle varie classi di metalli pesanti considerate accumulata nel terreno nel punto dove si verifica la massima deposizione è, in ogni caso, almeno quattro ordini di grandezza inferiore al limite imposto dalla *Tabella 1* dell'*Allegato 5* al *Titolo V* alla *parte quarta* del *D. Lgs. 152/2006*. Indipendentemente, quindi, dalla qualità attuale dei suoli, il contributo delle deposizioni dovute all'esercizio del proposto impianto può esser considerato non significativo.