

D.5 RELAZIONE TECNICA SU DATI METEOCLIMATICI

**D.6 IDENTIFICAZIONE E QUANTIFICAZIONE DEGLI EFFETTI DELLE
EMISSIONI IN ARIA E CONFRONTO CON SQA PER LA PROPOSTA
IMPIANTISTICA PER LA QUALE SI RICHIEDE
L'AUTORIZZAZIONE**

Cliente Endesa Italia

Oggetto Analisi modellistiche relative agli assetti impiantistici della C.le di Tavazzano nel periodo 2006-2015. Comparto atmosfera

Ordine OdA chiuso Servizi N. 3000014184 del 5/5/2006 (L44111R)

Note

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta del CESI.

PUBBLICATO A6014384 (PAD - 825040)

N. pagine 69 **N. pagine fuori testo**

Data 25 maggio 2006

Elaborato Manzi Giovanni (CESI-AMB)
A6014384 3575 ALT

Verificato Stigliano Paolo Giuseppe (CESI-AMB)
A6014384 4991 VER

Approvato Fiore Antonio (CESI-AMB)
A6014384 3745 APP

Mod. RAPP v. 01

Indice

1	INTRODUZIONE	5
2	CARATTERIZZAZIONE METEO CLIMATICA	6
3	STATO ATTUALE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA.....	15
3.1	Localizzazione e caratterizzazione delle fonti inquinanti.....	15
3.2	Analisi dei dati registrati dalla rete di monitoraggio della qualità dell'aria	18
3.2.1	Biossido di zolfo - SO ₂	20
3.2.2	Biossido d'Azoto e Ossidi di Azoto	24
3.2.3	Particolato totale aerodisperso.....	28
4	CONFIGURAZIONE IMPIANTO NEL PERIDO 2006 – 2015.....	30
5	ANALISI MODELLISTICHE.....	31
5.1	Approccio metodologico	32
5.1.1	Il codice ISC3	32
5.1.2	Il codice SPRAY	35
5.2	Verifica degli SQA tramite il codice ISC3.....	36
5.2.1	Biossido di zolfo (SO ₂).....	37
5.2.2	Biossido di azoto (NO ₂)e ossidi totali di azoto (NO _x).....	40
5.2.3	Particolato fine (PM ₁₀) e particolato totale sospeso (PTS).....	44
5.3	Approfondimenti tramite il codice SPRAY	48
6	CONCLUSIONI	68
	BIBLIOGRAFIA.....	69

Indice delle figure

Figura 1 - Area di indagine e dominio di calcolo utilizzato per le valutazioni modellistiche.....	6
Figura 2 - Rappresentazione grafica dell'andamento pluviometrico per la Centrale di Tavazzano-Montanaso	9
Figura 3 - La rosa dei venti in quota (240m) di Tavazzano-Montanaso	11
Figura 4 - Rose dei venti stagionali – Centrale di Tavazzano-Montanaso.....	13
Figura 5 - Comuni considerati nell'inventario delle emissioni	16
Figura 6 - RRQA ubicazione postazioni	19
Figura 7 - SO ₂ - Andamenti temporali e spaziali per 98° percentile e della mediana delle medie giornaliere.....	22
Figura 8 - SO ₂ - Andamenti temporali e spaziali per gli indici statistici introdotti dal DM 2.4.02 n° 60	23
Figura 9 - NO ₂ /NO _x - Andamenti temporali e spaziali per gli indici di riferimento	27
Figura 10 – PTS - Andamenti temporali e spaziali per gli indici di riferimento.....	29
Figura 11 - 98° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di SO ₂ Situazione Attuale e Transitorio2 (sx), situazione Transitorio1 (dx)	38
Figura 12 – Concentrazione media giornaliera di SO ₂ superata per 3 giorni/anno Situazione Attuale e Transitorio2 (sx), situazione Transitorio1 (dx)	39
Figura 13 – Concentrazione media oraria di SO ₂ superata per 24 ore/anno Situazione Attuale e Transitorio2 (sx), situazione Transitorio1 (dx)	39

Figura 14 – 98° percentile delle concentrazioni medie orarie di NO ₂ Situazione Attuale (alto), situazioni Transitorie (centro), situazione Futura (basso).....	41
Figura 15 – Concentrazione media oraria di NO ₂ superata per 18 ore/anno Situazione Attuale (alto), situazioni Transitorie (centro), situazione Futura (basso)	42
Figura 16 – Concentrazioni media annuale di NO _x Situazione Attuale (alto), situazioni Transitorie (centro), situazione Futura (basso)	43
Figura 17 – Concentrazione media giornaliera di PM ₁₀ superata per 35 giorni/anno Situazione Attuale (alto), situazioni Transitorie (centro), situazione Futura (basso).....	45
Figura 18 – Concentrazione media giornaliera di PM ₁₀ superata per 7 giorni/anno Situazione Attuale (alto), situazioni Transitorie (centro), situazione Futura (basso).....	46
Figura 19 – 95° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di PTS Situazione Attuale (alto), situazioni Transitorie (centro), situazione Futura (basso)	47
Figura 20 – Pressione e velocità media giornaliera misurate nel periodo Gennaio-Marzo 1998.....	48
Figura 21 – Pressione e velocità media giornaliera misurate nel periodo Giugno-Agosto 1998	48
Figura 22 – Valori orari di direzione e velocità del vento nelle giornate dell'11 e 12 gennaio	49
Figura 23 – Valori orari di radiazione globale e temperatura nelle giornate dell'11 e 12 gennaio	49
Figura 24 – Valori orari di direzione e velocità del vento nelle giornate del 7 e 8 agosto	50
Figura 25 – Valori orari di radiazione globale e temperatura nelle giornate del 7 e 8 agosto.....	50
Figura 26 – Profilo di temperatura ed umidità relativa misurato dal radio sondaggio di Linate alle ore 01 del 12 gennaio	51
Figura 27 – Profilo di temperatura ed umidità relativa misurato dal radio sondaggio di Linate alle ore 13 del 12 gennaio	51
Figura 28 – Profilo di temperatura ed umidità relativa misurato dal radio sondaggio di Linate alle ore 01 dell'8 agosto	52
Figura 29 – Profilo di temperatura ed umidità relativa misurato dal radio sondaggio di Linate alle ore 13 dell'8 agosto	52
Figura 30 – Campo di vento a 10 m di altezza ricostruito dal codice Minerve partendo dai dati misurati alle ore 07 del 12 gennaio 1998.....	53
Figura 31 – Campo di vento a 10 m di altezza ricostruito dal codice Minerve partendo dai dati misurati alle ore 19 dell'8 agosto 1998	54
Figura 32 –Valori massimi orari di SO ₂ ed NO _x [µg/m ³] per il periodo invernale.....	55
Figura 33 –Valori massimi orari di SO ₂ ed NO _x [µg/m ³] per il periodo estivo.....	55
Figura 34 – Concentrazioni medie orarie di SO ₂ , Polveri, NO _x e NO ₂ alle ore 5 del 12 gennaio	56
Figura 35 – Concentrazioni medie orarie di SO ₂ , Polveri, NO _x e NO ₂ alle ore 6 del 12 gennaio	57
Figura 36 – Concentrazioni medie orarie di SO ₂ , Polveri, NO _x e NO ₂ alle ore 7 del 12 gennaio	58
Figura 37 – Concentrazioni medie orarie di SO ₂ , Polveri, NO _x e NO ₂ alle ore 8 del 12 gennaio	59
Figura 38 – Concentrazioni medie orarie di SO ₂ , Polveri, NO _x e NO ₂ alle ore 9 del 12 gennaio	60
Figura 39 – Concentrazioni medie orarie di SO ₂ , Polveri, NO _x e NO ₂ alle ore 10 del 12 gennaio	61
Figura 40 – Concentrazioni medie orarie di SO ₂ , Polveri, NO _x e NO ₂ alle ore 11 dell'8 agosto.....	62
Figura 41 – Concentrazioni medie orarie di SO ₂ , Polveri, NO _x e NO ₂ alle ore 12 dell'8 agosto.....	63
Figura 42 – Concentrazioni medie orarie di SO ₂ , Polveri, NO _x e NO ₂ alle ore 13 dell'8 agosto.....	64
Figura 43 – Concentrazioni medie orarie di SO ₂ , Polveri, NO _x e NO ₂ alle ore 14 dell'8 agosto.....	65
Figura 44 – Concentrazioni medie orarie di SO ₂ , Polveri, NO _x e NO ₂ alle ore 20 dell'8 agosto.....	66
Figura 45 – Concentrazioni medie orarie di SO ₂ , Polveri, NO _x e NO ₂ alle ore 21 dell'8 agosto.....	67

Indice delle tabelle

Tabella 1 – Andamento termico – Valori medi mensili di temperatura	8
Tabella 2 – Estremi termici	8
Tabella 3 – Andamento pluviometrico	8
Tabella 4 – Andamento pluviometrico – Centrale di Tavazzano-Montanaso	9
Tabella 5 – Andamento dell'umidità relativa	9
Tabella 6 – Andamento dell'umidità relativa – Centrale di Tavazzano-Montanaso	10

Tabella 7 – Andamento dell'umidità relativa – stazioni Bergamo e Piacenza alle ore 7 e 13	10
Tabella 8 – Distribuzione delle provenienze del vento.....	11
Tabella 9 – Distribuzione delle categorie di stabilità – Centrale di Tavazzano-Montanaso	14
Tabella 10 – INEMAR - Emissioni annue (1997) nei 57 comuni considerati suddivise per macrosettori	16
Tabella 11 – INEMAR - Emissioni annue (1997) nei 57 comuni considerati	17
Tabella 12 – Stazioni RRQA.....	18
Tabella 13 – SO ₂ - Valori limite da DM 2.4.02 n° 60 - Allegato I - sez. I.....	20
Tabella 14 – SO ₂ - Standard di Qualità dell'Aria (DPCM 28.3.83 + DPR 203/88) Valori limite.....	20
Tabella 15 – SO ₂ - Standard di Qualità dell'Aria (DPCM 28.3.83 + DPR 203/88) Valori guida.....	20
Tabella 16 – SO ₂ – Concentrazione rilevata e confronto con i valori guida e con i valori limite (µg/m ³)	21
Tabella 17 – NO ₂ /NO _x - Valori limite da DM 2.4.02 n° 60 - Allegato II - sez. I.....	24
Tabella 18 – NO ₂ - Standard di Qualità dell'Aria (DPCM 28.3.83 + DPR 203/88) Valori limite.....	24
Tabella 19 – NO ₂ - Standard di Qualità dell'Aria (DPCM 28.3.83 + DPR 203/88) Valori guida.....	24
Tabella 20 – NO ₂ /NO _x – Concentrazione rilevata e confronto con i valori guida e con i valori limite (µg/m ³)	26
Tabella 21 – PTS - Standard di Qualità dell'Aria (DPCM 28.3.83 + DPR 203/88) Valori limite.....	28
Tabella 22 – PTS - Standard di Qualità dell'Aria (DPCM 28.3.83 + DPR 203/88) Valori guida	28
Tabella 23 – PTS - Concentrazione rilevata e confronto con i valori guida e con i valori limite (µg/m ³)	28
Tabella 24 – Configurazioni utilizzate nelle simulazioni modellistiche	31
Tabella 25 – Caratteristiche di emissione delle varie sorgenti	37
Tabella 26 – Condizioni di emissione delle varie sorgenti.....	37
Tabella 27 – SO ₂ – Confronto dei limiti di legge con i valori massimi calcolati dal modello	38
Tabella 28 – NO ₂ e NO _x – Confronto dei limiti di legge con i valori massimi calcolati dal modello.....	40
Tabella 29 – PM ₁₀ e PTS – Confronto dei limiti di legge con i valori massimi calcolati dal modello.....	44
Tabella 30 – Emissioni complessive nelle varie configurazioni	54

STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	25/05/2006		Prima emissione

1 INTRODUZIONE

Le attività illustrate nel presente rapporto si configurano come un contributo specialistico alla predisposizione della documentazione per l'iter relativo all'Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA), per quanto concerne il comparto atmosfera.

Nello studio viene presentata da prima la caratterizzazione meteo climatica dell'area di indagine, vengono poi analizzati i dati relativi alla Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria (RRQA), della centrale Endesa di Tavazzano-Montanaso ed infine vengono condotte simulazioni modellistiche, su tutte le configurazioni impiantistiche previste nell'arco temporale 2006 – 2015.

Le simulazioni modellistiche sono state condotte con il codice gaussiano ISC3 nella sua versione short term, per consentire di analizzare gli Standard di Qualità dell'Aria (SQA), e con il codice lagrangiano a particelle SPRAY, per i successivi approfondimenti mirati ad analizzare con maggiore dettaglio le situazioni più critiche sia a livello meteorologico che emissivo.

Le configurazioni impiantistiche analizzate sono cinque e vanno da quella attuale, rappresentata dal funzionamento di due gruppi a ciclo combinato ed una sezione termica tradizionale, a quella futura prevista per il 2015 dove si avranno tre gruppi a ciclo combinato.

2 CARATTERIZZAZIONE METEO CLIMATICA

L'area di indagine considerata nelle valutazioni inerenti la qualità dell'aria ha preso in considerazione un dominio quadrato di 25 chilometri di lato, sovrapposto e centrato sulla Centrale Endesa di Tavazzano-Montanaso. Tale dominio situato all'interno della Pianura Padana, è stato utilizzato per le simulazioni modellistiche relative alla valutazione previsiva dei possibili impatti sulla qualità dell'aria (Figura 1).

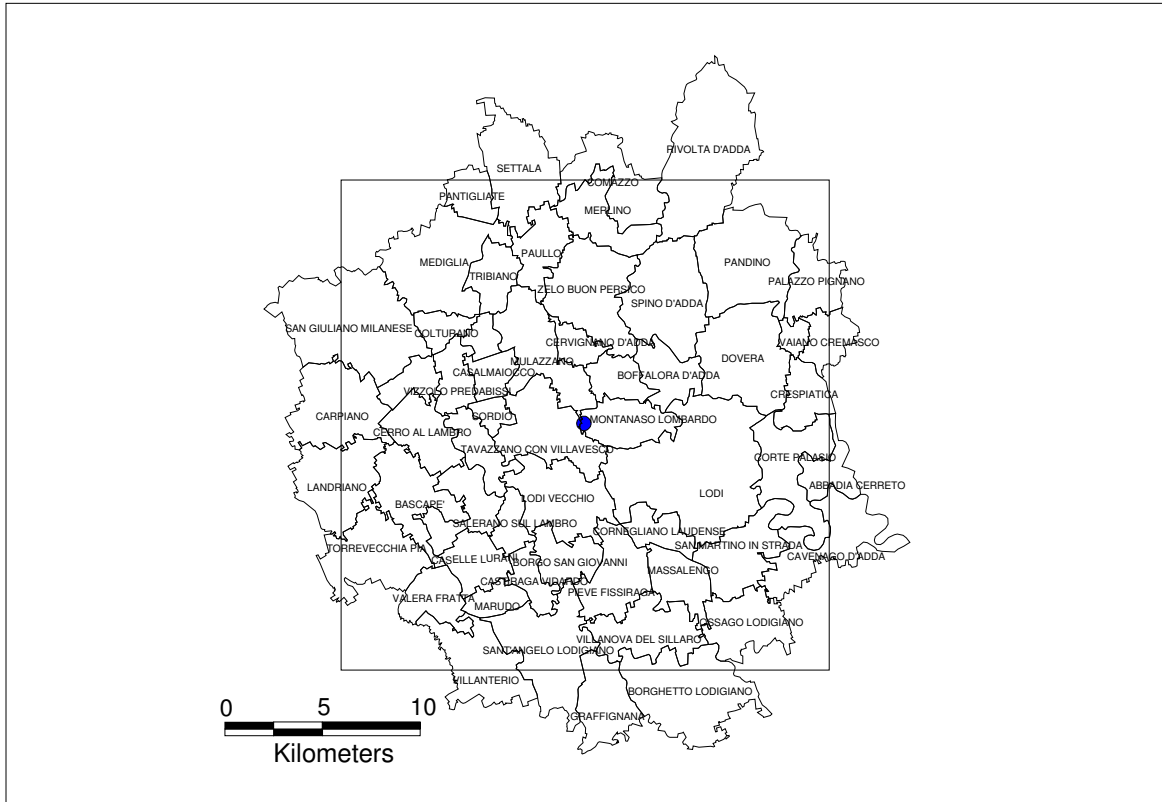


Figura 1 - Area di indagine e dominio di calcolo utilizzato per le valutazioni modellistiche

Sull'intero territorio della Pianura Padana si può parlare di spiccata uniformità climatica anche se si distinguono due subregioni, quella lacustre nelle Prealpi, ove si avverte l'azione mitigatrice delle masse d'acqua dei laghi, e quella più tipicamente Padana nella bassa pianura con forti escursioni termiche.

Il sito in studio è situato nella parte centrale della Pianura Padana, in una delle regioni più densamente popolate dell'Italia settentrionale, ed è caratterizzato morfologicamente dall'attraversamento di affluenti del Po (Ticino ed Adda), dalla presenza abbondante di acque risorgive, ossia di acque assorbite dai terreni grossolani dell'alta pianura che affiorano sui terreni permeabili in questa zona di bassa pianura, e dalla ricchezza di canali che ne fanno una delle zone più umide del territorio padano.

Dal punto di vista climatico, secondo il Mennellaⁱ, il sito, specie per gli effetti termici, appartiene alla fascia laterale Nord, identificata come fascia omogenea fiancheggiante l'asse del corso del Po verso le pendici alpine da Novara a Crema.

L'insieme delle condizioni climatiche di questa regione è costituito essenzialmente da inverni rigidi ed estati calde con elevata umidità, specie ove è più ricca l'idrografia. Le nebbie sono frequenti, specie in inverno, le piogge sono distribuite regolarmente nel corso dell'anno, con manifestazioni temporalesche nel periodo estivo e con totali annui compresi tra 600 e 1000 mm. La ventosità è bassa.

Secondo lo schema quantitativo di classificazione climatica del Koppenⁱⁱ le condizioni climatiche dell'area in esame rientrano nella categoria dei *climi temperati di tipo C*: in particolare il clima è di tipo *subcontinentale con estate calda ed inverni rigidi denominato "temperato umido con nebbie frequenti (Cfan)"*.

In funzione dell'indice di umidità globale e considerando le variazioni stagionali di umidità il Thornthwaiteⁱⁱ lo colloca nella classe di clima umido senza deficienza idrica durante tutto l'anno *denominato umido con indice di aridità minimo (Ar)*.

Le masse d'aria che si avvicendano in questa zona sono, in linea di massima, quelle che si succedono, nelle varie stagioni sull'intero settentrione d'Italia, con alternanza di venti deboli occidentali, o venti orientali di Scirocco, nel caso di situazioni perturbate, o ancora venti orientali legati al fenomeno della Bora. Le direzioni prevalenti sono i venti da Nord-Ovest in inverno e quelli da Est o Sud-Est. I venti da Nord si configurano solo in certe vallate, i venti da Ovest sono modificati dalle Alpi francesi ed elvetiche e quelli da Nord-Est sono ostacolati dalle Alpi Giulie e Carniche. Solo l'Est, il Sud-Est e il Sud Sud-Est hanno via libera penetrando dall'Adriatico. Da tutto ciò deriva che la zona in esame è una regione anemologicamente tranquilla. Nella stagione invernale essa resta per lo più sotto l'influenza di uno strato spesso di aria fredda che vi si accumula e vi staziona talvolta per intere settimane, con calma assoluta di vento, cui sono correlate le persistenti formazioni nebbiose. Questa situazione si verifica per un buon terzo dei giorni di dicembre e di gennaio; e genera nebbie fitte, in condizioni di alta pressione, precipitazioni intense, spesso anche nevose, in caso di tempo perturbato. Queste ultime contribuiscono in media a 160 mm del totale caduto nell'intera stagione e sono concentrate in pochi giorni.

Piuttosto brusco è il passaggio alla stagione primaverile: il più intenso riscaldamento del suolo durante il giorno agevola la formazione di nubi ad evoluzione diurna causando piogge di una certa intensità, che, dalla fine di maggio, assumono carattere temporalesco. Queste dipendono in generale da ripercussioni di depressioni mediterranee o di depressioni che si formano sul golfo di Genova (situazioni corrispondenti ai tipi di tempo 4 e 2 secondo Borghi e Giugliacci). In queste stagioni non è raro trovare venti intensi in quota da Nord o Nord-Ovest che si presentano come venti di caduta (Foehn), causati dalla presenza della barriera alpina, e che inducono negli strati bassi condizioni di relativo bel tempo.

In estate il tempo è dominato soprattutto dalla pressione livellata; in queste condizioni spesso si crea un'area depressionaria di carattere termico appena accentuata che, con infiltrazioni d'aria fredda proveniente da Nord-Ovest o da Nord, favorisce l'attività temporalesca. Di conseguenza si ha, in generale una quantità di pioggia che può essere anche rilevante, conferendo alla zona anche caratteristiche di continentalità. L'estate, oltre ad essere abbastanza calda, è anche afosa per l'elevato tenore d'umidità.

L'autunno, per la regione in esame, è la tipica stagione delle perturbazioni: fanno sentire la propria influenza le depressioni mediterranee che cominciano ad incrementare l'afflusso d'aria fredda. Ciò accade senz'altro verso la fine della stagione, con aria che tenderà a sostare sul territorio per lunghi periodi, anticipando la situazione tipica dell'inverno. Questo è il periodo, in cui predominano i venti da Est ed anche in tal caso il tempo può essere nebbioso ad evoluzione diurna. Le precipitazioni in autunno sono abbondanti facendo registrare per lo più il massimo dell'anno, ma non più frequenti che nella primavera.

Le caratteristiche locali possono essere meglio delineate dagli andamenti mensili dei diversi parametri.

L'andamento termico dell'area, elaborato sul lungo periodo, mostra andamenti caratteristici come si deduce dai valori di alcune stazioni delle pendici alpine, della fascia laterale Nord e della zona assiale del Po riportati nella Tabella 1 (Mennellaⁱ).

I valori medi mensili di temperatura più elevati sono riscontrati in luglio nella stazione di Milano anche per l'effetto dell'isola di calore. Bergamo risente dell'azione mitigatrice della fascia dei laghi, con medie più elevate nel periodo invernale e più basse in quello estivo, mentre Cremona e Piacenza risentono in particolare dell'effetto dell'accumulo dell'aria fredda nel periodo invernale (la media di gennaio è di circa 2.5 °C inferiore a quella di Bergamo).

STAZIONE	MESE												ANNO
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	
Bergamo 386 m s.l.m	2.5	3.4	7.4	11.8	15.8	20.4	23.1	22.7	19.3	13.5	8.4	3.8	12.7
Milano 147 m s.l.m	1.9	3.8	8.6	13.2	17.3	22.2	24.8	23.9	20.3	13.7	8.5	3.0	13.4
Cremona 68 m s.l.m	0.6	3.5	8.0	13.0	17.2	21.8	24.5	23.3	19.4	13.2	6.7	2.0	12.8
Piacenza 72 m s.l.m	0.3	1.6	7.2	11.8	15.7	20.4	22.9	22.4	15.8	12.8	7.7	2.1	12.0

Tabella 1 – Andamento termico – Valori medi mensili di temperatura

L'analisi dei valori estremi, effettuata per la stazione di Centrale, evidenzia la possibilità di riscontrare temperature notevolmente basse nel periodo invernale, associate ad un'escursione termica contenuta per l'elevata frequenza dei casi di nebbia. I massimi assoluti estivi possono raggiungere temperature superiori ai 35 °C e sono presenti nel mese di agosto (Tabella 2).

**Temperature massime assolute , medie delle massime,
Temperature medie,
media delle temperature minime, minime assolute,
escursione termica diurna.**

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	A
Tavazzano (100 s.l.m.)	13.5	22.2	25.4	26.6	30.9	33.8	34.7	35.4	31.2	28.2	20.3	15.7	35.4
Max	3.8	6.7	11.6	14.8	20.0	23.2	25.6	25.4	20.1	15.2	8.9	4.6	15.0
T. med	2.6	4.9	9.3	12.8	18.3	21.4	23.9	23.2	18.2	10.8	7.6	3.8	13.1
min	0.8	2.0	5.2	8.8	14.5	17.5	20.0	19.1	14.6	10.8	5.6	2.3	10.0
Escur.	-6.7	-4.9	-4.0	-0.4	5.5	9.6	13.0	9.0	5.7	-2.3	-4.5	-4.1	-6.7

Tabella 2 – Estremi termici

Per quanto riguarda il **regime pluviometrico** l'andamento mensile, rivelato dai dati di alcune stazioni limitrofe (Mennella¹), presenta due massimi uno nel tardo periodo primaverile (maggio) e l'altro nel tardo periodo autunnale; valori minimi si riscontrano in estate, sempre comunque con valori superiori alla soglia di siccità indicata dal Koeppen, e alla fine dell'inverno. L'andamento si presenta intermedio tra quello mediterraneo e quello subcontinentale (Tabella 3).

STAZIONE		G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Milano 121 m s.l.m.m	mm giorni	61 7	55 5	68 7	82 9	100 10	80 7	59 5	68 5	74 6	93 8	97 8	75 7	912 84
Lodi 80 m s.l.m	mm giorni	56 6	42 5	64 7	76 7	81 9	75 7	45 4	58 5	74 5	79 7	85 8	57 7	792 77
Cremona 45 m s.l.m.m	mm giorni	48 7	49 6	46 6	56 7	69 8	48 6	32 4	46 5	51 5	75 8	69 8	52 7	641 77
Piacenza 72 m s.l.m.m	mm giorni	61 8	48 7	59 8	76 10	86 10	61 8	50 6	36 5	63 7	106 10	80 10	68 8	794 98

Tabella 3 – Andamento pluviometrico

L'analisi dei dati rilevati nella stazione della Centrale di Tavazzano-Montanaso, negli ultimi 5 anni riportati nella Tabella 4 e nella Figura 2, confermano l'andamento tipico regionale con uno spostamento a giugno del massimo primaverile, una diminuzione delle precipitazioni nel periodo estivo e un incremento dei periodi siccitosi in inverno.

STAZIONE		G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
C.le Tavazzano-Montanaso 100 m s.l.m.m.	mm	68	31	22	59	70	76	24	40	94	64	97	87	653
	giorni	17	7	5	11	11	10	6	9	10	11	16	15	113

Tabella 4 – Andamento pluviometrico – Centrale di Tavazzano-Montanaso

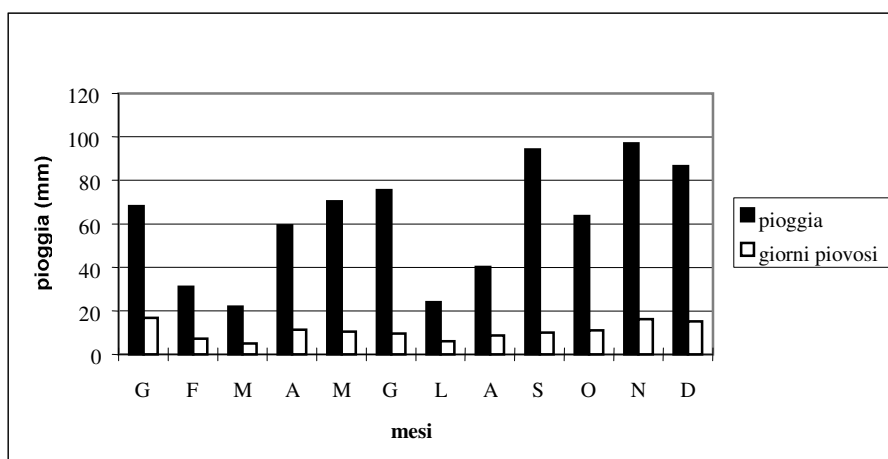


Figura 2 - Rappresentazione grafica dell'andamento pluviometrico per la Centrale di Tavazzano-Montanaso

L'umidità relativa media, nella fascia laterale Nord della Pianura Padana, si colloca tra il 65% delle zone pedemontane e il 72% di quelle più vicine al Fiume Po. Evidente è la differenza nel periodo invernale dove, per l'elevata frequenza di condizioni di nebbia, nelle stazioni di Piacenza e Cremona si hanno valori medi che raggiungono l'85 o il 90%. Nel periodo estivo invece tutte le postazioni presentano valori simili di umidità media inferiori al 59% (Tabella 5).

STAZIONE	MESE												ANNO
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	
Bergamo 386 m s.l.m	71	66	61	62	65	62	59	59	66	72	79	65	65
Milano 147 m s.l.m	82	75	70	61	60	58	56	59	67	77	82	83	69
Cremona 68 m s.l.m	90	75	69	60	59	60	57	61	66	80	83	87	71
Piacenza 72 m s.l.m	84	77	69	66	64	62	59	62	68	79	84	85	72

Tabella 5 – Andamento dell'umidità realtiva

Nei valori degli ultimi 5 anni rilevati nella stazione della Centrale di Tavazzano-Montanaso si riscontra un comportamento più vicino a quello delle stazioni di Piacenza e Cremona (Tabella 6).

Umidità relativa media delle ore 7 e delle ore 13

Umidità media

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	A
Tavazzano													
100 m s.l.m.													
media ore 7	89.3	84.3	83.2	85.1	83.6	84.2	88.4	90.7	91.6	89.8	88.8	89.3	86.3
media diurna	85.0	74.3	62.9	63.7	66.6	68.3	69.2	71.4	75.6	80.2	83.4	86.1	72.5
media ore 13	80.6	65.5	53.3	52.7	53.9	55.2	53.6	54.5	60.1	68.5	75.5	82.6	61.7
gg. con UR>95% alle ore 7	6.0	4.2	3.0	5.7	4.2	3.7	3.8	9.0	10.6	11.2	9.8	4.6	66.5
gg. con UR<30% alle ore 13	2.8	2.8	3.2	4.0	0.8	1.3	0.4	1.0	1.2	1.6	2.6	2.4	22.2

Tabella 6 – Andamento dell’umidità relativa – Centrale di Tavazzano-Montanaso

L’analisi dettagliata alle ore 7 e alle ore 13 viene riportata nella tabella seguente (Tabella 7) anche per le stazioni di Bergamo e Piacenza.

STAZIONE		G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Bergamo	(386 m s.l.m)													
Gg con UR>95% alle ore 7	giorni	7.0	3.2	2.2	4.6	4.8	0.8	0.8	1.2	2.6	6.4	8.4	8.8	50.8
Gg con UR<30% alle ore 13	giorni	0.6	1.2	2.2	0.8	0	0.6	0.4	0.8	0	0	0.2	0	6.8
Piacenza	(76 m s.l.m)													
Gg con UR>95% alle ore 7	giorni	13.8	9.0	8.0	5.2	5.4	0.4	0.8	1.2	4.4	10.2	15.8	14.6	88.8
Gg con UR<30% alle ore 13	giorni	0	1.0	1.4	1.0	0	1.4	0.4	1.0	0.2	0	0.2	0	6.6

Tabella 7 – Andamento dell’umidità relativa – stazioni Bergamo e Piacenza alle ore 7 e 13

Il comportamento della Centrale di Tavazzano-Montanaso è intermedio rispetto a quelli di Piacenza e di Bergamo. I valori dell’umidità alle ore 7 sono maggiori del 95% in molte delle giornate autunnali ed invernali in analogia con la stazione di Piacenza, che vede, a novembre e dicembre, quasi la metà dei giorni del mese con queste caratteristiche.

Il **regime anemologico** della Val Padana è condizionato soprattutto dalla posizione perimetrale dell’imponente rilievo orografico che la delimita nettamente ad Ovest, a Nord, e a Sud, rimanendo solo aperta al Mare Adriatico ad Est. Il dominio dei venti è da Nord-Ovest nell’inverno e da Sud-Est nell’estate: si constata comunque la presenza di una circolazione assai debole fino ad una quota di circa 1000 m (850 mb) con una frequenza di calme, nelle osservazioni al suolo, che può raggiungere anche il 70 % (Mennella’).

Per lo strato più vicino al suolo le direzioni di provenienza sono interessate sia dal contributo della circolazione di brezza di tutto il bacino padano che dai venti di Foehn e, in parte, di Bora. Il primo di questi è un vento discendente che si genera dalla formazione orografica, quando esiste una forte depressione sul Mediterraneo, e sono presenti in quota correnti nordoccidentali, il secondo è un vento secco e per lo più molto freddo, (nonostante sia un vento di caduta) soffiante a raffiche violente con direzione dal settore Nord Nord-Est sull’area della pianura veneta. Nella zona in studio la presenza del primo determina una direzione da Nord Nord-Ovest con moderata intensità e aria prevalentemente secca, mentre la presenza del secondo, sospingendo le masse d’aria all’interno del bacino, favorisce la componente orientale.

La rosa dei venti in quota (240 m) di Tavazzano si presenta, infatti, con due direzioni prevalenti dai quadranti nordoccidentali e sudorientali. Quest’ultima provenienza è parallela all’asse della Val Padana ed è legata anche alla circolazione di brezza che, nelle ore diurne, si procede da valle verso monte. Nelle ore quelle notturne, invece, i venti catabatici instaurano una circolazione opposta che si presenta nella stessa direzione del vento di Foehn, vale a dire da Nord-Ovest.

La distribuzione delle direzioni in quota è simile a quella rilevata in altre stazioni disposte sull'asse della Val Padana come Piacenza e Corso (Figura 3).

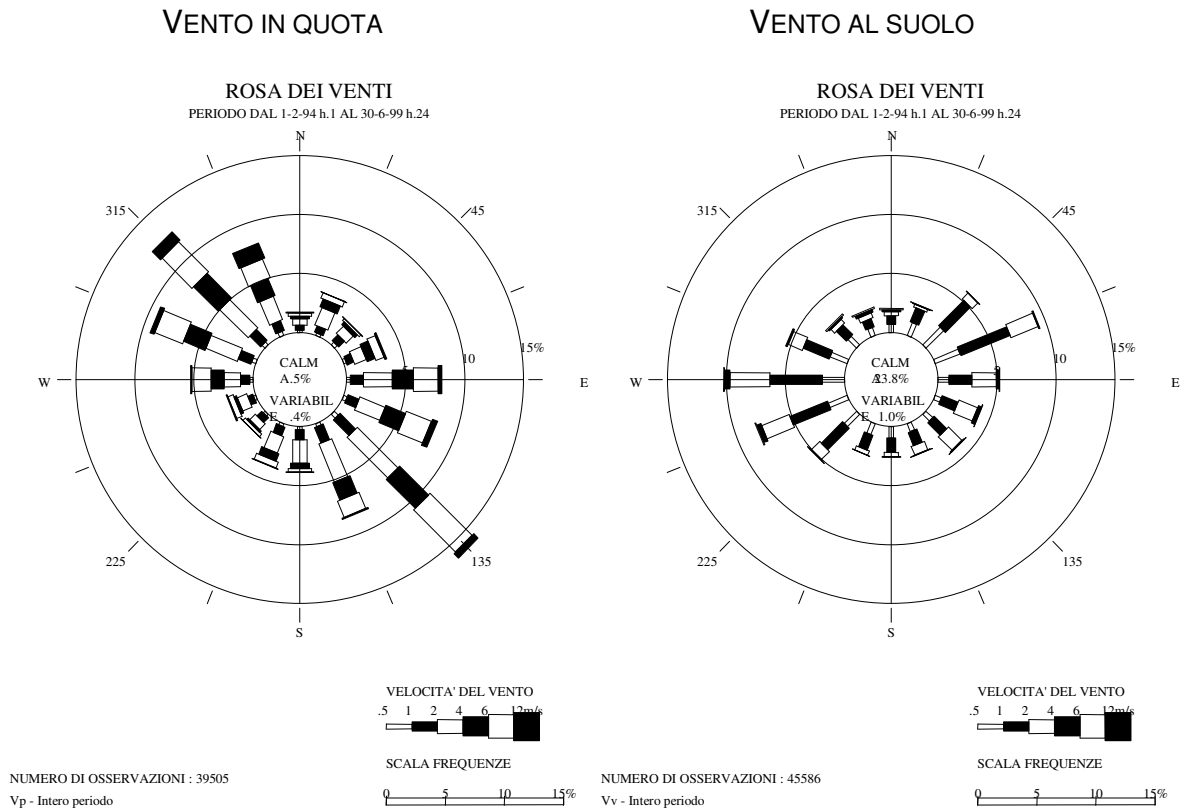


Figura 3 - La rosa dei venti in quota (240m) di Tavazzano-Montanaso

A confronto si riporta nella seguente Tabella 8 la frequenza annua del vento (dal Mennellaⁱ, per la media delle ore 7 e 16, in %) per alcune stazioni della Val Padana circostanti l'area in esame dove è evidente l'elevata frequenza delle componenti orientali ed occidentali. Nella stazione di Bergamo, in particolare, queste sono ruotate da Nord e da Sud in relazione all'influsso delle vallate alpine.

stazione	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Calme
Bergamo	15.7	5.5	2.0	3.1	6.0	5.2	4.1	2.2	56.3
Linate	5.3	6.8	10.1	3.9	7.0	12.3	6.1	3.8	44.6
Piacenza	4.0	6.2	10.5	6.5	1.5	4.6	10.6	9.6	46.5

Tabella 8 – Distribuzione delle provenienze del vento al suolo

L'elevata frequenza delle condizioni di calma è relativa anche al fatto che il Mennellaⁱ considera, in questa classe, i venti inferiori ai 6 km/h (1.67 m/s). La percentuale dei casi con intensità inferiore ai 0.5 m/s, nei rilevamenti della Centrale di Tavazzano-Montanaso, non è trascurabile ed è pari a 23.8 %. La ventosità del sito è pertanto da ritenersi moderata: venti superiori ai 6 m/s sono in pratica presenti solo in quota.

La diversa polarizzazione delle rose dei venti al suolo ed in quota, può essere attribuita all'effetto di rotazione, dovuto alla forza d'attrito del terreno, che può ruotare anche di 45-50° la direzione di provenienza presente alle quote superiori e ai venti catabatici che, discendendo dalle vallate alpine dai quadranti settentrionali, interessano solo gli strati più bassi determinando sul sito di Tavazzano -

Montanaso, per l'incanalamento nella valle dell'Adda, provenienze da Nord-Est. A conferma di ciò si può considerare la rosa dei venti notturni che mostra, infatti, un incremento di queste direzioni. In condizioni d'instabilità invece, in altre parole nelle ore diurne, si ha un incremento delle provenienze da Sud-Ovest indicando un'influenza rilevante della circolazione di brezza legata alla valle dell'Adda, rispetto a quella complessiva della Val Padana. L'influenza in quota di queste direzioni è limitata, sicuramente nelle ore notturne ma anche in quelle diurne. In quota, infatti, la variazione tra le ore notturne e quelle diurne si presenta irrilevante.

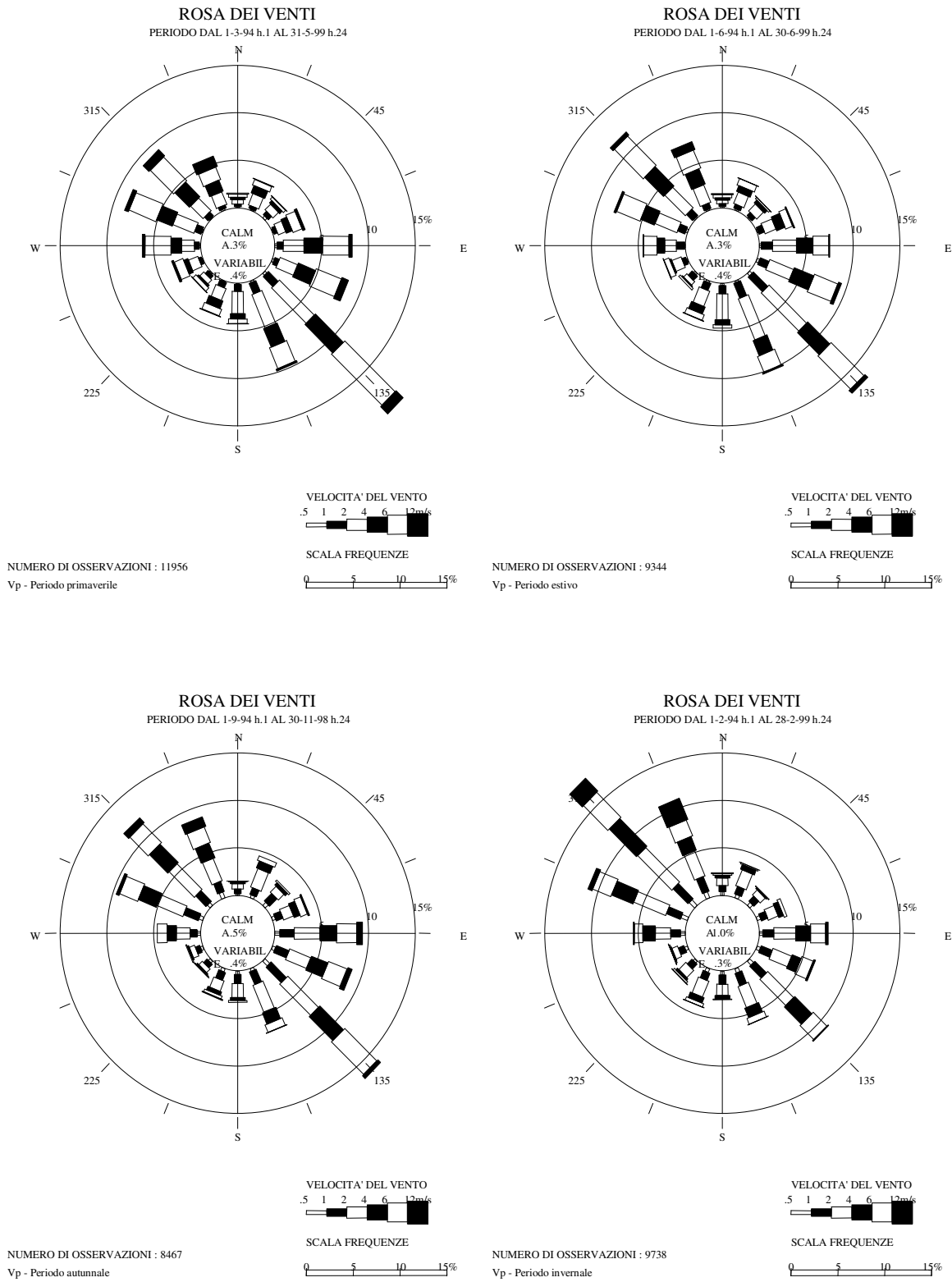


Figura 4 - Rose dei venti stagionali – Centrale di Tavazzano-Montanaso

Gli andamenti stagionali non mostrano particolari differenze in quota in quanto resta sempre evidente la polarizzazione Sud-Est Nord-Ovest. Nel periodo primaverile è prevalente il Sud-Est, che si riduce poi con il passare delle stagioni incrementando il Nord-Ovest che raggiunge il massimo nel periodo invernale (Figura 4).

Il parametro di **stabilità atmosferica** è qui introdotto come caratteristica locale dell'atmosfera, influenzante la dispersione degli inquinanti, direttamente legata alle condizioni d'insolazione, nelle ore diurne, e di scambio radiativo, in quelle notturne.

L'associazione delle condizioni di stabilità con la direzione di provenienza del vento evidenzia le modalità di diffusione degli inquinanti per le diverse direzioni. Le categorie instabili (A, B, C) sono associate alle provenienze di tutto il quadrante meridionale e prevalenza da Ovest. In particolare per la categoria A sono evidenziate le condizioni di brezza governate dalle Prealpi bergamasche, mentre le categorie B e C presentano una maggiore polarizzazione Est-Ovest. La categoria C mostra inoltre i casi con le velocità più elevate in assoluto (sempre da Ovest).

La categoria neutrale D è invece associata principalmente alle provenienze da Est Nord-Est e in seconda battuta da Ovest. Le categorie stabili sono ancora associate a queste provenienze, con l'accentuazione dell' Est Nord-Est in categoria E e delle calme di vento in categoria F.

La distribuzione annuale delle diverse condizioni di stabilità, è evidenziata nella Tabella 9, dove sono riportate le distribuzioni di frequenza mensile per la stazione di Centrale.

**Tavazzano (100 m s.l.m.)
Distribuzione delle categorie di stabilità**

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	A
A	0.0	0.3	4.2	8.0	11.6	14.4	17.3	16.0	6.8	0.9	0.0	0.0	6.7
B	4.9	10.9	16.4	15.0	17.6	18.8	18.6	16.3	15.3	13.3	5.6	1.6	13.1
C	6.7	9.1	10.1	11.4	11.1	10.9	9.1	8.8	9.4	10.4	7.1	5.5	9.3
D	43.7	33.9	33.2	36.5	34.8	30.0	25.2	24.1	29.8	32.3	43.7	44.9	34.4
E	19.1	15.9	16.6	11.5	9.5	8.1	9.3	8.4	9.6	11.8	15.6	19.7	12.9
F	25.6	29.9	19.4	17.6	15.4	17.8	20.5	26.4	29.0	31.4	28.0	28.4	23.7
nr dati	3655	3663	4348	4314	4457	4320	2972	3703	3566	3562	3555	3470	45585

Tabella 9 – Distribuzione delle categorie di stabilità – Centrale di Tavazzano-Montanaso

L'andamento annuale mostra il massimo per la categoria D (34.4% circa), seguito dalla categoria F (23.7%). A livello mensile le categorie instabili (A, B, C) mostrano gli andamenti tipici, cioè hanno frequenza maggiore nei periodi caldi, mentre le categorie stabili (E ed F) mostrano frequenze massime in autunno ed in inverno. Decisamente elevata è la frequenza delle categorie A e B nel periodo estivo.

3 STATO ATTUALE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

La qualità dell'aria nel comprensorio di interesse è il risultato della sovrapposizione dei contributi alle concentrazioni degli inquinanti al suolo derivanti dalle emissioni delle sorgenti presenti e dai processi di trasformazione e dispersione atmosferica cui tali emissioni vanno incontro. Questi processi incidono in misura diversa in relazione alle caratteristiche chimico-fisiche ed alla distribuzione spaziale delle sorgenti.

La caratterizzazione dello stato attuale di qualità dell'aria è stata condotta prendendo in considerazione i dati e le informazioni disponibili attestanti la tipologia e la localizzazione delle diverse fonti di inquinamento presenti nell'area di indagine e analizzando i dati registrati dalla Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria (RRQA); in particolare il comprensorio d'interesse è ben descritto dalle misure effettuate nelle stazioni della rete di rilevamento della Centrale, costituita da 11 postazioni chimiche e da 1 postazione meteo.

3.1 Localizzazione e caratterizzazione delle fonti inquinanti

Lo stato di qualità dell'aria in una particolare zona dipende dalle sostanze emesse in atmosfera da parte delle diverse sorgenti presenti nell'area. Il comportamento degli effluenti dopo l'emissione dipende inoltre sia dalle caratteristiche del processo emissivo che dalle condizioni meteorologiche, fenomeni alla base della dispersione dei fumi in atmosfera e della conseguente concentrazione al suolo degli inquinanti.

In generale, le principali fonti di inquinamento atmosferico sono le attività industriali (impianti petrolchimici e siderurgici, raffinerie di petrolio, cementifici, concerie, ecc) compresa quella per la produzione di energia (centrali termoelettriche) e quella estrattiva, il traffico veicolare, i processi di combustione per la produzione di calore (impianti termici), l'incenerimento di rifiuti solidi.

Per l'area circostante la Centrale Endesa di Tavazzano-Montanaso sono disponibili i dati dell'inventario delle emissioni Inemar¹ (INventario EMissioni Ariaⁱⁱⁱ),

realizzato all'interno del Piano Regionale per la Qualità dell'Aria (PRQA) della Regione Lombardia. INEMAR è un database realizzato per effettuare l'inventario delle emissioni in atmosfera, ovvero stimare le emissioni a livello comunale dei diversi inquinanti, per diverse attività (riscaldamento, traffico, agricoltura, industria, secondo la classificazione Corinair) e tipo di combustibile. La classificazione CORINAIR suddivide le sorgenti in 11 macrosettori di attività, a loro volta suddivisi in settori e categorie di sorgenti per un totale di oltre 300 categorie.

Le informazioni raccolte nel sistema Inemar sono le variabili necessarie per la stima delle emissioni: indicatori di attività (consumo di combustibili, consumo di vernici, quantità incenerita, e in generale qualsiasi parametro che traccia l'attività dell'emissione), fattori di emissione, dati statistici necessari per la disaggregazione spaziale e temporale delle emissioni.

In particolare, il sistema è stato applicato per la stima delle emissioni della Regione Lombardia per l'anno 1997. Nel seguito sono presentati i dati dell'inventario delle emissioni in atmosfera per l'area circostante la Centrale Endesa.

L'inventario regionale INEMAR è disponibile con un dettaglio spaziale a livello comunale, di conseguenza sono stati selezionati i dati di emissione comunali per i 57 comuni (Figura 5) delle provincie di Cremona, Lodi, Milano e Pavia considerati nel presente studio.

¹ <http://www.ambiente.regione.lombardia.it>

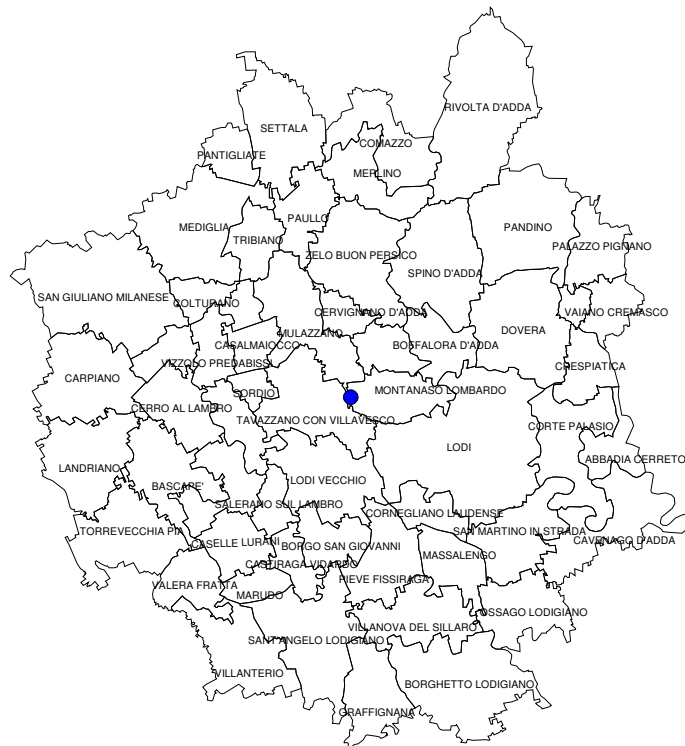


Figura 5 - Comuni considerati nell'inventario delle emissioni

La successiva Tabella 10 presenta, per l'insieme dei 57 comuni considerati nello studio, le emissioni annue per l'anno 1997 suddivise per macrosettori.

cod	macrosettore	SO ₂ (Mg)	NO _x (Mg)	COV (Mg)	CH ₄ (Mg)	CO (Mg)	CO ₂ (Gg)	N ₂ O (Mg)	NH ₃ (Mg)
1	Prod. energia e trasform. comb.	2 063.00	1 179.48	65.16	65.91	604.29	1 493.89	5.03	-
2	Combustione non industriale	123.90	396.23	157.14	114.84	1 593.40	490.19	39.14	-
3	Combustione nell'industria	189.72	438.63	27.66	12.39	406.90	260.06	16.71	-
4	Processi produttivi	1.94	12.85	660.50	-	24.28	0.08	-	-
5	Estrazione e distribuzione comb.	-	-	362.63	2 067.27	-	-	-	-
6	Uso di solventi	-	-	4 098.18	-	-	-	-	-
7	Trasporto su strada	163.88	5 567.08	4 769.76	198.78	21 012.87	729.02	62.65	82.41
8	Altre sorgenti mobili	41.56	345.13	49.51	1.15	110.29	21.61	8.90	0.06
9	Trattamento e smaltimento rifiuti	2.79	15.13	3.76	13 434.45	27.43	64.16	0.06	-
10	Agricoltura	-	16.75	33.89	14 391.46	455.14	-	162.97	5 756.20
11	Altre sorgenti e assorbimenti	0.11	0.47	217.50	51.28	13.48	-	0.01	0.11
	totale	2 586.9	7 971.7	10 445.7	30 337.5	24 248.1	3 059.0	295.5	5 838.8

Tabella 10 – INEMAR - Emissioni annue (1997) nei 57 comuni considerati suddivise per macrosettori

Nello specifico, nell'area in studio le emissioni sono principalmente legate ai seguenti fattori:

- produzione di energia responsabile di circa l'80% delle emissioni di SO₂ e di circa il 49% delle emissioni di CO₂;
- la combustione nell'industria tiene conto del 7% delle emissioni di SO₂ e del 5% di quelle di NO_x;
- la combustione non industriale (riscaldamento ambienti) è responsabile di circa il 5% delle emissioni di ossidi di azoto e di zolfo;
- trasporti su strada a cui sono imputati il 70% delle emissioni di NO_x e l'87 % delle emissioni di CO, nonché il 45% delle emissioni di composti organici volatili (COV);

- i rifiuti e l'agricoltura si dividono le emissioni di CH₄, l'agricoltura inoltre, risulta responsabile della quasi totalità delle emissioni di ammoniaca.

Nella Tabella 11 è riportata la distribuzione delle emissioni degli inquinanti considerati nei comuni appartenenti all'area di studio.

comune	provincia	SO ₂	NO _x	COV	CH ₄	CO	CO ₂	N ₂ O	NH ₃
		(Mg)	(Mg)	(Mg)	(Mg)	(Mg)	(Gg)	(Mg)	(Mg)
CARPIANO	MILANO	10.5	192.7	141.5	484.8	495.5	23.1	5.6	112.5
CERRO AL LAMBRO	MILANO	7.6	186.4	137.6	124.6	485.2	28.7	4.1	41.0
COLTURANO	MILANO	4.6	102.1	97.1	82.1	245.9	13.6	2.2	25.4
DRESANO	MILANO	1.9	21.3	67.0	35.1	112.1	7.0	1.0	8.1
MEDIGLIA	MILANO	15.4	235.0	355.8	373.7	792.7	43.9	8.7	108.8
MELEGNANO	MILANO	26.1	216.8	477.2	172.4	1074.0	63.3	6.5	77.3
PANTIGLIATE	MILANO	5.4	105.8	187.1	9.9	402.6	15.5	1.5	1.6
PAULLO	MILANO	11.0	137.5	273.2	206.2	607.2	39.4	5.6	51.5
SAN GIULIANO MILANESE	MILANO	71.0	1129.0	1544.3	457.5	3981.0	204.9	20.1	82.2
SAN ZENONE AL LAMBRO	MILANO	10.8	291.8	160.0	133.7	637.2	40.5	5.2	43.0
SETTALA	MILANO	21.7	357.7	696.0	380.5	993.4	46.9	6.6	200.9
TRIBIANO	MILANO	9.1	88.8	221.8	108.4	216.0	15.3	2.7	33.2
VIZZOLO PREDABISSI	MILANO	26.8	114.4	163.3	10591.3	342.2	76.4	2.1	11.3
BASCAPE'	PAVIA	6.4	29.0	38.9	262.4	130.1	7.5	3.5	58.0
LANDRIANO	PAVIA	10.6	97.8	112.5	469.2	345.5	31.8	6.7	163.4
TORREVECCHIA PIA	PAVIA	7.1	74.5	79.4	200.1	255.5	17.7	3.0	32.3
VILLANTERIO	PAVIA	6.8	76.0	104.6	151.7	269.9	13.1	2.6	21.6
DOVERA	CREMONA	7.0	78.2	126.1	495.9	268.5	16.0	8.7	163.0
MONTE CREMASCO	CREMONA	1.5	18.8	57.6	79.9	90.7	5.8	1.5	26.1
PALAZZO PIGNANO	CREMONA	4.9	60.8	118.4	201.5	205.3	13.3	4.0	63.5
PANDINO	CREMONA	12.7	148.6	257.9	947.4	512.3	39.2	14.0	395.5
RIVOLTA D'ADDA	CREMONA	12.2	114.7	222.3	962.1	525.5	29.6	16.5	314.0
SPINO D'ADDA	CREMONA	13.0	184.2	247.3	421.9	499.7	33.4	8.8	132.8
VAIANO CREMASCO	CREMONA	6.0	59.3	155.0	155.2	189.4	12.6	3.2	50.0
ABBADIA CERRETO	LODI	0.4	3.0	7.8	238.4	23.5	1.0	2.8	106.2
BOFFALORA D'ADDA	LODI	1.2	17.6	35.5	366.6	93.2	4.6	2.9	227.9
BORGHETTO LODIGIANO	LODI	8.5	215.5	152.4	492.7	631.6	36.2	9.9	167.7
BORGO SAN GIOVANNI	LODI	3.4	70.7	65.8	148.5	433.4	12.3	3.0	53.7
CASALETTO LODIGIANO	LODI	13.8	21.3	62.6	154.9	90.5	7.0	2.6	48.1
CASALMAIOCCO	LODI	25.1	32.8	60.7	107.5	98.8	9.5	2.1	41.7
CASELLE LURANI	LODI	1.2	17.6	50.7	374.5	129.6	5.9	2.3	176.3
CASTIRAGA VIDARDO	LODI	1.5	13.2	51.8	82.4	72.8	5.1	1.3	37.4
CAVENAGO D'ADDA	LODI	4.9	117.6	163.8	3255.9	751.5	31.2	4.5	206.6
CERVIGNANO D'ADDA	LODI	0.9	12.9	37.8	128.9	71.7	4.2	2.1	43.6
COMAZZO	LODI	1.0	12.7	52.5	300.1	75.0	4.4	3.0	157.3
CORNEGLIANO LAUDENSE	LODI	1.1	18.2	71.6	286.4	98.5	6.8	2.3	182.6
CORTE PALASIO	LODI	1.4	18.1	53.6	404.9	106.1	5.0	6.0	140.4
CRESPIATICA	LODI	1.3	19.2	49.7	157.5	107.1	5.3	2.5	62.0
GALGAGNANO	LODI	1.1	5.6	32.6	145.8	29.4	2.0	1.0	98.7
GRAFFIGNANA	LODI	2.1	24.0	106.9	262.5	138.0	9.3	2.4	166.9
LODI	LODI	32.6	630.5	1297.8	1939.3	2345.0	270.2	27.4	219.1
LODI VECCHIO	LODI	11.9	337.0	286.5	302.9	801.7	58.3	8.6	100.5
MARUDO	LODI	0.6	9.6	26.4	187.0	56.6	3.3	1.2	122.9
MASSALENGO	LODI	2.2	41.7	141.4	77.4	198.7	12.0	1.9	27.0
MERLINO	LODI	1.7	11.6	44.1	278.3	53.9	5.0	3.9	111.9
MONTANASO LOMBARDO	LODI	2065.3	1224.1	135.8	203.4	745.9	1503.3	7.2	64.9
MULAZZANO	LODI	2.7	36.8	106.2	492.8	212.5	13.3	5.8	250.1
OSSAGO LODIGIANO	LODI	1.0	11.5	36.0	151.3	66.4	4.4	2.4	56.3
PIEVE FISSIRAGA	LODI	37.2	237.3	105.6	285.3	430.8	42.5	7.0	108.1
SALERANO SUL LAMBRO	LODI	1.1	18.9	41.6	82.0	85.5	7.2	1.4	38.1
SAN MARTINO IN STRADA	LODI	26.2	110.4	235.3	249.9	566.1	24.9	5.4	82.5
SANT'ANGELO LODIGIANO	LODI	7.2	119.1	312.2	407.0	625.1	42.1	8.1	149.8
SORDIO	LODI	2.8	60.8	123.8	65.2	178.9	11.8	1.7	23.7
TAVAZZANO CON VILLAVESCO	LODI	4.2	105.2	158.3	306.1	336.3	22.9	5.7	112.1
VALERA FRATTA	LODI	1.0	21.8	39.1	349.8	198.1	3.1	1.6	57.0
VILLANOVA DEL SILLARO	LODI	5.3	161.7	67.3	257.0	376.3	24.8	5.6	86.2
ZELO BUON PERSICO	LODI	4.9	92.4	190.3	287.9	342.1	21.5	5.6	94.5
totale		2586.9	7971.7	10445.7	30337.5	24248.1	3059.0	295.5	5838.8

Tabella 11 – INEMAR - Emissioni annue (1997) nei 57 comuni considerati

3.2 Analisi dei dati registrati dalla rete di monitoraggio della qualità dell'aria

Lo stato attuale della qualità dell'aria nel comprensorio d'interesse è ben descritto dalle misure effettuate nelle stazioni della rete di rilevamento della Centrale. Tale rete è costituita da 11 postazioni chimiche e da 1 postazione meteo, la cui collocazione spaziale (Figura 6) e dotazione strumentale è indicata nella Tabella 12. La tabella illustra inoltre la classificazione delle stazioni di misura riportata nel documento ANPA "Le reti di monitoraggio della qualità dell'aria in Italia" (RTI CTN_ ACE 3/2000). In particolare, con "tipo zona" si intende la caratteristica dominante del territorio in cui è sita la stazione², mentre con "tipo stazione" si intende soprattutto lo scopo del monitoraggio, e quindi la classe da attribuire è determinata dalle caratteristiche delle fonti di emissione (traffico o industrie) che influenzano prevalentemente il sito dove è posta la stazione³.

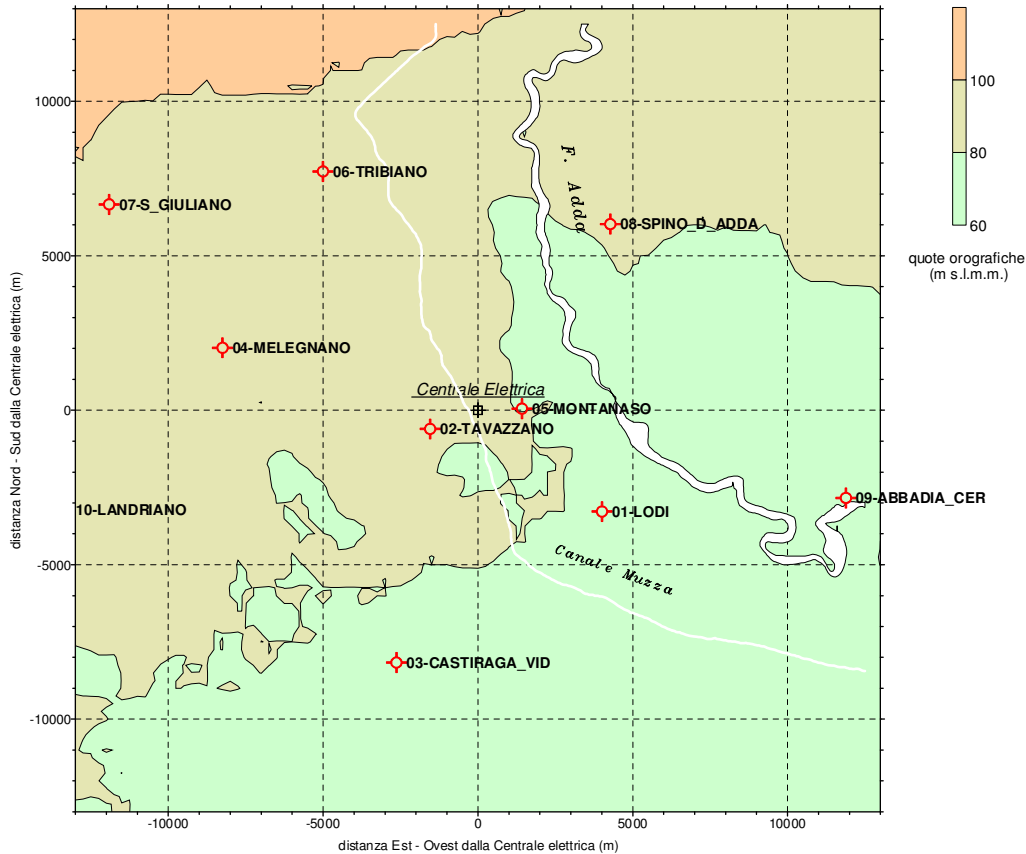
codice	Postazioni	Parametri rilevati					
	Località	SO ₂	PTS	NO _x	Meteo	tipo zona	tipo staz
P1	LODI	◆	◆	◆		U	I
P2	TAVAZZANO	◆	◆	◆		S	I
P3	CASTIRAGA VIDARDO	◆		◆		R	I
P4	MELEGNANO	◆	◆	◆		U	I
P5	MONTANASO	◆	◆	◆		R	I
P6	TRIBIANO	◆		◆		R	I
P7	S.GIULIANO	◆		◆		U	T
P8	SPINO D'ADDA	◆		◆		-	I
P9	ABBADIA CERRETO	◆		◆		R	I
P10	LANDRIANO	◆	◆	◆		R	I
P11	CODOGNO	◆		◆		U	I
Meteo di Centrale	Centrale Enel TAVAZZANO				◆		

Tabella 12 – Stazioni RRQA

I dati di SO₂, NO₂ e Polveri totali della Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria di Tavazzano sono stati analizzati per il periodo 1995÷2002. I risultati dei rilevamenti eseguiti, valutati in rapporto agli Standard di Qualità dell'Aria (SQA) fissati dalla normativa vigente, consentono di formulare un giudizio oggettivo sul grado di inquinamento atmosferico del territorio in esame e, quindi, sul contributo globale delle diverse fonti inquinanti insistenti sul territorio stesso, che sono rappresentate principalmente da: traffico veicolare (locale e di lunga percorrenza), industrie (compresa la produzione di energia elettrica), riscaldamento e attività agricole.

² Sono previste le seguenti tipologie U-urbana, S-suburbana, R-rurale

³ Sono previste le seguenti tipologie: T-traffico, I-industriale, F-fondo (background)



Nota: Postazione di Codogno (P 11) circa 14 km a Sud-Est dalla Centrale

Figura 6 - RRQA ubicazione postazioni

Nel seguito si analizzano i dati per i diversi composti richiamando gli aspetti normativi di riferimento fissati sia dal recente Decreto Ministeriale n°60 del 2.4.02 che dalla normativa transitoria definita dai DPCM 28.3.83 e DPR 203/88. In particolare, il D.M. n°60 del 2.4.02 fissa i valori limiti, la data entro la quale i limiti devono essere rispettati e il margine di tolleranza⁴ e le modalità secondo le quali tale margine deve essere ridotto nel tempo.

⁴ Il Dlgs 351/99 definisce il margine di tolleranza come la percentuale del valore limite nella cui misura tale valore può essere superato alle condizioni stabilite dal Dlgs stesso

3.2.1 Biossido di zolfo - SO₂

Il DM 2.4.02 n° 60 prevede limiti alle concentrazioni nell'aria ambiente sia per la protezione della salute umana sia degli ecosistemi come riportati nella Tabella 13.

Composto		Biossido di zolfo - SO ₂		
Tipo limite		1. Valore limite orario per la protezione della salute umana	2. Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	3. Valore limite per la protezione degli ecosistemi
Periodo di mediazione		1 ora	24 ore	anno civile e inverno (1° ottobre - 31 marzo)
Condizioni applicative		da non superare più di 24 volte per anno civile	da non superare più di 3 volte per anno civile	
Valore limite con margine di tolleranza alle diverse date	19-lug-99	500	-	-
	1-gen-00	500	-	-
	1-gen-01	470	-	-
	19-lug-01	-	-	20
	1-gen-02	440	-	20
	1-gen-03	410	-	20
	1-gen-04	380	-	20
	1-gen-05	350	125	20

NB. *Il carattere grassetto corsivo inserito in casella con bordo doppio e fondo colorato, rappresenta il valore limite in coincidenza della data alla quale deve essere raggiunto.*

Tabella 13 – SO₂ - Valori limite da DM 2.4.02 n° 60 - Allegato I - sez. I

Il DPCM 28.3.83 e DPR 203/88 prevedono inoltre per questo inquinante sia valori limite che valori guida validi su tutto il territorio nazionale riportati nella Tabella 14 e nella Tabella 15.

inquinante	Indice statistico	Valore limite
Biossido di zolfo SO ₂	50° percentile delle medie di 24 ore rilevate nell'arco di un anno (aprile÷marzo)	80 µg/m ³
	98° percentile delle medie di 24 ore rilevate nell'arco di un anno (aprile÷marzo). Valore da non superare per più di 3 giorni consecutivi	250 µg/m ³
	50° percentile delle medie di 24 ore rilevate durante il semestre invernale (ottobre÷marzo)	130 µg/m ³

Tabella 14 – SO₂ - Standard di Qualità dell'Aria (DPCM 28.3.83 + DPR 203/88) Valori limite

inquinante	indice statistico	Valore guida
Biossido di zolfo	media di 24 ore	100÷150 µg/m ³
SO ₂	media aritmetica delle medie di 24 ore rilevate nell'arco di un anno (aprile÷marzo)	40÷60 µg/m ³

Tabella 15 – SO₂ - Standard di Qualità dell'Aria (DPCM 28.3.83 + DPR 203/88) Valori guida

Nella Tabella 16, relativa al periodo 1995-2002, sono riassunte le statistiche dei valori rilevati presso le diverse postazioni della RRQA della Centrale, e che costituiscono un elemento di valutazione oggettiva dello stato della qualità dell'aria relativamente al biossido di zolfo.

I valori calcolati per gli indici statistici di riferimento, mostrano un ampio rispetto dei limiti in tutte le postazioni della RRQA; tali valori, infatti, sono sempre molto bassi.

PARAMETRO	CONCENTRAZIONE RILEVATA NEI VARI ANNI ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)											RIFERIMENTI NORMATIVI DM 2.4.02. N° 60 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	P01 - LODI	P02 - TAVAZZANO	P03 - CASTIRAGA VIDARDO	P04 - MELEGNANO	P05 - MONTANASO	P06 - TRIBIANO	P07 - S.GIULIANO	P08 - SPINO D'ADDA	P09 - ABBADIA CERRETO	P10 - LANDRIANO	P11 - CODOGNO	limite transitorio	limite finale e dati di raggiungimento	limite + margine di tolleranza al 1 gennaio 2003
98° percentile delle medie di 24 ore														
1.4.95-31.3.96	26	22	23	24	19	20	31	17	15	18	24	250	-	-
1.4.96-31.3.97	15	14	17	16	14	15	21	13	10	13	17			
1.4.97-31.3.98	17	13	19	20	13	14	24	9	10	14	21			
1.4.98-31.3.99	15	10	13	16	12	10	19	8	8	14	14			
1.4.99-31.3.00	13	8	8	15	11	10	16	6	7	10	11			
1.4.00-31.3.01	9	5	10	11	8	8	11	8	5	7	9			
1.4.01-31.3.02	7	4	12	14	9	9	15	10	5	9	9			
Mediana delle medie di 24 ore														
1.4.95-31.3.96	10	7	8	10	6	8	13	6	5	6	10	80	-	-
1.4.96-31.3.97	6	5	6	8	5	8	9	5	5	5	8			
1.4.97-31.3.98	4	5	6	7	5	7	8	3	4	5	7			
1.4.98-31.3.99	6	3	3	7	5	4	7	2	4	5	6			
1.4.99-31.3.00	5	3	3	6	4	4	6	2	4	4	5			
1.4.00-31.3.01	4	2	6	5	3	4	5	2	3	3	5			
1.4.01-31.3.02	3	2	8	5	3	4	4	4	3	4	4			
Media annuale														
1.1.95 - 31.12.95	11	7	8	11	7	8	13	7	6	7	12	-	20 al 1.1.2005	20
1.1.96 - 31.12.96	8	7	8	9	6	10	11	6	6	6	9			
1.1.97 - 31.12.97	5	5	7	7	5	8	9	4	5	5	8			
1.1.98 - 31.12.98	7	4	6	8	5	5	9	3	5	6	7			
1.1.99 - 31.12.99	6	4	3	8	5	4	7	3	4	5	6			
1.1.00 - 31.12.00	5	3	5	5	4	4	6	3	3	3	5			
1.1.01 - 31.12.01	4	2	8	6	4	4	5	4	3	4	5			
1.1.02 - 31.12.02	3	2	9	6	4	4	6	4	3	4	4			
Valore orario superato più di 24 volte per anno														
1.1.95 - 31.12.95	61	52	73	65	65	41	68	44	47	46	86	-	350 al 1.1.2005	
1.1.96 - 31.12.96	47	48	65	52	46	45	58	34	31	36	46			
1.1.97 - 31.12.97	29	31	63	34	31	29	43	25	24	33	41			
1.1.98 - 31.12.98	30	31	64	42	34	31	48	16	23	49	44			
1.1.99 - 31.12.99	39	27	34	49	39	32	53	19	23	36	34			
1.1.00 - 31.12.00	25	15	21	26	21	21	28	14	14	15	26			
1.1.01 - 31.12.01	30	6	22	30	23	18	24	18	12	18	22			
1.1.02 - 31.12.02	26	11	25	34	26	25	32	26	13	23	21			
Valore giornaliero superato più di 3 volte per anno														
1.1.95 - 31.12.95	28	23	24	31	26	21	37	19	17	22	32	-	125 al 1.1.2005	
1.1.96 - 31.12.96	24	23	24	24	17	23	31	16	13	18	25			
1.1.97 - 31.12.97	14	15	20	17	14	16	24	14	12	16	18			
1.1.98 - 31.12.98	19	14	21	21	15	15	26	10	10	27	20			
1.1.99 - 31.12.99	25	15	15	31	17	19	31	14	14	23	18			
1.1.00 - 31.12.00	14	7	10	15	11	11	16	8	7	10	12			
1.1.01 - 31.12.01	11	4	12	15	10	8	14	9	5	8	10			
1.1.02 - 31.12.02	8	5	13	15	9	11	17	10	6	10	9			

Tabella 16 – SO₂ – Concentrazione rilevata e confronto con i valori guida e con i valori limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

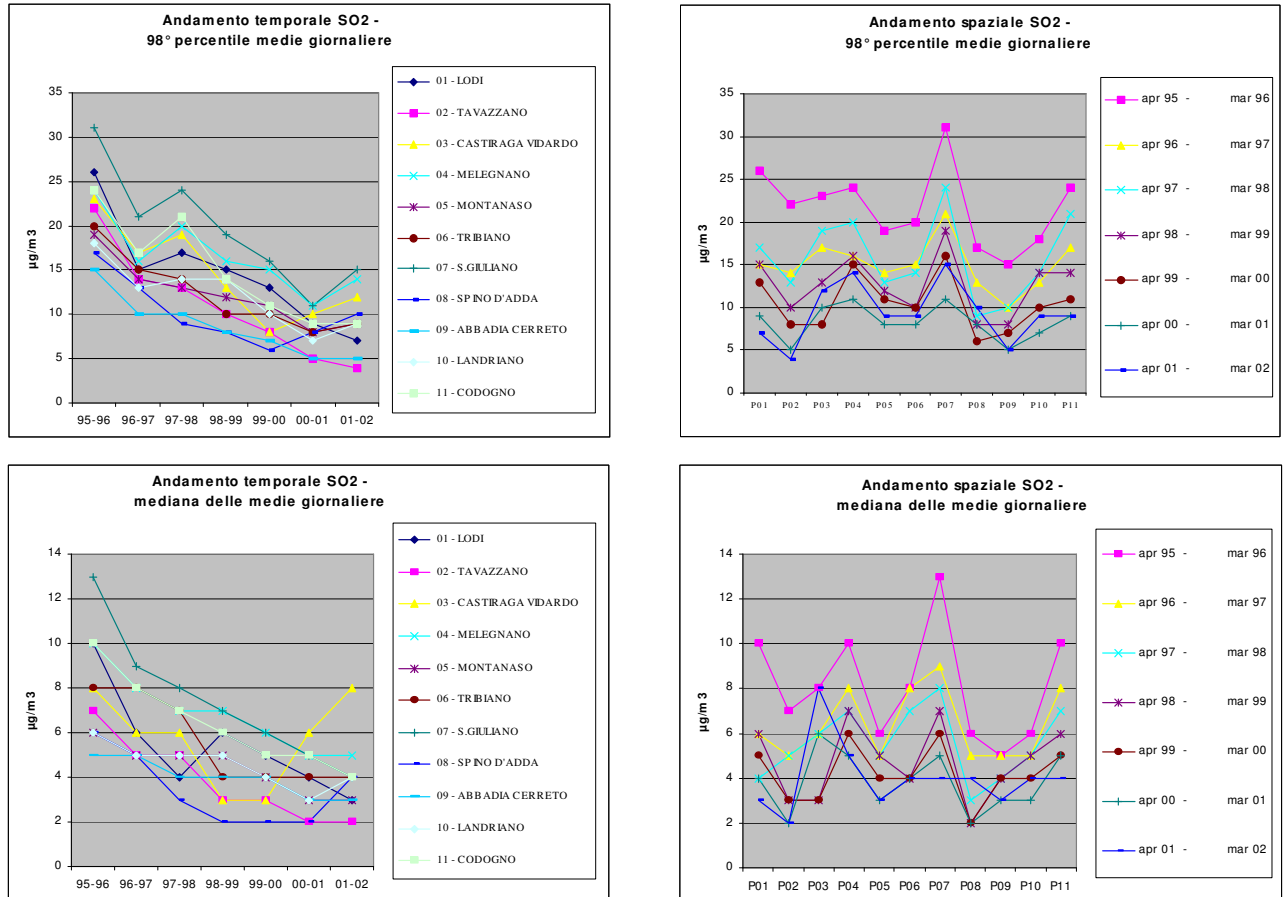


Figura 7 - SO₂ - Andamenti temporali e spaziali per 98° percentile e della mediana delle medie giornaliere

In particolare, gli andamenti temporali dei valori del 98° percentile e della mediana delle medie giornaliere (Figura 7), sono regolarmente decrescenti, dal 1995 al 2002, per tutte le stazioni della RRQA della Centrale. Tale andamento caratterizza anche i valori degli indici statistici introdotti con il DM 2/04/2002 n°60, la media annuale, il valore orario e quello giornaliero superato rispettivamente per più di 24 volte e per più di 3 volte l'anno (Figura 8).

Osservando l'andamento spaziale risulta evidente che per gli indici statistici introdotti dal DPCM 28/03/83 e DPR 203/88, pesa maggiormente l'anno 95, periodo precedente agli adempimenti previsti dal decreto MICA 7 gennaio 1993, soprattutto nelle stazioni di San Giuliano (P07), Melegnano (P04), Lodi (P01) e Codogno (P11). In ogni caso, il confronto dei parametri statistici presentati con i rispettivi limiti di legge evidenzia un livello di qualità dell'aria, per questo inquinante, decisamente buono, con indici statistici mediamente attorno al 10% del rispettivo limite di legge.

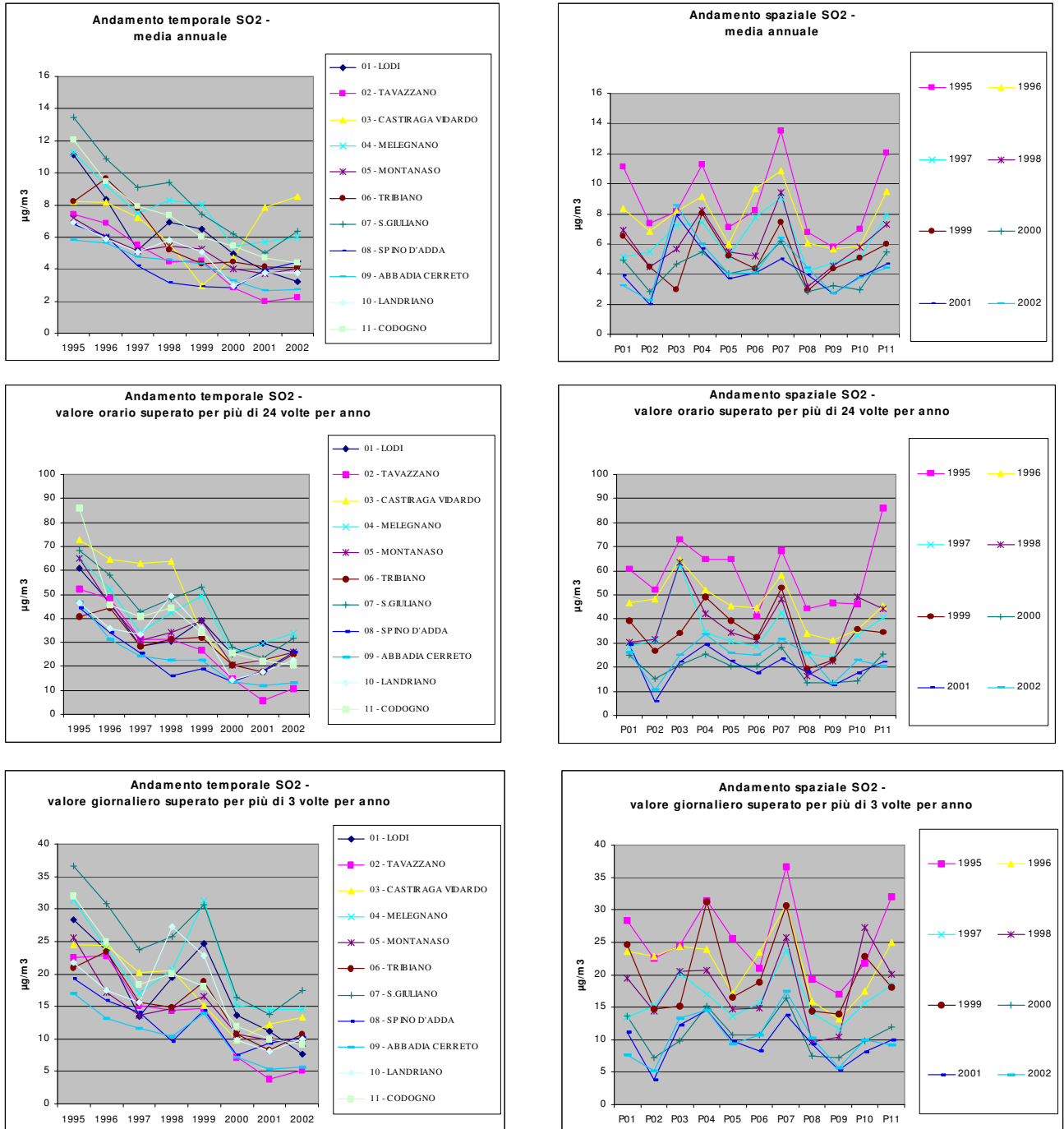


Figura 8 - SO₂ - Andamenti temporali e spaziali per gli indici statistici introdotti dal DM 2.4.02 n° 60

3.2.2 Biossido d'Azoto e Ossidi di Azoto

Il DM 2.4.02 n° 60 prevede limiti alle concentrazioni nell'aria ambiente sia per il NO₂, ai fini della protezione della salute umana, sia per i NO_x, al fine della protezione della vegetazione, come riportati nel seguente prospetto (Tabella 17):

Composto		Biossido di Azoto NO ₂		Ossidi di Azoto NO _x
Tipo limite		1. Valore limite orario per la protezione della salute umana	2. Valore limite annuale per la protezione della salute umana	3. Valore limite per la protezione della vegetazione ⁵
Periodo di mediazione		1 ora	Anno civile	Anno civile
Condizioni applicative		da non superare più di 18 volte per anno civile		
Valore limite con margine di tolleranza alle diverse date	19-lug-99	300	60	-
	1-gen-00	300	60	-
	1-gen-01	290	58	-
	1-gen-02	280	56	30
	1-gen-03	270	54	30
	1-gen-04	260	52	30
	1-gen-05	250	50	30
	1-gen-06	240	48	30
	1-gen-07	230	46	30
	1-gen-08	220	44	30
	1-gen-09	210	42	30
1-gen-10	200	40	30	

NB. *Il carattere grassetto corsivo, in casella con bordo doppio e fondo colorato, rappresenta il valore limite in coincidenza della data alla quale deve essere raggiunto.*

Tabella 17 – NO₂/NO_x - Valori limite da DM 2.4.02 n° 60 - Allegato II - sez. I

Il DPCM 28.3.83 e DPR 203/88 prevedono inoltre per questo inquinante sia valori limite che valori guida validi su tutto il territorio nazionale riportati nella Tabella 18 e nella Tabella 19

inquinante	indice statistico	valore limite
Biossido di azoto NO ₂	98° percentile delle medie di 1 ora rilevate nell'arco di un anno (gennaio-dicembre)	200 µg/m ³

Tabella 18 – NO₂ - Standard di Qualità dell'Aria (DPCM 28.3.83 + DPR 203/88) Valori limite

inquinante	indice statistico	valore guida
Biossido di azoto NO ₂	50° percentile delle medie di 1 ora rilevate nell'arco di un anno (gennaio-dicembre)	50 µg/m ³
	98° percentile delle medie di 1 ora rilevate nell'arco di un anno (gennaio-dicembre)	135 µg/m ³

Tabella 19 – NO₂ - Standard di Qualità dell'Aria (DPCM 28.3.83 + DPR 203/88) Valori guida

Nella Tabella 20, relative ai singoli anni dell'intero periodo 1995-2002, riassumono le statistiche dei valori rilevati presso le diverse postazioni della RRQA della Centrale e possono già fornire un elemento di valutazione oggettiva dello stato della qualità dell'aria relativamente agli ossidi e al biossido di azoto.

⁵ I punti di campionamento destinati alla protezione degli ecosistemi o della vegetazione 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 (D.M. 2 aprile 2002, n°60, Allegato VIII).

I valori calcolati per gli indici statistici di riferimento del biossido di azoto, riportati nella tabella, mostrano il rispetto dei limiti previsti dalla vigente normativa in tutte le postazioni della RRQA della Centrale di Tavazzano-Montanaso.

Per meglio evidenziare i dati tabulati, di seguito sono riportati i loro andamenti temporali e spaziali (Figura 9).

Per quanto riguarda il biossido di azoto è possibile evincere che i valori più significativi sono associati alle stazioni della provincia di Milano come Melegnano e San Giuliano (P04 e P07), Spino d'Adda (P08), nella provincia di Cremona, e Codogno (P11), nella provincia di Lodi, mentre il riferimento della vegetazione da parte del valor medio degli ossidi di azoto viene superato in tutte le stazioni. Si può ipotizzare che quest'ultimo dato sia fortemente influenzato dal settore trasporto su strada (Tabella 10), anche a seguito di quanto poi verificato con il modello (Tabella 28) ed in funzione della dispersione dovuta all'altezza del camino.

Gli andamenti temporali riportati in Figura 9, mostrano in generale, per tutte le stazioni della RRQA della Centrale, i valori massimi nel 1995 (Lodi e San Giuliano) e 1998 (Lodi).

La stazione di San Giuliano (P07) risulta significativa per tutti gli anni esaminati e per tutti gli indici statistici, in particolare il suo andamento temporale si discosta da quello delle altre stazioni per i valori delle medie annuali.

Spino d'Adda (P08) evidenzia il valore massimo del 98° percentile delle medie orarie nel 1995, inoltre manifesta i valori orari massimi superati per più di 18 volte l'anno dal 1995 al 1998.

Per quanto riguarda gli andamenti temporali e spaziali della media annuale degli ossidi di azoto è possibile evidenziare come i valori relativi alla stazione di San Giuliano (P07) risultino significativamente i più elevati, con il massimo associato all'anno 1995, seguiti da quelli di Codogno (P11), Melegnano (P04) e Lodi (P01).

PARAMETRO	CONCENTRAZIONE RILEVATA NEI VARI ANNI ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)											RIFERIMENTI NORMATIVI DM 2.4.02. N° 60 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	P01 - LODI	P02 - TAVAZZANO	03 - CASTIRAGA VIDARDO	04 - MELEGNANO	05 - MONTANASO	06 - TRIBIANO	07 - S.GIULIANO	08 - SPINO D'ADDA	09 - ABBADIA CERRETO	10 - LANDRIANO	11 - CODOGNO	limite transitorio	limite finale e dati di raggiungimento	limite + margine di tolleranza al 1 gennaio 2003
NO₂ : 98° percentile delle medie di 1 ora														
1.1.95 - 31.12.95	108	105	96	101	107	102	210	196	133	114	135	200	-	-
1.1.96 - 31.12.96	119	97	86	121	88	83	140	121	81	100	120			
1.1.97 - 31.12.97	124	99	92	135	92	88	150	147	97	112	131			
1.1.98 - 31.12.98	130	103	81	120	83	72	160	130	88	106	131			
1.1.99 - 31.12.99	126	107	98	137	85	84	135	134	88	96	123			
1.1.00 - 31.12.00	121	91	128	162	76	80	116	88	89	93	114			
1.1.01 - 31.12.01	98	71	72	95	73	63	106	75	61	66	88			
1.1.02 - 31.12.02	112	102	73	108	85	74	121	92	79	75	99			
NO₂ : Valore orario superato 18 volte per anno civile														
1.1.95 - 31.12.95	142	140	139	131	160	140	261	304	181	146	176	-	200 al 1.1.2010	-
1.1.96 - 31.12.96	155	128	111	154	115	107	170	282	118	122	160			
1.1.97 - 31.12.97	167	140	125	192	145	125	189	195	147	153	172			
1.1.98 - 31.12.98	166	141	107	149	119	96	204	324	116	130	171			
1.1.99 - 31.12.99	161	145	126	189	120	125	163	170	129	129	165			
1.1.00 - 31.12.00	162	135	158	192	104	106	142	110	126	123	149			
1.1.01 - 31.12.01	127	87	94	126	93	87	150	102	81	85	126			
1.1.02 - 31.12.02	156	131	92	137	107	102	157	123	107	95	130			
NO₂ : Media annuale														
1.1.95 - 31.12.95	46	39	37	45	41	39	98	62	49	44	57	-	40 al 1.1.2010	-
1.1.96 - 31.12.96	56	40	36	51	39	36	68	44	32	41	53			
1.1.97 - 31.12.97	53	33	31	46	33	29	70	52	32	40	51			
1.1.98 - 31.12.98	58	46	33	52	34	31	72	53	32	39	56			
1.1.99 - 31.12.99	54	43	40	56	34	31	64	52	31	34	54			
1.1.00 - 31.12.00	48	31	44	57	31	34	56	38	29	30	49			
1.1.01 - 31.12.01	45	28	34	46	33	29	55	35	23	28	41			
1.1.02 - 31.12.02	49	29	32	48	32	28	55	34	27	28	42			
NO_x : Media annuale														
1.1.95 - 31.12.95	107	88	75	112	76	86	247	107	83	83	128	-	30 al 19.7.2001	-
1.1.96 - 31.12.96	126	81	69	117	72	74	195	83	60	86	126			
1.1.97 - 31.12.97	119	74	63	123	67	77	199	102	63	76	125			
1.1.98 - 31.12.98	126	86	66	128	63	82	191	111	63	73	132			
1.1.99 - 31.12.99	113	73	69	135	67	76	196	103	60	64	125			
1.1.00 - 31.12.00	110	74	85	121	72	82	164	93	63	65	122			
1.1.01 - 31.12.01	101	59	63	107	66	69	162	78	50	62	103			
1.1.02 - 31.12.02	110	59	63	113	67	73	157	84	56	63	103			

Tabella 20 – NO₂/NO_x – Concentrazione rilevata e confronto con i valori guida e con i valori limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

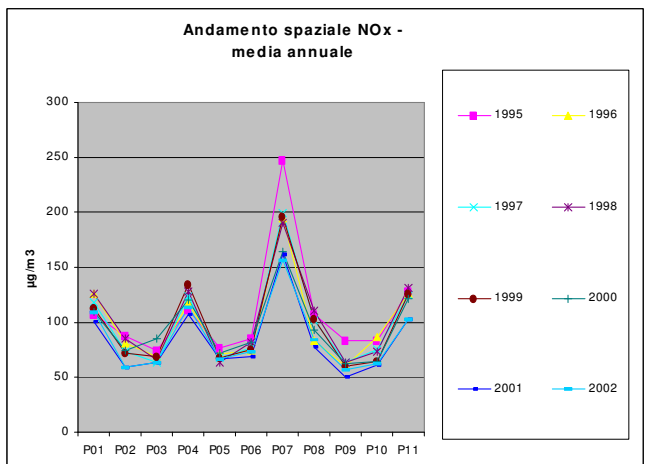
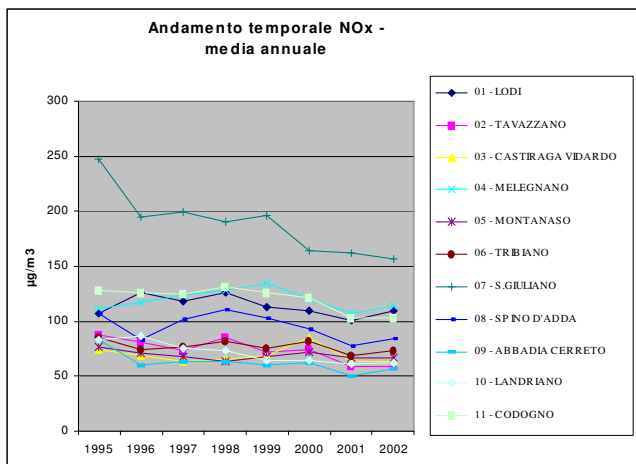
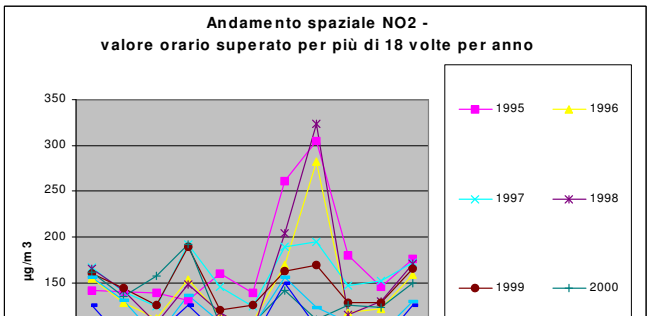
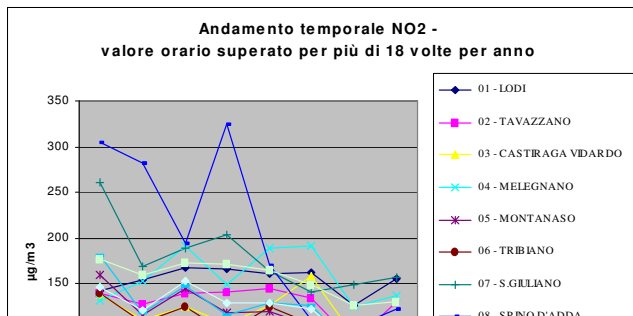
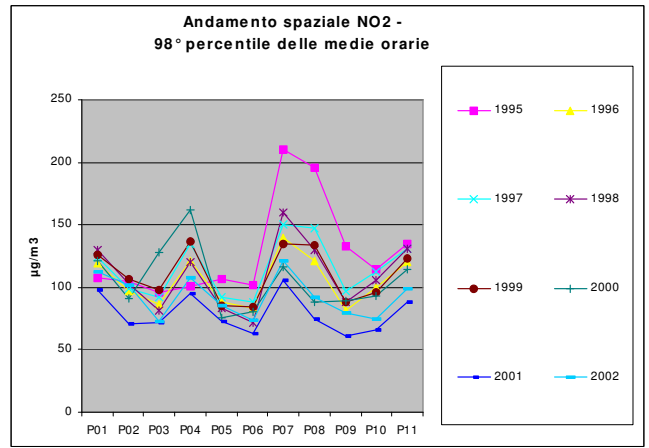
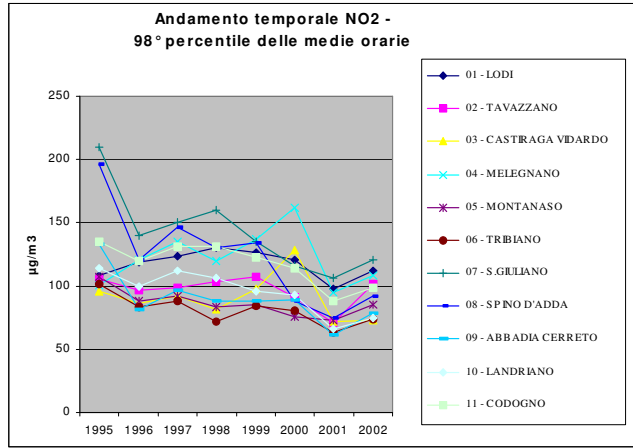


Figura 9 - NO₂/NO_x - Andamenti temporali e spaziali per gli indici di riferimento

3.2.3 Particolato totale aerodisperso

La normativa vigente per questo inquinante prevede sia valori limite che valori guida, riportati nella Tabella 21 e nella Tabella 22, validi su tutto il territorio nazionale (DPCM 28.3.83 e DPR 203/88).

Inquinante	indice statistico	valore limite
Particelle sospese	media aritmetica delle medie di 24 ore rilevate nell'arco di un anno (aprile÷marzo)	150 µg/m ³
	95° percentile delle medie di 24 ore rilevate nell'arco di un anno (aprile÷marzo)	300 µg/m ³

Tabella 21 – PTS - Standard di Qualità dell’Aria (DPCM 28.3.83 + DPR 203/88) Valori limite

inquinante	indice statistico	valore guida
Particelle sospese (metodo dei fumi neri)	media di 24 ore	100÷150 µg/m ³
	media aritmetica delle medie di 24 ore rilevate nell'arco di un anno (aprile÷marzo)	40÷60 µg/m ³

Tabella 22 – PTS - Standard di Qualità dell’Aria (DPCM 28.3.83 + DPR 203/88) Valori guida

L’analisi degli indici statistici di riferimento per le PTS, riportate nella Tabella 23, evidenzia un ampio rispetto dei limiti legislativi vigenti per tutte le postazioni. I valori più elevati si riscontrano per le stazioni di Lodi (P01) e Melegnano (P04).

Anche per le polveri i valori di concentrazione sono in generale in diminuzione nel corso degli anni.

PARAMETRO	CONCENTRAZIONE RILEVATA NEI VARI ANNI (µg/m ³)					RIFERIMENTI NORMATIVI DM 2.4.02. N° 60 (µg/m ³)		
	P01 - LODI	P02 - TAVAZZANO	P04 - MELEGNANO	P05 - MONTANASO	P10 - LANDRIANO	limite transitorio	limite finale e dati di raggiungimento	limite + margine di tolleranza al 1 gennaio 2003
PTS : 95° percentile delle medie di 24 ore rilevate nell'arco di un anno								
1.4.95-31.3.96	121	79	85	80	75	300	-	-
1.4.96-31.3.97	94	66	87	80	80			
1.4.97-31.3.98	130	66	79	86	122			
1.4.98-31.3.99	89	67	83	61	84			
1.4.99-31.3.00	92	73	93	96	68			
1.4.00-31.3.01	73	63	77	61	60			
1.4.01-31.3.02	76	80	84	88	77			
PTS : media aritmetica delle medie di 24 ore rilevate nell'arco di un anno								
1.4.95-31.3.96	59	38	42	36	36	150	-	-
1.4.96-31.3.97	46	35	44	38	35			
1.4.97-31.3.98	54	37	38	37	56			
1.4.98-31.3.99	36	38	41	28	41			
1.4.99-31.3.00	42	39	42	40	37			
1.4.00-31.3.01	38	39	46	33	33			
1.4.01-31.3.02	43	45	47	40	39			

Tabella 23 – PTS - Concentrazione rilevata e confronto con i valori guida e con i valori limite (µg/m³)

Per meglio evidenziare i dati tabulati, in Figura 10 sono riportati i loro andamenti temporali e spaziali. Gli andamenti temporali degli indici statistici indicano una generale diminuzione negli anni e i valori massimi risultano associati al periodo aprile 95 - marzo 96 e aprile 97 - marzo 98, per la stazione di Lodi (P01) e per il solo 97-98 per la stazione di Landriano (P10).

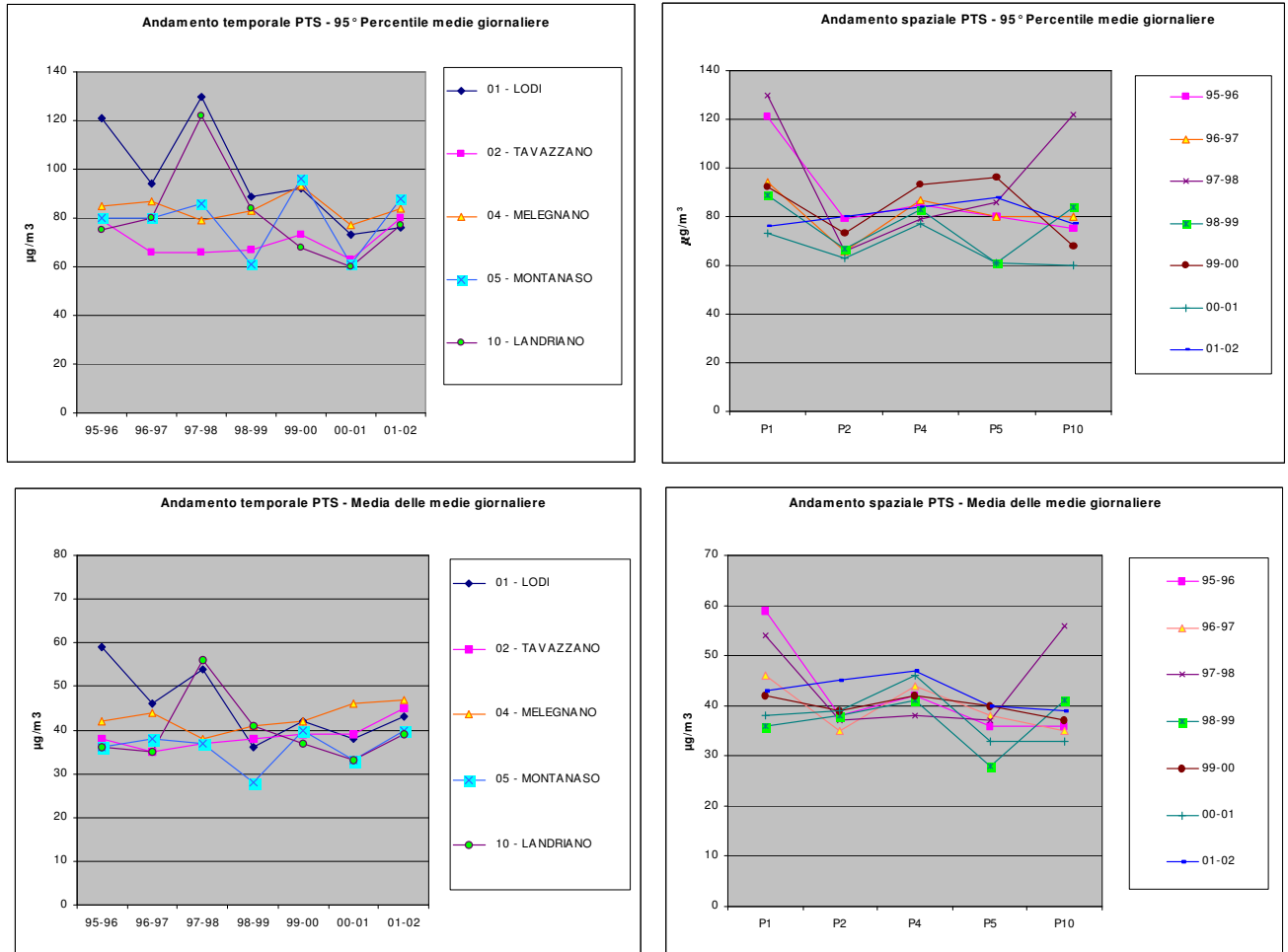


Figura 10 – PTS - Andamenti temporali e spaziali per gli indici di riferimento

4 CONFIGURAZIONE IMPIANTO NEL PERIODO 2006 – 2015

L'attuale configurazione autorizzata per la Centrale di Tavazzano – Montanaso è quella che fu approvata in sede di esclusione dalla VIA (nota del Ministero dell'Ambiente n. 4461/VIA/A.0.13.B. del 10 aprile 2001). Essa è costituita dai moduli a ciclo combinato 5 e 6 (per complessivi 1.154 MW alimentati a gas naturale e i cui prodotti della combustione sono scaricati in una ciminiera multiflusso di 130 metri di altezza), e dalla sezione termoelettrica 8 di 320 MW, alimentata con una miscela di gas naturale 75 % e olio combustibile denso 25 % , i cui fumi sono scaricati in un camino di 250 metri di altezza.

La configurazione futura prevista da ENDESA per il 2015^{iv}, alla quale si arriverà dopo un periodo di transitorio, prevede l'esercizio delle sezioni a ciclo combinato autorizzate 5 e 6 insieme con l'esercizio di un'ulteriore sezione a ciclo combinato 9 da 391 MW alimentata anch'essa a gas naturale e i cui fumi sono scaricati in un camino da 100 metri.

Le configurazioni transitorie attraverso le quali Endesa intende arrivare a quella futura prevedono i seguenti passaggi:

- Mantenimento in servizio del gruppo 7 fino all'entrata in esercizio commerciale del Gruppo 9 con la condizione che, in combinazione con il gruppo 8, la produzione complessiva su base annua (e le relative emissioni) non superi quella di un solo gruppo da 320 MW, così come attualmente autorizzato (2006 – 2009). Inoltre entro il 31/12/2008 così come stabilito dalla Delibera della Giunta Regionale n. 17989 del 28 Giugno 2004 le sezioni a ciclo combinato 5 e 6 verranno adeguate per rispettare i limiti di emissione che per quanto concerne gli NO_x passano da 50 a 30 mg/Nm³.
- Dismissione del gruppo 7 al momento dell'entrata in esercizio commerciale del gruppo 9 e riduzione della produzione annua del gruppo 8, a quella di un gruppo equivalente a 160 MW (2009).
- A partire da gennaio 2010 per l'esercizio del gruppo 8 sarà utilizzato solo gas naturale e ci sarà un'ulteriore progressiva riduzione della produzione annua, fino alla definitiva chiusura entro il quinto anno dall'entrata in esercizio commerciale del gruppo 9 (2010 – 2014).

C'è da evidenziare che in tutte le situazioni di transitorio, i limiti alla produzione dei diversi gruppi si riferiscono sempre alla produzione annua, non è quindi da escludere la possibilità che, in caso di richiesta del GRTN e per periodi definiti, i vari gruppi possano funzionare contemporaneamente e anche a massimo carico.

5 ANALISI MODELLISTICHE

Le simulazioni modellistiche effettuate in questo studio si riferiscono sia ad analisi di tipo climatologico, effettuate con il codice gaussiano ISC3, al fine di valutare il rispetto degli Standard di Qualità dell'Aria (SQA), che ad approfondimenti di situazioni critiche, effettuate con il codice Lagrangiano a particelle SPRAY, mirate ad indagare le situazioni più sfavorevoli sia dal punto di vista emissivo che dal punto di vista delle caratteristiche dispersive dell'atmosfera.

Le analisi modellistiche condotte al fine di valutare gli SQA, per quanto concerne le concentrazioni al suolo del biossido di zolfo (SO₂), degli ossidi e biossido di azoto (NO_x e NO₂), del particolato fine (PM₁₀) e del particolato totale sospeso (PTS), ha preso in considerazione le cinque configurazioni impiantistiche, riportate in Tabella 24.

Configurazione	Periodo	Assetto
Attuale	2006	2 moduli a ciclo combinato sez 5 e 6 lim. NO _x 50 mg/Nm ³ 1 modulo tradizionale alimentato a olio + gas sez. 8
Transitorio1	2006 - 2009	2 moduli a ciclo combinato sez 5 e 6 lim. NO _x 50 mg/Nm ³ 2 moduli tradizionali alimentati a olio + gas sez. 7 e 8
Transitorio2	2009	3 moduli a ciclo combinato sez 5, 6 e 9 lim. NO _x 30 mg/Nm ³ 1 modulo tradizionale alimentato a olio + gas sez. 8
Transitorio3	2010 - 2014	3 moduli a ciclo combinato sez 5, 6 e 9 lim. NO _x 30 mg/Nm ³ 1 modulo tradizionale alimentato a gas sez. 8
Futura	2015	3 moduli a ciclo combinato sez 5, 6 e 9 lim. NO _x 30 mg/Nm ³

Tabella 24 – Configurazioni utilizzate nelle simulazioni modellistiche

Per tutte le configurazioni impiantistiche previste nell'arco temporale esaminato in questo studio, il funzionamento dei vari gruppi, in tutte le simulazioni, è stato sempre considerato a pieno carico per l'intero anno solare.

Questa assunzione, estremamente cautelativa, si rende necessaria in quanto la verifica degli SQA si basa sul rispetto di limiti di legge che non vanno superati per più di un certo numero di ore o giorni all'anno, ad esempio uno dei limiti di legge previsti per le concentrazioni di NO₂ è rappresentato dal valore di 200 µg/m³ da non superare per più di 18 ore per anno civile. Non potendo, quindi, escludere a priori che le 18 ore nelle quali le situazioni dispersive dell'atmosfera sono le più sfavorevoli coincidano con periodi di funzionamento contemporaneo a pieno carico di tutti i gruppi relativi ai vari assetti, è necessario effettuare le simulazioni considerando sempre la situazione emissiva peggiore.

Gli approfondimenti modellistici sono stati effettuati analizzando due situazioni meteorologiche ritenute critiche e che possono portare all'accumulo di inquinanti in prossimità del suolo. La prima è rappresentata da situazioni invernali caratterizzate da calma di vento (con velocità attorno ad 1 m/s) e forte stabilità atmosferica, la seconda è rappresentata da situazioni soleggiate estive con convezione e venti deboli che seguono un regime di brezza.

In entrambe le simulazioni effettuate è stata considerata a livello emissivo la situazione rappresentata dall'assetto presente durante la fase denominata "Transitorio1" (Tabella 24), che risulta essere quello con le peggiori condizioni emissive per tutti gli inquinanti.

5.1 Approccio metodologico

Mediante l'utilizzo di modelli previsionali largamente sperimentati si può valutare l'entità e la distribuzione spaziale della variazione del contributo di un impianto alle concentrazioni di inquinanti al suolo.

La necessità di effettuare simulazioni di lungo periodo al fine di verificare la rispondenza ai limiti di legge, la quale richiede di determinare i percentili delle medie orarie delle concentrazioni di inquinanti al suolo su base annuale, porta all'adozione di un modello di tipo "short-term", che consenta di valutare i valori medi orari delle concentrazioni.

Tra i diversi modelli disponibili è stato scelto il modello gaussiano ISCST3^v (Industrial Source Complex Short Term), che risulta conforme alle caratteristiche richieste dall'applicazione in esame ed è uno dei modelli raccomandati dall'Environmental Protection Agency degli Stati Uniti. Il modello ISCST3 è classificato dall'EPA come "preferred" per una svariata tipologia di sorgenti e per siti ad orografia piana o leggermente ondulata e, come tecnica di "screening" per siti ad orografia complessa.

A livello nazionale l'utilizzo dei modelli EPA è stato consigliato dal gruppo di lavoro "Reti di rilevamento per il controllo della qualità dell'aria" dell'Istituto Superiore di Sanità (ISTISAN, 1990). Sempre a livello nazionale l'utilizzo dei modelli EPA è stato recentemente consigliato anche da ANPA (Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, 2000).

Un'ulteriore necessità è quella di analizzare con strumenti modellistici più sofisticati situazioni meteorologiche particolarmente critiche. Per questo scopo vengono utilizzati modelli che sfruttando una ricostruzione tridimensionale del campo di vento e di turbolenza atmosferica, sono in grado di studiare con maggiore accuratezza la diffusione degli inquinanti in condizioni meteorologiche critiche, ad esempio situazioni di calma di vento, accumulo degli inquinanti, interazione con l'orografia, situazioni di brezza. Nel nostro caso per valutare le situazioni critiche, che nell'area di indagine sono caratterizzate da situazioni con venti deboli e/o calma di vento, si è scelto di effettuare gli approfondimenti con il modello Lagrangiano a particelle SPRAY^{vi, vii}. Tale codice, sviluppato da Enel-Ricerca (ora CESI) e validato in numerose situazioni è stato recentemente consigliato anche da ANPA (Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente) nella recente *Guida alla scelta dei modelli di dispersione nella valutazione della qualità dell'aria*⁶.

5.1.1 Il codice ISC3

Il modello ISCST utilizza un'equazione di tipo gaussiano stazionario (stazionarietà dei parametri meteorologici e di emissione) per la simulazione della diffusione del pennacchio emesso dalla sorgente ed è in grado di calcolare sia le concentrazioni che le deposizioni degli inquinanti. Il sovrainnalzamento del pennacchio, definito con il termine "plume rise", è calcolato con le formule di Briggs^{viii, ix, x}. La velocità del vento, necessaria al calcolo di questo parametro, è estrapolata alla quota di emissione con una legge di potenza. Per il calcolo dei parametri di diffusione, sia orizzontale (σ_y) che verticale (σ_z), possono essere utilizzate le curve di Pasquill-Gifford, valide per siti rurali, o le funzioni di Briggs-urban, per siti urbani.

Il modello ISCST è in grado di considerare contemporaneamente un numero illimitato di sorgenti di tipo puntuali, areali, e di volume; può quindi essere impiegato per la stima del contributo all'inquinamento atmosferico di sorgenti con caratteristiche fisiche differenti. Sorgenti di tipo lineare possono essere modellate come caso particolare delle sorgenti areali.

Inoltre il modello ISCST è in grado di considerare effetti di scia dovuti al camino e a edifici situati in prossimità della sorgente di emissione. Nel primo caso ("stack-tip downwash"), condizioni meteorologiche caratterizzate da venti tesi possono portare al suolo pennacchi dotati di una debole spinta dinamica. Nel secondo caso ("building wake effects"), viene considerato invece l'effetto di distorsione del flusso causato dalla presenza di edifici di notevoli dimensioni e la possibilità che tale distorsione trascini il pennacchio al suolo.

⁶ <http://www.sinanet.anpa.it/aree/atmosfera/qaria/Progetti/GuidaWEB/home.htm>

Il codice, essendo di tipo "short-term", calcola le concentrazioni medie orarie e consente, disponendo di serie temporali meteorologiche adeguate, la stima dei percentili delle concentrazioni medie orarie e giornaliere per il confronto con i valori limite espressi dalla normativa vigente.

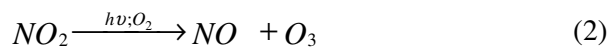
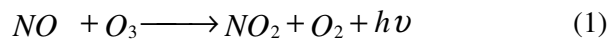
Bisogna inoltre osservare che, per le caratteristiche del modello utilizzato, gli inquinanti considerati sono diversificati solo dal differente rateo di emissione, in quanto il modello trascura le possibili reazioni chimiche subite in atmosfera dal singolo inquinante gassoso. In particolare, per quanto riguarda gli ossidi di azoto, le simulazioni modellistiche consentono la stima delle concentrazioni di NO_x , mentre la legislazione pone limiti, oltre che su gli ossidi di azoto totali, anche per le concentrazioni di biossido di azoto (NO_2). All'atto dell'emissione, generalmente l' NO_2 costituisce una frazione limitata (qualche percento) degli NO_x , costituiti principalmente da NO: l' NO_2 si forma, a partire dall'NO, attraverso reazioni chimiche che dipendono fortemente sia dalle condizioni meteorologiche sia dalle concentrazioni di ozono (O_3) e degli idrocarburi presenti in atmosfera. È stata pertanto eseguita la valutazione dell'entità della trasformazione del monossido di azoto emesso (NO) in biossido di azoto (NO_2), utilizzando un opportuno codice di calcolo, ampiamente sperimentato per applicazioni di questo tipo, basato sugli equilibri di ossidazione e fotodissociazione che coinvolgono ossidi di azoto, ozono e radiazione solare UV. Tale codice opera sui singoli valori orari e per ogni punto ricettore.

5.1.1.1 Formazione del biossido di azoto e valutazione della sua concentrazione al suolo

Le emissioni di impianti di combustione contengono principalmente ossido di azoto NO, mentre l'emissione primaria di NO_2 è limitata a qualche percento del totale degli NO_x .

Poiché gli standard di qualità dell'aria riguardano sia l' NO_x che il solo NO_2 è necessario fornire una valutazione dell'entità della formazione di quest'ultimo nelle zone circostanti l'impianto.

Le principali reazioni chimiche interessanti gli ossidi di azoto all'interno del pennacchio sono le seguenti:



A titolo conservativo, si può assumere che le reazioni citate pervengano entro il pennacchio istante per istante all'equilibrio fotostazionario (cioè la velocità di formazione del NO_2 è pari a quella di fotodissociazione):

$$\frac{d[\text{NO}_2]}{dt} = 0, \quad \text{cioè} \quad \frac{k[\text{NO}][\text{O}_3]}{J[\text{NO}_2]} = 1 \quad (3)$$

Il valore della costante cinetica k di ossidazione di NO da parte dell'ozono è fornito dalla seguente espressione^{xi}:

$$k = 22,5 + 0,2 (t-21,5) \text{ ppm}^{-1} \text{ min}^{-1}$$

dove t = temperatura dell'aria in °C.

Il valore della costante cinetica di fotodissociazione, J, è calcolabile dalla:

$$J = J_{teor} \cdot R_{effettiva} / R_{massima}$$

dove:

$$J_{teor} = 0,01305 \cdot 60 \cdot \exp\left[-0,360 \cdot \frac{1}{\cos \alpha}\right] F(\alpha) \quad \text{in. min}^{-1 \text{ xii}}$$

$$\cos(\alpha) = \sin \lambda \cdot \sin \beta + \cos \lambda \cdot \cos \beta \cos [\pi (h-12)/12]$$

F (α) =	fattore di correzione per l'elevazione, assunto pari a 1 in quanto l'errore sistematico indotto è piccolo rispetto ad altre fonti di errore
α =	angolo del sole rispetto allo zenit
λ =	latitudine
β =	declinazione solare = 23 sen [2π/365(g-82)] (gradi sessagesimali)
g =	giorno dell'anno contato dal 1 gennaio (giorno giuliano)
h =	ora locale
Reff =	radiazione effettiva, cioè quella misurata localmente
Rmax=	radiazione massima, per la stessa ora del giorno, corrispondente a cielo sereno.

Il rapporto J/k varia quindi in funzione dell'ora del giorno, per la variazione di K con la temperatura e di J con l'intensità della radiazione ultravioletta (nell'intervallo di lunghezza d'onda 290÷420 nm).

Assumendo che l'ozono venga prodotto e consumato solo dalle reazioni sopra indicate, vale la relazione (bilancio dell'ossidante durante la diluizione del pennacchio):

$$\{[NO_2] + [O_3]\}_{\text{pennacchio}} = \{[NO_2] + [O_3]\}_{\text{aria diluizione}} + p[NO_x] \quad (4)$$

dove p è uguale al rapporto $[NO_2]/[NO_x]$ all'emissione; tale valore nelle emissioni dell'impianto considerato è variabile intorno a qualche percento ed è qui assunto pari al 2%. Si pone inoltre per definizione:

$$[NO_x] = [NO] + [NO_2] \quad (5)$$

Con queste ipotesi, assumendo di conoscere dal modello di dispersione la concentrazione di $[NO_x]$ nel pennacchio e da misure sperimentali la concentrazione $\{[NO_2] + [O_3]\}$ nell'aria di diluizione, si può calcolare in ogni punto del pennacchio, e in particolare nelle zone di ricaduta, il rapporto considerando trascurabile la presenza di NO_2 nell'aria di diluizione:

$$f = \frac{[NO_2]}{[NO_x]} \quad , \text{ cioè la frazione di } NO_2 \text{ sul totale degli } NO_x$$

Infatti, risolvendo il sistema formato dalle equazioni (3), (4) e (5), si ha:

$$f = \frac{1}{2} \left[b - \sqrt{b^2 - 4(p+r)} \right] \quad (6)$$

dove:

$$b = \frac{J}{k[NO_x]} + p + r + 1$$

$$p = \frac{[NO_2]_{\text{emissione}}}{[NO_x]_{\text{emissione}}}$$

$$r = \frac{[O_3]_{\text{aria diluizione}}}{[NO_x]}$$

La stima così ottenuta è conservativa in quanto sia il non raggiungimento della fotostazionarietà, sia l'ulteriore ossidazione di NO_2 in HNO_3 , tendono a far diminuire la concentrazione di NO_2 .

Di notte si ha $J=0$, per cui è attiva la sola reazione di ossidazione di NO ad NO₂, che porta alla sparizione dell'NO o dell'O₃ a seconda delle concentrazioni relative; la (6) risulta pertanto così semplificata:

$$\begin{aligned} f &= p + r & \text{se } p + r &\leq 1 \\ f &= 1 & \text{se } p + r &> 1 \end{aligned} \quad (7)$$

A partire dal calcolo modellistico di [NO_x] è stata quindi calcolata, per ogni ora e per ogni punto ricettore, la concentrazione di NO₂ dalla:

$$[NO_2]_{\text{ricettore}} = f_{\text{ricettore}} \cdot [NO_x]_{\text{ricettore}}$$

dove il fattore di trasformazione $f_{\text{ricettore}}$ è calcolato secondo la (6) o la (7) in funzione del giorno e dell'ora corrispondente all'input meteorologico orario al modello ISC3, ed in funzione della concentrazione [NO_x]_{ricettore} ottenuta in output dal modello stesso per quell'ora e quel ricettore.

I parametri meteorologici orari necessari per poter applicare la formula suddetta per il fattore di trasformazione, sono pertanto: temperatura ambiente, radiazione solare e valori di ozono.

Il calcolo viene quindi eseguito selezionando la concentrazione di ozono in funzione dell'ora del giorno e della stagione.

5.1.2 Il codice SPRAY

Nel modello Lagrangiano a particelle SPRAY la dispersione di una sostanza inquinante aeriforme è simulata attraverso il moto di un opportuno numero di pseudo-particelle, ognuna delle quali rappresenta una determinata porzione in massa della quantità emessa da una sorgente. La posizione di ogni particella nello spazio tridimensionale, rappresentata dalle coordinate X, Y e Z rispetto ad un sistema di riferimento cartesiano, viene definita integrando ad ogni passo temporale di discretizzazione (Δt modello) le seguenti equazioni:

$$\begin{aligned} X(t + \Delta t) &= X(t) + U_x(t)\Delta t \\ Y(t + \Delta t) &= Y(t) + U_y(t)\Delta t \\ Z(t + \Delta t) &= Z(t) + U_z(t)\Delta t \end{aligned}$$

Dove U_x , U_y e U_z sono le componenti cartesiane della velocità, date dalla somma di un valore medio ed una fluttuazione:

$$U_i(t) = \overline{U_i(t)} + U'_i(t) \quad \text{con } i = x, y, z$$

In questo modo viene simulato il moto in un flusso atmosferico, dovuto sia ad una velocità di trasporto $U_i(t)$, il cosiddetto vento medio, che ad una ulteriore componente casuale $U'_i(t)$, in grado di riprodurre la dispersione determinata dal carattere statistico della turbolenza.

La concentrazione della sostanza emessa può essere calcolata attraverso il conteggio delle particelle in celle di un grigliato tridimensionale, definito in maniera appropriata per la simulazione. Ogni conteggio, effettuato ad istanti prefissati, costituisce un campionamento all'interno di un intervallo temporale, al termine del quale i diversi campionamenti vengono mediati per dare origine al valore di concentrazione in ogni cella.

Per quanto riguarda le fonti di emissione, non esistono limitazioni di principio nella struttura geometrica delle stesse gestite dal modello, rappresentate dalle regioni dello spazio dove vengono generate le particelle. Possono essere di tipo puntuale (ad esempio ciminiere), areali (superfici industriali od urbane)

oppure lineari (tratti di strade), con dimensioni e localizzazione estremamente precise, libere da vincoli legati a strutture di grigliato come avviene ad esempio nei modelli di tipo Euleriano

Il modello SPRAY necessita dei seguenti input per pilotare una simulazione di dispersione:

- campi tridimensionali di vento. Sono forniti da un modello meteorologico e vengono utilizzati per simulare il trasporto medio delle particelle. Ogni particella viene spostata con un vento medio determinato dall'interpolazione spazio-temporale effettuata nell'istante e nel punto dove si viene a trovare. La regione tridimensionale dello spazio dove sono definiti questi campi costituisce il dominio di calcolo della simulazione;
- dati di turbolenza atmosferica. Sono forniti o da codici esterni o dal codice interno TURKEY, con frequenza temporale opportuna sul grigliato di interesse e vengono utilizzati per simulare la componente di moto casuale per la diffusione delle particelle. Ogni particella viene spostata in funzione della dispersione turbolenta presente nell'istante e nel punto dove si viene a trovare. Oltre a questi dati, il modello necessita di una matrice di dati di uso del suolo, su un grigliato orizzontale corrispondente a quello dei dati di vento, in grado di descrivere la non omogeneità orizzontale del terreno nella risposta alla forzante radiativa solare e la conseguente disomogeneità nei campi di turbolenza che si vengono a determinare;
- dati relativi alle emissioni, costituiti da una sequenza di informazioni sulla loro geometria e localizzazione spaziale, sulle quantità in massa emesse per ciascuna delle specie inquinanti prese in considerazione nella simulazione e sul numero di particelle da utilizzare. Ad ogni particella viene attribuita una massa per ogni specie, dipendente dalle caratteristiche della sorgente nel momento in cui viene emessa, simulando in questo modo condizioni non stazionarie. Le particelle vengono emesse con una frequenza determinata (Δt emissione) non necessariamente identica al passo temporale del modello con il quale vengono integrate le equazioni di moto;
- parametri di 'run' in grado di pilotare la simulazione. Tra i principali vi sono l'intervallo di tempo della simulazione, la durata degli step temporali, la frequenza di salvataggio delle particelle, le caratteristiche del grigliato di concentrazioni e le modalità per il calcolo e il salvataggio di queste ultime.

5.2 Verifica degli SQA tramite il codice ISC3

Il modello ISCST3 richiede in input la meteorologia media oraria, la posizione dei punti recettori, nei quali calcolare le concentrazioni di inquinante ed i dati di emissioni di ogni singola sorgente.

L'informazione meteorologica necessaria al modello è costituita dai dati di velocità e direzione del vento, classe di stabilità atmosferica, temperatura ambiente ed altezza di rimescolamento. Tale input è stato ottenuto dai dati rilevati presso la stazione meteorologica della Centrale di Tavazzano-Montanaso, che dispone anche di rilievi anemometrici in quota (240 m). Dai rilevamenti eseguiti nel periodo compreso tra il 2/2/94 ed il 6/6/99, sono stati estratti 864 giorni completi di dati, equamente ripartiti tra i vari mesi, per un totale di 20736 record orari. L'altezza dello strato rimescolato è stata assunta pari a 10000 m, poiché rappresenta la condizione più conservativa nell'utilizzo dei modelli per questo tipo di sorgente. L'altezza di livellamento del pennacchio calcolata, infatti, si colloca normalmente sopra la base delle inversioni termiche tipiche del sito ed in questi casi il modello, se applicato con altezze di rimescolamento inferiori, non prevedrebbe alcuna ricaduta al suolo delle concentrazioni. Questo aspetto è stato verificato in diverse valutazioni modellistiche eseguite per impianti e condizioni analoghe a quelle qui trattate.

Il dominio di calcolo, scelto in base alle caratteristiche del sito ed al tipo di emissione, è costituito da un'area quadrata di lato pari a 25 km centrata sulla Centrale di Tavazzano-Montanaso. I punti ricettori sono stati disposti su una griglia a maglie quadrate con passo regolare pari a 500 metri, per un totale di 2601 punti ricettori. La disposizione del dominio di calcolo, e quindi delle figure contenenti i risultati delle simulazioni, è tale da far coincidere il Nord geografico con la direzione verticale.

Nelle simulazioni effettuate riferite alle cinque configurazioni riportate in Tabella 24, i vari moduli sono stati sempre considerati funzionanti in continuo, cioè per 8760 ore/anno ed alla potenza nominale.

Questa ipotesi cautelativa è stata adottata per coerenza con la formulazione degli standard di qualità dell'aria fissati dalla normativa vigente (D.P.R. 203/1988, DM 2.4.2002 n° 60). Tali decreti fissano infatti valori limite dei percentili delle concentrazioni medie orarie o giornaliere per i diversi inquinanti, cioè stabiliscono il numero massimo di ore o giorni durante i quali le concentrazioni in aria possono superare determinati valori di soglia.

Nel caso in esame, i contributi dell'impianto ai suddetti parametri statistici dovrebbero essere determinati in base alle condizioni meteorologiche coincidenti con l'effettivo periodo di funzionamento. In considerazione del fatto che non è possibile predeterminare tale periodo, si procede assumendo una emissione continua nel tempo. Tale approccio conservativo permette di comprendere anche le condizioni meteorologiche più sfavorevoli per la dispersione degli inquinanti.

Sulla base delle suddette informazioni, sono state condotte le valutazioni modellistiche della dispersione al suolo di SO₂, NO₂ e Polveri calcolando per ciascun inquinante la distribuzione al suolo delle concentrazioni riferite agli indici statistici previsti dalla normativa vigente in materia di limiti sulla qualità dell'aria.

Nella Tabella 25 e nella Tabella 26, sono riportate rispettivamente le caratteristiche e le condizioni di emissione delle varie sorgenti, utilizzate nelle diverse configurazioni di impianto.

Sorgente	Configurazione					Potenza (MW)	Combustibile	Ciminiera	
	Attuale	Transitorio1	Transitorio2	Transitorio3	Futura			Altezza (m)	Diametro (m)
CC5-6	X	X	X	X	X	1154	Gas Naturale	130	10.4
Sez.7-8		X				640	OCD/GN	250	7.1
Sez. 8	X		X			320	OCD/GN	250	5.0
Sez. 8G				X		320	Gas Naturale	250	5.0
CC 9			X	X	X	391	Gas Naturale	100	6.0

Tabella 25 – Caratteristiche di emissione delle varie sorgenti

Sorgente	Caratteristiche fumi				Concentrazioni		
	Temp. (°C)	Portata		Vel. Uscita (m/s)	SO ₂ (mg/Nm ³)	NO _x (mg/Nm ³)	Polveri (mg/Nm ³)
		Tal quale (Nm ³ /h)	Secchi O ₂ rif. (Nm ³ /h)				
CC5-6	96.7	5700000	6600000	25.3	---	50 – 30*	1
Sez.7-8	125	2000000	1740000	20.6	400	200	10
Sez. 8	125	1000000	870000	20.6	400	200	10
Sez. 8G	125	1000000	808100	20.6	---	200	5
CC 9	90	1900000	2200000	24.8	---	30	1

Tabella 26 – Condizioni di emissione delle varie sorgenti

* Le concentrazioni di NO_x dei cicli combinati 5 e 6 utilizzate nelle simulazioni sono pari a 50 mg/Nm³ nella configurazione Attuale ed in quella di Transitorio1 e di 30 mg/Nm³ nelle altre. Tale assunzione è legata all'entrata in vigore dei limiti alle emissioni imposti dal 31/12/2008 dalla Delibera della Giunta Regionale n. 17989 del 28 Giugno 2004

5.2.1 Biossido di zolfo (SO₂)

Nell'impianto in esame, il biossido di zolfo (SO₂), è emesso solo dai due gruppi termoelettrici (sezioni 7 e 8) ed è assente nelle emissioni dei moduli a ciclo combinato alimentati a gas naturale. Inoltre durante la fase denominata "Transitorio3", anche la sezione 8 essendo alimentata solo con gas naturale risulta esente da emissioni di SO₂.

Per questo inquinante la fase di “Transitorio1” (2006-2009), è caratterizzata da un raddoppio delle emissioni rispetto alla situazione “Attuale”, che non si traduce in un equivalente raddoppio delle concentrazioni al suolo in quanto il maggiore volume dei fumi, che escono dal camino comune alle due sezioni, porta il livellamento del pennacchio (plume-rise) a quote maggiori rispetto a quanto avviene nella situazione “Attuale”.

Nella fase di “Transitorio2” (2009), le condizioni di emissioni per l’SO₂ ritornano ad essere quelle della situazione “Attuale”. Infine sia nella fase denominata “Transitorio3” (2010-2014), che nella situazione “Futura” (2015), le emissioni di SO₂ risultano nulle.

In Tabella 27 sono riassunti e confrontati con i relativi limiti di legge i valori massimi calcolati dal modello per i diversi parametri definiti dalla normativa vigente. Il contributo della centrale risulta contenuto, rispettando ampiamente tutti i limiti di legge previsti, in tutte le configurazioni oggetto di studio.

Biossido di zolfo (SO ₂)			Configurazione				
Normativa	Parametro	Limite	Attuale	Transitorio1	Transitorio2	Transitorio3	Futura
(µg/m ³)							
valore limite 203/88	50 percentile giornaliero	80	0.04	0.04	0.04	---	---
valore limite 203/88	98 percentile giornaliero	250	5.4	7.6	5.4	---	---
D.M. 2 Apr 2002 n.60	Media annuale (Protezione ecosistemi)	20	0.74	0.89	0.74	---	---
D.M. 2 Apr 2002 n.60	Concentrazione superata per 3g/anno (percentile giornaliero 99.1781)	125	6.3	8.7	6.3	---	---
D.M. 2 Apr 2002 n.60	Concentrazione superata per 24h/anno (percentile orario 99.7260)	350	34	45	34	---	---

Tabella 27 – SO₂ – Confronto dei limiti di legge con i valori massimi calcolati dal modello

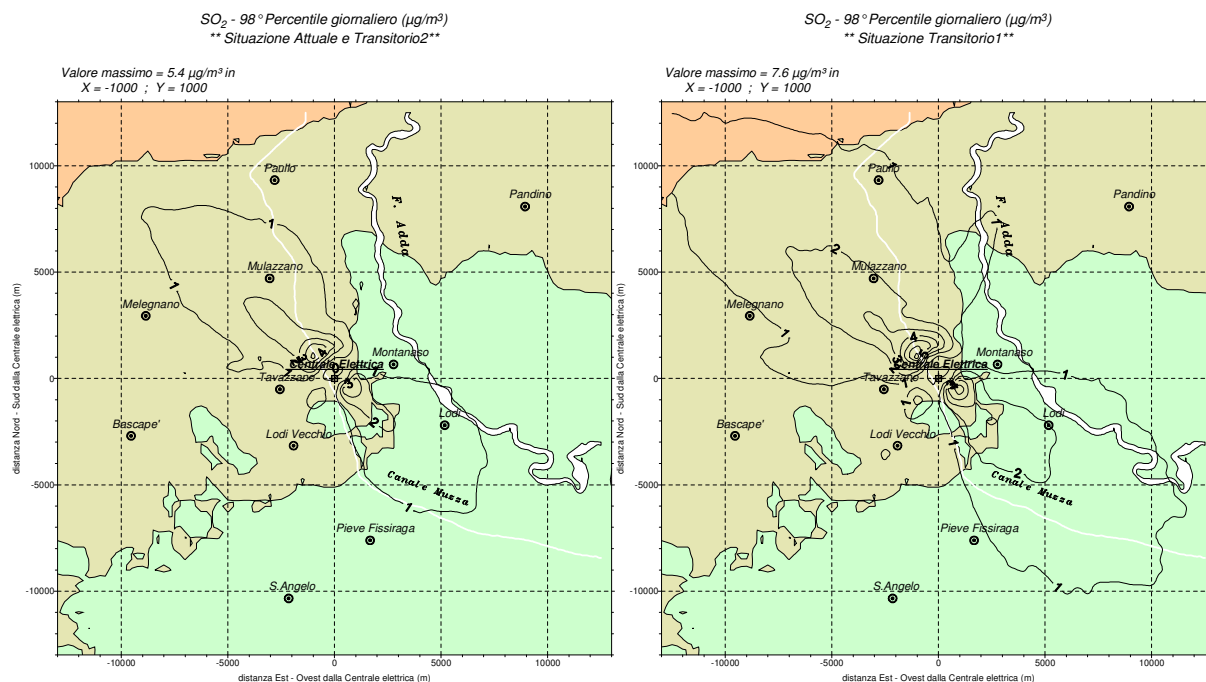
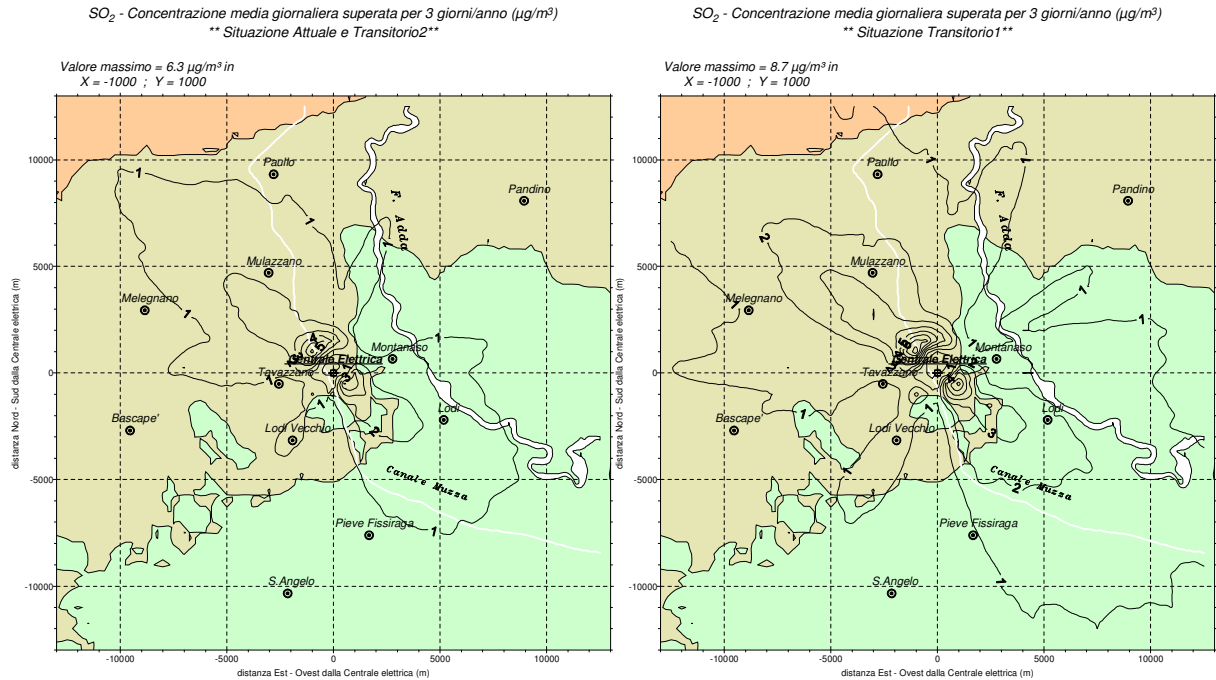
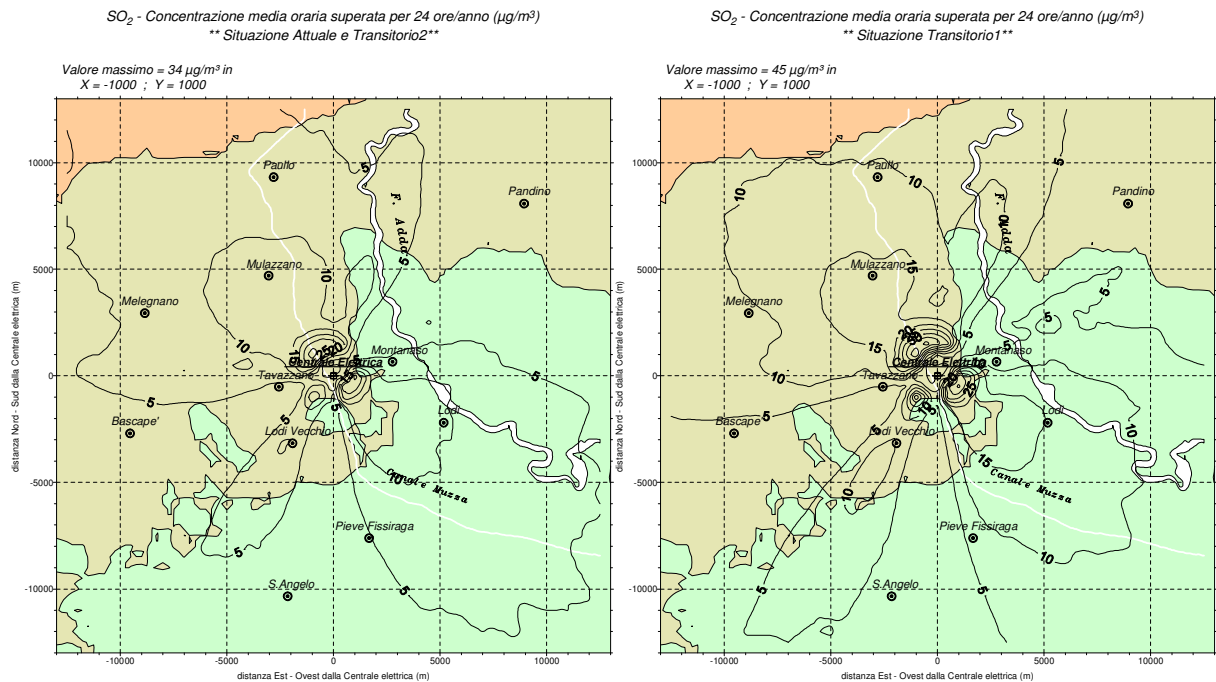


Figura 11 - 98° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di SO₂
Situazione Attuale e Transitorio2 (sx), situazione Transitorio1 (dx)



**Figura 12 – Concentrazione media giornaliera di SO₂ superata per 3 giorni/anno
 Situazione Attuale e Transitorio2 (sx), situazione Transitorio1 (dx)**



**Figura 13 – Concentrazione media oraria di SO₂ superata per 24 ore/anno
 Situazione Attuale e Transitorio2 (sx), situazione Transitorio1 (dx)**

L'esame delle mappe, riportate dalla Figura 11 alla Figura 13, mostrano aree di ricaduta localizzate a Nord-Ovest e a Sud-Est dell'impianto in accordo con le direzioni prevalenti dei venti. I valori più alti (Tabella 27), si stimano a circa 1500 m a Nord-Ovest dell'impianto per tutti i parametri statistici analizzati.

5.2.2 Biossido di azoto (NO₂) e ossidi totali di azoto (NO_x)

Nell'impianto in esame gli ossidi di azoto totali (NO+NO₂), sono emessi da tutti i gruppi. Le emissioni maggiori per questo inquinante si hanno durante la fase denominata "Transitorio1" (2006-2009), dove operano i due cicli combinati 5 e 6 e le sezioni termoelettriche 7 e 8, con un rateo di emissione complessivo pari a 188 g/s. In questa situazione ed in quella denominata "Transitorio2" (2009), dove operano i tre cicli combinati 5, 6 e 9 e la sola sezione termoelettrica 8, si riscontrano i valori statistici più alti per ciò che concerne le concentrazioni al suolo. Infatti in questa seconda situazione pur avendo un rateo di emissione complessivo minore di quello della situazione precedente (122 g/s), il punto di rilascio di gran parte di queste emissioni, risulta essere più basso, in quanto le emissioni del gruppo termoelettrico 8 non sono più accoppiate con quelle del gruppo 7, e vengono quindi emesse con una minore portata dei fumi, che porta il livellamento del pennacchio (plume-rise) a quote minori rispetto alla situazione di Transitorio1, inoltre anche le emissioni del ciclo combinato 9 escono da un camino di 100 metri con una temperatura di 90°C, mentre quelle del gruppo 7 uscivano dal camino a 250 metri con una temperatura di 125 °C.

In Tabella 28 sono riassunti e confrontati con i relativi limiti di legge i valori massimi calcolati dal modello per i diversi parametri definiti dalla normativa vigente. Il contributo della centrale risulta contenuto, rispettando ampiamente tutti i limiti di legge previsti, in tutte le configurazioni oggetto di studio.

Biossido di azoto (NO ₂) Normativa	Parametro	Limite	Configurazione				
			Attuale	Transitorio1	Transitorio2	Transitorio3	Futura
valori guida 203/88	50 percentile giornaliero	50	---	---	---	---	---
valore limite 203/88	98 percentile giornaliero	200	13.5	14.2	14.4	13.9	6.8
D.M. 2 Apr 2002 n.60	Media annuale	40	0.53	0.58	0.57	0.55	0.29
D.M. 2 Apr 2002 n.60	Concentrazione superata per 18h/anno (percentile orario 99.7945)	200	24	29	26	25	13.6
Ossidi di azoto totali (NO_x)							
D.M. 2 Apr 2002 n.60	Media annuale (Protezione vegetazione)	30	0.67	0.75	0.73	0.70	0.36

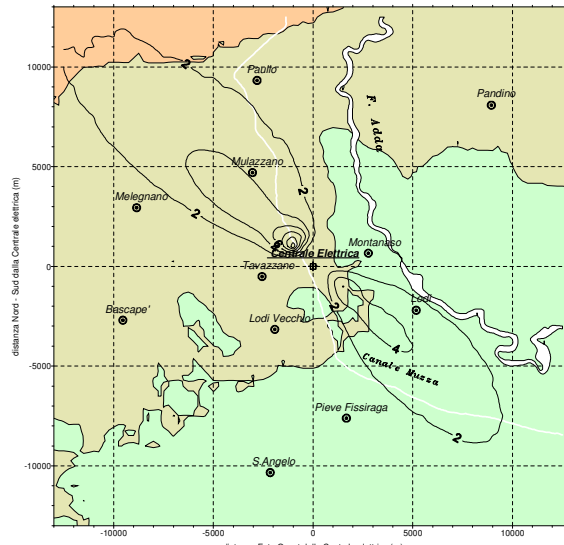
Tabella 28 – NO₂ e NO_x – Confronto dei limiti di legge con i valori massimi calcolati dal modello

Le aree di ricaduta evidenziate nelle mappe, riportate dalla Figura 14 alla Figura 16, sono ovviamente le stesse già individuate nell'analisi delle mappe dell'SO₂ e sono localizzate a Nord-Ovest e a Sud-Est dell'impianto in accordo con le direzioni prevalenti dei venti. I valori più alti (Tabella 28), anche in questo caso si stimano a circa 1500 m a Nord-Ovest dell'impianto per tutti i parametri statistici analizzati.

La considerazione più interessante, è quella in parte già anticipata in precedenza e riguarda il fatto che il funzionamento contemporaneo delle sezioni termoelettriche 7 e 8 al massimo carico, viene quasi completamente compensato dall'innalzamento del punto di livellamento del pennacchio, generando solo un leggero aumento dei parametri statistici definiti dalla normativa vigente. La situazione quindi dove il contributo della centrale, se pur modesto, risulta essere massimo, è quella nella quale si introducono le emissioni del ciclo combinato 9 fermando la sezione termoelettrica 7. La situazione notevolmente migliore è invece quella che si viene a determinare nella configurazione futura, a partire dal 2015, quando si hanno in funzione solo le sezioni a ciclo combinato.

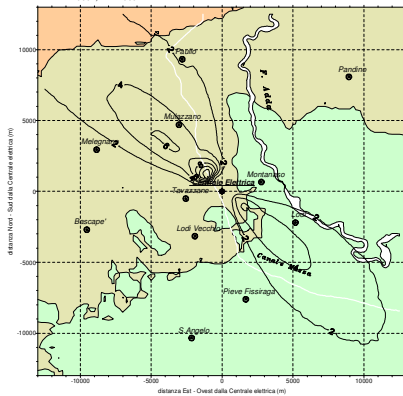
NO₂ - 98° Percentile orario (µg/m³)
 ** Situazione Attuale**

Valore massimo = 13.5 µg/m³ in
 X = -1000 ; Y = 1000

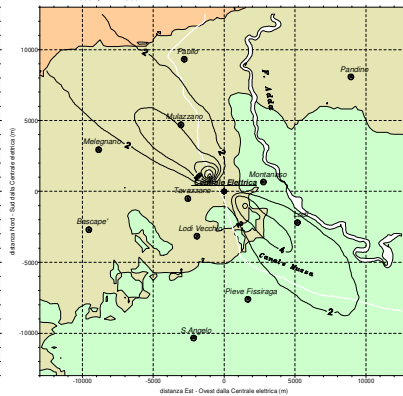


NO₂ - 98° Percentile orario (µg/m³)
 ** Situazione Transitoria1**

Valore massimo = 14.2 µg/m³ in
 X = -1000 ; Y = 1000

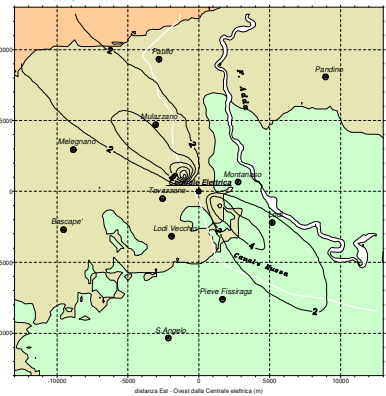


Valore massimo = 14.4 µg/m³ in
 X = -1000 ; Y = 1000



NO₂ - 98° Percentile orario (µg/m³)
 ** Situazione Transitoria3**

Valore massimo = 13.9 µg/m³ in
 X = -1000 ; Y = 1000



NO₂ - 98° Percentile orario (µg/m³)
 ** Situazione Futura**

Valore massimo = 6.8 µg/m³ in
 X = -1000 ; Y = 1000

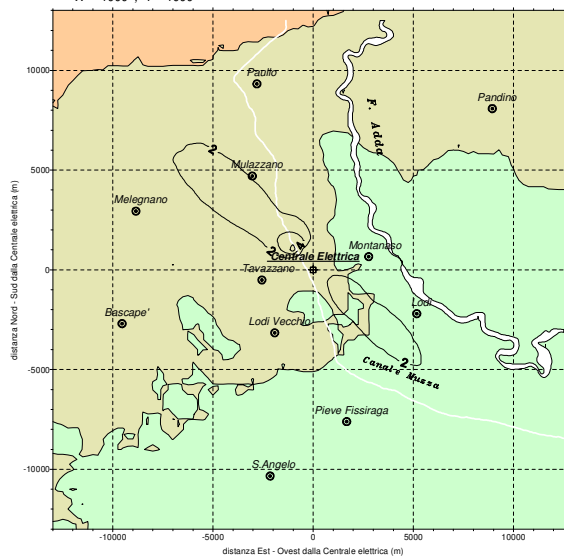
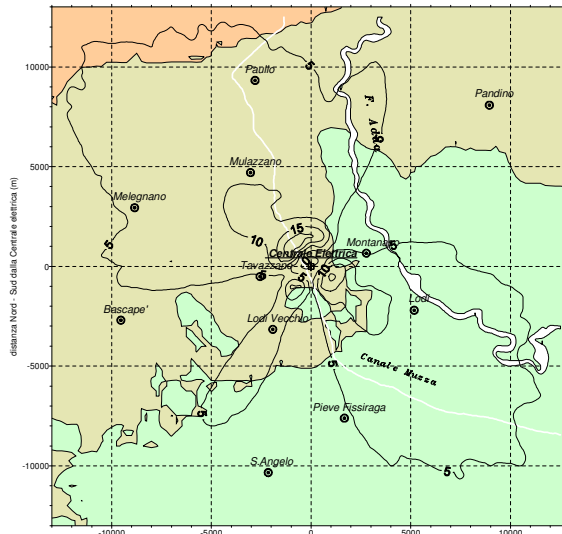


Figura 14 – 98° percentile delle concentrazioni medie orarie di NO₂
 Situazione Attuale (alto), situazioni Transitorie (centro), situazione Futura (basso)

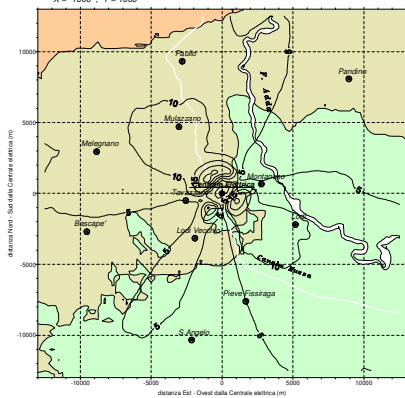
NO₂ - Concentrazione media oraria superate per 18 ore/anno (µg/m³)
 ** Situazione Attuale**

Valore massimo = 24 µg/m³ in
 X = -1000 ; Y = 1000



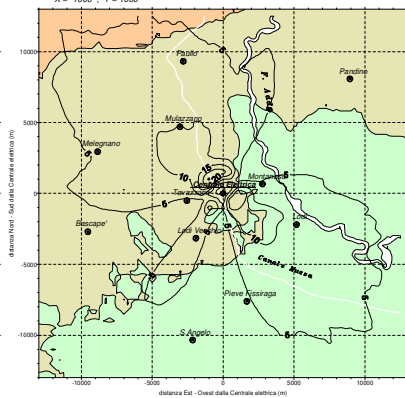
NO₂ - Concentrazione media oraria superate per 18 ore/anno (µg/m³)
 ** Situazione Transitorio1**

Valore massimo = 29 µg/m³ in
 X = -1000 ; Y = 1000



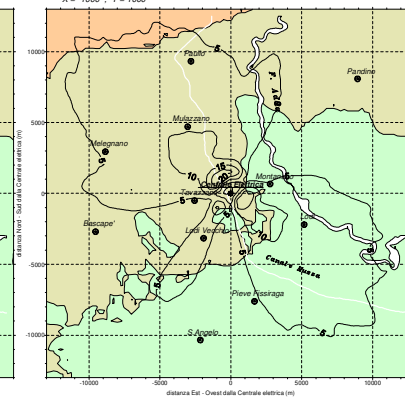
NO₂ - Concentrazione media oraria superate per 18 ore/anno (µg/m³)
 ** Situazione Transitorio2**

Valore massimo = 26 µg/m³ in
 X = -1000 ; Y = 1000



NO₂ - Concentrazione media oraria superate per 18 ore/anno (µg/m³)
 ** Situazione Transitorio3**

Valore massimo = 25 µg/m³ in
 X = -1000 ; Y = 1000



NO₂ - Concentrazione media oraria superate per 18 ore/anno (µg/m³)
 ** Situazione Futura**

Valore massimo = 13.6 µg/m³ in
 X = -1000 ; Y = 1000

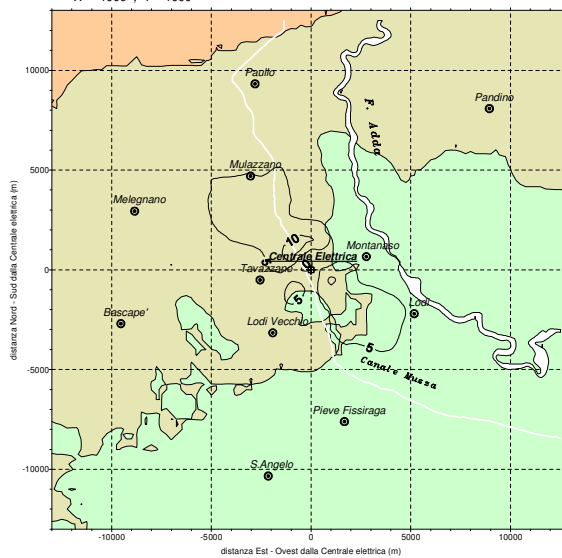
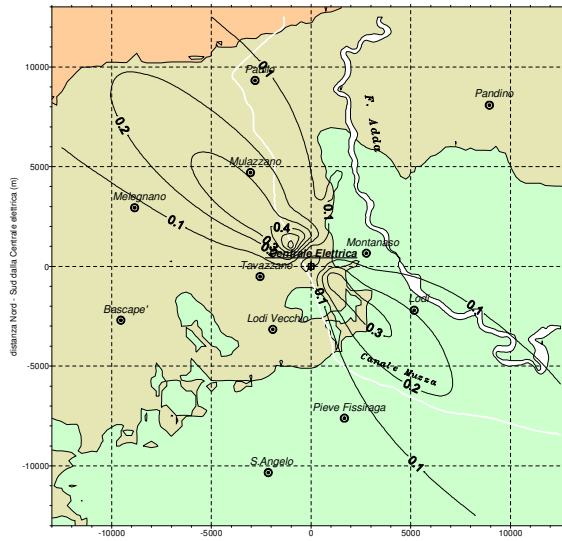


Figura 15 – Concentrazione media oraria di NO₂ superata per 18 ore/anno
 Situazione Attuale (alto), situazioni Transitorie (centro), situazione Futura (basso)

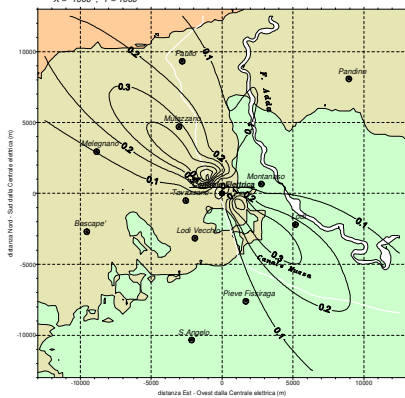
NO_x - Concentrazione media annuale (µg/m³)
 ** Situazione Attuale**

Valore massimo = 0.67 µg/m³ in
 X = -1000 ; Y = 1000



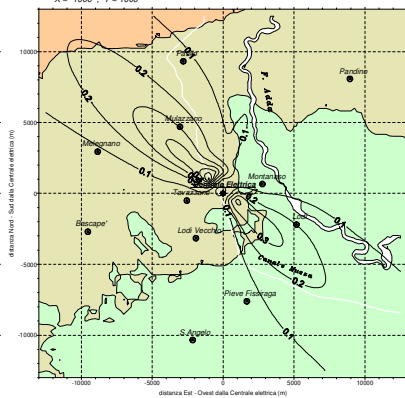
NO_x - Concentrazione media annuale (µg/m³)
 ** Situazione Transitorio1**

Valore massimo = 0.75 µg/m³ in
 X = -1000 ; Y = 1000



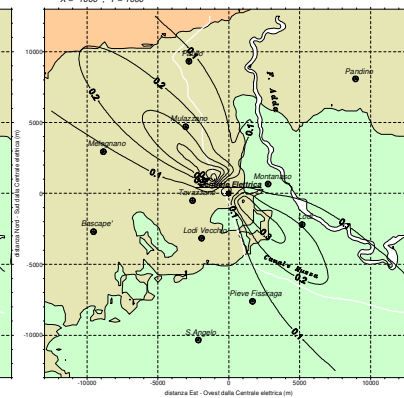
NO_x - Concentrazione media annuale (µg/m³)
 ** Situazione Transitorio2**

Valore massimo = 0.73 µg/m³ in
 X = -1000 ; Y = 1000



NO_x - Concentrazione media annuale (µg/m³)
 ** Situazione Transitorio3**

Valore massimo = 0.70 µg/m³ in
 X = -1000 ; Y = 1000



NO_x - Concentrazione media annuale (µg/m³)
 ** Situazione Futura**

Valore massimo = 0.36 µg/m³ in
 X = -1000 ; Y = 1000

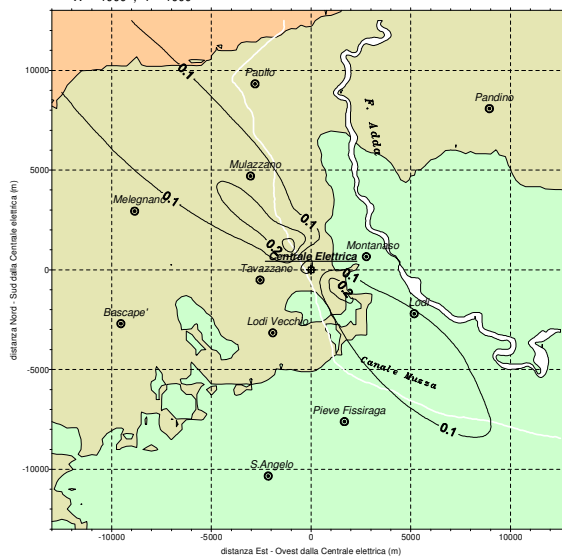


Figura 16 – Concentrazioni media annuale di NO_x
 Situazione Attuale (alto), situazioni Transitorie (centro), situazione Futura (basso)

5.2.3 Particolato fine (PM₁₀) e particolato totale sospeso (PTS)

Nell’impianto in esame il particolato è emesso in particolare modo dalle sezioni termoelettriche, mentre per quanto riguarda i cicli combinati, la Centrale è dotata di sistemi di abbattimento delle polveri in grado di eliminare la quasi totalità delle polveri di dimensioni maggiori di 10 µm. Nelle simulazioni condotte, a livello cautelativo, tutto il particolato emesso è stato considerato come particolato fine, cioè di diametro inferiore ai 10 µm, ed è stato comunque considerato un livello di concentrazione di polveri nei fumi prodotti dai cicli combinati pari a 1 mg/Nm³.

Con questa ipotesi le emissioni maggiori per questo inquinante si hanno durante la fase denominata “Transitorio1” (2006-2009), dove operano i due cicli combinati 5 e 6 e le sezioni termoelettriche 7 e 8, con un rateo di emissione complessivo pari a 6.47 g/s. In questa situazione ed in quella denominata “Transitorio2” (2009), dove operano i tre cicli combinati 5, 6 e 9 e la sola sezione termoelettrica 8, si riscontrano i valori statistici più alti per ciò che concerne le concentrazioni al suolo. Infatti in questa seconda situazione pur avendo un rateo di emissione complessivo minore di quello della situazione precedente (4.86 g/s), si ha, come descritto in precedenza a proposito delle emissioni degli ossidi totali di azoto, un punto di rilascio che risulta generalmente più basso, fenomeno che compensa la diminuzione del rateo di emissione.

In Tabella 29 sono riassunti e confrontati con i relativi limiti di legge i valori massimi calcolati dal modello per i diversi parametri definiti dalla normativa vigente. Il contributo della centrale risulta contenuto, rispettando ampiamente tutti i limiti di legge previsti, in tutte le configurazioni oggetto di studio.

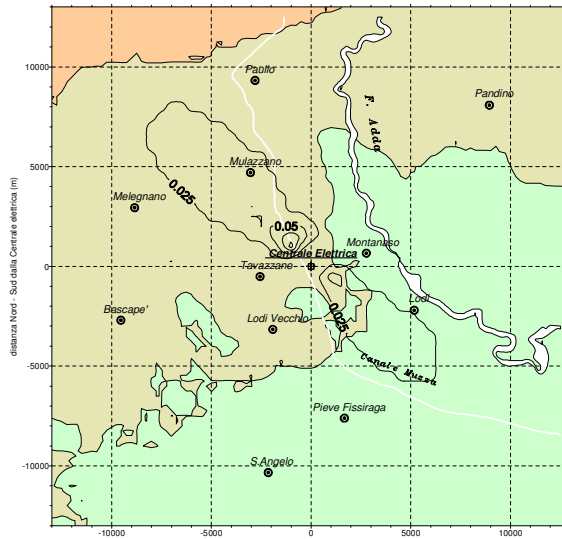
Particolato fine (PM ₁₀)			Configurazione				
Normativa	Parametro	Limite	Attuale	Transitorio1	Transitorio2	Transitorio3	Futura
D.M. 2 Apr 2002 n.60	Media annuale - Fase1	40	0.03	0.03	0.03	0.02	0.01
D.M. 2 Apr 2002 n.60	Media annuale - Fase2	20	0.03	0.03	0.03	0.02	0.01
D.M. 2 Apr 2002 n.60	Concentrazione superata per 35g/anno – Fase 1 (percentile giornaliero 90.4110)	50	0.11	0.12	0.13	0.09	0.05
D.M. 2 Apr 2002 n.60	Concentrazione superata per 7g/anno – Fase 2 (percentile giornaliero 98.0822)	50	0.19	0.24	0.23	0.16	0.10
Particolato totale sospeso (PTS)							
valore limite 203/88	95 percentile giornaliero	300	0.16	0.19	0.19	0.13	0.08

Tabella 29 – PM₁₀ e PTS – Confronto dei limiti di legge con i valori massimi calcolati dal modello

Anche per questo inquinante le aree di ricaduta evidenziate nelle mappe, riportate dalla Figura 17 alla Figura 19, sono ovviamente le stesse già individuate nell’analisi delle mappe precedenti e sono localizzate a Nord-Ovest e a Sud-Est dell’impianto in accordo con le direzioni prevalenti dei venti. I valori più alti (Tabella 29), anche in questo caso si stimano a circa 1500 m a Nord-Ovest dell’impianto per tutti i parametri statistici analizzati.

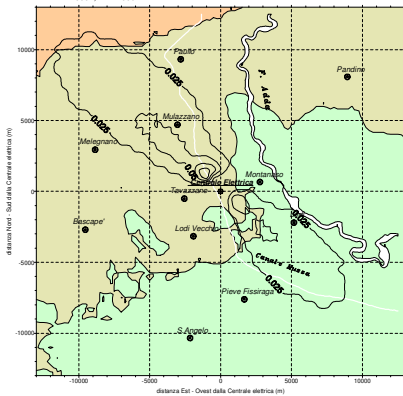
PM₁₀ - Concentrazione media giornaliera superata per 35 giorni/anno (µg/m³)
 ** Situazione Attuale**

Valore massimo = 0.11 µg/m³ in
 X = -1000 ; Y = 1000



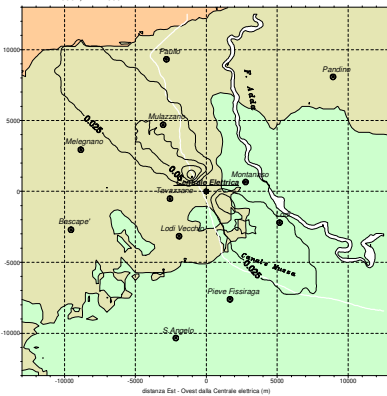
PM₁₀ - Concentrazione media giornaliera superata per 35 giorni/anno (µg/m³)
 ** Situazione Transitoria1**

Valore massimo = 0.12 µg/m³ in
 X = -1000 ; Y = 1000



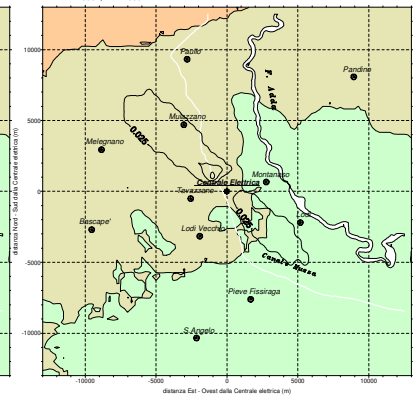
PM₁₀ - Concentrazione media giornaliera superata per 35 giorni/anno (µg/m³)
 ** Situazione Transitoria2**

Valore massimo = 0.13 µg/m³ in
 X = -1000 ; Y = 1000



PM₁₀ - Concentrazione media giornaliera superata per 35 giorni/anno (µg/m³)
 ** Situazione Transitoria3**

Valore massimo = 0.09 µg/m³ in
 X = -1000 ; Y = 1000



PM₁₀ - Concentrazione media giornaliera superata per 35 giorni/anno (µg/m³)
 ** Situazione Futura**

Valore massimo = 0.05 µg/m³ in
 X = -1000 ; Y = 1000

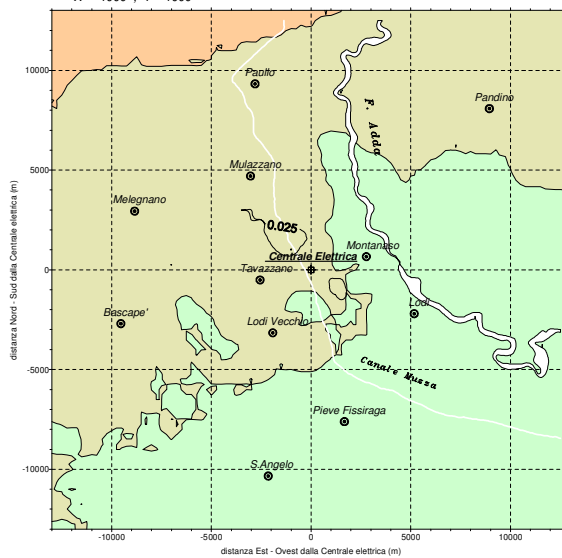
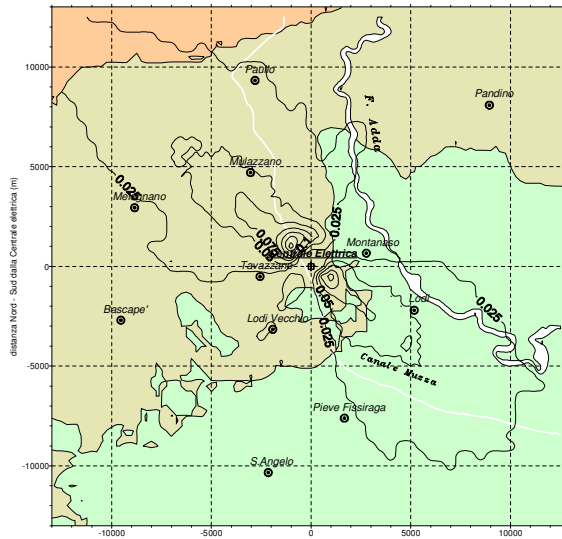


Figura 17 – Concentrazione media giornaliera di PM₁₀ superata per 35 giorni/anno
 Situazione Attuale (alto), situazioni Transitorie (centro), situazione Futura (basso)

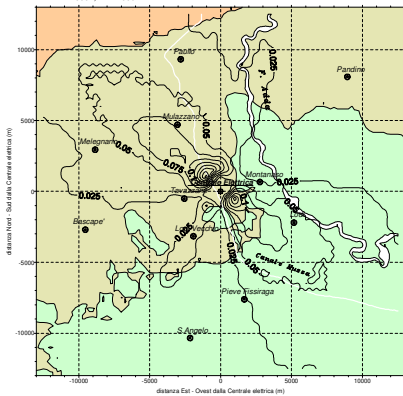
PM₁₀ - Concentrazione media giornaliera superata per 7 giorni/anno (µg/m³)
 ** Situazione Attuale**

Valore massimo = 0.19 µg/m³ in
 X = -1000 ; Y = 1000



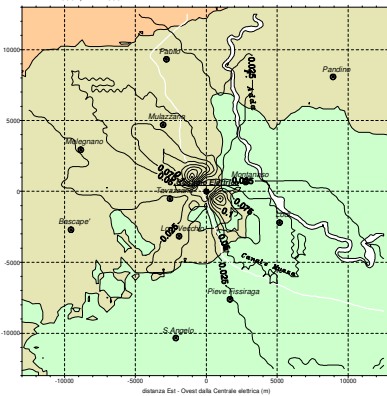
PM₁₀ - Concentrazione media giornaliera superata per 7 giorni/anno (µg/m³)
 ** Situazione Transitorio1**

Valore massimo = 0.24 µg/m³ in
 X = -1000 ; Y = 1000



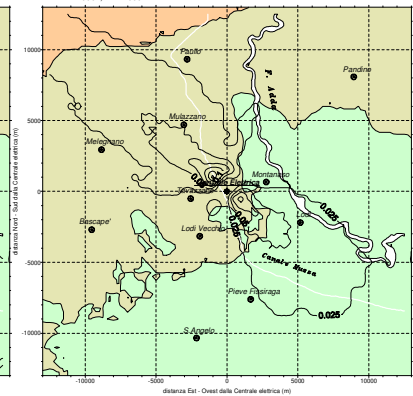
PM₁₀ - Concentrazione media giornaliera superata per 7 giorni/anno (µg/m³)
 ** Situazione Transitorio2**

Valore massimo = 0.23 µg/m³ in
 X = -1000 ; Y = 1000



PM₁₀ - Concentrazione media giornaliera superata per 7 giorni/anno (µg/m³)
 ** Situazione Transitorio3**

Valore massimo = 0.16 µg/m³ in
 X = -1000 ; Y = 1000



PM₁₀ - Concentrazione media giornaliera superata per 7 giorni/anno (µg/m³)
 ** Situazione Futura**

Valore massimo = 0.10 µg/m³ in
 X = -1000 ; Y = 1000

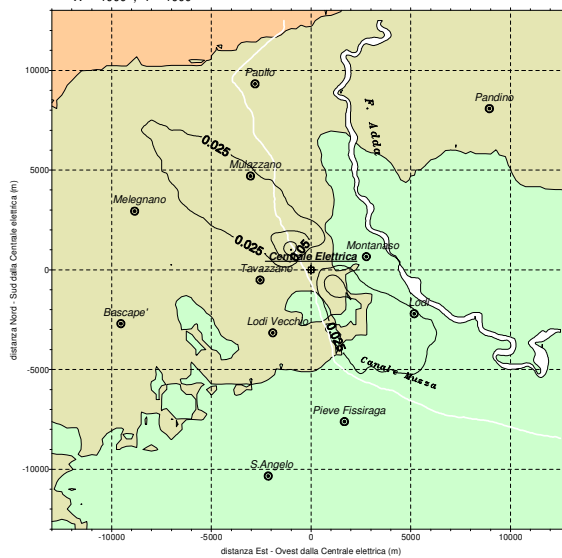
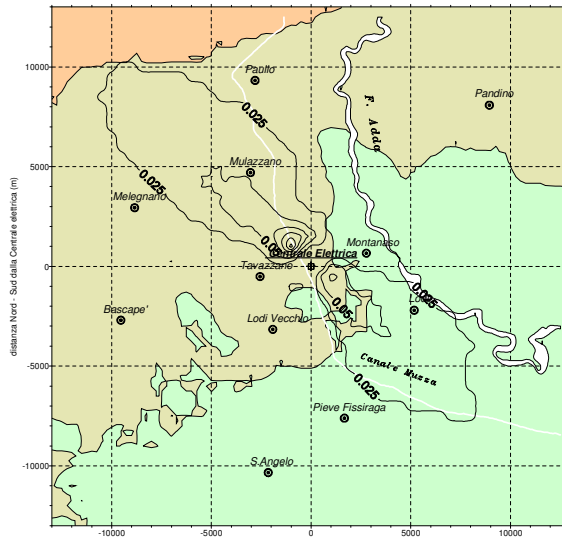


Figura 18 – Concentrazione media giornaliera di PM₁₀ superata per 7 giorni/anno
 Situazione Attuale (alto), situazioni Transitorie (centro), situazione Futura (basso)

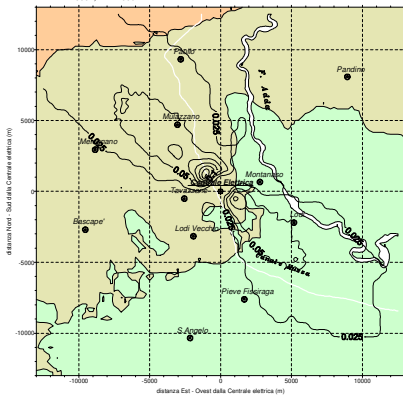
PTS - 95° percentile giornaliero ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 ** Situazione Attuale**

Valore massimo = $0.16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in
 X = -1000 ; Y = 1000



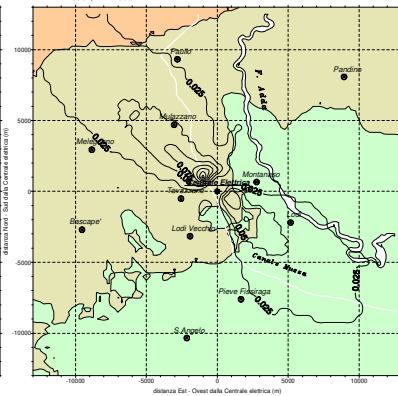
PTS - 95° percentile giornaliero ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 ** Situazione Transitorio1**

Valore massimo = $0.19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in
 X = -1000 ; Y = 1000



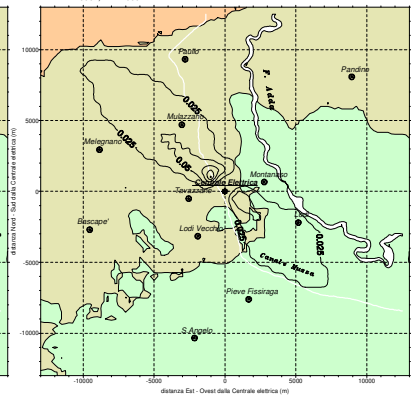
PTS - 95° percentile giornaliero ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 ** Situazione Transitorio2**

Valore massimo = $0.19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in
 X = -1000 ; Y = 1000



PTS - 95° percentile giornaliero ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 ** Situazione Transitorio3**

Valore massimo = $0.13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in
 X = -1000 ; Y = 1000



PTS - 95° percentile giornaliero ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 ** Situazione Futura**

Valore massimo = $0.08 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in
 X = -1000 ; Y = 1000

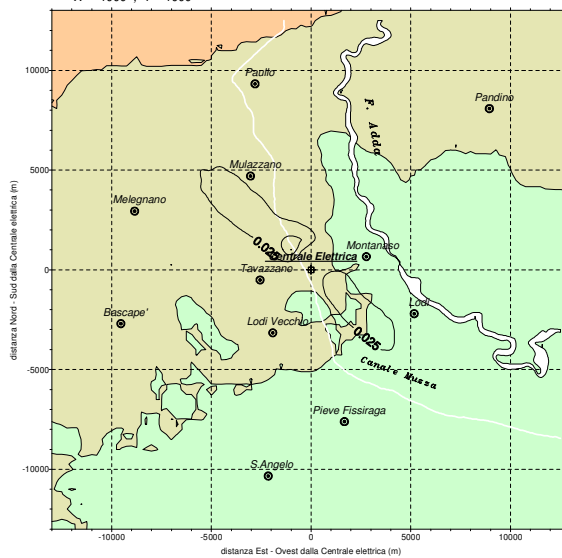


Figura 19 – 95° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di PTS
 Situazione Attuale (alto), situazioni Transitorie (centro), situazione Futura (basso)

5.3 Approfondimenti tramite il codice SPRAY

Gli approfondimenti modellistici effettuati con il codice SPRAY sono stati finalizzati ad analizzare le situazioni più critiche in relazione sia alle condizioni meteorologiche che a quelle emissive.

Dal punto di vista meteorologico tra le situazioni particolari, che possono risultare problematiche a causa dell'accumulo di inquinanti in prossimità del suolo, e nelle quali per altro il modello ISC3 presenta dei limiti di applicabilità, ci sono quelle invernali caratterizzate da calma di vento e forte stabilità atmosferica, e situazioni soleggiate estive con convezione e venti deboli che seguono un regime di brezza. Questi casi a livello sinottico corrispondono di solito a periodi di tempo stabile con alta pressione. Nella scelta del periodo da analizzare è stato quindi studiato l'andamento della pressione e della velocità del vento misurate dalla stazione meteorologica della Centrale di Tavazzano-Montanaso durante i periodi Gennaio-Marzo e Giugno-Agosto 1998 (Figura 20 e Figura 21).

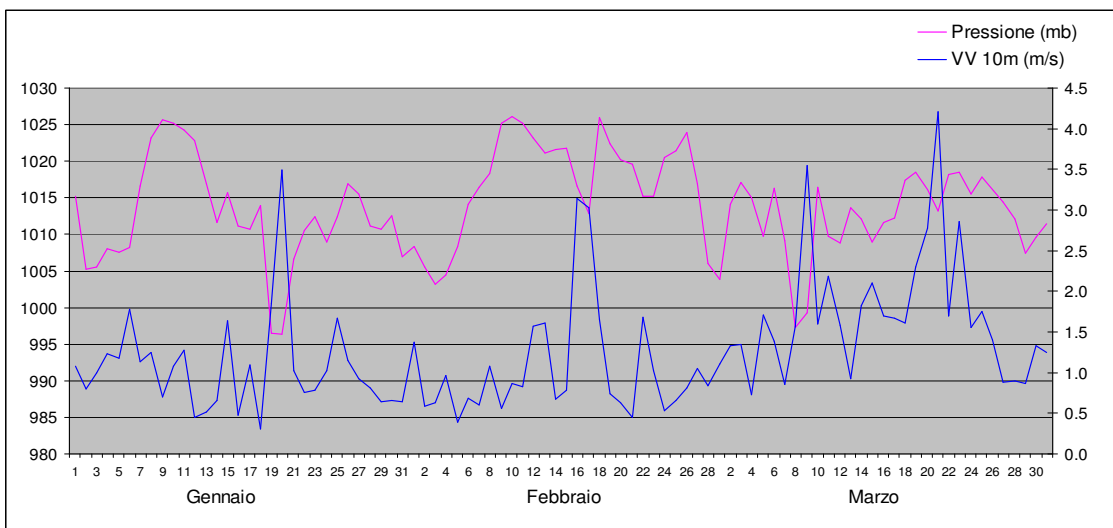


Figura 20 – Pressione e velocità media giornaliera misurate nel periodo Gennaio-Marzo 1998

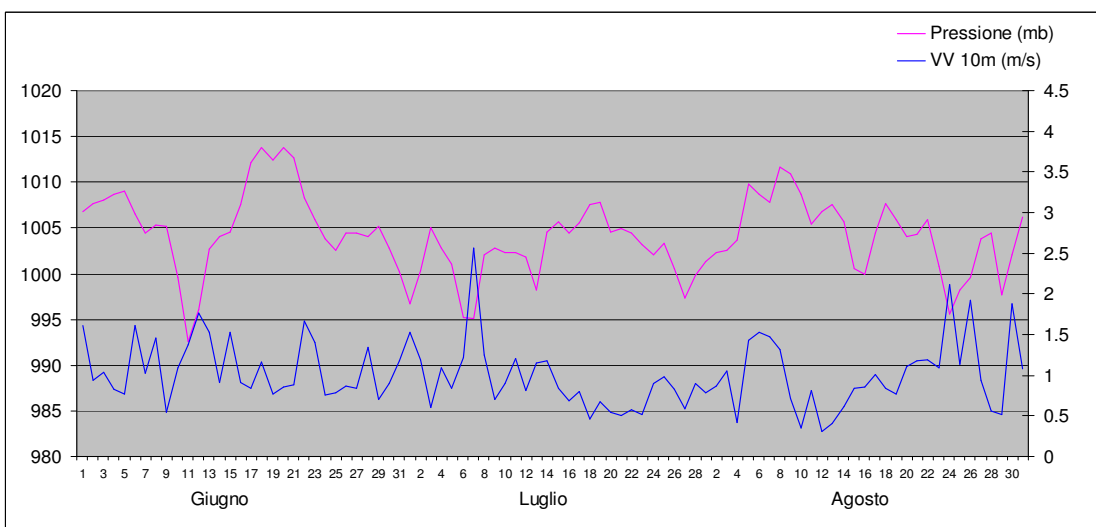


Figura 21 – Pressione e velocità media giornaliera misurate nel periodo Giugno-Agosto 1998

La scelta è ricaduta sulle giornate del 11-12 Gennaio e del 7-8 Agosto caratterizzate da una pressione media rispettivamente di circa 1025 mb e 1012 mb ed una velocità media del vento attorno ad 1 m/s. Da Figura 22 a Figura 25), sono presentati i valori orari di velocità e direzione del vento, radiazione globale e temperatura misurati dalla stazione della Centrale durante i due periodi scelti.

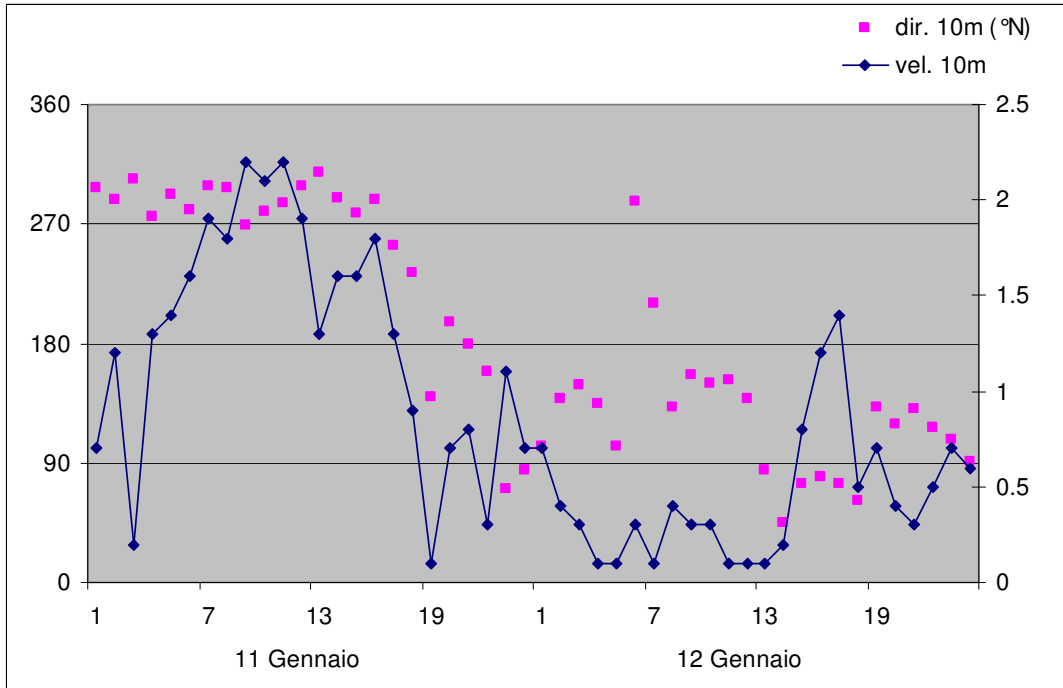


Figura 22 – Valori orari di direzione e velocità del vento nelle giornate dell'11 e 12 gennaio

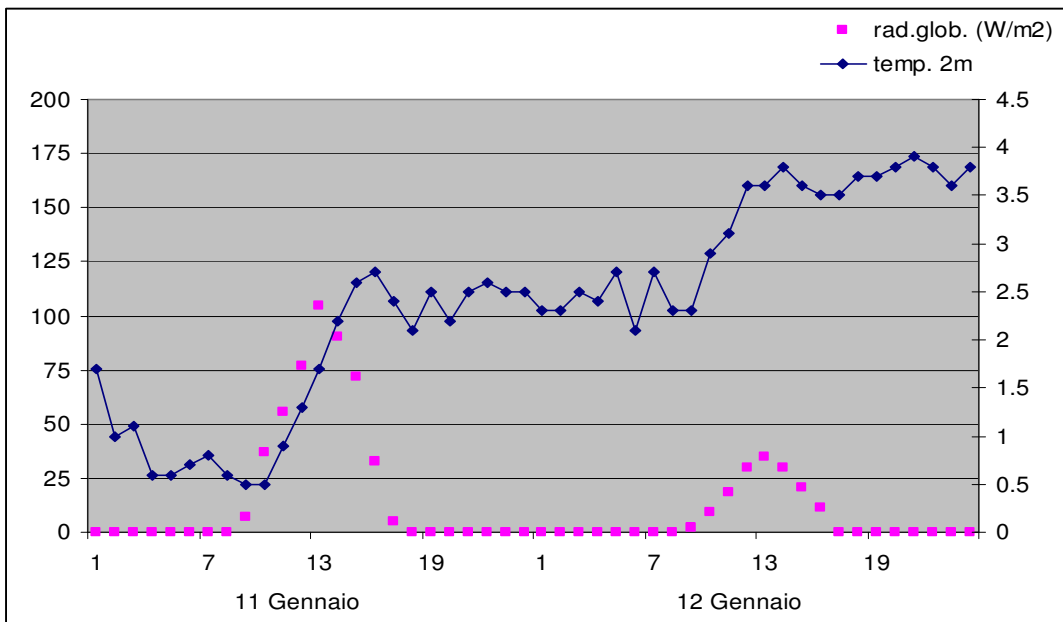


Figura 23 – Valori orari di radiazione globale e temperatura nelle giornate dell'11 e 12 gennaio

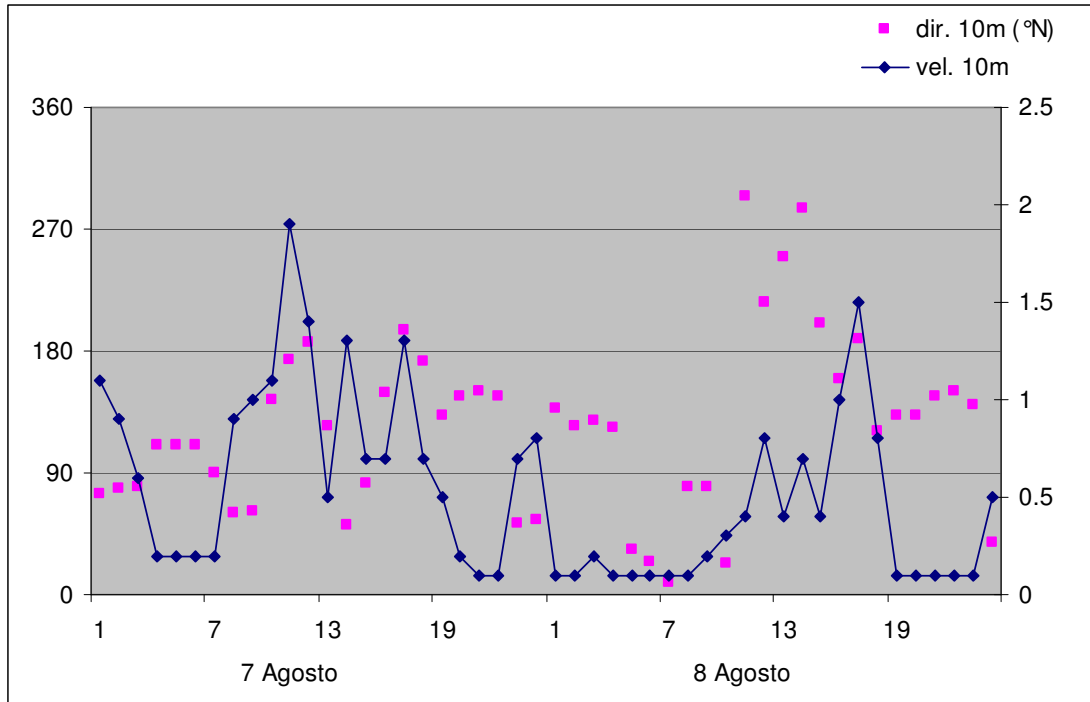


Figura 24 – Valori orari di direzione e velocità del vento nelle giornate del 7 e 8 agosto

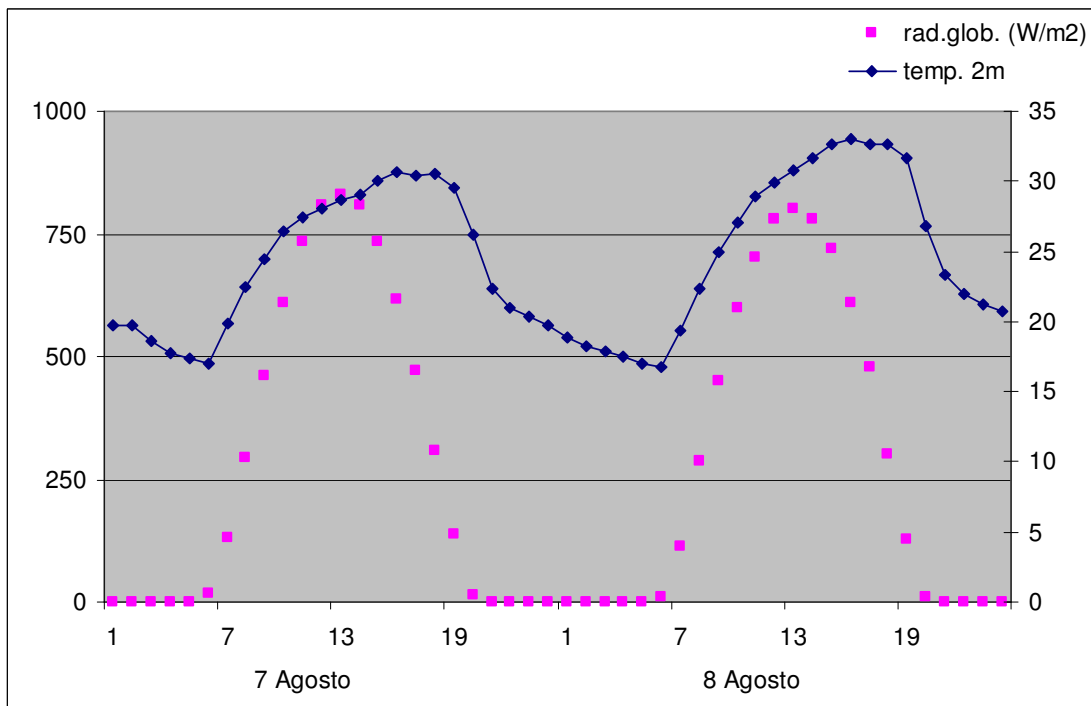


Figura 25 – Valori orari di radiazione globale e temperatura nelle giornate del 7 e 8 agosto

Durante il periodo invernale la giornata dell'11 Gennaio è caratterizzata da un vento proveniente prevalentemente da Ovest di intensità tra 1 e 2 m/s, mentre il 12 Gennaio vi è una situazione con vento di direzione variabile, di intensità quasi sempre inferiore ad 1 m/s. I bassi valori di radiazione solare indicano la presenza di nebbia.

Durante il periodo estivo le due giornate sono entrambe caratterizzate da forte insolazione e da venti che assumono, in modo non molto marcato, un regime di brezza dovuto alla vicinanza dei rilievi alpini e appenninici. Durante le ore notturne si è in presenza di venti deboli generalmente provenienti da Ovest, Sud-Ovest, che si intensificano assumendo una direzione variabile durante le ore diurne. Da Figura 26 a Figura 29 sono presentati i profili di temperatura e umidità relativa misurati dal radio sondaggio di Linate, ad una distanza di circa 14 Km a Nord-Ovest dell'impianto di Tavazzano, alle ore 01 e 13 del 12 Gennaio e dell'8 Agosto.

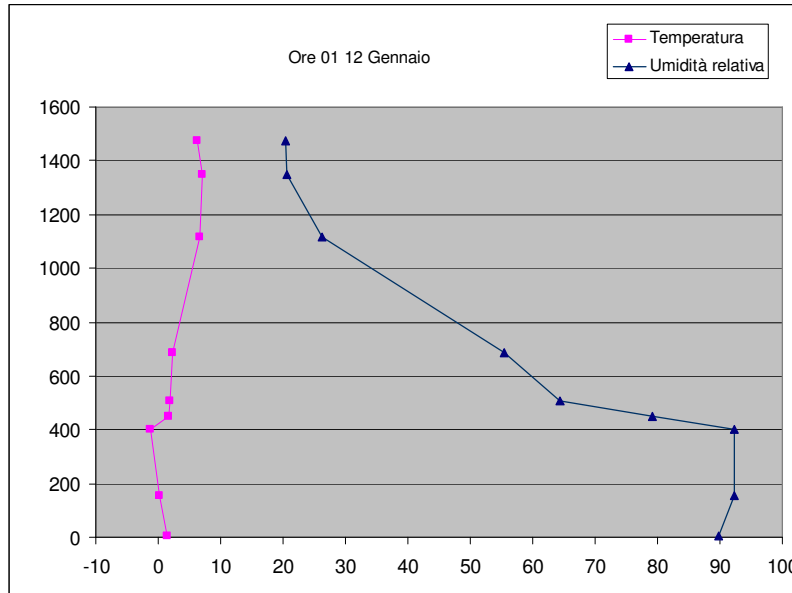


Figura 26 – Profilo di temperatura ed umidità relativa misurato dal radio sondaggio di Linate alle ore 01 del 12 gennaio

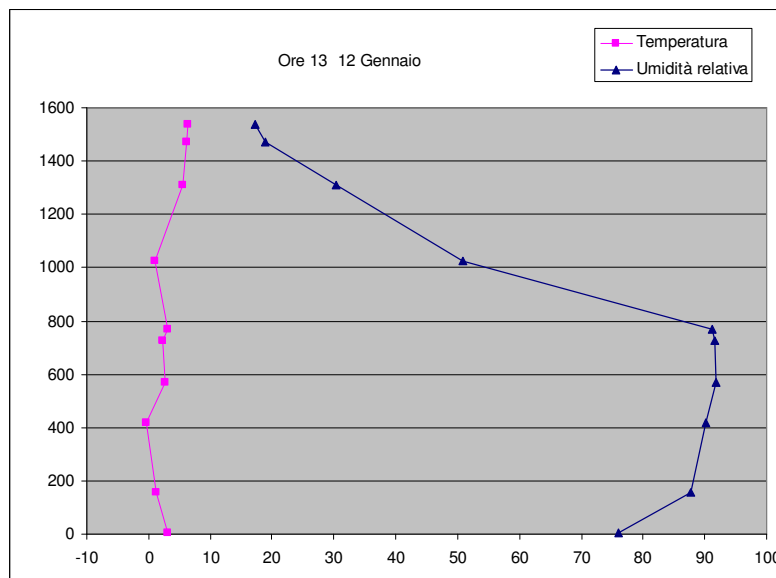


Figura 27 – Profilo di temperatura ed umidità relativa misurato dal radio sondaggio di Linate alle ore 13 del 12 gennaio

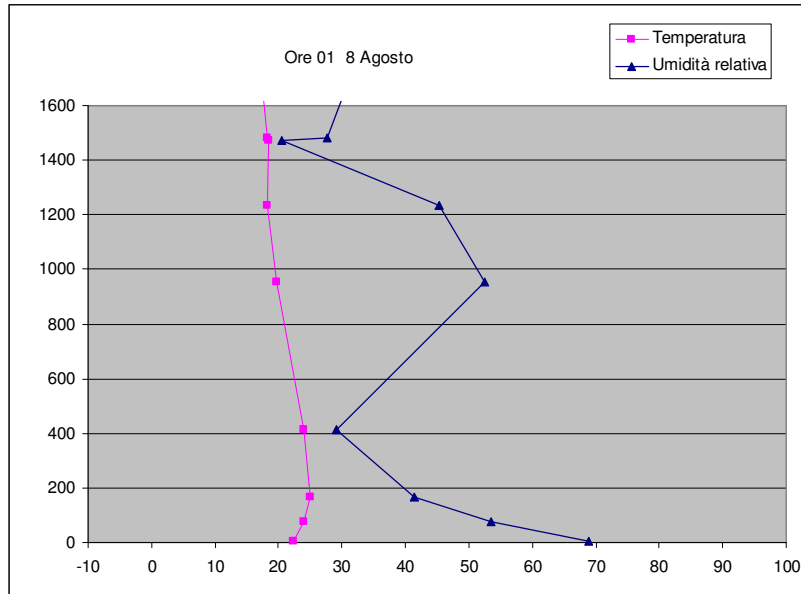


Figura 28 – Profilo di temperatura ed umidità relativa misurato dal radio sondaggio di Linate alle ore 01 dell’8 agosto

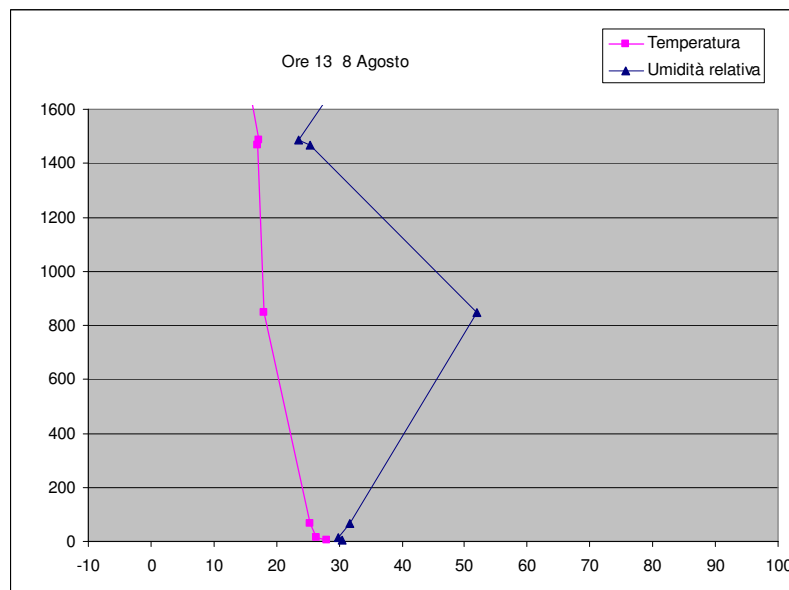


Figura 29 – Profilo di temperatura ed umidità relativa misurato dal radio sondaggio di Linate alle ore 13 dell’8 agosto

Come si può osservare dai valori di umidità relativa vicino alla saturazione, alle ore 01 e 13 del 12 Gennaio, uno strato di nebbia si estende dal suolo in verticale per 400 m di notte e per circa 800 m di giorno. Questo strato blocca la radiazione solare, che non raggiunge il suolo e determina un marcato raffreddamento dei bassi strati. Si ha così un'inversione termica, situazione che tende ad inibire i moti verticali e a far ristagnare al suolo gli inquinanti. In questi casi, anche il cosiddetto plume-rise, cioè l'innalzamento iniziale del pennacchio dovuto alla velocità ed alla temperatura di uscita dei fumi, si riduce.

Alle ore 01 del 8 Agosto si ritrova un'inversione termica, meno estesa in verticale rispetto alle precedenti, tipica delle ore notturne delle giornate estive con cielo sereno. Il raffreddamento del suolo, che avviene per irraggiamento nella banda dell'infrarosso, provoca un aumento di umidità relativa nei

bassi strati atmosferici. Alle ore 13 invece, il forte riscaldamento del suolo genera condizioni di instabilità, con un gradiente di temperatura super adiabatico nei primi metri di altezza. Inoltre, fino a circa 800 m, si ha una crescita dei valori di umidità relativa. Ciò è dovuto ai moti convettivi, che trasportano in verticale, all'interno del così detto strato limite convettivo, l'umidità sottratta al suolo dalla forte evaporazione.

Il campo di vento, necessario in input al codice lagrangiano SPRAY per muovere le particelle, è stato creato dal preprocessore meteorologico Minerve in grado di estendere, effettuando delle opportune interpolazioni, su un dominio spaziale tridimensionale dati puntuali di direzione e velocità del vento, misurati da una stazione al suolo, o dati di profilo, misurati o derivanti da un modello meteorologico di analisi. Nell'effettuare questa operazione sono stati forniti in input a Minerve i dati degli anemometri al suolo e a 240 m presenti presso la Centrale di Tavazzano-Montanaso, i dati di profilo del modello di analisi del centro europeo di Reading e quelli misurati dal radio sondaggio di Linate ed infine il dato al suolo della stazione synop di Linate. A titolo esemplificativo, in Figura 30 ed in Figura 31 sono presentati i campi di vento a 10 m di altezza ricostruiti dal codice Minerve alle ore 07 del 12 gennaio ed alle ore 19 dell'8 agosto.

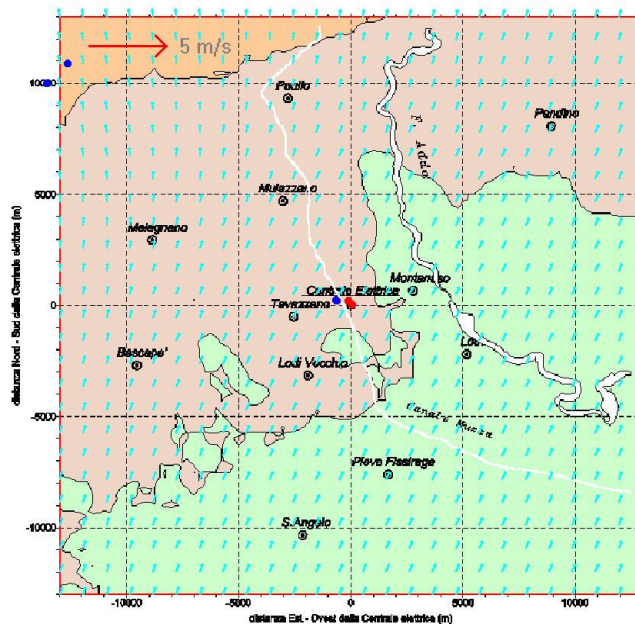


Figura 30 – Campo di vento a 10 m di altezza ricostruito dal codice Minerve partendo dai dati misurati alle ore 07 del 12 gennaio 1998

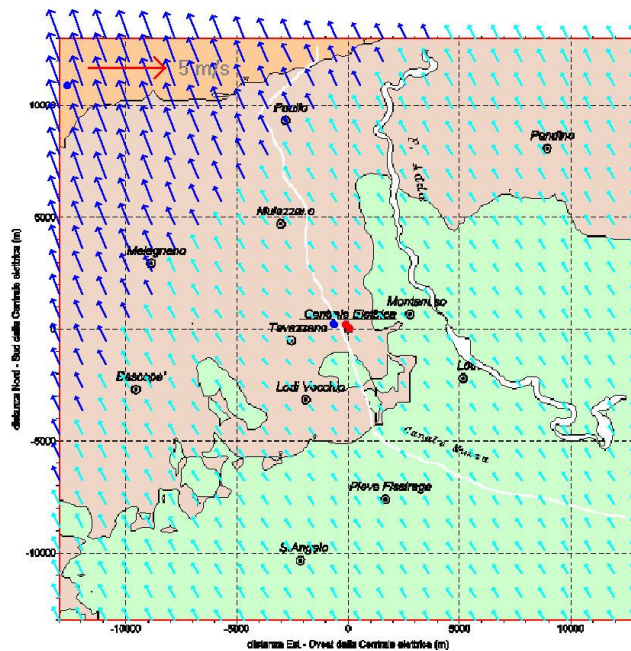


Figura 31 – Campo di vento a 10 m di altezza ricostruito dal codice Minerve partendo dai dati misurati alle ore 19 dell’8 agosto 1998

Le simulazioni sono state condotte dal codice SPRAY, utilizzando i campi di vento prodotti a cadenza oraria dal codice Minerve su un dominio di 25 x 25 Km². Le concentrazioni medie orarie di SO₂ ed NO_x al suolo sono state calcolate ogni ora su tutto il dominio, con una risoluzione orizzontale di 250 x 250 m². Dal punto di vista emissivo le simulazioni hanno considerato la configurazione denominata Transitorio1 che risultava essere la situazione con il maggiore rateo di emissione per tutti gli inquinanti (Tabella 30), tutte le caratteristiche relative alle modalità di emissione sono riportate nella Tabella 25 e nella Tabella 26.

Configurazione	Rateo emissione		
	SO ₂ (g/s)	NO _x (g/s)	Polveri (g/s)
Attuale	96.7	140.0	4.25
Transitorio1	193.3	188.3	6.67
Transitorio2	96.7	121.7	4.86
Transitorio3	0.0	118.2	3.57
Futura	0.0	73.3	2.44

Tabella 30 – Emissioni complessive nelle varie configurazioni

In Figura 32 e in Figura 33 sono presentati gli andamenti dei massimi di concentrazione al suolo di SO₂ e NO_x, calcolati ogni ora all’interno del dominio, per i due periodi considerati.

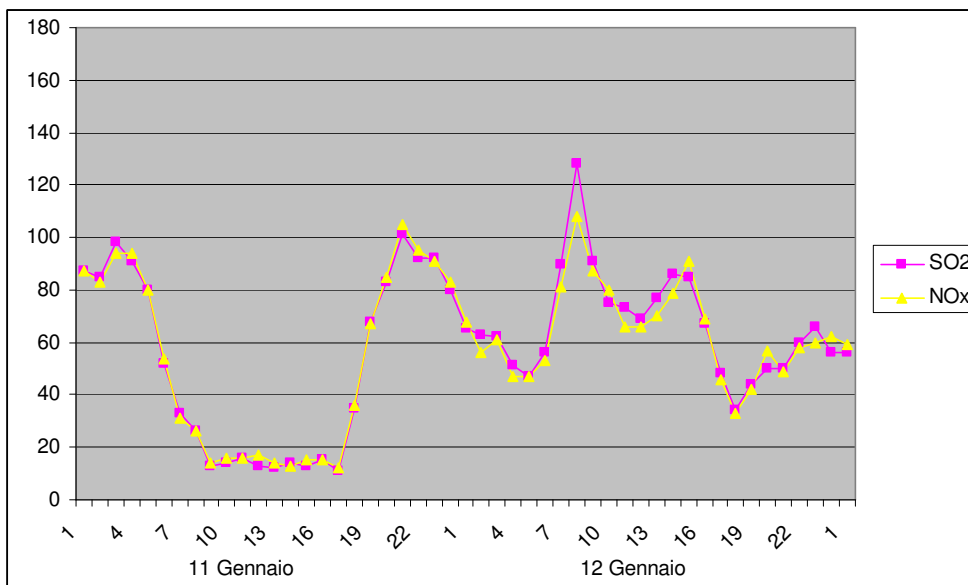


Figura 32 –Valori massimi orari di SO₂ ed NO_x [µg/m³] per il periodo invernale

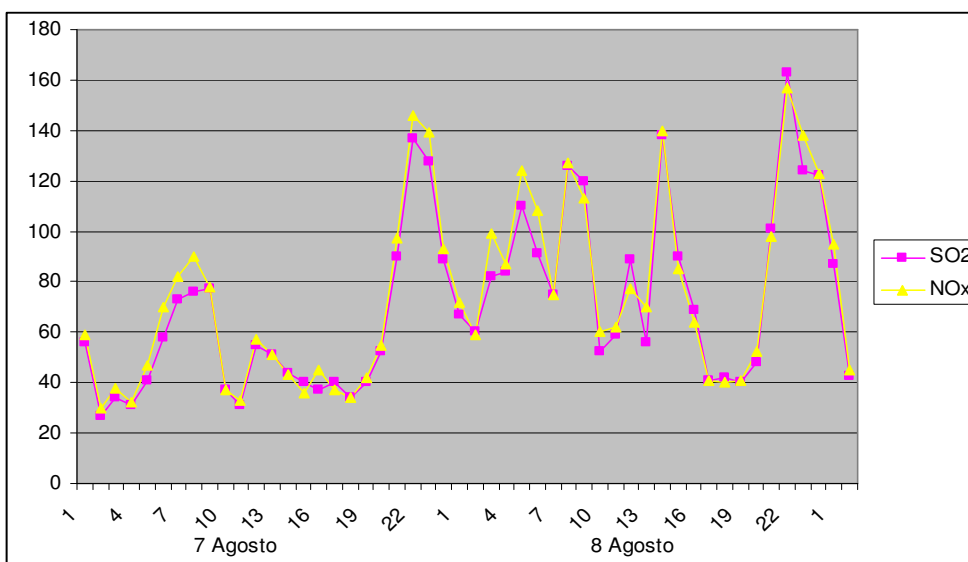


Figura 33 –Valori massimi orari di SO₂ ed NO_x [µg/m³] per il periodo estivo

Una prima analisi dei due grafici evidenzia che i valori di SO₂ ed NO_x sono molto simili. Infatti la somma dei ratei di NO_x dei due camini è di poco inferiore al rateo di SO₂ emessa dal solo camino delle sezioni 7 e 8 (Tabella 30).

Le giornate più critiche sono risultate il 12 gennaio per il periodo invernale e l'8 agosto per quello estivo, in accordo con la descrizione meteorologica che evidenziava in queste due giornate condizioni anemologiche molto deboli. Nel primo caso le massime concentrazioni medie orarie, sia di SO₂ che di NO_x, raggiungono valori di circa 120 µg/m³ e nel secondo valori di circa 160 µg/m³.

Dalla Figura 34 alla Figura 39 sono riportate le mappe di concentrazione di SO₂, NO_x, NO₂ e polveri dalle ore 5 alle ore 10 del 12 gennaio, si può notare che alle ore 5 il massimo di concentrazioni al suolo di circa 50 µg/m³ ricade 5 km a Nord dell'impianto. Nelle ore successive il vento di intensità inferiore ad 1 m/s ruota verso Est fino alle ore 8 quando la rotazione si inverte tornando verso Nord. Il massimo di concentrazione si raggiunge proprio alle ore 8, in quanto, la dinamica descritta determina una sovrapposizione degli inquinanti emessi nelle ore precedenti con quelli emessi successivamente. L'accumulo al suolo è inoltre favorito dalla situazione di forte stabilità caratterizzante queste ore.

Dalla Figura 40 alla Figura 45 sono riportate le sequenze relative alle mappe di concentrazione di SO₂, NO_x, NO₂ e polveri che portano alla formazione dei massimi di 140 µg/m³ e 160 µg/m³ rispettivamente alle ore 13 e 21 dell'8 agosto.

Nel primo caso il raggiungimento del valore massimo alle ore 13, a circa 3 Km ad Est della Centrale, è determinato sia dalla forte rotazione del vento, verificatasi tra le ore 11 e le 14, sia dalla forte convezione che tende ad "aprire" verticalmente il pennacchio che ricade più velocemente verso il suolo.

Nel secondo caso invece, alle ore 21 del 8 Agosto, quando hanno fine l'irraggiamento solare ed i moti convettivi, che nelle ore precedenti favorivano una dispersione verticale degli inquinanti, si determina un accumulo a circa 5 Km a Nord-Ovest dell'impianto

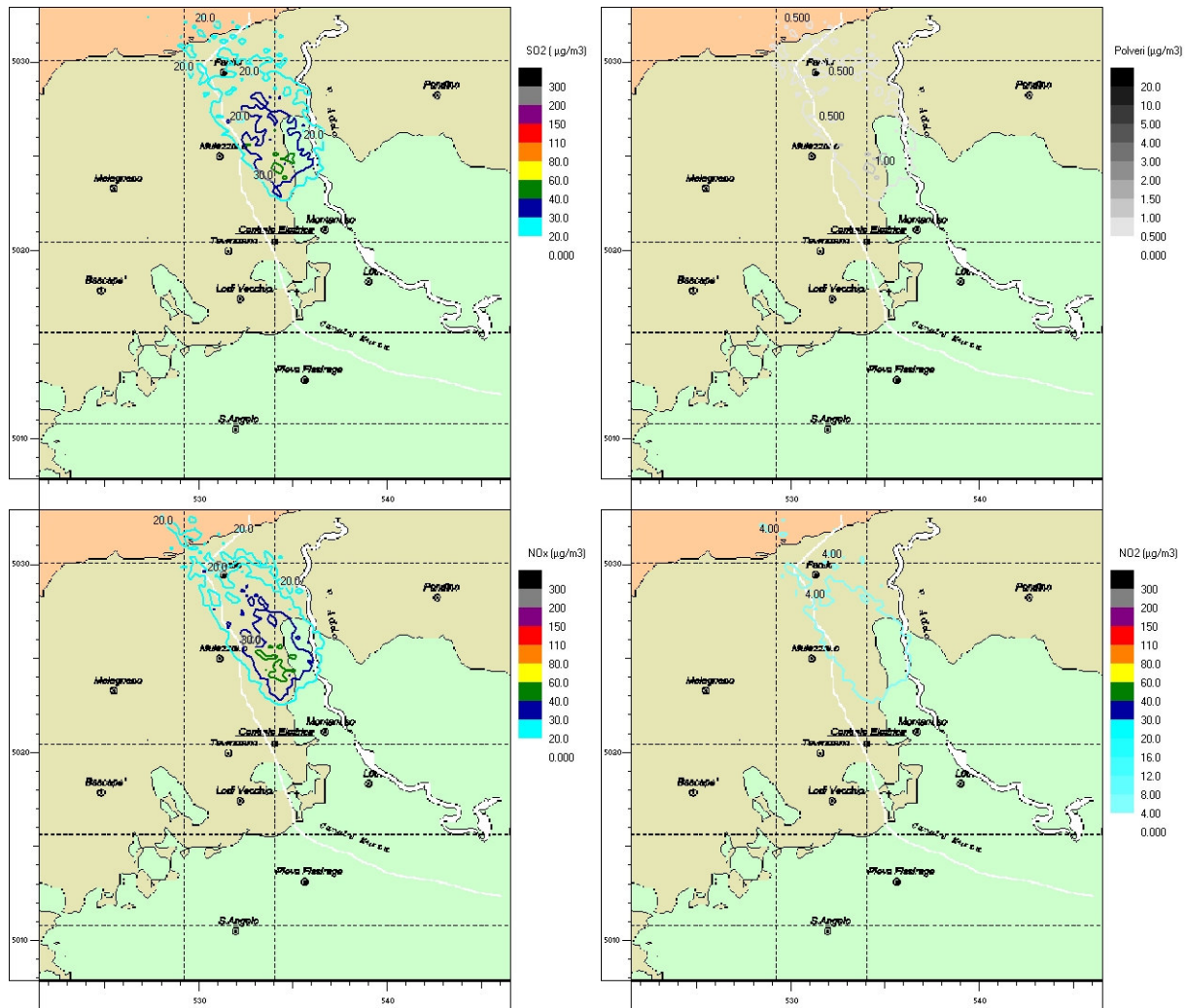


Figura 34 – Concentrazioni medie orarie di SO₂, Polveri, NO_x e NO₂ alle ore 5 del 12 gennaio

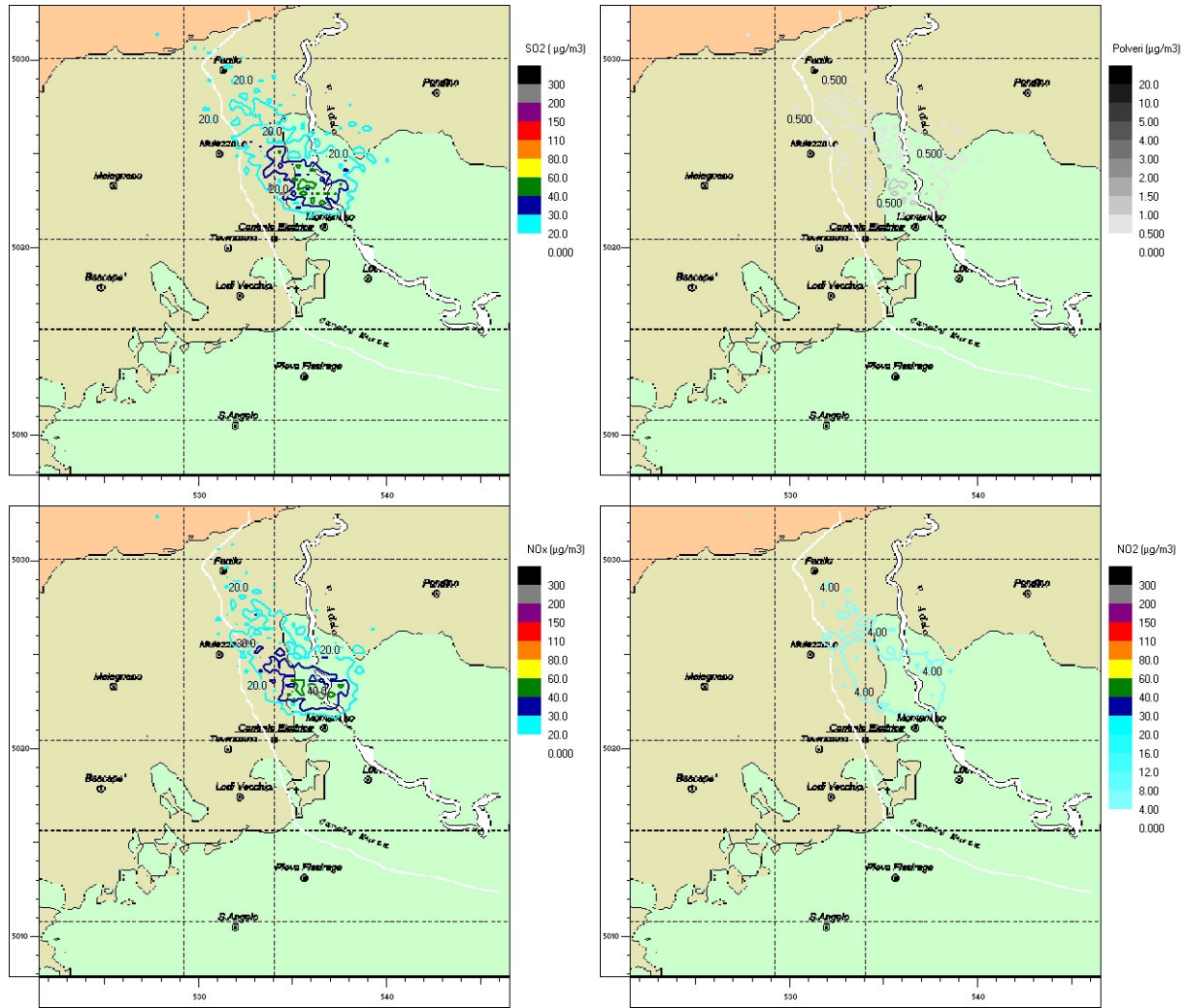


Figura 35 – Concentrazioni medie orarie di SO₂, Polveri, NO_x e NO₂ alle ore 6 del 12 gennaio

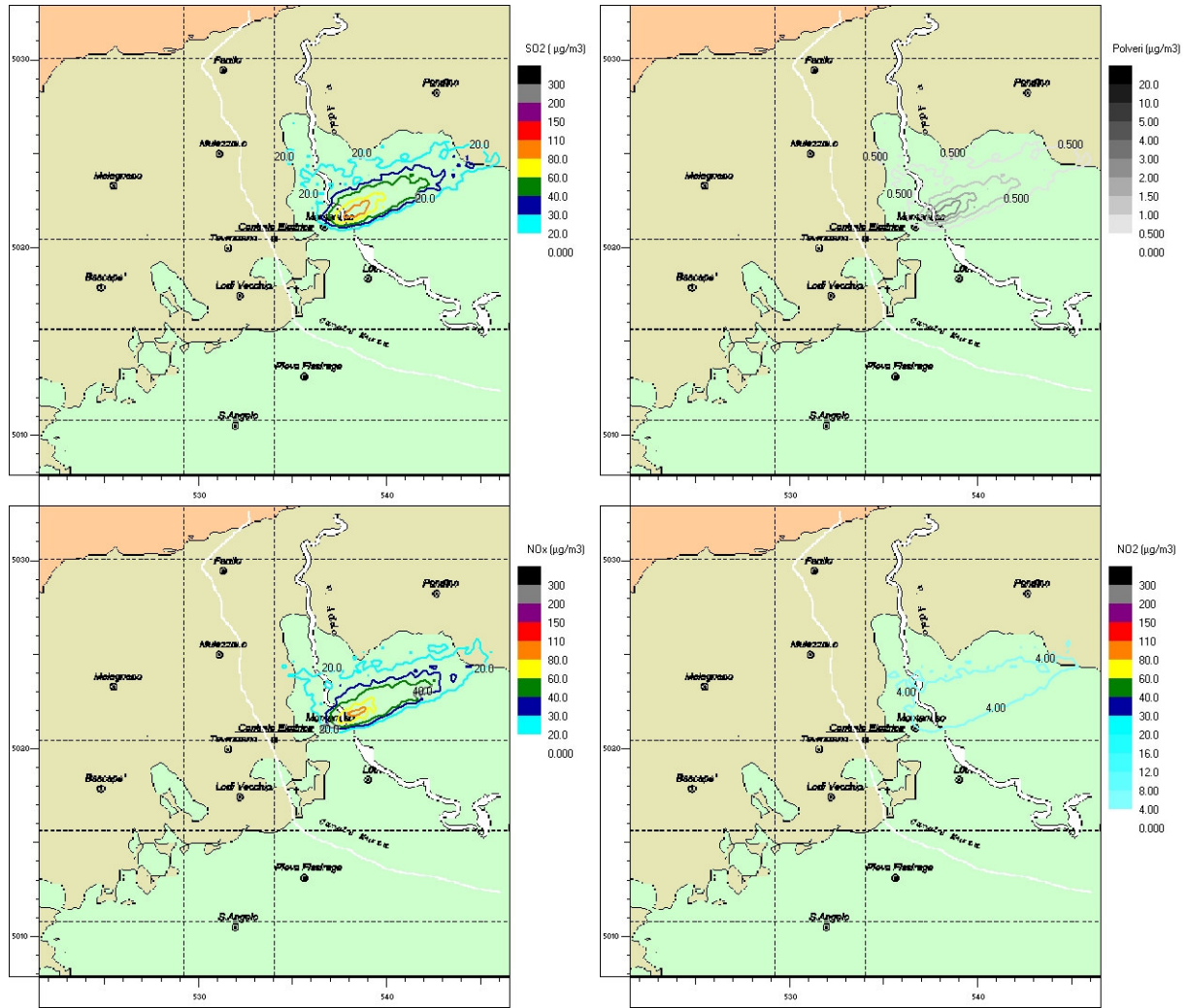


Figura 36 – Concentrazioni medie orarie di SO₂, Polveri, NO_x e NO₂ alle ore 7 del 12 gennaio

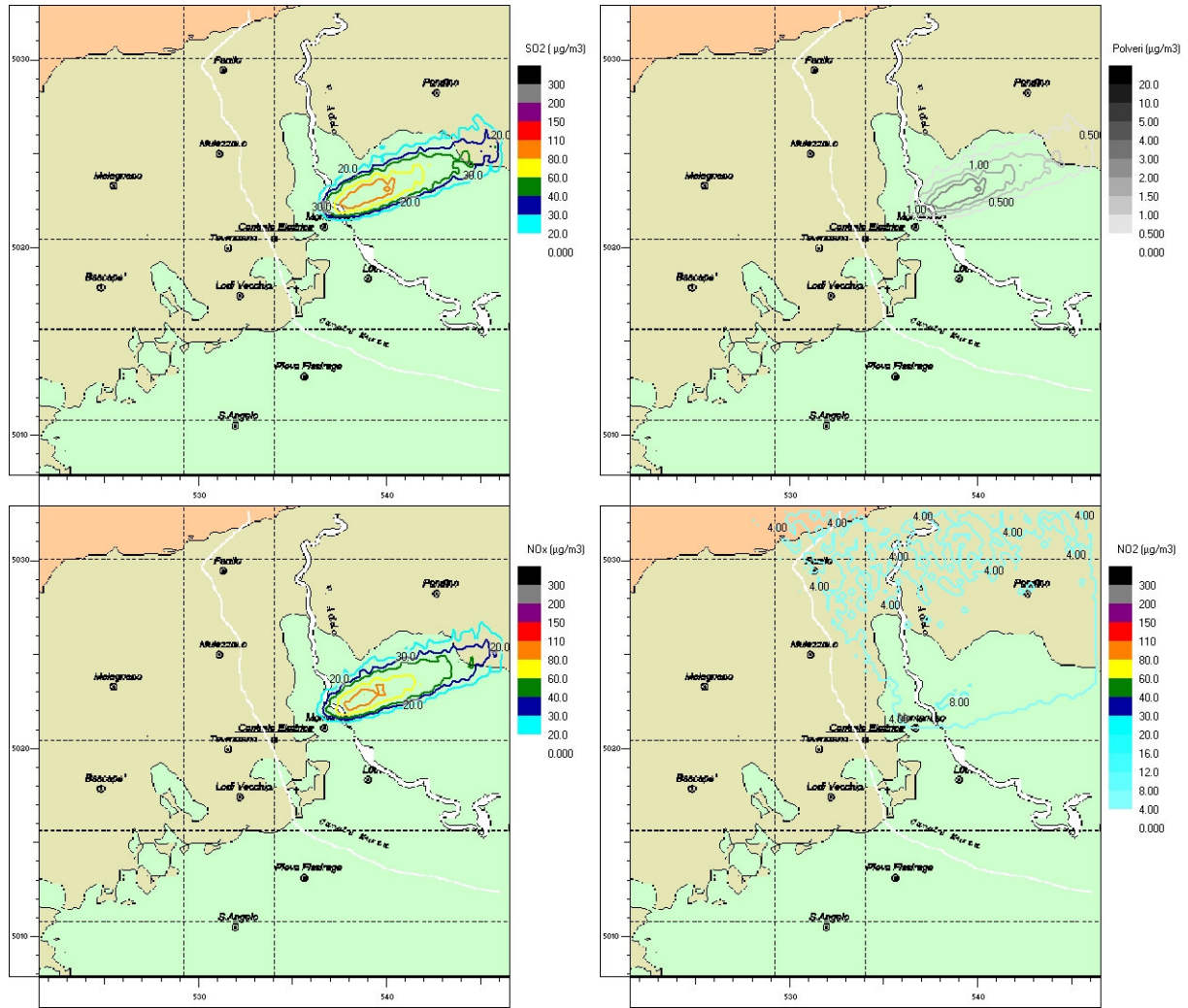


Figura 37 – Concentrazioni medie orarie di SO₂, Polveri, NO_x e NO₂ alle ore 8 del 12 gennaio

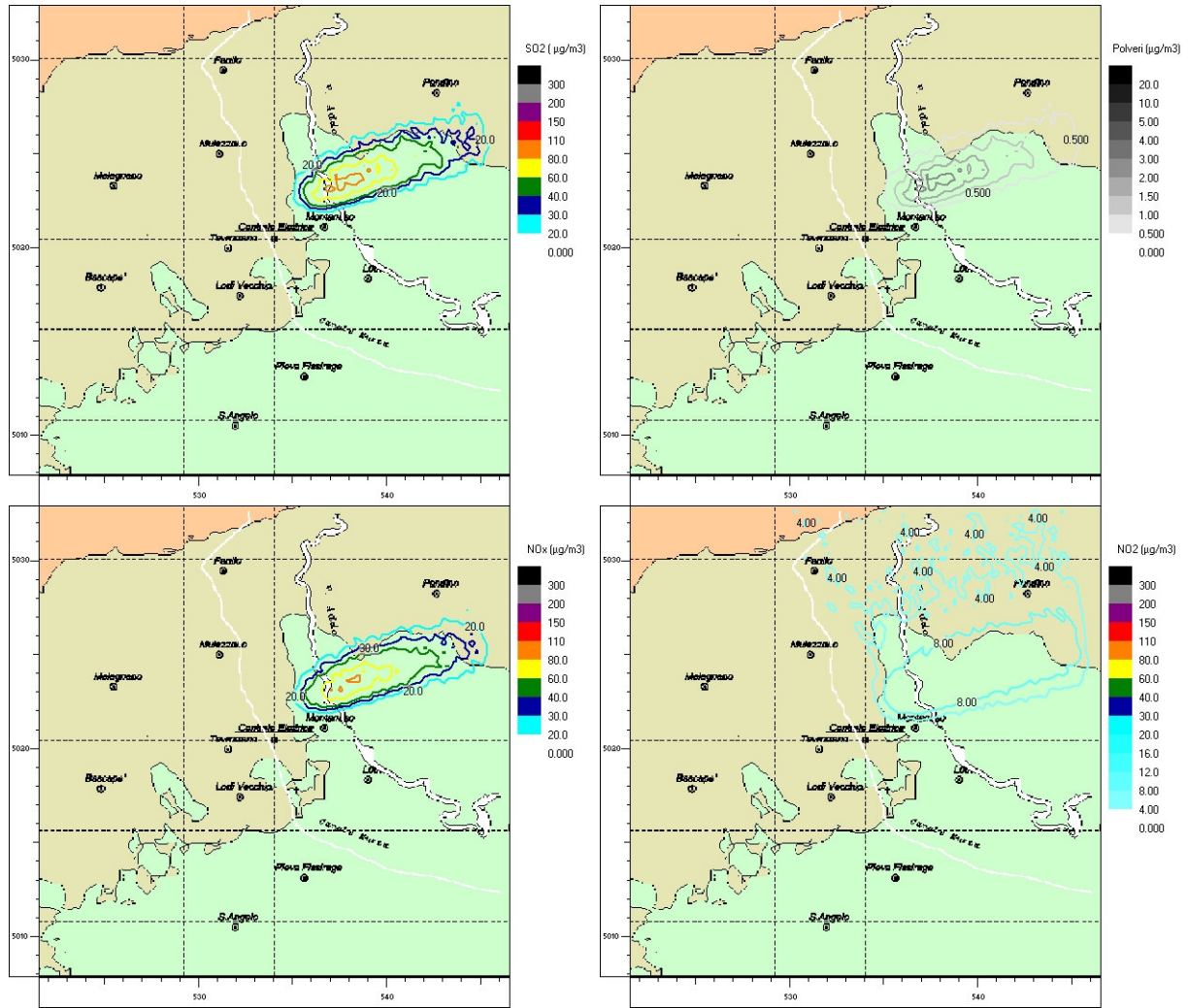


Figura 38 – Concentrazioni medie orarie di SO₂, Polveri, NO_x e NO₂ alle ore 9 del 12 gennaio

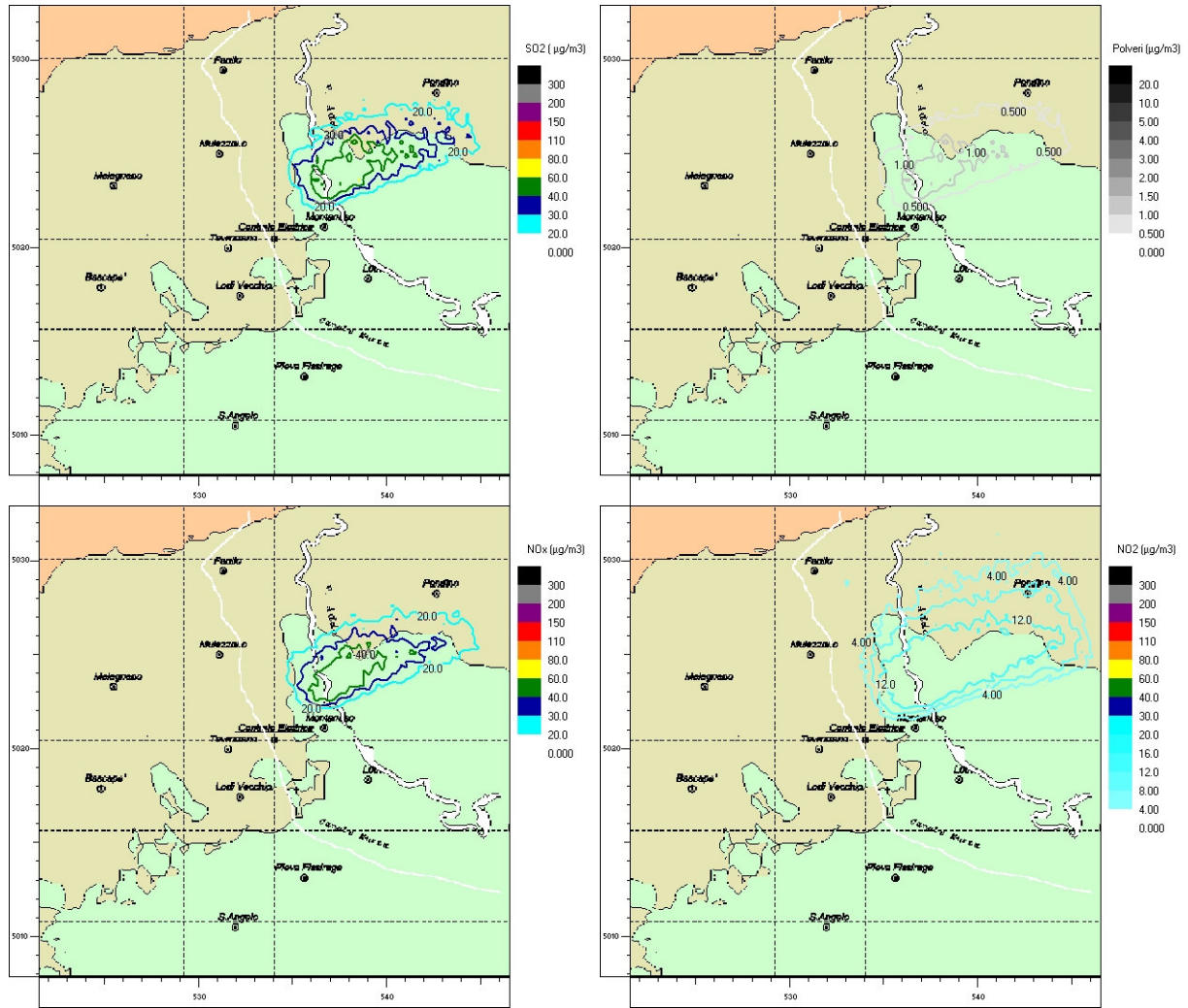


Figura 39 – Concentrazioni medie orarie di SO₂, Polveri, NO_x e NO₂ alle ore 10 del 12 gennaio

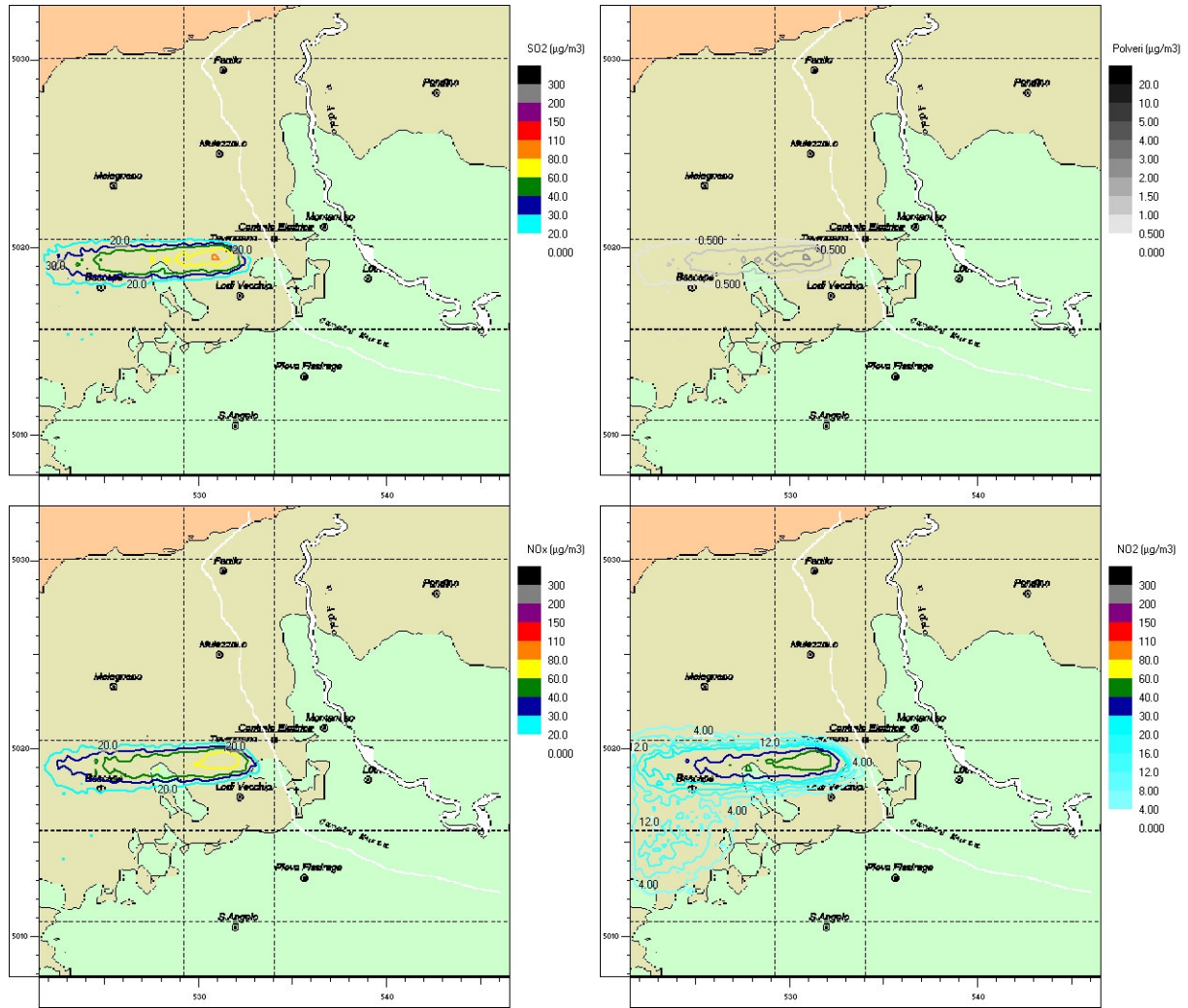


Figura 40 – Concentrazioni medie orarie di SO₂, Polveri, NO_x e NO₂ alle ore 11 dell'8 agosto

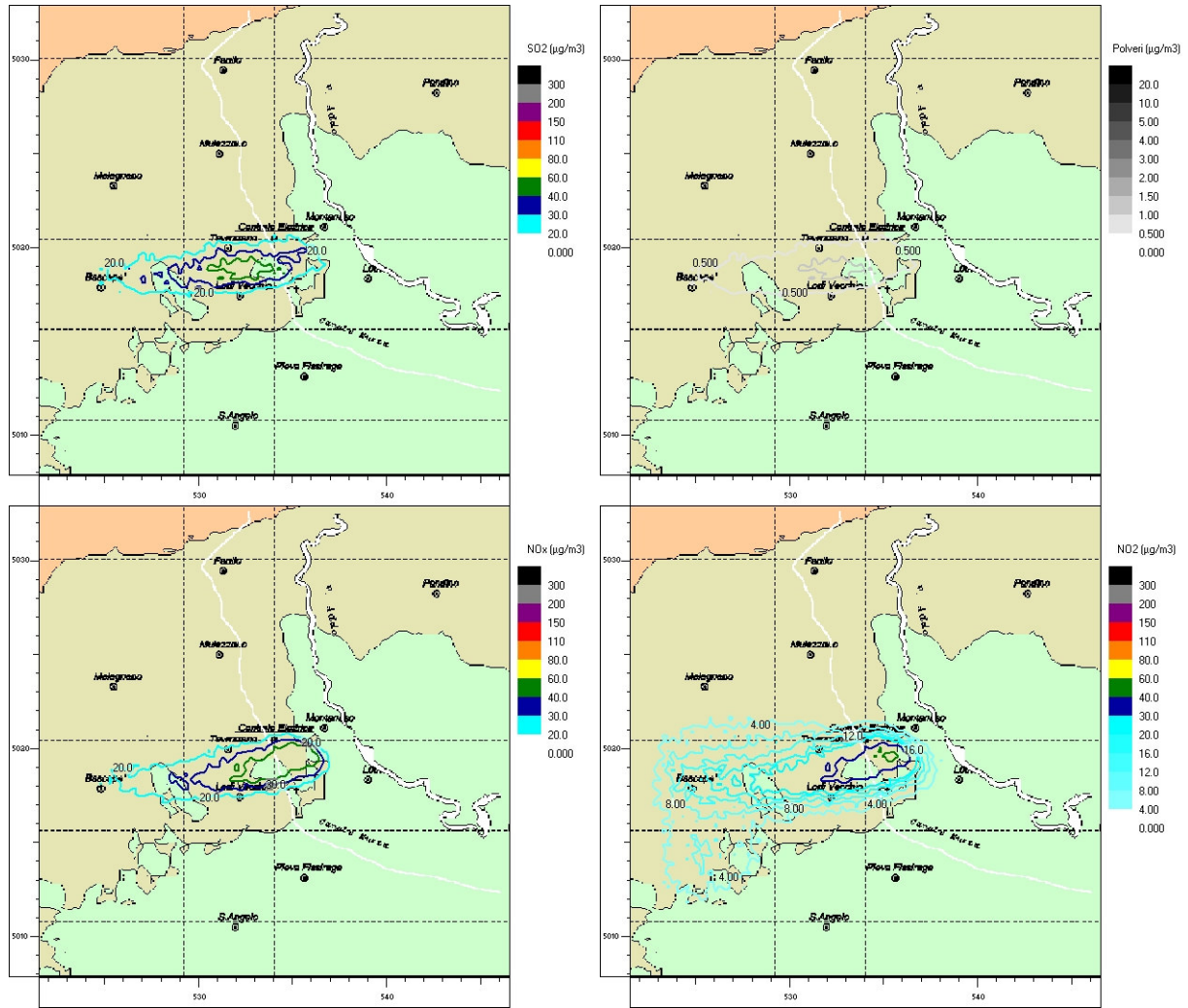


Figura 41 – Concentrazioni medie orarie di SO₂, Polveri, NO_x e NO₂ alle ore 12 dell'8 agosto

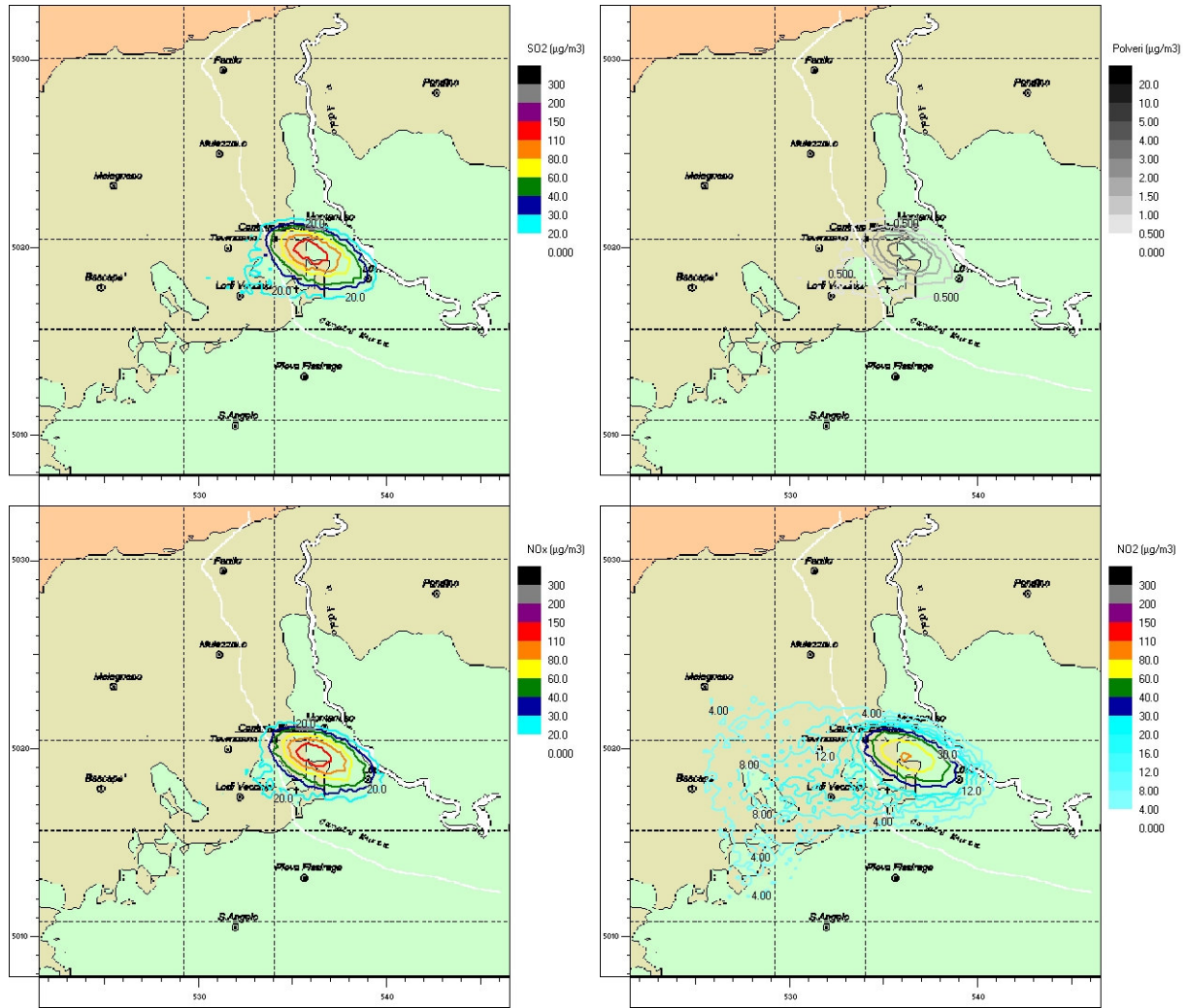


Figura 42 – Concentrazioni medie orarie di SO₂, Polveri, NO_x e NO₂ alle ore 13 dell'8 agosto

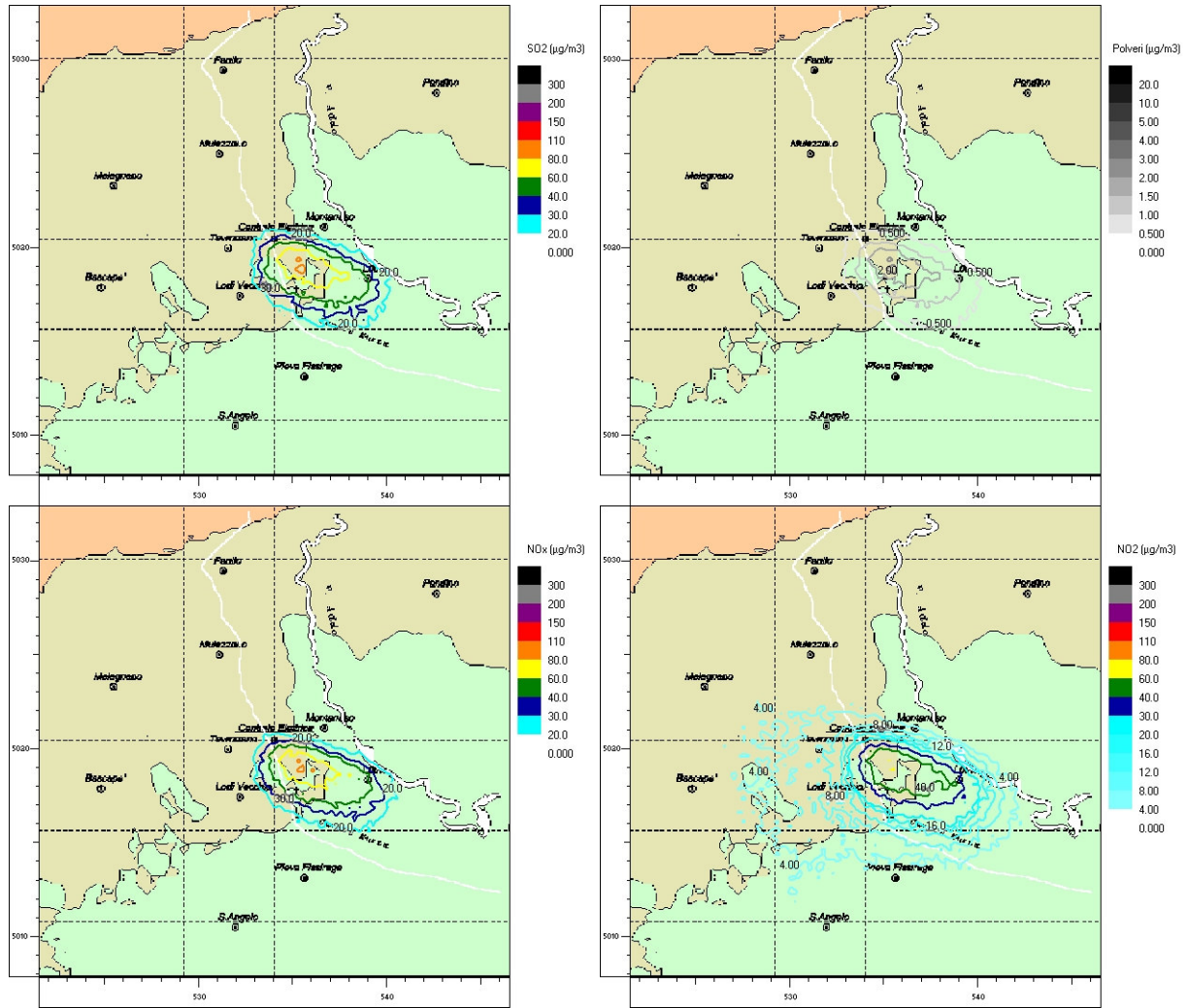


Figura 43 – Concentrazioni medie orarie di SO₂, Polveri, NO_x e NO₂ alle ore 14 dell'8 agosto

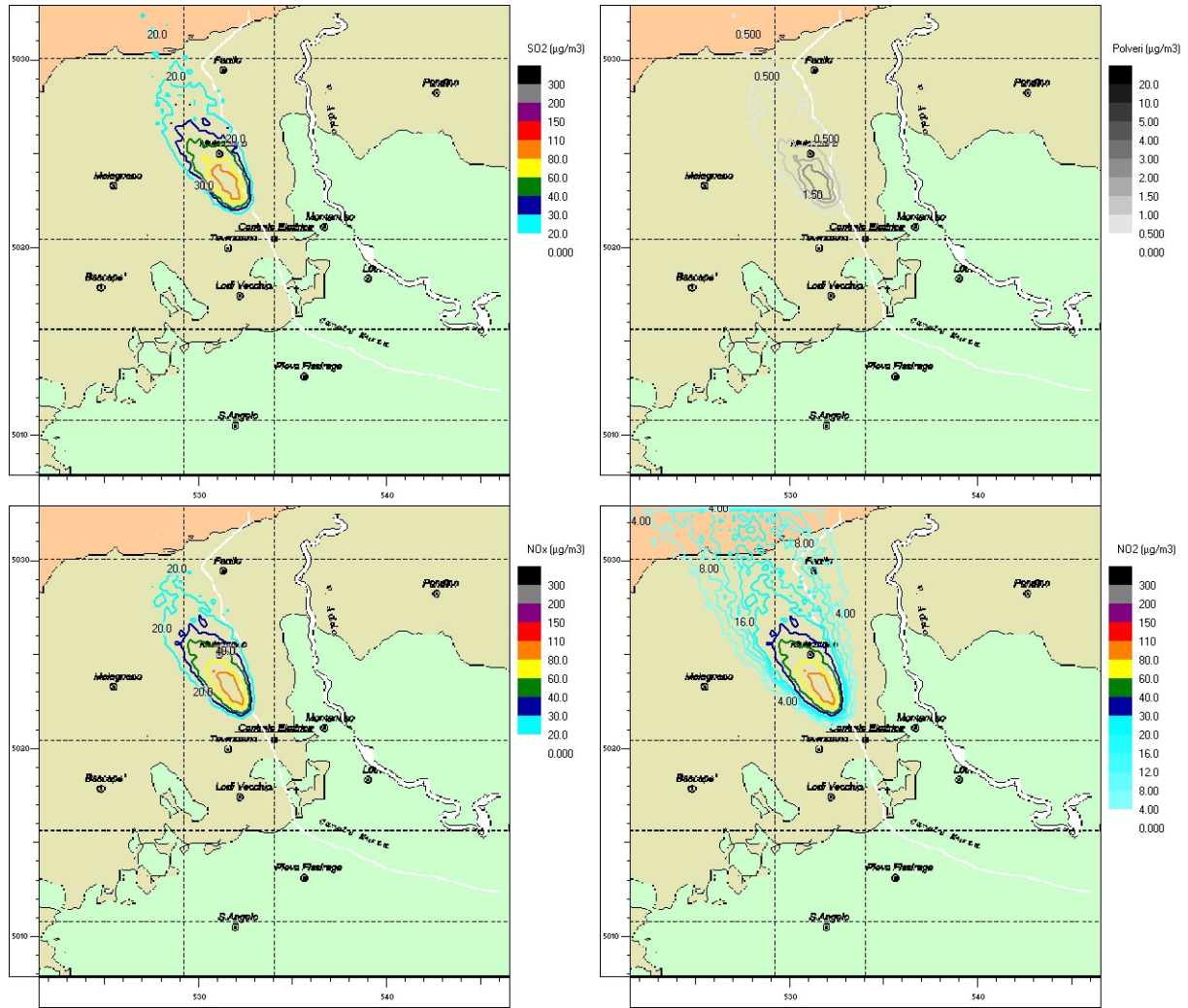


Figura 44 – Concentrazioni medie orarie di SO₂, Polveri, NO_x e NO₂ alle ore 20 dell'8 agosto

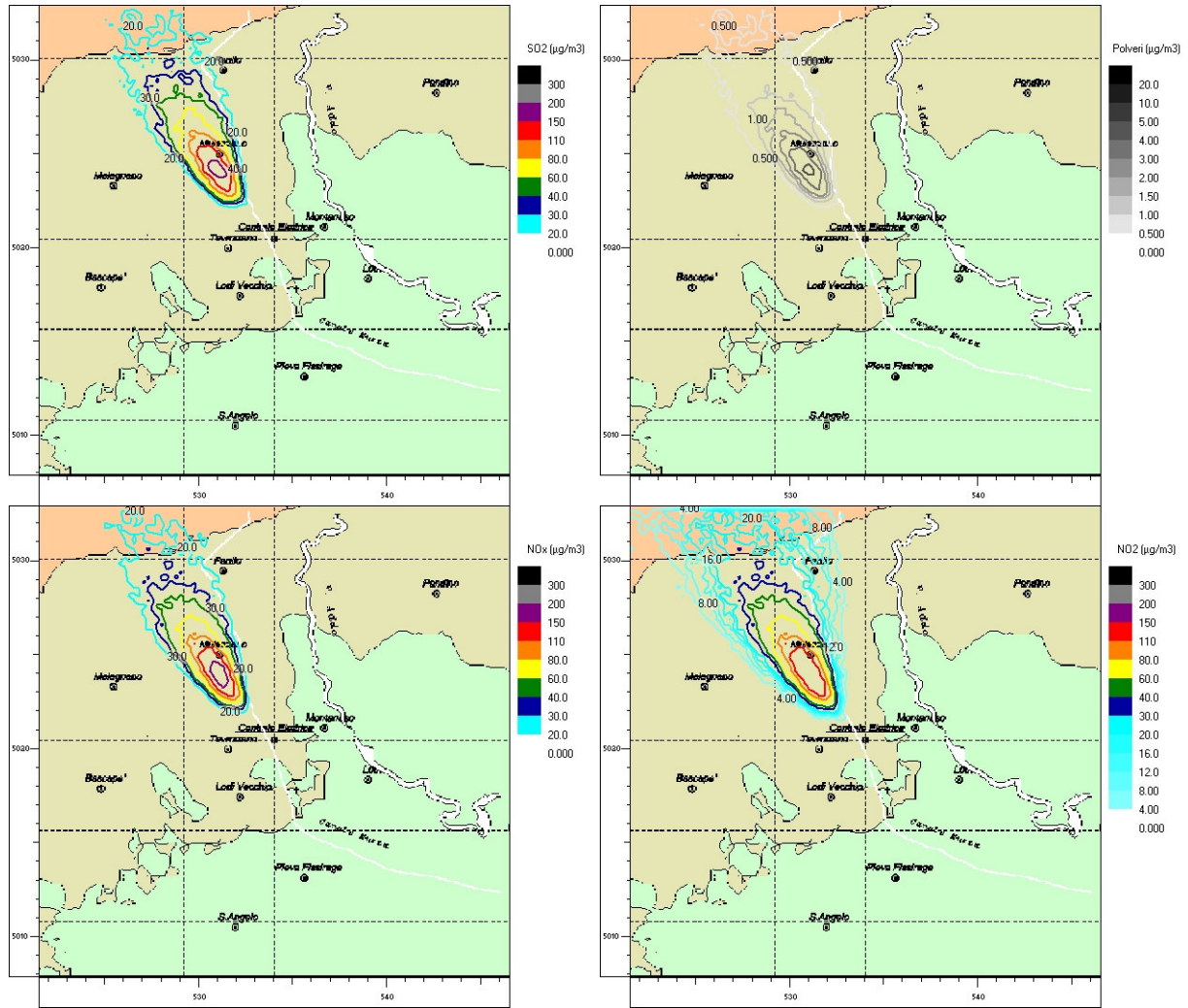


Figura 45 – Concentrazioni medie orarie di SO₂, Polveri, NO_x e NO₂ alle ore 21 dell'8 agosto

6 CONCLUSIONI

L'impatto sulla qualità dell'aria dovuto al funzionamento della Centrale Endesa di Tavazzano-Montanaso, nelle varie configurazioni previste nell'arco temporale che va dal 2006 al 2015, è stato opportunamente studiato attraverso l'utilizzo di adeguati strumenti modellistici.

In particolare, per il confronto con i vigenti standard di qualità dell'aria, è stato utilizzato un modello predisposto e raccomandato dalla US-EPA, in grado di valutare i valori medi orari delle concentrazioni al suolo, per un intero anno, in tutta l'area di studio (costituita da un dominio quadrato di 25 km di lato). Attraverso l'utilizzo del modello matematico è stato possibile effettuare una analisi comparativa delle ricadute al suolo indotte dall'impianto in tutte le configurazioni previste, dal quale è emerso in primo luogo che per tutte le configurazioni il contributo della centrale risulta contenuto, rispettando ampiamente tutti i limiti di legge previsti, per tutti gli inquinanti. Il contributo maggiore alle concentrazioni al suolo di SO₂ lo si ha per tutti i parametri statistici analizzati, sempre nella configurazione denominata Transitorio1, caratterizzata infatti da un rateo di emissione che risulta essere il doppio rispetto a quello della configurazione Attuale e quella denominata Transitorio2. Per quanto riguarda invece l'NO_x e le polveri il contributo maggiore alle concentrazioni al suolo è determinato in alcuni casi dalla configurazione denominata Transitorio1, caratterizzata comunque dai valori più alti di rateo di emissione, ed in altri dalla configurazione denominata Transitorio2, dove pur avendo dei ratei inferiori si hanno però condizioni di rilascio che determinano un livellamento dei pennacchi (plume-rise), a quote inferiori.

L'ulteriore approfondimento modellistico, effettuato mediante la conduzione di simulazioni con il codice Lagrangiano a particelle SPRAY, è stato eseguito mettendosi nelle condizioni più cautelative, incrociando quindi le situazioni meteorologiche più critiche per la dispersione degli inquinanti nell'area in esame, con l'assetto emissivo in generale più critico (Transitorio1). Anche in queste condizioni, le simulazioni hanno evidenziato ricadute massime degli inquinanti al suolo ampiamente entro i limiti più stringenti definiti dalla normativa in materia di qualità dell'aria (DM n° 60, del 2 aprile 2002).

BIBLIOGRAFIA

-
- i Menella C., (1973): "Il clima d'Italia"; F.lli Conte Editori, Napoli.
- ii Pinna M., (1978): "L'atmosfera e il clima"; UTET, Torino.
- iii Regione Lombardia. Piano Regionale per la Qualità dell'Aria (PRQA). Inemar (INventario EMissioni ARia)
- iv Endesa Italia (2006): "Documentazione Integrativa agli Studi di Impatto Ambientale Rev. 01"
- v U.S. - EPA, (1995): "User's Guide for the Industrial source Complex (ISC3) Dispersion Models, Volumes 1 and 2". EPA-454/B-95-003a & b
- vi Tinarelli G., Anfossi D., Brusasca G., Ferrero E., Giostra U., Morselli M.G., Moussafir J., Tampieri F., Trombetti F. (1994-a): "Lagrangian particle simulation of tracer dispersion in the lee of a schematic two-dimensional hill", Journal of Applied Meteorology, Vol. 33, N. 6, 744-756
- vii Tinarelli G., Brusasca G., Morselli M.G. (1994-b): "Il modello Lagrangiano a particelle SPRAY. Descrizione generale e validazioni". Relazione interna ENEL/SRI/CRAM nr. E1/94/10/MI.
- viii Briggs, G.A., 1969, Plume Rise, USAEC Critical Review Series, TID-25075, National Technical Information Service, Springfield, Virginia 22161.
- ix Briggs, G.A., 1974: Diffusion Estimation for Small Emissions. In ERL, ARL USAEC Report ATDL-106. U.S. Atomic Energy Commission, Oak Ridge, Tennessee.
- x Briggs, G.A., 1975: Plume Rise Predications. In Lectures on Air Pollution and Environmental Impact Analysis, American Meteorological Society, Boston, Massachusetts.
- xi Stevens C.S., (1987): The NO/NO₂/O₃ photostationary state and rate of photolysis of NO₂ in central Johannesburg. Atmospheric Environment Vol.21, n°4, pp.799÷805
- xii Parrish D.D., Murphy P.C., Albritton D.L., Fehensfeld F.C., (1983): The measurement of the photodissociation rate of NO₂ in the atmosphere. Atmospheric Environment . Vol 17, n°7, pp1365÷1379