



AEM SPA

AREA PRODUZIONE

RELAZIONE TECNICA
AIA06-TRM-000-A-RT-004


Foglio 1 di 18

**CENTRALE TERMOELETTRICA AEM DI CASSANO D'ADDA
DOMANDA DI AUTORIZZAZIONE INTEGRATA AMBIENTALE
(D.LGS. 18/02/2005, N. 59)**

D5 - D6


**RELAZIONE TECNICA SUI DATI METEOCLIMATICI E
IDENTIFICAZIONE E QUANTIFICAZIONE DEGLI EFFETTI DELLE
EMISSIONI IN ARIA E CONFRONTO CON SQA PER LA PROPOSTA
IMPIANTISTICA PER LA QUALE SI RICHIEDE
L'AUTORIZZAZIONE**

3					
2					
1					
0	15.09.2006	PRIMA EMISSIONE	MAGON <i>[Signature]</i>	FERRONI <i>[Signature]</i>	CAMUSSI <i>[Signature]</i>
REV	DATA	OGGETTO DELLA REVISIONE	PREPARAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE

	AREA PRODUZIONE
	Doc.: AIA06-TRM-000-A-RT-004 Rev.: 0 Data: 15.09.2006
	Foglio 2 di 18

INDICE

1.	PREMESSA.....	3
2.	MODELLO MATEMATICO UTILIZZATO.....	6
3.	INPUT METEOROLOGICO	8
4.	ALTEZZA DEI CAMINI ED INFLUENZA DEGLI EDIFICI.....	8
5.	CONCENTRAZIONI AL SUOLO	10
6.	CONFRONTO CON GLI SQA.....	11
7.	FIGURE.....	13
8.	ALLEGATO	18

	AREA PRODUZIONE
	Doc.: AIA06-TRM-000-A-RT-004 Rev.: 0 Data: 15.09.2006
	Foglio 3 di 18

1. PREMESSA

Per la valutazione degli effetti delle emissioni in aria, nel seguito sono presentati i contenuti delle analisi specifiche elaborate per lo Studio di impatto ambientale presentato in occasione della procedura di VIA per il potenziamento della Centrale con l'installazione del turbogas Gruppo 6, autorizzato con Decreto MAP 2 aprile 2004, n. 55/02/2004.

In allegato, si riporta la Relazione tecnica predisposta ad integrazione dello Studio di impatto ambientale per adempiere alle richieste emerse da parte dell'Autorità competente nel corso del procedimento.

L'autorizzazione rilasciata a seguito della procedura di VIA (Decreto MAP 2 aprile 2004), ha anche valore di AIA per il potenziamento col turbogas Gruppo 6, e prescrive entro il 2007 nuovi limiti di emissione anche per i turbogas Gruppi 4 e 5.


Le simulazioni riportate nel seguito rappresentano le ricadute al suolo della Centrale nel suo complesso: alle ricadute al suolo generate dai turbogas Gruppi 4 e 5, oggetto della presente richiesta di AIA, risultano sovrapposti gli effetti ambientali delle emissioni del turbogas Gruppo 6 (già in possesso di AIA). Inoltre, i risultati sovrastimano quelle che saranno le reali ricadute al suolo al termine degli interventi di adeguamento; risultano altresì superiori alle ricadute reali attuali in quanto il livello emissivo del turbogas Gruppo 6 è inferiore a 30 mg/Nm³.

Lo Studio di impatto ambientale proponeva il confronto tra i seguenti scenari di impianto:

1. Impianto ATTUALE (autorizzato con DM MICA n. 004/98 MD):

Ciclo combinato 1-4 da 230 MW_e Unità 4 turbogas da 155 MW_e alimentata a metano in ciclo combinato con la turbina a vapore dell'Unità 1 da 75 MW_e;

Ciclo convenzionale da 320 MW_e generatore di vapore di tipo convenzionale policombustibile accoppiato alla turbina a vapore dell'Unità 2;

	AREA PRODUZIONE
	Doc.: AIA06-TRM-000-A-RT-004 Rev.: 0 Data: 15.09.2006
	Foglio 4 di 18

2. Impianto AUTORIZZATO (con DM MICA n. 001/2001):

Ciclo combinato 1-4 da 230 MW_e Unità 4 turbogas da 155 MW_e alimentata a metano in ciclo combinato con la turbina a vapore Unità 1 da 75 MW_e;

Ciclo combinato 2-5 da 390 MW_e Unità 5 turbogas da 250 MW_e alimentata a metano in ciclo combinato con la turbina a vapore Unità 2 da 320 MW_e (utilizzata per 140 MW_e);

3. Impianto PROPOSTO:

Ciclo combinato 1-4 da 230 MW_e Unità 4 turbogas da 155 MW_e alimentata a metano in ciclo combinato con la turbina a vapore Unità 1 da 75 MW_e;

Ciclo combinato 2-5-6 da 760 MW_e Unità 5 turbogas da 250 MW_e + Unità 6 turbogas da 250 MW_e alimentate a metano in ciclo combinato con la turbina a vapore Unità 2 da 320 MW_e (utilizzata per 260 MW_e).

Si ricorda che il Decreto MAP n. 55/02/2004 ha autorizzato il potenziamento della Centrale con l'installazione del turbogas Gruppo 6 da 250 MW e l'esercizio della Centrale nella configurazione di impianto n. 3 Impianto PROPOSTO: l'analisi presentata nel seguito riguarda questa configurazione di impianto.

Il turbogas gruppo 6 ha effettuato il primo parallelo il 17 novembre 2005. Le attività di "messa a regime ambientale" del turbogas Gruppo 6 si sono concluse il 19 aprile 2006.

Il Decreto MAP n. 55/02/2004 ha valenza di Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) per le opere di nuova realizzazione (turbogas Gruppo 6, stazione elettrica da 380 kV e collegamenti con la RTN) e ha prescritto i limiti alle emissioni in atmosfera del nuovo Gruppo e dei Gruppi esistenti (turbogas Gruppi 4 e 5) secondo quanto riportato nelle seguenti tabelle.


	AREA PRODUZIONE
	Doc.: AIA06-TRM-000-A-RT-004 Rev.: 0 Data: 15.09.2006
	Foglio 5 di 18

Tabella 1 – Limiti orari e giornalieri sulle emissioni in atmosfera dei gruppi turbogas 4, 5 e 6 (Decreto MAP n. 55/02/2004 del 02 aprile 2004).

Limiti validi per i primi due anni dalla messa a regime del turbogas Gruppo 6				
UNITA'	O ₂ di rif. [%]	NO _x <i>media oraria</i> [mg/Nm ³]	NO _x <i>media giornaliera ponderata</i> [mg/Nm ³]	CO <i>media oraria</i> [mg/Nm ³]
Turbina a gas Gruppo 4 da 155 MWe	15	50	40	30
Turbina a gas Gruppo 5 da 250 MWe	15	50		30
Turbina a gas Gruppo 6 da 250 MWe	15	50		30

Tabella 2 – Limiti orari e giornalieri sulle emissioni in atmosfera dei gruppi turbogas 4, 5 e 6 (Decreto MAP n. 55/02/2004 del 02 aprile 2004).

Limiti validi dopo 2 anni dalla messa a regime del turbogas Gruppo 6					
UNITA'	O ₂ di rif. [%]	NO _x <i>media oraria</i> [mg/Nm ³]	NO _x <i>media mobile giornaliera ponderata</i> [mg/Nm ³]	NO _x <i>media mobile settimanale</i> [mg/Nm ³]	CO <i>media oraria</i> [mg/Nm ³]
Turbina a gas Gruppo 4 da 155 MWe	15	50	-	40	30
Turbina a gas Gruppo 5 da 250 MWe	15	50	30	-	30
Turbina a gas Gruppo 6 da 250 MWe	15	30		-	30


A questi si aggiunge la disposizione della Regione Lombardia (DGR del 28 giugno 2004, n. VII/17989) che prevede, entro il 31 dicembre 2008, per le turbine a gas esistenti oltre i 300 MWt l'adeguamento al limite di 30 mg/Nm³ per gli NO_x.

È quindi in corso un piano per il progressivo adeguamento delle emissioni; tale piano si concluderà entro il 2008.

Secondo quanto previsto dalle prescrizioni del decreto autorizzativo, le condizioni di riferimento per il calcolo delle ricadute al suolo adottate nello Studio di impatto ambientale (emissione specifica NO_x = 50 mg/Nm³) sono riferibili ai limiti vigenti per l'impianto fino a due anni dall'entrata in esercizio del Gruppo 6. Nel periodo successivo, anche in relazione alla normativa regionale applicabile, i limiti orari per gli NO_x emessi dai Gruppi turbogas saranno pari a 30 mg/Nm³. Si otterrà quindi un sicuro miglioramento rispetto alle simulazioni delle ricadute al suolo riferibili alle condizioni attuali.

Vista la tipologia di combustibile utilizzato (gas naturale) sono stati considerati gli NO_x e il CO.

L'analisi delle ricadute al suolo è stata condotta solo sugli NO_x, considerando che nelle quantità e modalità di emissione che si hanno nell'impianto il monossido di carbonio non costituisce pericolo

	AREA PRODUZIONE
	Doc.: AIA06-TRM-000-A-RT-004 Rev.: 0 Data: 15.09.2006
	Foglio 6 di 18

per l'ambiente. Comunque i risultati delle simulazioni ottenuti per l'ossido di azoto possono essere direttamente mutuati anche per il monossido di carbonio, considerando che le concentrazioni nei fumi di CO sono pari a 3/5 delle concentrazioni degli NO_x.

Per quanto riguarda gli NO_x, si è assunto cautelativamente che tutti gli ossidi di azoto siano costituiti da NO₂, il solo dannoso per la salute, e pertanto i risultati sono confrontabili con gli standard di qualità dell'aria previsti dalla vigente normativa.

Caratteristiche emissive della Centrale Termoelettrica di Cassano d'Adda adottate nelle simulazioni	u.m.	Turbogas Gruppo 4	Turbogas Gruppo 5	Turbogas Gruppo 6
<u>Dati della combustione</u>				
Portata fumi anidri	Nm ³ /h	1.305.500	2.047.200	2.047.200
Ossigeno nei fumi	%	15	15	15
Temperatura dei fumi	°C	150	100	100
Velocità dei fumi al camino	m/s	21	24	24
<u>Altezza del camino</u>	m	100	200	200
<u>Emissione specifica</u>				
NO _x (espressi come NO ₂)	mg/Nm ³	50	50	50
<u>Rateo emissivo</u>				
NO _x (espressi come NO ₂)	kg/h	65	102	102

Inoltre, si è considerato un funzionamento dei gruppi continuo a massimo carico durante tutto l'anno, in considerazione del fatto che l'input meteorologico utilizzato non è significativo circa la sequenza temporale degli eventi meteorologici, ma solo rappresentativo delle statistiche annuali. Nella realtà, i periodi di funzionamento a massimo carico sono limitati a quelli pianificati in funzione della richiesta del mercato elettrico.


E' stata eseguita la GEP *analysis* rispetto alle strutture presenti nell'area di Centrale.

L'area di influenza su cui è stato effettuato il calcolo, vista l'altezza dei camini dell'impianto, è stata assunta pari ad un quadrato di lato 20 km, in cui la Centrale è situata al centro.

Sono state calcolate le concentrazioni *massime e medie annuali*, il 98° *percentile* e il 99,8° *percentile* delle concentrazioni medie orarie al suolo degli ossidi di azoto espressi come NO₂ nell'arco dell'anno di riferimento.

2. MODELLO MATEMATICO UTILIZZATO

Le concentrazioni al suolo degli ossidi di azoto sono state calcolate con il modello *Industrial Source Complex Short Term - ISCST3* della Trinity Consultants Inc. (1996) messo a punto dall'US-EPA

	AREA PRODUZIONE
	Doc.: AIA06-TRM-000-A-RT-004 Rev.: 0 Data: 15.09.2006
	Foglio 7 di 18

(United States Environmental Protection Agency); è inserito nella lista dei modelli accettati anche in Italia dall'Istituto Superiore di Sanità.

Il modello utilizza un'equazione di tipo gaussiano stazionario, per la simulazione della diffusione del pennacchio emesso dalla sorgente e consente di stimare i valori medi orari, i valori massimi e i percentili delle concentrazioni medie orarie degli inquinanti ricaduti al suolo.

L'innalzamento del pennacchio è calcolato con le formule di Briggs (Briggs, 1969, 1971, 1975). L'innalzamento è dovuto sia alla spinta di galleggiamento, proporzionale sia alla differenza della temperatura tra i fumi e l'aria che alla portata dei fumi nonché dalla quantità di moto posseduta dai gas al momento dell'emissione in atmosfera (velocità dei fumi).

I dati meteorologici necessari al modello sono costituiti da valori medi di un ora delle seguenti grandezze: temperatura, velocità del vento, direzione del vento, categoria di stabilità dell'aria, altezza dello strato di rimescolamento.

La categoria di stabilità dell'aria rappresenta la tendenza dell'atmosfera a diffondere gli inquinanti e viene tradotta nell'algoritmo mediante coefficienti di dispersione (lungo le direzioni y e z - ortogonali a quella del vento x), che dipendono oltre che dalla classe di stabilità, anche dalla distanza dalla sorgente.

Lo strato di rimescolamento è definito come l'altezza alla quale si ha l'inversione termica in quota.


Il cambiamento del gradiente termico dell'aria da negativo a positivo ostacola la dispersione dei gas; se l'innalzamento del pennacchio è tale da superare dell'altezza dello strato di rimescolamento il pennacchio rimane confinato al di sopra dello strato di inversione termica, con ricadute nulle al suolo; se al contrario il pennacchio non si innalza al di sopra di tale quota, esso rimane intrappolato al disotto dello strato di rimescolamento che funge da superficie riflettente con conseguenti aumenti delle concentrazioni al suolo.

Il modello è in grado di considerare gli effetti scia dovuti al camino e agli edifici situati in prossimità della sorgente d'emissione; in particolare valuta i seguenti effetti:

- lo *“stack tip down-wash”* che considera gli effetti dovuti a condizioni meteorologiche caratterizzate da venti tesi che possono portare al suolo pennacchi dotati di una debole spinta dinamica;
- il *“building wake effects”* che considera 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.

Per il funzionamento del programma sono necessari i dati caratteristici di ogni sorgente emissiva, quali: il rateo emissivo (g/sec di inquinante emesso), l'altezza ed il diametro dei camini, la temperatura dei fumi.

Il modello calcola la dispersione degli inquinanti emessi sia da una sola sorgente che da più sorgenti siano esse puntuali, areali o volumetriche. Nel caso specifico le sorgenti sono puntuali.

	AREA PRODUZIONE
	Doc.: AIA06-TRM-000-A-RT-004 Rev.: 0 Data: 15.09.2006
	Foglio 8 di 18

3. INPUT METEOROLOGICO

Il file meteo utilizzato per le simulazioni è quello messo a punto dal “CISE” nel 1992, già adottato per portare a termine uno studio volto a valutare gli effetti immissivi della centrale di Cassano d’Adda sul territorio circostante.

L’input meteorologico di partenza è stato costruito sulla base dei dati misurati nella postazione ubicata presso la centrale termoelettrica di Cassano d’Adda.

La necessità di valutare i percentili delle concentrazioni medie giornaliere ha richiesto la disponibilità di un set di dati meteorologici con distribuzione oraria giornaliera continua in assenza di dati mancanti.

L’elaborazione dei dati è stata effettuata a partire dai rilievi meteorologici disponibili di cinque anni di dati relativi al periodo 1985-1989 da cui sono stati elaborati 1192 giorni completi (più di tre anni) equamente distribuiti nelle quattro stagioni e da cui è stato poi estratto l’anno tipo utilizzato nelle simulazioni.

La valutazione delle categorie di stabilità, è stata ottenuta in base a: dati di copertura nuvolosa misurati per il periodo 1985-1989 dall’Aeronautica Militare presso l’Aeroporto di Milano-Linate: posizione del sole, velocità del vento al suolo, secondo le specifiche riportate nella guida ai volumi “Caratteristiche diffuse dei bassi strati dell’atmosfera”(S.M.A.M.-ENEL, 1981).

Considerando che la direzione dei venti è archiviata in settori di provenienza di ampiezza pari a 45°, si è operata un’opportuna randomizzazione delle direzioni all’interno del relativo settore.

I dati meteorologici organizzati nel modo sopra esposto consentono l’applicazione di un modello di tipo “short-term”, indispensabile per la valutazione di percentili e altri indici statistici necessari per il confronto dei valori di ricaduta al suolo delle emissioni dell’impianto con la normativa vigente.

L’altezza di rimescolamento, il parametro fisico che influenza l’estensione verticale del primo strato dell’atmosfera in cui ha luogo la diffusione degli inquinanti, è stata posta pari a 10.000 m.


Nell’allegato sono presentati i risultati delle concentrazioni al suolo previste in condizioni meteorologiche sfavorevoli (altezza di rimescolamento a 800 e 1.300 m).

4. ALTEZZA DEI CAMINI ED INFLUENZA DEGLI EDIFICI

Per una sorgente emissiva di determinata altezza, la “GEP analysis” (*Good Engineering Practice stack height analysis*) calcola i parametri geometrici degli edifici che maggiormente influenzano la dispersione degli inquinanti in relazione alla direzione del vento considerato come proveniente da 36 settori di ampiezza pari a 10° ciascuno.

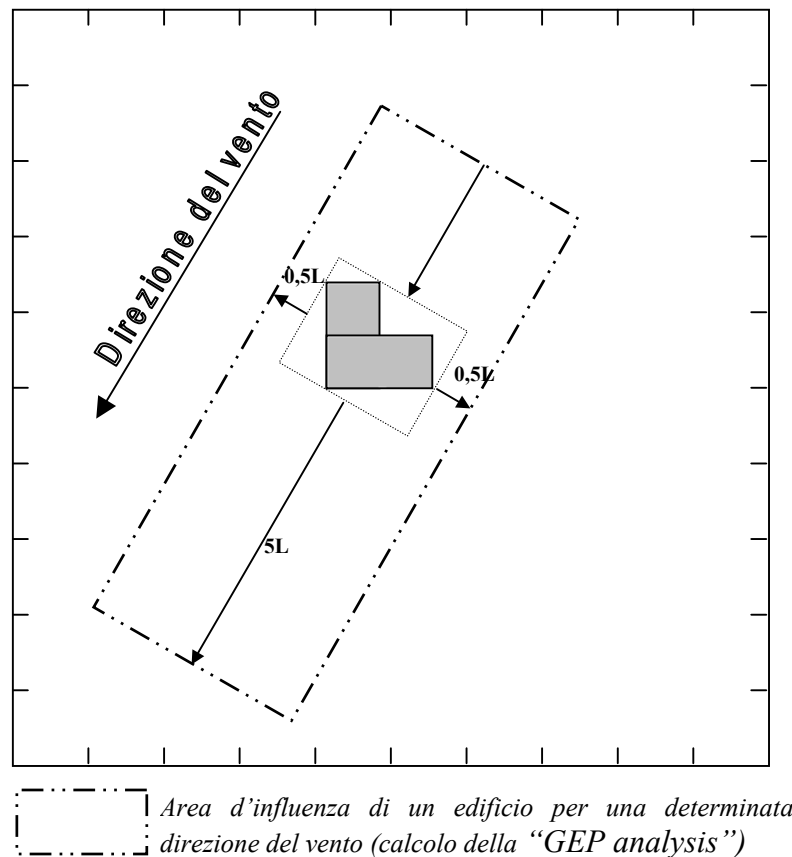
La GEP analysis rappresenta la minima altezza del camino affinché la dispersione non risenta dell’effetto di *building downwash*, ed è determinata da:

$$GEP = H_b + 1,5 * L$$

	AREA PRODUZIONE
	Doc.: AIA06-TRM-000-A-RT-004 Rev.: 0 Data: 15.09.2006
	Foglio 9 di 18

Dove H_b corrisponde all'altezza dell'edificio ed L rappresenta il valore minore fra l'altezza dell'edificio e la proiezione massima della sua larghezza. La "GEP analysis" considera influenti sulla diffusione di un pennacchio in atmosfera tutti gli edifici che cadono in un raggio pari a $5L$ dal camino, e la cui altezza risulta superiore al 40% dell'altezza del camino (si veda la figura successiva).


Lo scarico dei fumi generati dai turbogas Gruppi 5 e 6 avviene attraverso i condotti interni del camino da 200 metri, mentre il turbogas Gruppo 4 scarica i fumi dal camino da 100 metri.



In base alla localizzazione e alla altezza dei camini sono state ricercate le caratteristiche geometriche degli edifici e strutture che possono influenzare i pennacchi dei fumi in uscita, ovvero gli edifici che hanno un'altezza superiore al 40% del più basso dei due camini (quello di 100 m), cioè gli edifici alti più di 40 m.

Gli unici manufatti presenti in Centrale che hanno un'altezza superiore ai 40 metri sono i generatori di vapore a recupero (GVR) dei Gruppi 5 e 6 che distano rispettivamente circa 160 e circa 90 m dal camino del Gruppo 4 da 100 m.. Entrambi i GVR hanno una altezza pari a 40,3 m sul piano campagna e possono quindi essere considerati ininfluenti ai fini della "GEP analysis".

Si escludono pertanto effetti di "building wake effects" per l'intera Centrale.

	AREA PRODUZIONE
	Doc.: AIA06-TRM-000-A-RT-004 Rev.: 0 Data: 15.09.2006
	Foglio 10 di 18

5. CONCENTRAZIONI AL SUOLO

La stima delle ricadute al suolo degli ossidi di azoto per la configurazione di impianto autorizzata dal DM n. 55/02/2004 è illustrata nelle Figg. da 5/1 a 5/4.

I risultati delle simulazioni fanno riferimento ai livelli emissivi (concentrazione di NO_x media oraria = 50 mg/Nm³) di ciascun turbogas nei primi due anni dalla messa in esercizio del turbogas Gruppo 6.

Dall'analisi dei valori numerici ottenuti dalle simulazioni si può affermare che:

- 98° percentile (Fig. 5/1)

Il valore massimo ai nodi della griglia di calcolo del 98° percentile annuo delle concentrazioni medie orarie al suolo è di 0,521 µg/m³.

- Concentrazioni medie (Fig. 5/2)

I valori medi annuali risultano del tutto trascurabili; il valore massimo ottenuto ai nodi della griglia di calcolo è di 0,060 µg/m³. L'area più estesa risulta quella compresa tra valori da 0 a 0,03 µg/m³.


- Concentrazioni massime (Fig. 5/3)

Per quanto riguarda le concentrazioni massime la differenza riscontrata fra le massime concentrazioni al suolo ed il relativo 98° percentile è di due ordini di grandezza, il che conforta riguardo al fatto che le condizioni di ricadute superiori a 1 µg/Nm³ sono casi eccezionali e sicuramente inferiori, per il significato stesso del 98° percentile, al 2% delle ore dell'anno (circa 175 su 8760).

- 99,8° percentile (Fig. 5/4)

Il valore massimo ai nodi della griglia di calcolo del 99,8° percentile annuo delle concentrazioni medie orarie al suolo è di < 10 µg/m³. La maggior parte dell'area interessata dalle ricadute al suolo è caratterizzata da un valore massimo del 99,8° percentile < 5,0.

Per le simulazioni presentate, per ciascun turbogas è stato utilizzato un rateo emissivo corrispondente ad una emissione specifica di 50 mg/Nm³, pari al limite orario attuale. A seguito delle prescrizioni del Decreto MAP n. 55/02/2004 e dell'adeguamento necessario alla DGR del 28 giugno 2004, n. VII/17989, le emissioni di NO_x dai tre gruppi turbogas saranno di 30 mg/Nm³. I valori delle concentrazioni al suolo corrispondenti alla condizione futura saranno quindi migliorativi rispetto a quelli precedentemente descritti.

	AREA PRODUZIONE
	Doc.: AIA06-TRM-000-A-RT-004 Rev.: 0 Data: 15.09.2006
	Foglio 11 di 18

6. CONFRONTO CON GLI SQA

Il contributo delle emissioni di NO_x della Centrale di Cassano allo stato di qualità dell'aria ambiente è valutato per confronto con i limiti definiti dal DM del 2 aprile 2002, n. 60 "Recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio".

I valori limite per gli NO_x sono riportati nella tabella successiva.

Valori Limite per il Biossido di Azoto e per gli Ossidi di Azoto e soglia di allarme per il Biossido di Azoto

	Periodo di mediazione	Valore Limite	Margine di tolleranza	Data di raggiungimento del valore limite
Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	200 µg/m³ di NO₂ da non superare più di 18 volte per anno civile	100 µg/m³. 50% del valore limite, pari a 100 µg/m ³ , all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale valore è ridotto dal 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi, per raggiungere lo 0% al 1° gennaio 2010	01/01/2010
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg/m³ NO₂	20 µg/m³. 50% del valore limite, pari a 100 µg/m ³ , all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale valore è ridotto dal 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi, per raggiungere lo 0% al 1° gennaio 2010	01/01/2010
Valore limite per la protezione della vegetazione	Anno civile	30 µg/m³ NO_x	Nessuno	19/07/2001


La soglia di allarme è pari a **400 µg/m³** misurati su tre ore consecutive in un sito rappresentativo della qualità dell'aria su un area di almeno 100 km².

Il massimo valore medio riscontrato nella simulazione delle ricadute al suolo (0,060 µg/m³) confrontato con il valore limite annuale per la protezione della salute umana (40 µg/m³), esprime un contributo massimo inferiore allo 0,2%.


Il massimo valore delle medie orarie risultato dalle simulazioni è inferiore a 30 µg/m³ e corrisponde ad un contributo del 15% sul valore limite orario per la protezione della salute umana (200 µg/m³). Il massimo del 99,8° percentile delle medie orarie calcolato nelle simulazioni (< 10 µg/m³) rappresenta il 5% di tale limite.

La valutazione del massimo del 98° percentile calcolato (0,521 µg/m³) consente di affermare che i valori massimi delle medie orarie si riscontrano per un numero limitato di ore annue e che le condizioni di ricadute al suolo inferiori a 1 µg/m³ sono le più ripetute, corrispondenti ad un contributo della Centrale alla concentrazione media oraria di NO_x al suolo inferiore 0,5%.

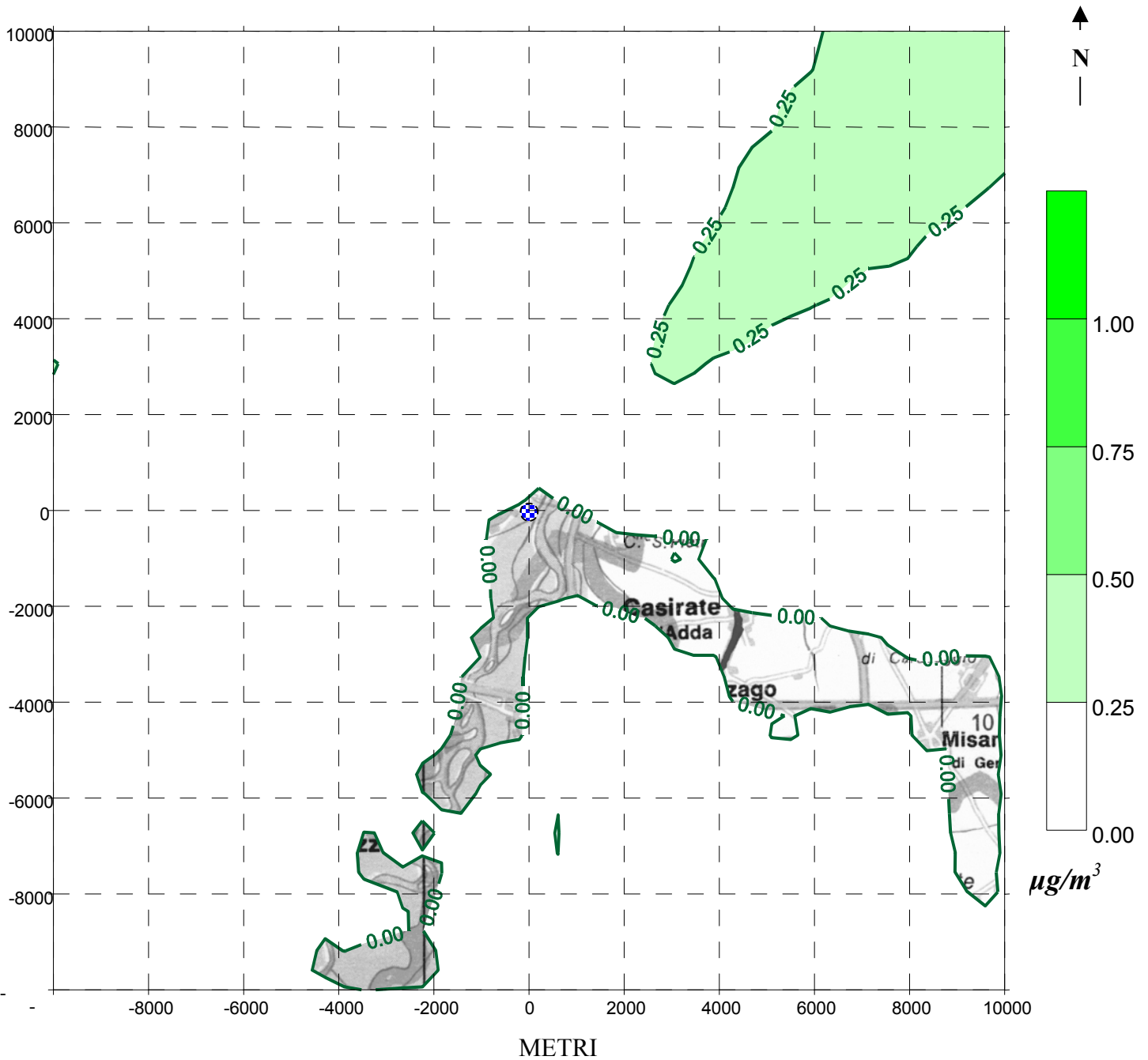
Si ricorda che:

	AREA PRODUZIONE
	Doc.: AIA06-TRM-000-A-RT-004 Rev.: 0 Data: 15.09.2006
	Foglio 12 di 18

- le ricadute al suolo risultate dalle simulazioni riguardano la Centrale nel suo complesso, anche il turbogas Gruppo 6 già in possesso di AIA così come da autorizzazione rilasciata con Decreto MAP 2 aprile 2002;
- le ricadute al suolo sono state stimate con una concentrazione di NO_x nei fumi pari a 50 mg/Nm³ per ciascun gruppo turbogas; in realtà per i Gruppi 5 e 6 le emissioni di NO_x saranno pari a 30 mg/Nm³ entro due anni dalla messa in esercizio del turbogas Gruppo 6 e per il Gruppo 4 saranno pari a 30 mg/Nm³ entro il 2008.

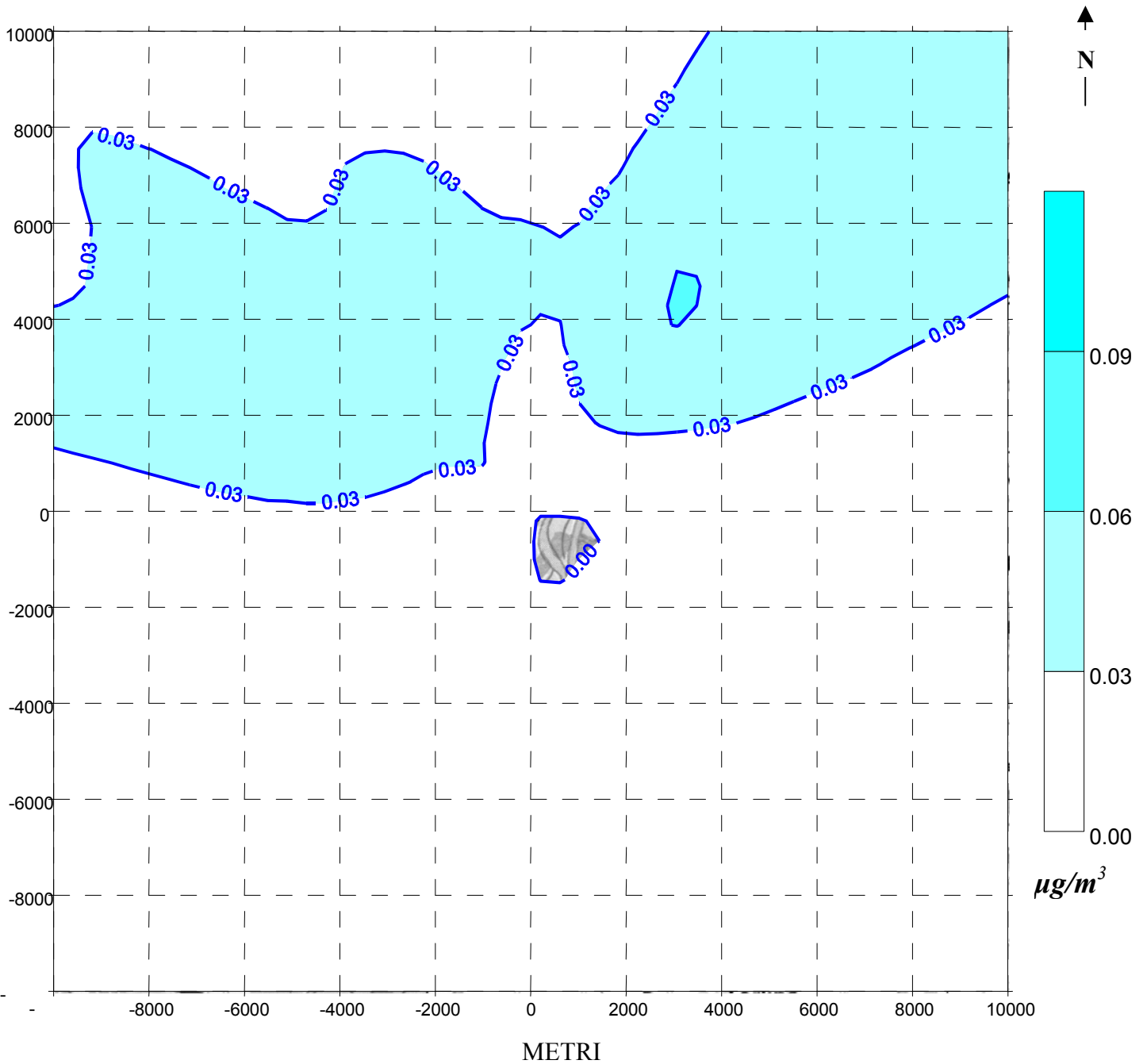
	AREA PRODUZIONE
	Doc.: AIA06-TRM-000-A-RT-004 Rev.: 0 Data: 15.09.2006
	Foglio 13 di 18

7. FIGURE



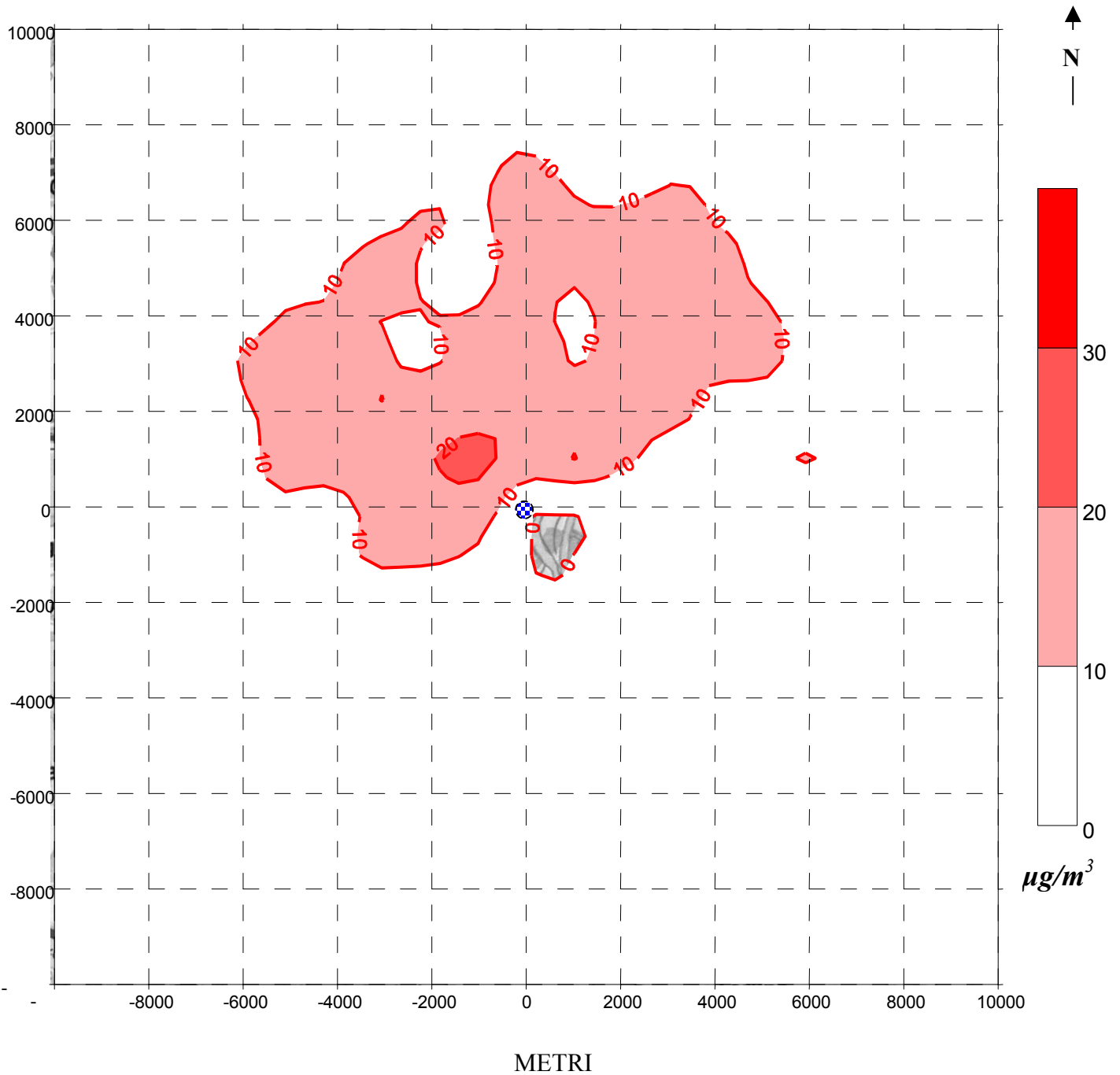
⊗ Individuazione planimetrica della Centrale

Fig. 5/1 - 98° percentile delle concentrazioni medie orarie al suolo degli ossidi di azoto espressi come NO₂



⊗ Individuazione planimetrica della Centrale

Fig. 5/2 - Concentrazioni medie annuali al suolo degli ossidi di azoto espressi come NO₂



⊗ Individuazione planimetrica della Centrale

Fig. 5/3 – Massimi valori annuali delle concentrazioni medie orarie degli ossidi di azoto espressi come NO₂



AEM SPA

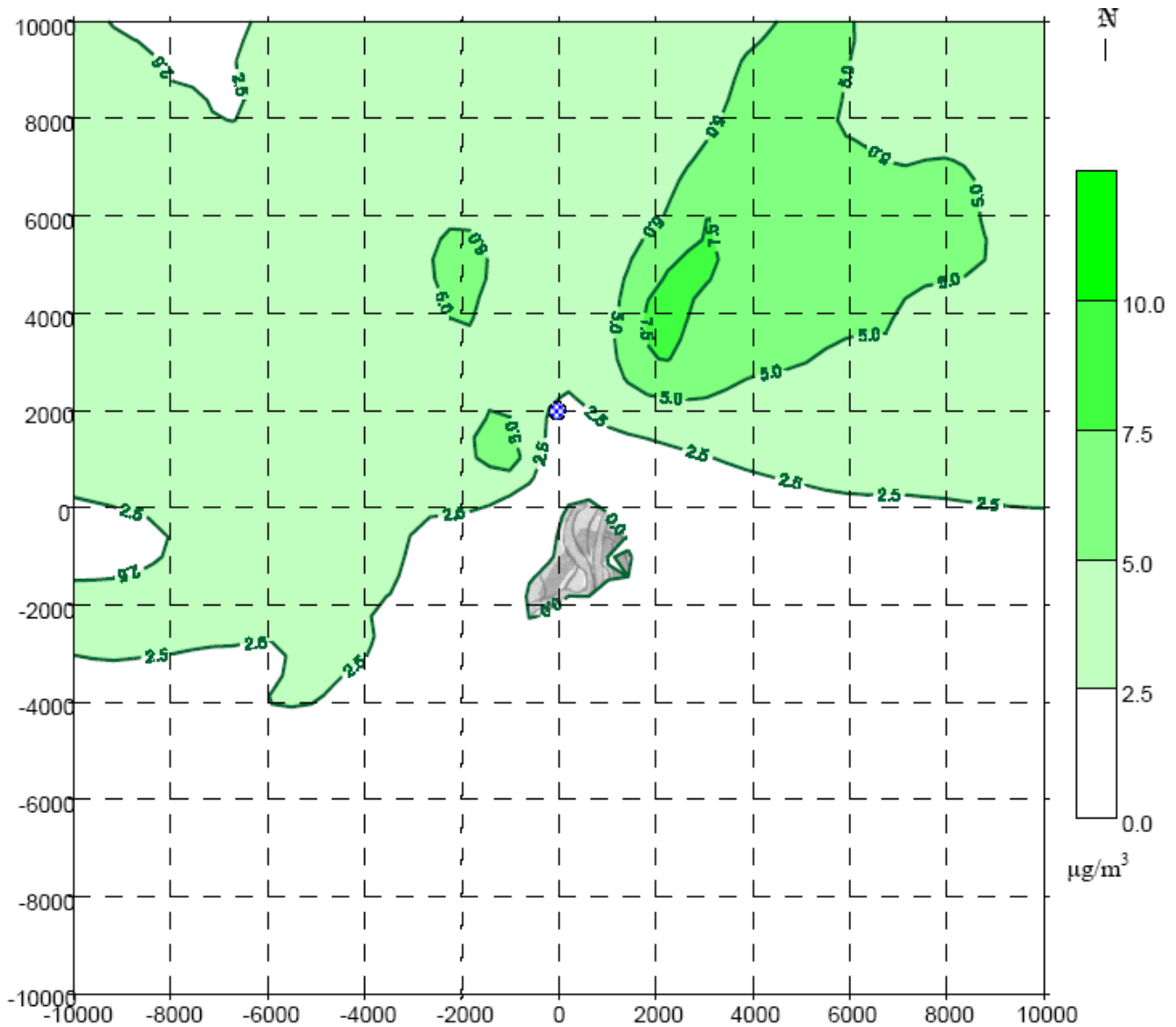
AREA PRODUZIONE

Doc.: AIA06-TRM-000-A-RT-004

Rev.: 0


Data: 15.09.2006

Foglio 17 di 18



 Individuazione planimetrica della Centrale

Fig. 5/4 – 99,8° percentile delle concentrazioni medie orarie al suolo degli ossidi di azoto espressi come NO₂

	AREA PRODUZIONE
	Doc.: AIA06-TRM-000-A-RT-004 Rev.: 0 Data: 15.09.2006
	Foglio 18 di 18

8. ALLEGATO

“Potenziamento della Centrale di Cassano d’Adda – Studio di impatto ambientale, integrazione al quadro di riferimento ambientale”

(AEM – RELAZIONE TECNICA 20400-TRM-00A-RT-007).



AEM SPA

INGEGNERIA

RELAZIONE TECNICA


20400-TRM-00A-RT-007

Foglio 1 di 34

POTENZIAMENTO DELLA CENTRALE DI CASSANO D'ADDA


**STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE
INTEGRAZIONE AL QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE:
- Paragrafo 3.1 "ATMOSFERA"**

3					
2					
1					
0	30/09/02		ING MONTUORI	ING CAMUSSI	ING SPARACINO
REV	DATA	OGGETTO DELLA REVISIONE	PREPARAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE

	INGEGNERIA
	Doc.: 20400-TRM-00A-RT-007 Rev.: n. 0. Data: 30/09/02
	Foglio 2 di 34

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. VERIFICA DEL SOVRAINNALZAMENTO DEL PENNACCHIO PER LA FUTURA CENTRALE DI CASSANO D'ADDA.	3
2.1. CALCOLO DEL SOVRAINNALZAMENTO DEL PENNACCHIO IN BASE AGLI ALGORITMI PROPOSTI DA "BRIGGS"	3
2.2. DATI METEOROLOGICI UTILIZZATI PER LE SIMULAZIONI MODELLISTICHE	5
2.2.1. <i>Distribuzione statistica dell'input meteo utilizzato per le modellizzazione</i>	5
2.3. APPLICAZIONE DEL MODELLO DI SIMULAZIONE E CALCOLO DELLE RICADUTE AL SUOLO IMPONENDO UN LIMITE ALLO STRATO DI RIMESCOLAMENTO	8
3. CALCOLO DELLE RICADUTE AL SUOLO CON ALTEZZA DI RIMESCOLAMENTO IMPOSTO A QUOTA 800 e 1.300 m.....	14
4. CONCLUSIONI.....	20
5. APPENDICE "A".....	21
5.1. ALTEZZA EFFETTIVA DELLA SORGENTE	22
5.1.1. <i>Effetto scia</i>	23
5.1.2. <i>Calcolo del sovrainnalzamento del pennacchio</i>	24
5.2. ALGORITMI UTILIZZATI DAL CODICE ISC3 NEL CALCOLO DEL SOVRAINNALZAMENTO DEL PENNACCHIO.....	27
5.2.1. <i>In condizioni di atmosfera stabile o neutra.....</i>	27
5.2.2. <i>In condizioni di atmosfera instabile.....</i>	28
5.2.3. <i>Calcolo della velocità del vento alla quota di emissione del camino (u_s).....</i>	29
6. APPENDICE "B".....	30
<u>ATTUALE</u>	31
<u>AUTORIZZATO</u>	32
<u>FUTURO</u>	33
BIBLIOGRAFIA	34

	INGEGNERIA
	Doc.: 20400-TRM-00A-RT-007 Rev.: n. 0. Data: 30/09/02
	Foglio 3 di 34

1. PREMESSA

Il presente elaborato ha lo scopo di integrare il quadro di riferimento ambientale dello “Studio d’Impatto Ambientale” predisposto per il potenziamento della centrale termoelettrica di Cassano d’Adda.

L’integrazione riguarda il paragrafo 3.1 dello studio del SIA relativo agli effetti e alle interazioni della centrale con l’atmosfera, con particolare attenzione ai seguenti aspetti:

- calcolo teorico dell’innalzamento del pennacchio;
- simulazione modellistica in condizioni meteorologiche sfavorevoli;
- simulazione delle ricadute al suolo degli NOx utilizzando i limiti proposti dalla recente normativa (*calcolo del 99,8° percentile*).

2. VERIFICA DEL SOVRAINNALZAMENTO DEL PENNACCHIO PER LA FUTURA CENTRALE DI CASSANO D’ADDA.

In base ai dati previsti dal futuro assetto della CTE di Cassano d’Adda ripotenziata, è stato condotta un’analisi tendente a verificare il comportamento del pennacchio dei fumi emessi dalla centrale al variare delle condizioni meteorologiche.

Allo scopo, utilizzando gli algoritmi proposti dalla letteratura scientifica e riportati in Appendice “A”, è stato matematicamente calcolato il sovrainnalzamento del pennacchio in varie condizioni atmosferiche.

Inoltre, è stato lanciato più volte il modello di calcolo, considerando diverse condizioni meteo, e ottenendo così una serie di risultati relativi ai massimi valori delle massime concentrazioni al suolo.

2.1. Calcolo del sovrainnalzamento del pennacchio in base agli algoritmi proposti da “BRIGGS”

I dati caratteristici delle sorgenti emmissive, di seguito riportati, sono quelli già utilizzati nello studio del SIA.

Parametro	Sigla	Unità di misura	Unità 5 + unità 6	Unità 4
Temperatura dei gas di scarico	T _s	°K	373	423
Velocità di uscita dei gas	v _s	m/s	24	21,2
Altezza del camino	h _s '	m	200	100
Diametro equivalente interno del camino	d _s	m	9,34	6
Condizioni del terreno			Rurale	rurale

Di seguito si riportano le altezze di risalita del pennacchio calcolate per diverse condizioni meteorologiche applicando gli algoritmi proposti dal modello ISC.

Unità 5 + Unità 6 (camini affiancati)


Parametro di Briggs di galleggiamento del flusso: $[F_b = g \cdot v_s \cdot d_s^2 \cdot ((T_s - T_a) / 4T_s)]$

Altezza Camino	Velocità del vento a 10 m $[u_{sref}]$	Temperatura dell'aria	Classe di stabilità	Velocità vento in quota $[u_s]$	Galleggiamento $[F_b]$	Altezza di risalita del penacchio $[m]$
m 200	2	°k 303	A	2,47	963,24	1168,19
			B	2,4t	963,24	1168,19
			C	2,79	963,24	1084,97
			D	3,13	963,24	961,86
			E	5,70	963,24	337,84
			F	10,38	963,24	336,03
		°k 273	A	2,47	1376,05	1399,23
			B	2,47	1376,05	1399,23
			C	2,70	1376,05	1296,15
			D	3,13	1376,05	1143,67
			E	5,71	1376,05	349,94
			F	10,39	1376,05	347,98

Unità 4

Parametro di Briggs di galleggiamento del flusso: $[F_b = g \cdot v_s \cdot d_s^2 \cdot ((T_s - T_a) / 4T_s)]$

Altezza Camino	Velocità del vento a 10 m $[u_{sref}]$	Temperatura dell'aria	Classe di stabilità	Velocità vento in quota $[u_s]$	Galleggiamento $[F_b]$	Altezza di risalita del penacchio $[m]$
m 100	2	°k 303	A	2,35	530,78	810,79
			B	2,35	530,78	810,79
			C	2,52	530,78	763,35
			D	2,83	530,78	691,21
			E	4,48	530,78	222,53
			F	7,10	530,78	226,64
		°k 273	A	2,35	663,48	912,62
			B	2,35	663,48	912,62
			C	2,52	663,48	858,39
			D	2,83	663,48	775,91
			E	4,48	663,48	227,48
			F	7,10	663,48	231,76

	INGEGNERIA
	Doc.: 20400-TRM-00A-RT-007 Rev.: n. 0. Data: 30/09/02
	Foglio 5 di 34

2.2. Dati meteorologici utilizzati per le simulazioni modellistiche

Il file meteo utilizzato per le simulazioni è quello messo a punto dal “CISE” nel 1992, già adottato per portare a termine uno studio volto a valutare gli effetti immissivi della centrale di Cassano d’Adda sul territorio circostante.

L’input meteorologico di partenza è stato costruito sulla base dei dati misurati nella postazione ubicata presso la centrale termoelettrica di Cassano d’Adda.

La necessità di valutare i percentili delle concentrazioni medie giornaliere ha richiesto la disponibilità di un set di dati meteorologici con distribuzione oraria giornaliera continua in assenza di dati mancanti.

L’elaborazione dei dati è stata effettuata a partire dai rilievi meteorologici disponibili di cinque anni di dati relativi al periodo 1985-1989 da cui sono stati elaborati 1192 giorni completi (più di tre anni) equamente distribuiti nelle quattro stagioni e da cui è stato poi estratto l’anno tipo utilizzato nelle simulazioni.

La valutazione delle categorie di stabilità, è stata ottenuta in base a: dati di copertura nuvolosa misurati per il periodo 1985-1989 dall’Aeronautica Militare presso l’Aeroporto di Milano-Linate: posizione del sole, velocità del vento al suolo, secondo le specifiche riportate nella guida ai volumi “Caratteristiche diffusive dei bassi strati dell’atmosfera”(S.M.A.M.-ENEL, 1981).

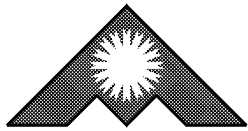
Considerando che la direzione dei venti è archiviata in settori di provenienza di ampiezza pari a 45°, si è operata un’opportuna randomizzazione delle direzioni all’interno del relativo settore.

I dati meteorologici organizzati nel modo sopra esposto consentono l’applicazione di un modello di tipo “short-term”, indispensabile per la valutazione di percentili e altri indici statistici necessari per il confronto dei valori di ricaduta al suolo delle emissioni dell’impianto con la normativa vigente.

2.2.1. Distribuzione statistica dell’input meteo utilizzato per le modellizzazione

Per meglio caratterizzare la meteorologia usata, è stata effettuata un’analisi della distribuzione statistica dei principali parametri meteoroclimatici contenuti nel file meteo costruito dal CISE ed adottato per il calcolo delle ricadute della centrale di Cassano d’Adda.

L’analisi tende ad evidenziare la variabilità delle diverse ore costituenti l’intero set di dati rispetto alla classe di stabilità, temperatura e velocità del vento. È stata poi ricercata la correlazione tra classe di stabilità e velocità del vento.



AEM SPA

INGEGNERIA

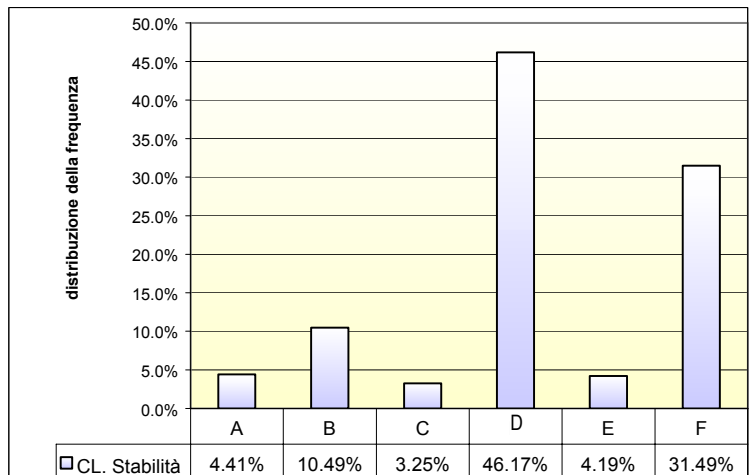
Doc.: 20400-TRM-00A-RT-007

Rev.: n. 0.

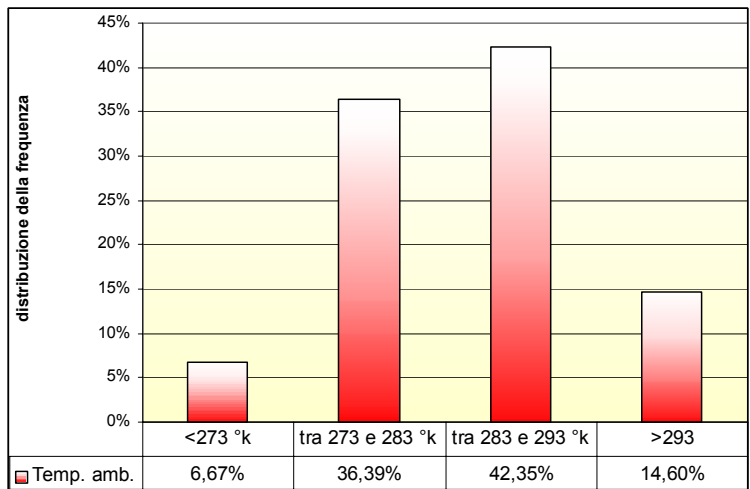
Data: 30/09/02

Foglio 6 di 34

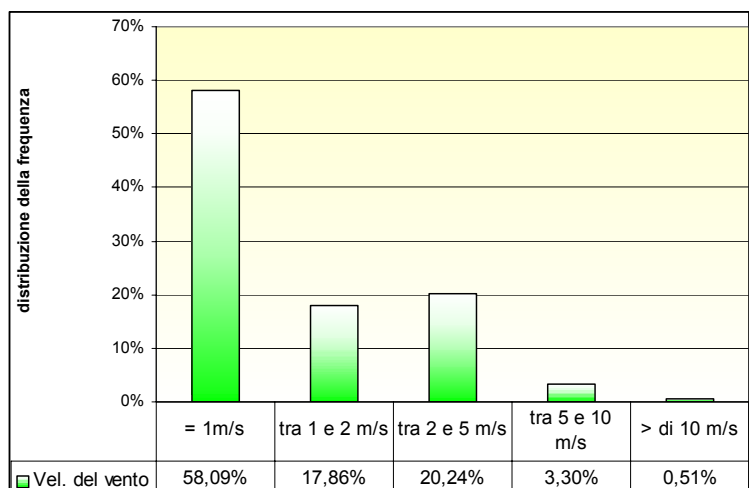
CL. Stabilità	Frequenza
	n° di ore
A	386
B	919
C	285
D	4.044
E	367
F	2.758
TOT	8.759



Temperatura ambientale	Frequenza
	n° di ore
<273 °k	584
tra 273 e 283 °k	3.187
tra 283 e 293 °k	3.709
>293 °k	1.279
TOT	8.759



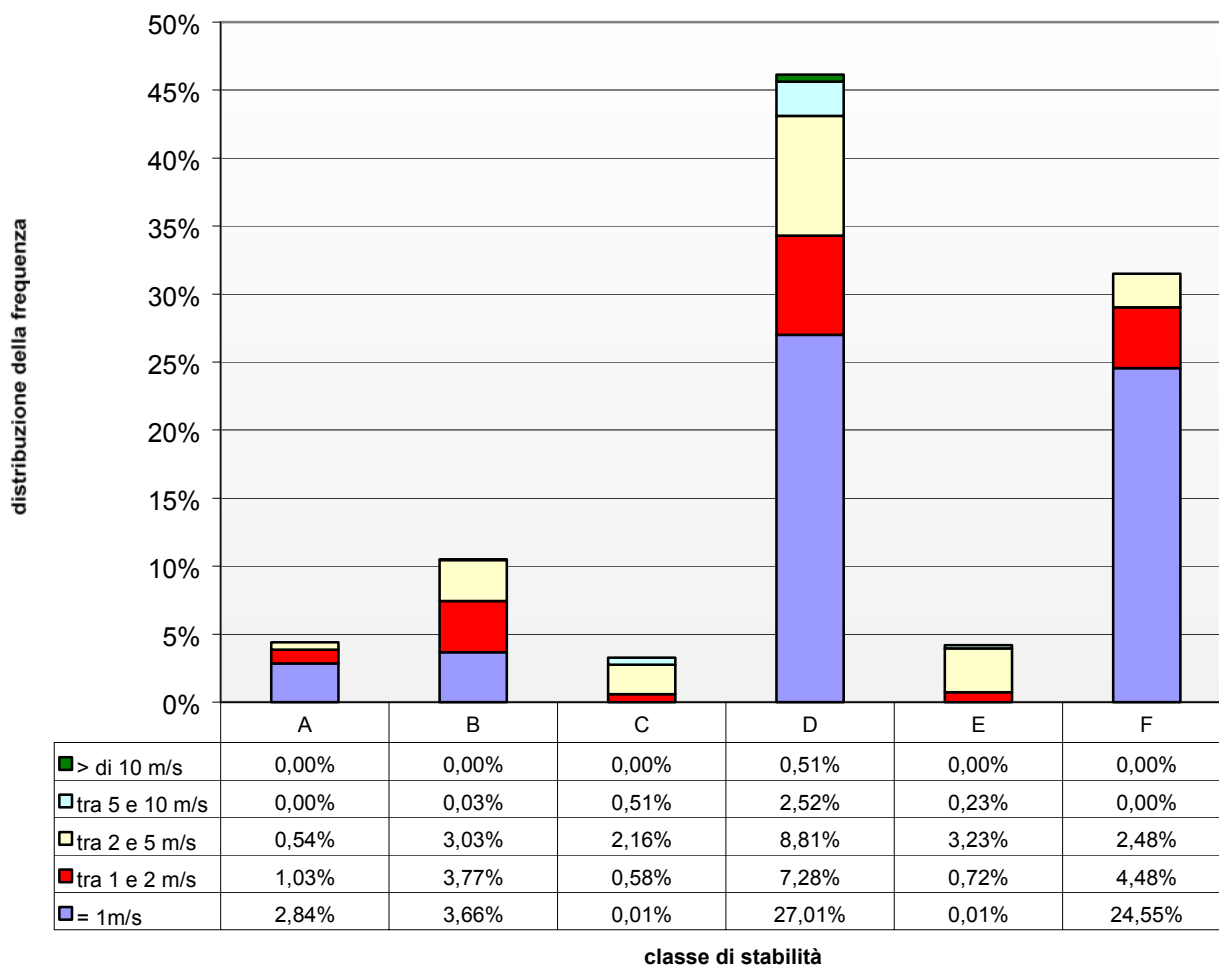
Velocità del vento	Frequenza
	n° di ore
= 1m/s	5.088
tra 1 e 2 m/s	1.564
tra 2 e 5 m/s	1.773
tra 5 e 10 m/s	289
> di 10 m/s	45
TOT	8.759




Correlazione tra classe di stabilità e velocità del vento (numero di ore)

	A	B	C	D	E	F	totali
= 1 m/s	249	321	1	2.366	1	2.150	5.088
tra 1 e 2 m/s	90	330	51	638	63	392	1.564
tra 2 e 5 m/s	47	265	189	772	283	217	1.773
tra 5 e 10 m/s	0	3	45	221	20	0	289
> di 10 m/s	0	0	0	45	0	0	45
Totali	386	919	286	4.042	367	2.759	8.759

Correlazione tra classe di stabilità e velocità del vento



	INGEGNERIA
	Doc.: 20400-TRM-00A-RT-007 Rev.: n. 0. Data: 30/09/02
	Foglio 8 di 34

2.3. Applicazione del modello di simulazione e calcolo delle ricadute al suolo imponendo un limite allo strato di rimescolamento

Per ottenere ulteriori informazioni circa il probabile comportamento del proposto assetto emissivo della futura centrale termoelettrica di Cassano d'Adda, in condizioni di inversione termica in quota, sono state effettuate delle simulazioni prevedendo un'altezza di rimescolamento inferiore a 10.000 metri.

Per verificare quale fosse l'altezza di rimescolamento che influenzasse in modo più marcato i valori delle concentrazioni al suolo è stato usato come input meteorologico la serie delle 33 condizioni standard individuate dall'EPA nell'ambito del codice SCREEN per il calcolo delle massime concentrazioni al suolo. Tali condizioni sono state scelte in modo da essere rappresentative di tutte le condizioni meteo verificabili. Nella pagina seguente è riportata la tabella con le 33 condizioni standard utilizzate.

In particolare i parametri meteorologici considerati sono:

- la velocità del vento assume valori diversi per ciascuna classe di stabilità ;
- la temperatura al suolo è posta sempre pari a 20°C;
- la direzione del vento è fissa e proveniente da sud;
- l'altezza di rimescolamento, proposta dall'EPA a 5.000 metri nel caso in esame è stata fatta variare da 100 fino a 10.000 metri, come di seguito indicato: 100 m, 200 m, 500 m, 800 m, 1.000 m, 1.100 m, 1.200 m, 1.300 m, 1.400 m , 1500 m 1.600 m, 1.700 m, 1.800 m, 1.900 m, 2.000 m, 4.000 m, 5.400 m, 10.000 m.

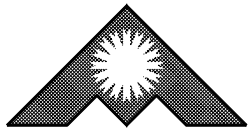
Il modello di calcolo è stato quindi lanciato per ogni altezza di rimescolamento fissata.

Dai valori di concentrazione al suolo calcolati dal modello sono stati isolati per ogni quota di rimescolamento i primi 5 massimi valori sui 441 (reticolo dei recettori 21x 21) calcolati dal modello. Tali valori sono stati ordinati sul grafico di seguito riportato.

Struttura del file meteo utilizzato

Caso	anno	Mese	giorno	ora	direzione vento	velocità vento	Temp Ambiente °K	CL stabilità	Altezza rimescolamento ¹
1	99	1	1	1	0	1	293	1	--
2	99	1	1	2	0	2	293	1	--
3	99	1	1	3	0	3	293	1	--
4	99	1	1	4	0	0	293	2	--
5	99	1	1	5	0	2	293	2	--
6	99	1	1	6	0	3	293	2	--
7	99	1	1	7	0	4	293	2	--
8	99	1	1	8	0	5	293	2	--
9	99	1	1	9	0	0	293	3	--
10	99	1	1	10	0	2	293	3	--
11	99	1	1	11	0	3	293	3	--
12	99	1	1	12	0	4	293	3	--
13	99	1	1	13	0	5	293	3	--
14	99	1	1	14	0	8	293	3	--
15	99	1	1	15	0	10	293	3	--
16	99	1	1	16	0	0	293	4	--
17	99	1	1	17	0	2	293	4	--
18	99	1	1	18	0	3	293	4	--
19	99	1	1	19	0	4	293	4	--
20	99	1	1	20	0	5	293	4	--
21	99	1	1	21	0	8	293	4	--
22	99	1	1	22	0	10	293	4	--
23	99	1	1	23	0	15	293	4	--
24	99	1	1	24	0	20	293	4	--
25	99	1	2	1	0	0	293	5	--
26	99	1	2	2	0	2	293	5	--
27	99	1	2	3	0	3	293	5	--
28	99	1	2	4	0	4	293	5	--
29	99	1	2	5	0	5	293	5	--
30	99	1	2	6	0	0	293	6	--
31	99	1	2	7	0	2	293	6	--
32	99	1	2	8	0	3	293	6	--
33	99	1	2	9	0	4	293	6	--

¹ Il dato è stato fatto variare per ogni episodio di modellizzazione



AEM SPA

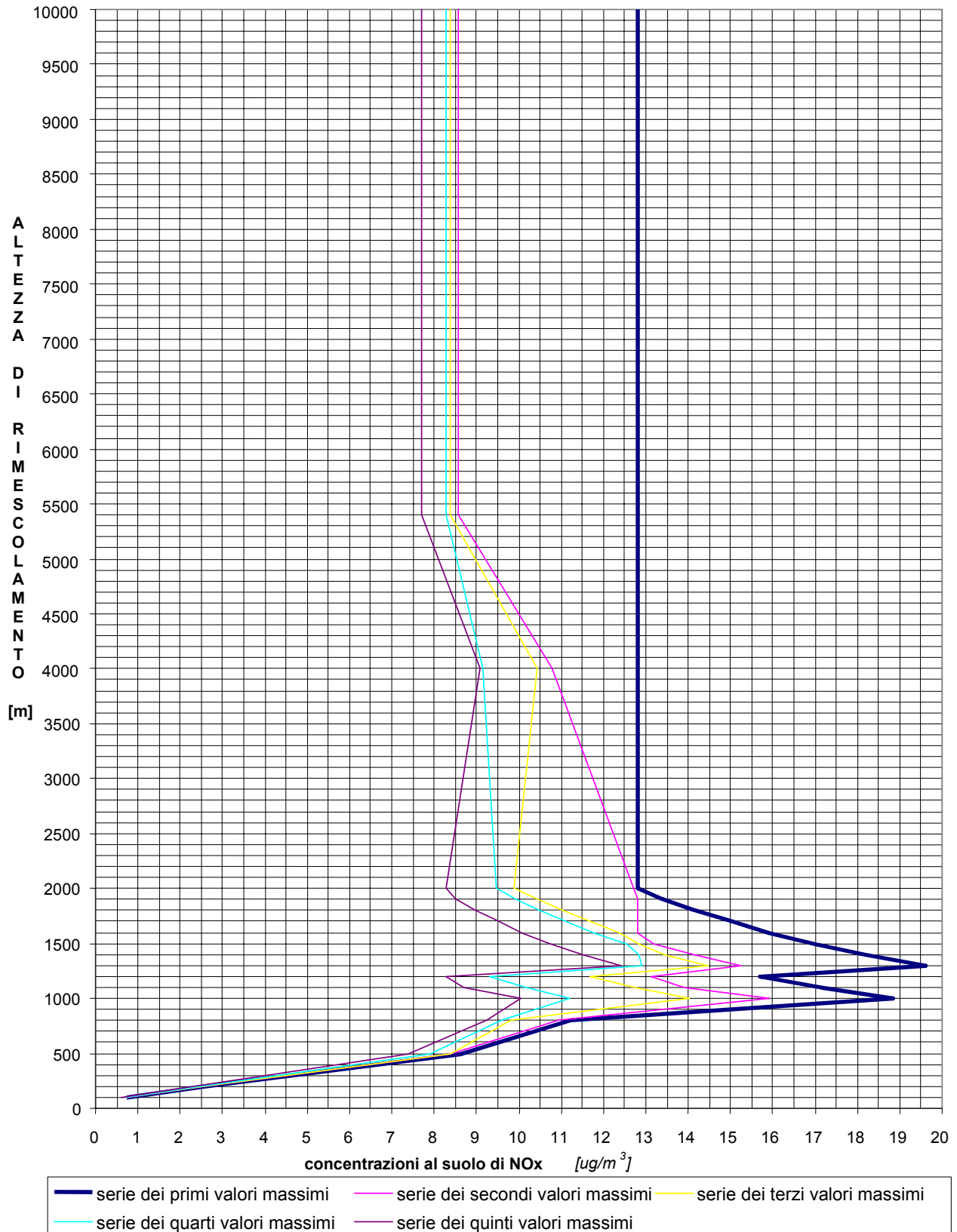
INGEGNERIA

Doc.: 20400-TRM-00A-RT-007

Rev.: n. 0.

Data: 30/09/02

Foglio 10 di 34



I risultati puntuali dei 5 massimi valori di concentrazioni al suolo ottenuti dalla simulazione, per ogni altezza di rimescolamento, sono riportati nella seguente tabella.


altezza di rimescolamento	Sequenza valore	Concentrazione ug/m ³	Velocità vento m/s	CL stabilità
100	1° val. max.	0,73382	2	5
	2° val. max.	0,73325	3	5
	3° val. max.	0,71914	4	5
	4° val. max.	0,69891	5	5
	5° val. max.	0,60285	3	5
200	1° val. max.	2,53107	15	4
	2° val. max.	2,52785	15	4
	3° val. max.	2,48911	15	4
	4° val. max.	2,45321	15	4
	5° val. max.	2,27088	15	4
500	1° val. max.	8,63777	8	3
	2° val. max.	8,38481	8	3
	3° val. max.	8,36781	8	3
	4° val. max.	7,88644	8	3
	5° val. max.	7,37203	10	3
800	1° val. max.	11,23237	4	2
	2° val. max.	10,93138	4	2
	3° val. max.	9,83815	4	2
	4° val. max.	9,60355	5	2
	5° val. max.	9,23433	4	2
1000	1° val. max.	18,84237	3	1
	2° val. max.	15,90981	3	1
	3° val. max.	14,02049	3	1
	4° val. max.	11,19003	3	1
	5° val. max.	10,05285	3	2
1100	1° val. max.	17,12943	3	1
	2° val. max.	13,88876	3	1
	3° val. max.	12,7459	3	1
	4° val. max.	10,17275	3	1
	5° val. max.	8,69738	3	2
1200	1° val. max.	15,70198	3	1
	2° val. max.	13,13278	3	1
	3° val. max.	11,68374	3	1
	4° val. max.	9,32502	3	1
	5° val. max.	8,26804	5	2

**AEM SPA****INGEGNERIA****Doc.: 20400-TRM-00A-RT-007****Rev.: n. 0.****Data: 30/09/02****Foglio 12 di 34**

altezza di rimescolamento	Sequenza valore	Concentrazione ug/m ³	Velocità vento m/s	CL stabilità
1300	1° val. max.	19,60954	2	1
	2° val. max.	15,23493	2	1
	3° val. max.	14,49403	3	1
	4° val. max.	12,89882	3	1
	5° val. max.	12,41577	2	1
1400	1° val. max.	18,20798	2	1
	2° val. max.	14,14672	2	1
	3° val. max.	13,4585	3	1
	4° val. max.	12,83869	3	1
	5° val. max.	11,52893	2	1
1500	1° val. max.	16,99173	2	1
	2° val. max.	13,2036	2	1
	3° val. max.	12,82582	3	1
	4° val. max.	12,56091	3	1
	5° val. max.	10,76033	2	1
1600	1° val. max.	15,92489	2	1
	2° val. max.	12,82353	3	1
	3° val. max.	12,37838	2	1
	4° val. max.	11,77582	3	1
	5° val. max.	10,08781	2	1
1700	1° val. max.	14,98033	2	1
	2° val. max.	12,82318	3	1
	3° val. max.	11,65024	2	1
	4° val. max.	11,08457	3	1
	5° val. max.	9,49441	2	1
1800	1° val. max.	14,13798	2	1
	2° val. max.	12,82314	3	1
	3° val. max.	11,003	2	1
	4° val. max.	10,47368	3	1
	5° val. max.	8,96694	2	1
1900	1° val. max.	13,38348	2	1
	2° val. max.	12,82314	3	1
	3° val. max.	10,4239	2	1
	4° val. max.	9,93347	3	1
	5° val. max.	8,495	2	1
2000	1° val. max.	12,82314	3	1
	2° val. max.	12,70692	2	1
	3° val. max.	9,9027	2	1
	4° val. max.	9,45691	3	1
	5° val. max.	8,26764	5	2

Altezza di rimescolamento	Sequenza valore	Concentrazione ug/m ³	Velocità vento m/s	CL stabilità
3000	1° val. max.	12,82314	3	1
	2° val. max.	10,79705	1	1
	3° val. max.	10,44317	1	1
	4° val. max.	9,15902	2	1
	5° val. max.	9,09289	1	1
5400	1° val. max.	12,82314	3	1
	2° val. max.	8,58706	2	1
	3° val. max.	8,38033	1	1
	4° val. max.	8,26764	5	2
	5° val. max.	7,7066	4	2
10000	1° val. max.	12,82314	3	1
	2° val. max.	8,58696	2	1
	3° val. max.	8,37798	1	1
	4° val. max.	8,26764	5	2
	5° val. max.	7,7066	4	2

Dai risultati ottenuti si evidenzia che i massimi valori di concentrazioni al suolo si ottengono con altezze di rimescolamento tra quote di 800 e 1.300 m, in linea a quanto calcolato con l'applicazione della relazione di Briggs riportata al paragrafo 2.1.

	INGEGNERIA
	Doc.: 20400-TRM-00A-RT-007 Rev.: n. 0. Data: 30/09/02
	Foglio 14 di 34

3. CALCOLO DELLE RICADUTE AL SUOLO CON ALTEZZA DI RIMESCOLAMENTO IMPOSTO A QUOTA 800 e 1.300 m

L'analisi finora condotta definisce, per il caso in esame, la quota di rimescolamento critica utilizzabile per ulteriori simulazioni di ricadute al suolo, notevolmente conservative che diano indicazione dei probabili effetti in condizioni meteorologiche particolarmente sfavorevoli.

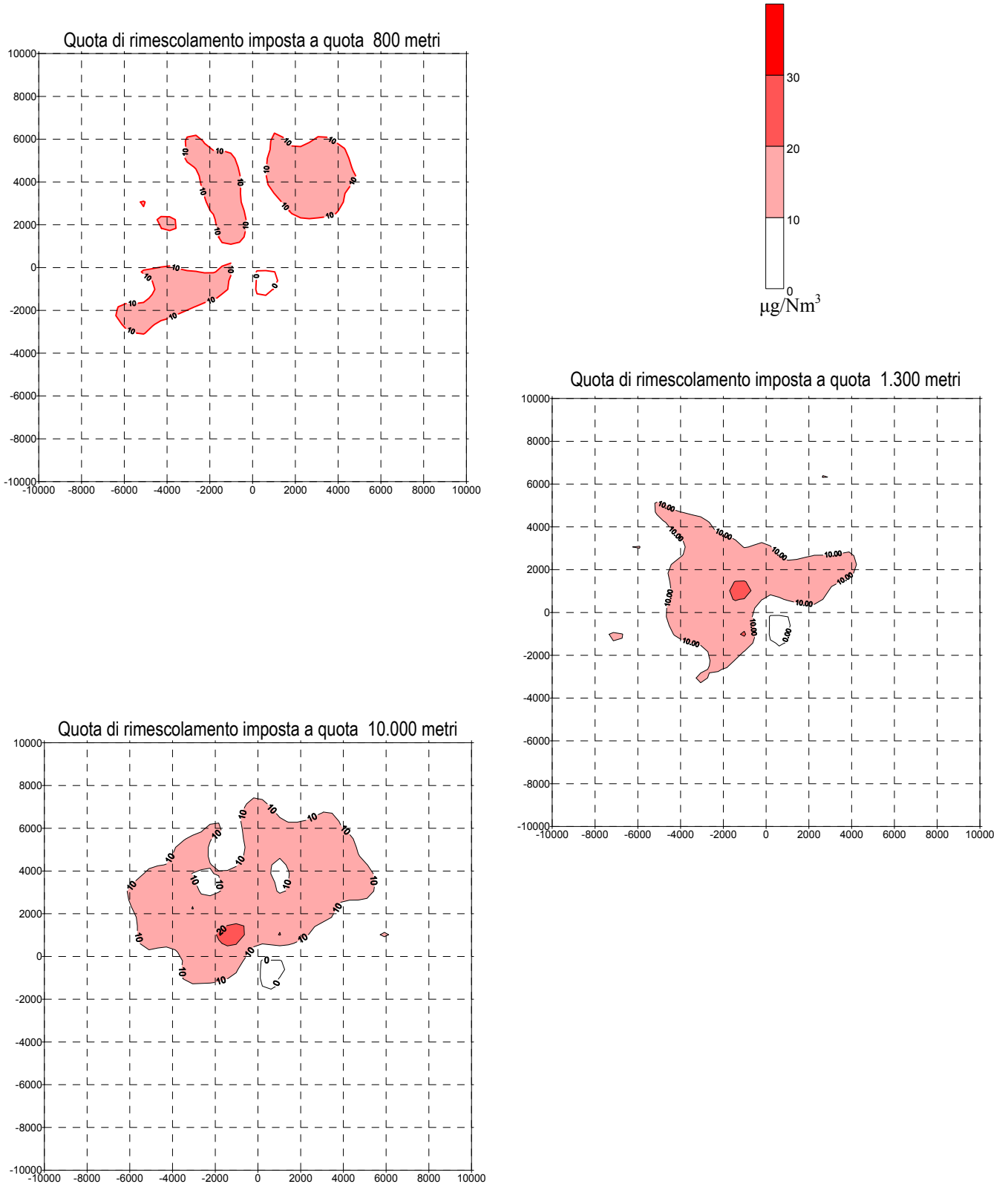
Si fa osservare che le condizioni di bassa altezza di rimescolamento, nella Pianura Padana, possono essere tipiche di alcune ore del giorno e per alcuni giorni dell'anno in dipendenza della stagione e della relativa classe di stabilità atmosferica.

L'approccio di seguito proposto si basa sull'elaborazione di simulazioni in cui l'altezza di rimescolamento è stata fissata, per tutte le ore dell'anno meteorologico, alle quote risultate critiche nell'analisi condotta nel capitolo precedente (800 e 1.300 metri).

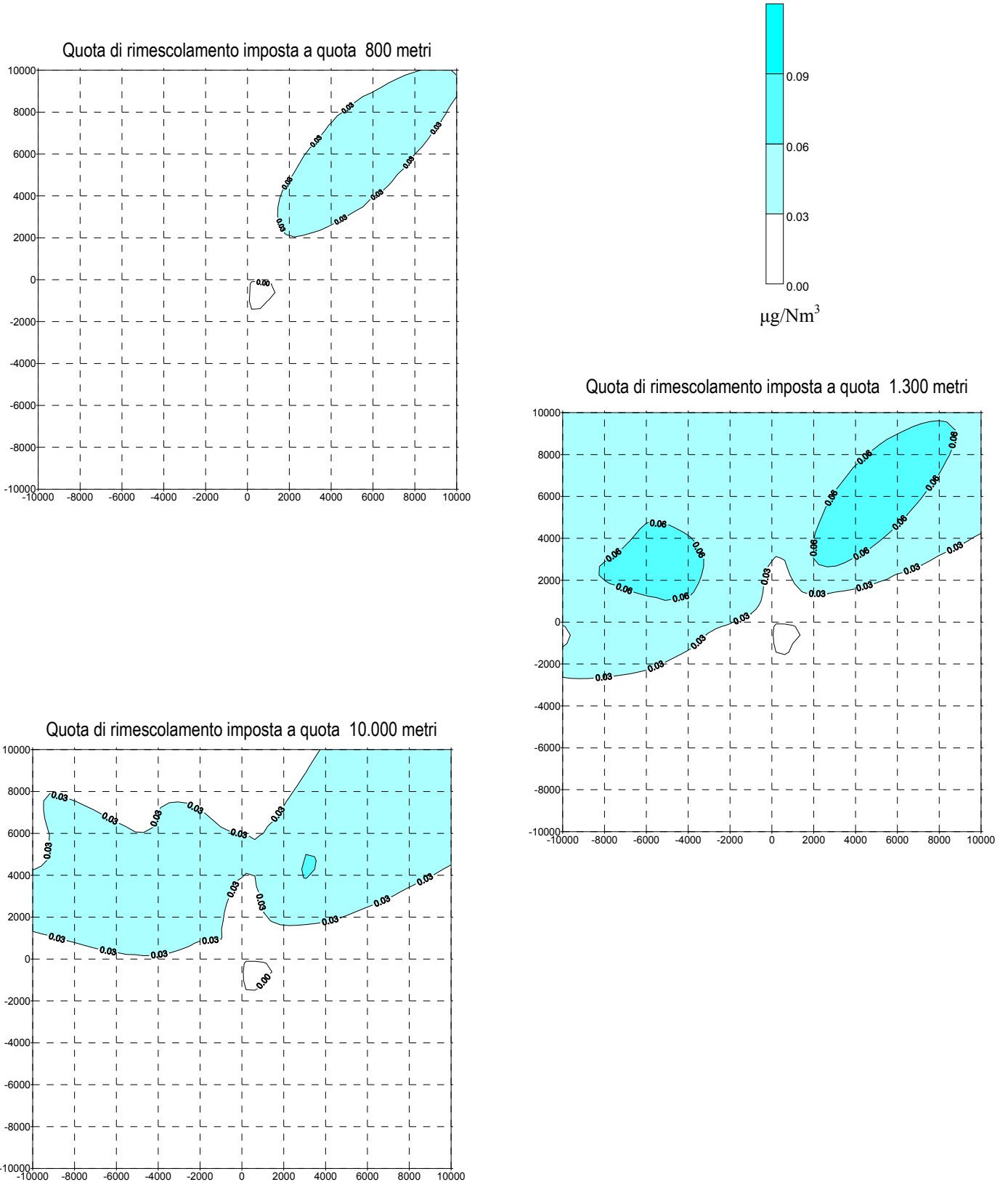
I risultati ottenuti mostrano quindi condizioni al suolo (mappe di isoconcentrazione) notevolmente peggiori rispetto a quelle realmente attese. Tali risultati possono essere confrontati con le mappe di isoconcentrazione già inserite nello SIA ed elaborate con lo stesso input meteorologico con la sola differenza che l'altezza di rimescolamento era stata fissata a 10.000 metri.

FUTURA CONFIGURAZIONE PROPOSTA

Massime concentrazioni al suolo dei valori medio orari degli NO_x

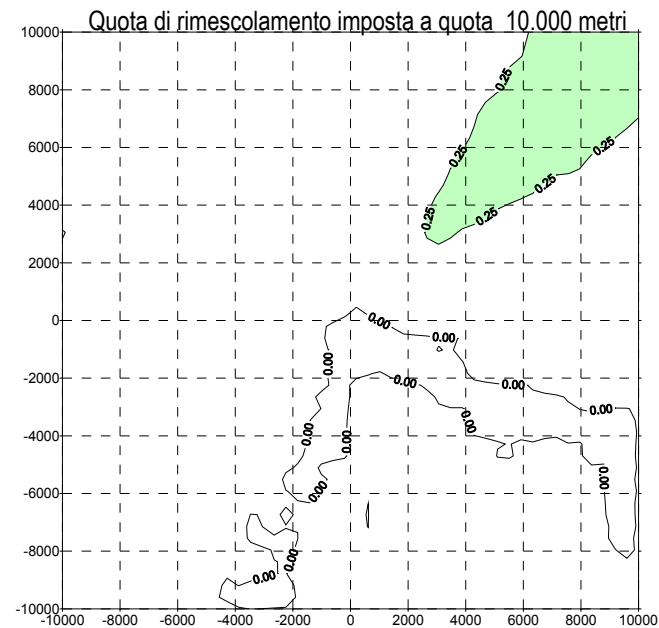
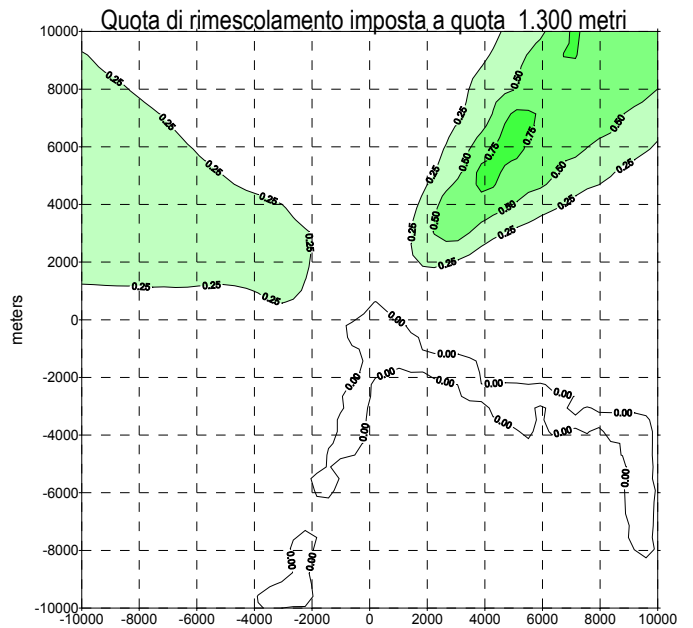
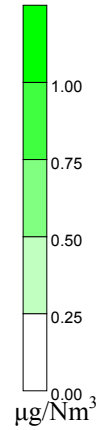
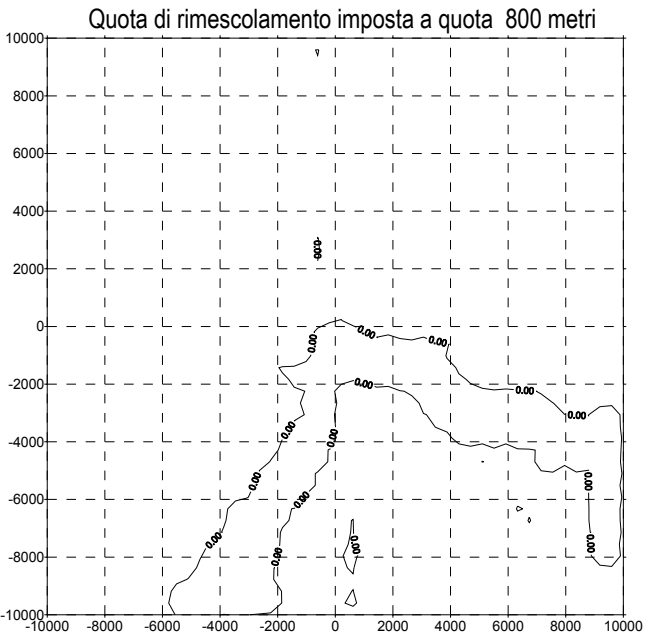


FUTURA CONFIGURAZIONE PROPOSTA
Concentrazioni medie annuali al suolo degli NO_x



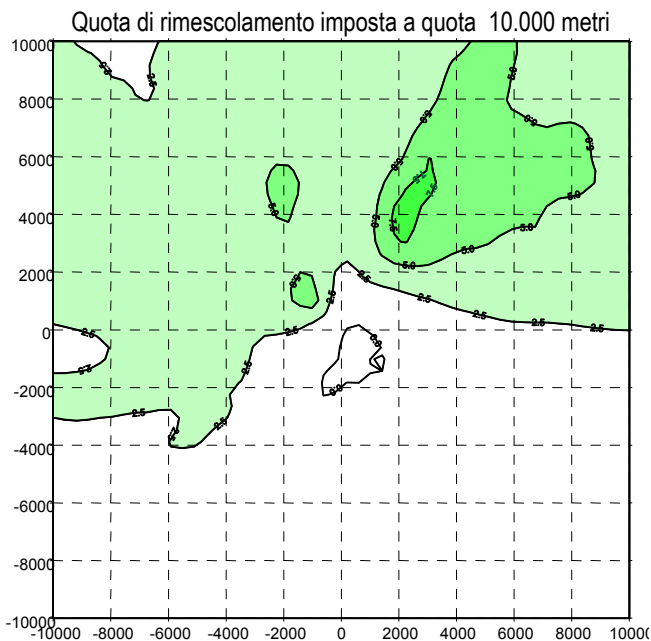
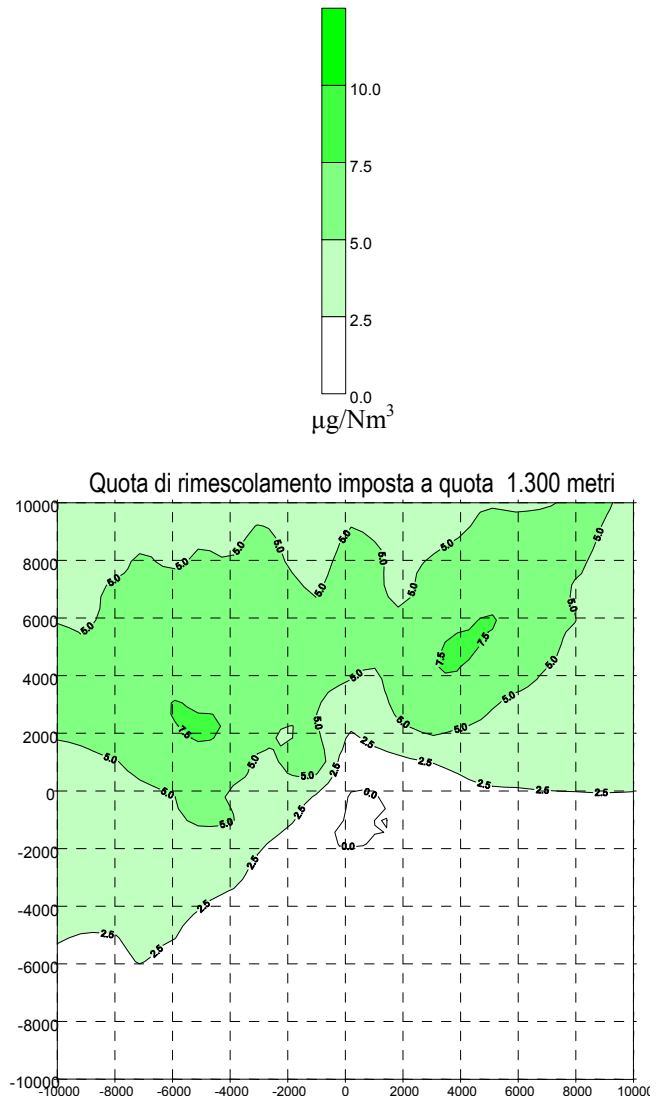
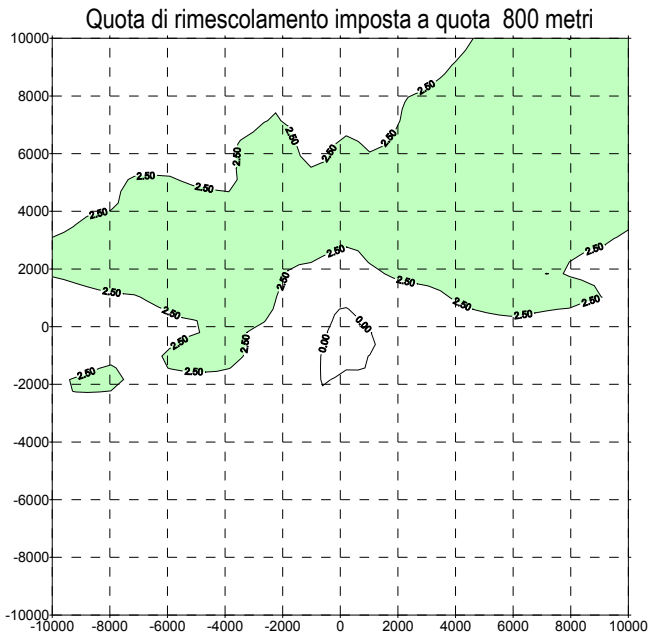
FUTURA CONFIGURAZIONE PROPOSTA

98° percentile delle massime concentrazioni al suolo degli NO_x



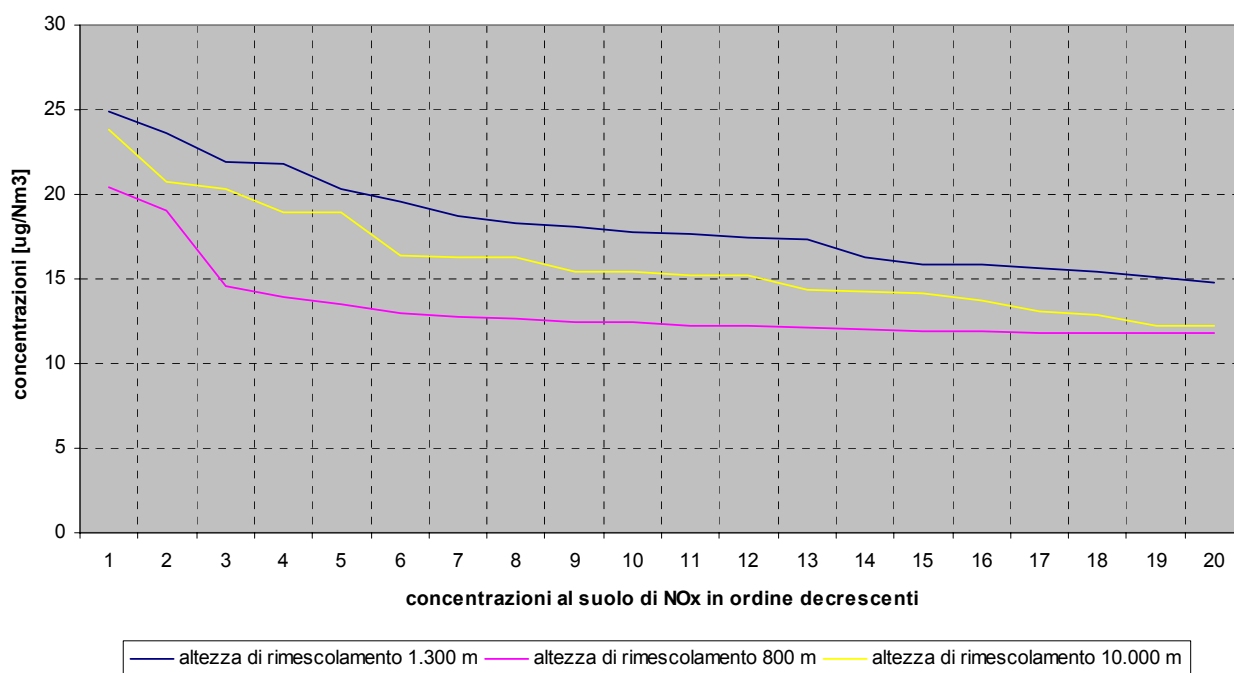
FUTURA CONFIGURAZIONE PROPOSTA

99,8° percentile delle massime concentrazioni al suolo degli NO_x



Per un'ulteriore verifica sono stati riportati nella tabella che segue i primi 20 massimi valori di concentrazioni al suolo di NOx calcolati nel caso delle massime ricadute al suolo.

Valori in sequenza	Strato di rimescolamento 800 m [$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$]	Strato di rimescolamento 1.300 m [$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$]	Strato di rimescolamento 10.000 m [$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$]
1	20.42	24.85	23.81
2	19.04	23.57	20.70
3	14.61	21.91	20.28
4	13.99	21.85	18.93
5	13.53	20.31	18.90
6	13.02	19.55	16.33
7	12.78	18.69	16.30
8	12.66	18.27	16.26
9	12.49	18.13	15.43
10	12.47	17.76	15.41
11	12.26	17.71	15.25
12	12.25	17.40	15.23
13	12.17	17.37	14.40
14	12.02	16.27	14.29
15	11.96	15.90	14.15
16	11.87	15.82	13.73
17	11.80	15.60	13.08
18	11.80	15.38	12.83
19	11.78	15.12	12.22
20	11.76	14.80	12.21




4. CONCLUSIONI

Si conclude che, per le sorgenti emissive in oggetto, le condizioni peggiori di ricadute al suolo possono verificarsi in condizioni di strato di rimescolamento atmosferico posto a quote comprese tra i 1.000 ed 1.300 metri.


I risultati ottenuti con le simulazioni e le relative mappe di isoconcentrazioni mostrano comunque livelli non allarmanti anche nel caso in cui l'altezza di rimescolamento è imposta a 1.300 metri di quota.

Tabella di confronto tra i 20 valori massimi delle concentrazioni al suolo calcolati con le altezze di rimescolamento fissate a 1.300 e a 10.000 metri.

Valori in sequenza	Strato di rimescolamento 1.300 m [$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$]	Strato di rimescolamento 10.000 m [$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$]	Incremento	
			[$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$]	%
1	24.85	23.81	1.04	4.37
2	23.57	20.70	2.87	13.86
3	21.91	20.28	1.63	8.04
4	21.85	18.93	2.92	15.43
5	20.31	18.90	1.41	7.46
6	19.55	16.33	3.22	19.72
7	18.69	16.30	2.39	14.66
8	18.27	16.26	2.01	12.36
9	18.13	15.43	2.7	17.50
10	17.76	15.41	2.35	15.25
11	17.71	15.25	2.46	16.13
12	17.40	15.23	2.17	14.25
13	17.37	14.40	2.97	20.63
14	16.27	14.29	1.98	13.86
15	15.90	14.15	1.75	12.37
16	15.82	13.73	2.09	15.22
17	15.60	13.08	2.52	19.27
18	15.38	12.83	2.55	19.88
19	15.12	12.22	2.9	23.73
20	14.80	12.21	2.59	21.21

	INGEGNERIA
	Doc.: 20400-TRM-00A-RT-007 Rev.: n. 0. Data: 30/09/02
	Foglio 21 di 34

5. APPENDICE "A"

	INGEGNERIA
	Doc.: 20400-TRM-00A-RT-007 Rev.: n. 0. Data: 30/09/02
	Foglio 22 di 34

5.1. ALTEZZA EFFETTIVA DELLA SORGENTE

La quota massima raggiungibile dal pennacchio dei fumi risulta influenzata da una serie di condizioni e variabili tra cui alcune misurabili in modo preciso ed altre stimabili attraverso metodi diretti e indiretti.

I principali parametri che occorre conoscere sono:

- altezza effettiva del camino;
- velocità di uscita dei fumi;
- temperatura dei fumi;
- massa e velocità dei fumi emessi;
- condizioni atmosferiche al momento dell'emissione;
- eventuali condizioni di Stack-tip Downwash.

La traiettoria del pennacchio risulta caratterizzata da due fasi sostanziali:

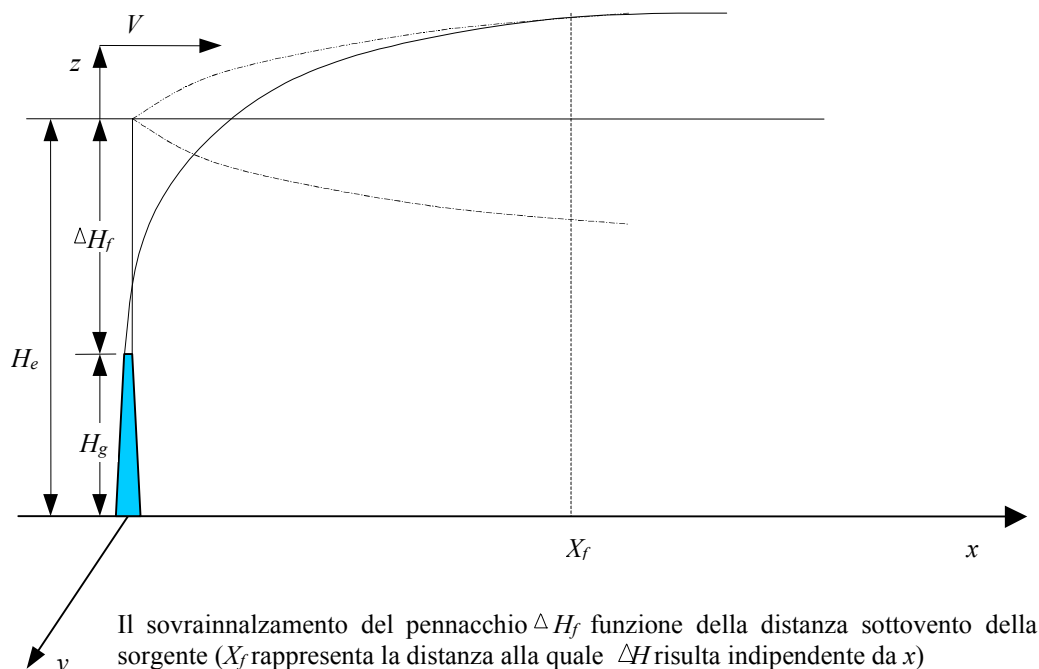
1. una prima fase **transizionale** che inizia già alla bocca del camino; l'innalzamento e l'estensione del pennacchio è determinato dalla somma tra l'energia cinetica posseduta dai fumi (velocità dei fumi) e dalle turbolenze che si determinano a causa della differenza di temperatura tra i fumi e l'ambiente circostante. Tale fase cessa quando la forza di galleggiamento diventa trascurabile ed il pennacchio viene quindi definito "**livellato**".
2. La seconda fase **finale** in cui l'ulteriore estensione del pennacchio è determinata esclusivamente dalla turbolenza atmosferica. In questa fase la dimensione del pennacchio aumenta ma l'altezza del suo baricentro non cambia più in maniera significativa.

L'altezza " H_e " è la quota assunta dal pennacchio livellato ed è data da:

$$H_e = H_g + \Delta H_f$$

dove:

- H_g : altezza geometrica della sorgente;
- ΔH_f : *sovrainnalzamento del pennacchio alla fine della prima fase transizionale in funzione delle condizioni emissive e meteorologiche.*




I gas in uscita dalla bocca del camino, prima di diffondersi in atmosfera, formano un pennacchio che assume un diverso comportamento in relazione alle caratteristiche fisiche dei fumi emessi (velocità, portata, temperatura) e alle condizioni meteorologiche (velocità del vento e stabilità atmosferica). Tali comportamenti possono essere distinti nelle seguenti tre categorie:

- **pennacchi galleggianti:** quando l'innalzamento è principalmente dovuto alla spinta di galleggiamento;
- **pennacchi jet:** quando l'innalzamento è principalmente dovuto alla quantità di energia cinetica posseduta dai fumi (velocità dei fumi);
- **pennacchi misti:** quando le due spinte sono confrontabili.

5.1.1. Effetto scia

Tra i vari fenomeni che avvengono in prossimità della bocca del camino occorre considerare l'*effetto scia*. Tale effetto si determina in condizioni di scarsa velocità d'uscita dei fumi rispetto alla velocità del vento.

In tali condizioni, la velocità del vento crea intorno al camino una depressione in grado di risucchiare il pennacchio verso il basso (valore negativo di ΔH_f).

	INGEGNERIA
	Doc.: 20400-TRM-00A-RT-007 Rev.: n. 0. Data: 30/09/02
	Foglio 24 di 34

Attraverso prove sperimentali compiute da alcuni autori è stato possibile individuare che quando il rapporto tra velocità dei fumi (V_s) e la velocità del vento (V) risulta minore di 1,5 l'altezza geometrica del camino risulterà diminuita del valore h_d che risulta dato da:

$$h_d = 2 \left(\frac{V_s}{V} - 1,5 \right) D$$

D : diametro interno del camino

In termini più generali la relazione sopra riportata indica che quando la velocità dei fumi risulta per il 50% superiore a quella del vento è poco probabile un effetto di trascinamento del pennacchio verso il basso.

Per quanto riguarda l'interferenza dei fumi con la scia aerodinamica determinata da un edificio che rientra nell'area d'influenza di un camino, prove di laboratorio hanno portato a stimare le seguenti relazioni.

Date le dimensioni: altezza del camino (H_g) e altezza dell'edificio (h_{ed}) si ottiene che:


- se $H_g \geq 2,5 h_{ed}$, il pennacchio non è influenzato dalla scia dell'edificio;
- se $1,5 h_{ed} < H_g < 2,5 h_{ed}$, l'influenza dell'effetto scia posiziona il punto di emissione ad un'altezza $H = 2 \cdot H_g - h_{ed}$;
- nel caso in cui $H_g \leq 1,5 h_{ed}$ il pennacchio resta intrappolato nella cavità sottovento e non si considerano effetti di sovrainnalzamento.

5.1.2. Calcolo del sovrainnalzamento del pennacchio

La conformazione di un pennacchio alla fine della fase transizionale è strettamente legata alle condizioni dell'atmosfera. Il pennacchio tende ad evolvere senza raggiungere mai nella realtà un vero assetto livellato con un asse ad altezza costante, come nell'ipotesi di base del modello gaussiano.

In ogni caso nelle applicazioni modellistiche Briggs propone di considerare il pennacchio livellato quando la sua pendenza sull'orizzontale risulta inferiore al 5%.

In relazione alle categorie di pennacchi indicati in precedenza sono state proposte da alcuni autori le metodologie di calcolo, indicate ai paragrafi seguenti, che conducono alla stima del sovrainnalzamento del pennacchio (ΔH_f)

	INGEGNERIA
	Doc.: 20400-TRM-00A-RT-007 Rev.: n. 0. Data: 30/09/02
	Foglio 25 di 34

5.1.2.1. Pennacchi galleggianti

Tali pennacchi si identificano quando essi posseggono una grande massa ed una temperatura maggiore di quella dell'ambiente.

Tra i parametri massa e temperatura risulta essere più significativo la massa complessiva dei fumi; infatti pennacchi anche molto caldi rispetto all'area ambiente, ma emessi da ciminiere piccole vengono facilmente rimescolati dall'area più fredda e quindi posseggono una capacità di sovrainnalzamento più limitata.

La metodologia di calcolo proposta da Briggs risulta la seguente.

Briggs introduce la grandezza conosciuta col nome di "parametro di galleggiamento" (F_b)

$$F_b = g \cdot V_s \cdot \frac{D^2}{4} \cdot \frac{(T_s - T)}{T_s}$$

Dove :

- F_b = parametro di galleggiamento;
- g = accelerazione di gravità;
- V_s = velocità dei fumi;
- D = diametro interno del camino;
- T_s = temperatura dei fumi;
- T = temperatura dell'aria.

Tale relazione considera l'esemplificazione che l'effluente gassoso e l'aria ambiente presentano medesimi valori di peso molecolare e calore specifico

Per le diverse condizioni di stabilità atmosferica sono state quindi proposte le seguenti relazioni:

- In caso di atmosfera neutra

$$\Delta H(x) = 1,6 \cdot F_b^{1/3} \cdot V^{-1} \cdot x^{2/3}$$

la distanza alla quale l'asse del pennacchio si livella è:

$$x_f = 6,48 \cdot F_b^{2/5} \cdot H_g^{3/5} \quad (H_g < 305 \text{ m})$$

$$x_f = 201 \cdot F_b^{2/5} \cdot H_g^{3/5} \quad (H_g > 305 \text{ m})$$


oppure semplicemente per grosse ciminiere:

$$x_f = 10 \cdot H_g$$

Quindi la stima di ΔH_F da utilizzare nel modello gaussiano sarà data da:

$$\Delta H_F = 1,6 \cdot F_b^{1/3} \cdot V^{-1} \cdot x_F^{2/3}$$

La relazione non risulta più attendibile per $V \rightarrow 0$.

	INGEGNERIA
	Doc.: 20400-TRM-00A-RT-007 Rev.: n. 0. Data: 30/09/02
	Foglio 26 di 34

- In caso di atmosfera stabile:

In questo caso si può tenere in considerazione la presenza o meno di vento, quindi possono essere usate le due relazioni:

- quando $V > 1$ m/s: $\Delta H_f = 2,6 \cdot (F_b/V \cdot S)^{1/3}$
- quando $V < 1$ m/s: $\Delta H_f = 5 \cdot F_b^{1/4} \cdot S^{-3/8}$

dove: $S =$ parametro di stabilità dell'atmosfera [$S = g/\theta_a \cdot (\partial\theta_a/\partial z)$]
 $\theta_a =$ temperatura potenziale dell'aria

- In caso di atmosfera instabile:

$$x_F = 5,7 \cdot F_b / \left(\frac{g \cdot H_0 \cdot h_i}{\rho_a} \cdot C_p \cdot T \right)$$

dove:

$H_0 =$ flusso di calore sensibile al suolo [$cal/cm^2 \cdot s$];

$h_i =$ altezza di rimescolamento;

$C_p =$ calore specifico a pressione costante [$cal/kg^\circ K$];

$\rho_a =$ densità dell'aria

5.1.2.2. Pennacchi jet

Per tali pennacchi il sovrainnalzamento è dovuto principalmente alla velocità di uscita dei fumi.

Analiticamente Briggs giunge alla seguente formulazione:


$$\Delta H(x) = 2,3 \cdot F_m^{1/3} \cdot V^{-2/3} \cdot x^{1/3}$$

dove:

$F_m = V_s^2 \cdot r_s^2 \cdot \rho_s / \rho_a =$ parametro di flusso inerziale con ρ_s e ρ_a rispettivamente densità del fumo e densità dell'aria.

Assumendo che $\rho_s \approx \rho_a$ e che $T_s \approx T_a$ si ottiene in condizioni stabili che:

- in presenza di vento: $\Delta H_F = 1,5 \cdot \left(\frac{F_m}{V} \right)^{1/3} \cdot S^{-1/6}$
- in calma di vento: $\Delta H_F = 4 \cdot \left(\frac{F_m}{V} \right)^{1/4}$

	INGEGNERIA
	Doc.: 20400-TRM-00A-RT-007 Rev.: n. 0. Data: 30/09/02
	Foglio 27 di 34

5.2. ALGORITMI UTILIZZATI DAL CODICE ISC3 NEL CALCOLO DEL SOVRAINNALZAMENTO DEL PENNACCHIO

Gli algoritmi implementati nel modello di calcolo ISC3 utilizzato per il calcolo dell'innalzamento del pennacchio e delle relative immissioni al suolo utilizzano le relazioni messe a punto da *Briggs*.

Il modello, partendo dal parametro di galleggiamento, calcolato come indicato al paragrafo 5.1.2.1, discrimina il comportamento del pennacchio, se di tipo galleggiante o jet, e quindi calcola il sovrainnalzamento del pennacchio in relazione alle condizioni di stabilità atmosferica.

5.2.1. In condizioni di atmosfera stabile o neutra

Il tipo di pennacchio viene caratterizzato nel modo seguente:

se $F_b < 55$ si applica la relazione :

$$\Delta T_c = 0,0297 \cdot T_s \cdot \frac{V_s^{1/3}}{D^{2/3}}$$

se $F_b > 55$ si applica la relazione :

$$\Delta T_c = 0,00575 \cdot T_s \cdot \frac{V_s^{2/3}}{D^{1/3}}$$

V_s = velocità dei fumi; D = diametro interno del camino

Quando la differenza di temperatura tra i fumi emessi e l'aria ambiente (ΔT) risulta superiore o uguale al ΔT_c calcolato, il modello considererà la dominanza di galleggiamento (pennacchio galleggiante), per valori minori considererà l'innalzamento del pennacchio dovuto alla spinta originata dalla velocità dei fumi (pennacchio jet).

Il calcolo del sovrainnalzamento del pennacchio viene determinato dalle seguenti relazioni:

Per “pennacchi galleggianti”

- se $F_b < 55$ l'altezza effettiva del pennacchio risulta dalla relazione:


$$H_f = H_s + 21,425 \cdot \frac{F_b^{3/4}}{u_s}$$

- se $F_b \geq 55$ si applica la relazione :

$$H_f = H_s + 38,71 \cdot \frac{F_b^{3/5}}{u_s}$$

Per “pennacchi jet”

$$H_f = H_s + 3D \cdot \frac{V_s}{u_s}$$

	INGEGNERIA
	Doc.: 20400-TRM-00A-RT-007 Rev.: n. 0. Data: 30/09/02
	Foglio 28 di 34

u_s = velocità del vento alla quota del camino

5.2.2. In condizioni di atmosfera instabile

Il tipo di pennacchio viene caratterizzato dalla relazione:

$$\Delta T_c = 0,019582 \cdot T_s \cdot V_s \cdot \sqrt{S}$$

S = parametro di stabilità

Quando la differenza di temperatura tra i fumi emessi e l'aria ambiente (ΔT) risulta superiore o uguale al ΔT_c calcolato, il modello considererà la dominanza di galleggiamento (pennacchio galleggiante), per valori minori considererà l'innalzamento del pennacchio dovuto alla spinta originata dalla velocità dei fumi (pennacchio jet).

Il calcolo del sovrainnalzamento del pennacchio viene determinato dalle seguenti relazioni:

Per “pennacchi galleggianti”

$$H_f = H_s + 2,6 \cdot \left(\frac{F_b}{u_s \cdot S} \right)^{1/3}$$

Per “pennacchi jet”

$$H_f = H_s + 1,5 \cdot \left(\frac{F_m}{u_s \cdot \sqrt{S}} \right)^{1/3}$$

5.2.3. Calcolo della velocità del vento alla quota di emissione del camino (u_s)

Considerando che i dati meteorologici vengono normalmente registrati ad una quota di 10 metri rispetto al suolo il modello è in grado di calcolare in base al tipo di orografia e alla particolare condizione di stabilità atmosferica la velocità del vento alla quota di sbocco del camino. Tale velocità, indicata nelle precedenti relazioni come u_s , è calcolata con i termini della seguente equazione:


$$- u_s = u_{rif} \cdot \left(\frac{H_s}{z_{rif}} \right)^P$$

dove:

u_s = velocità del vento alla quota del camino;
 u_{rif} = velocità del vento alla quota di misura;
 H_s = altezza geometrica del camino;
 z_{rif} = quota di misura della velocità del vento;
 P = profilo esponenziale del vento

Il valore del profilo esponenziale del vento dato dalla classe di stabilità atmosferica e dalla orografia del territorio è riportato nella seguente tabella a seconda delle diverse condizioni.

Classe di stabilità	P	
	in territorio rurale	in territorio urbano
A	0,07	0,15
B	0,07	0,15
C	0,10	0,20
D	0,15	0,25
E	0,35	0,30
F	0,55	0,30

	INGEGNERIA
	Doc.: 20400-TRM-00A-RT-007 Rev.: n. 0. Data: 30/09/02
	Foglio 30 di 34

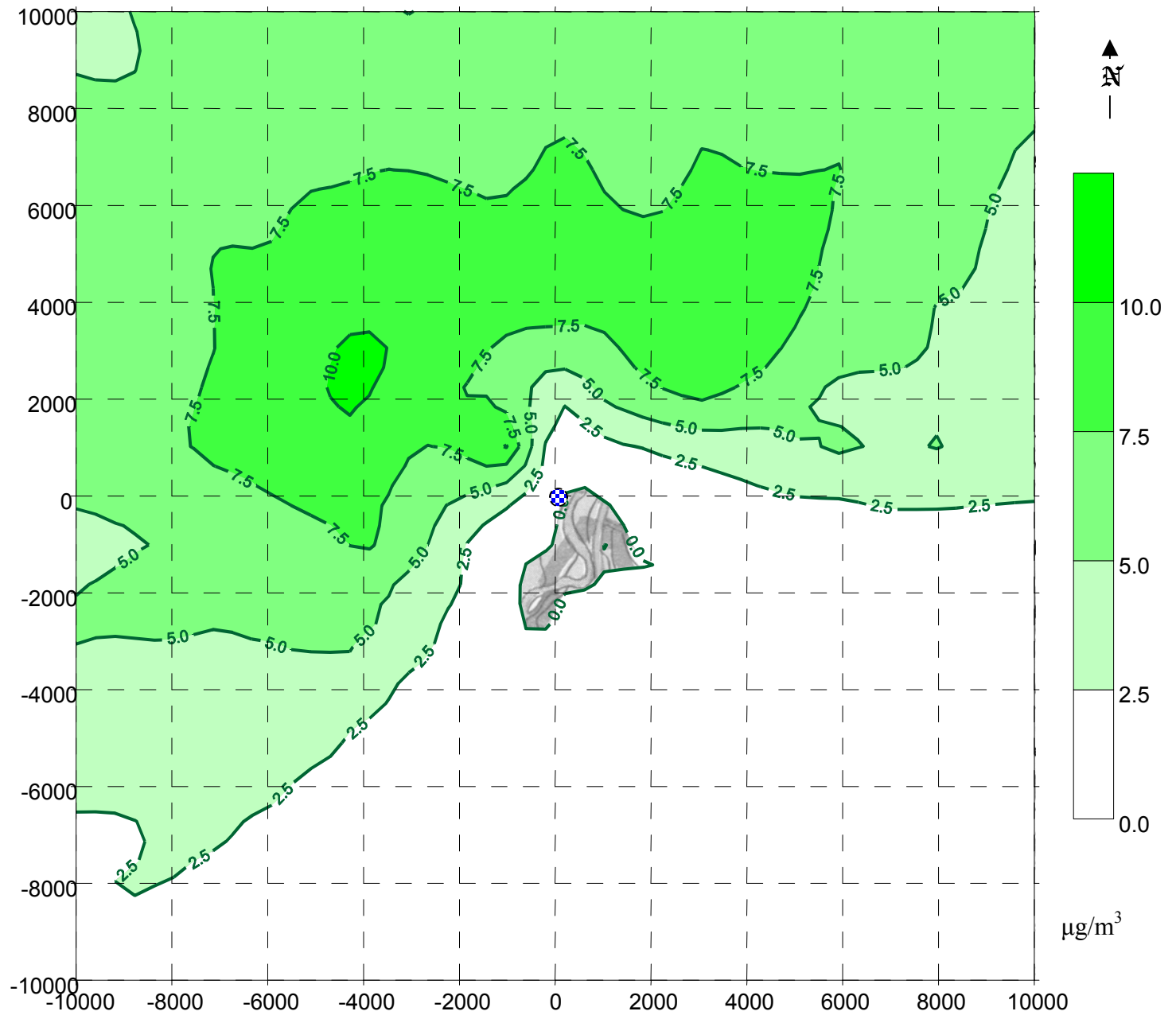
6. APPENDICE “B”


**SIMULAZIONE DELLE RICADUTE AL SUOLO DEGLI NO_x
UTILIZZANDO I LIMITI DI CONFRONTI PROPOSTI DALLA RECENTE
NORMATIVA
(calcolo del 99,8° percentile)**

**POTENZIAMENTO DELLA CENTRALE TERMOELETTTRICA DI CASSANO D'ADDA
 STUDIO DELLE RICADUTE AL SUOLO**

99,8° percentile delle concentrazioni medie orarie al suolo degli ossidi di azoto espressi come NO₂

ATTUALE

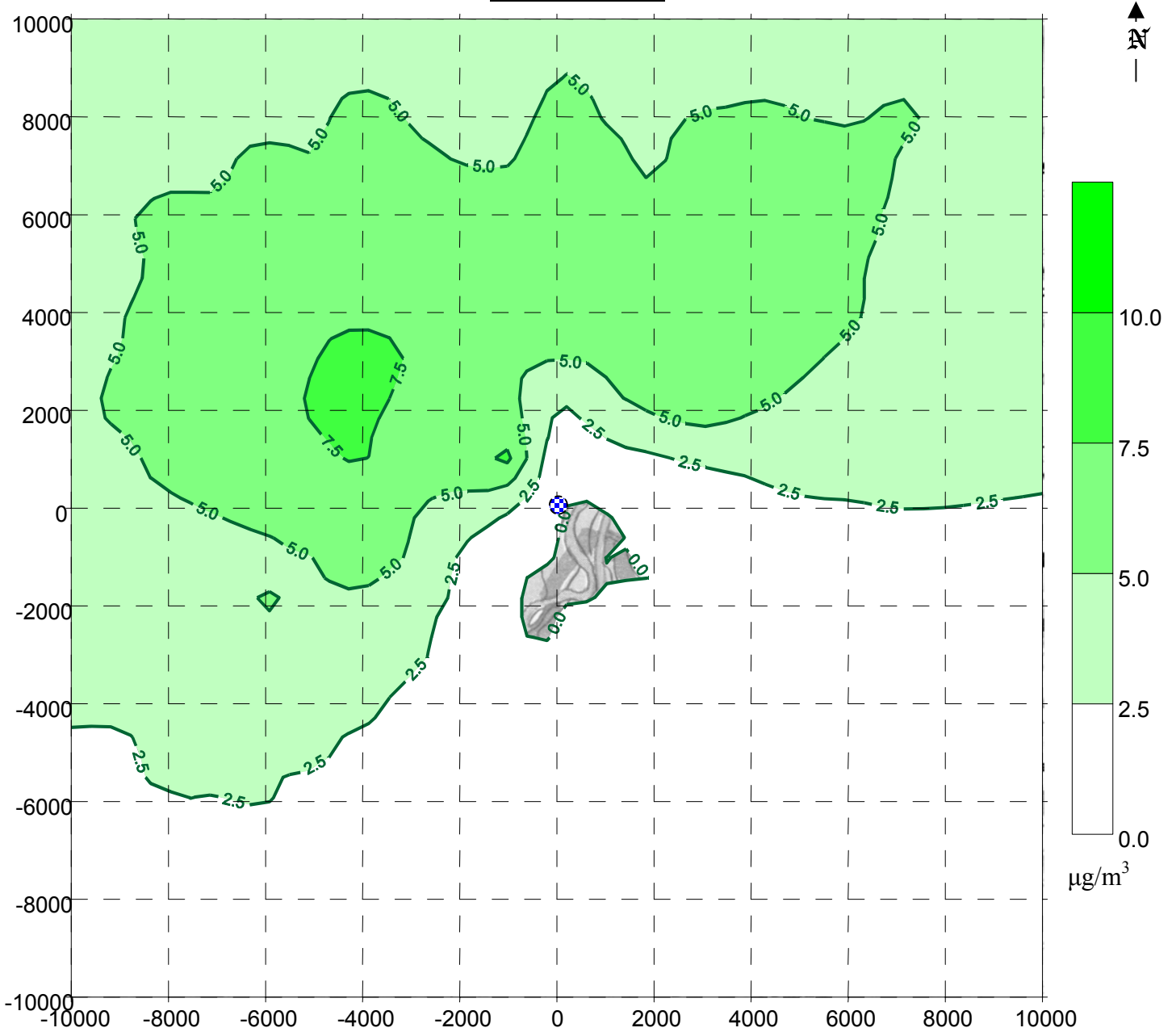



 Individuazione planimetrica della Centrale

**POTENZIAMENTO DELLA CENTRALE TERMOELETTTRICA DI CASSANO D'ADDA
STUDIO DELLE RICADUTE AL SUOLO**

99,8° percentile delle concentrazioni medie orarie al suolo degli ossidi di azoto espressi come NO₂

AUTORIZZATO

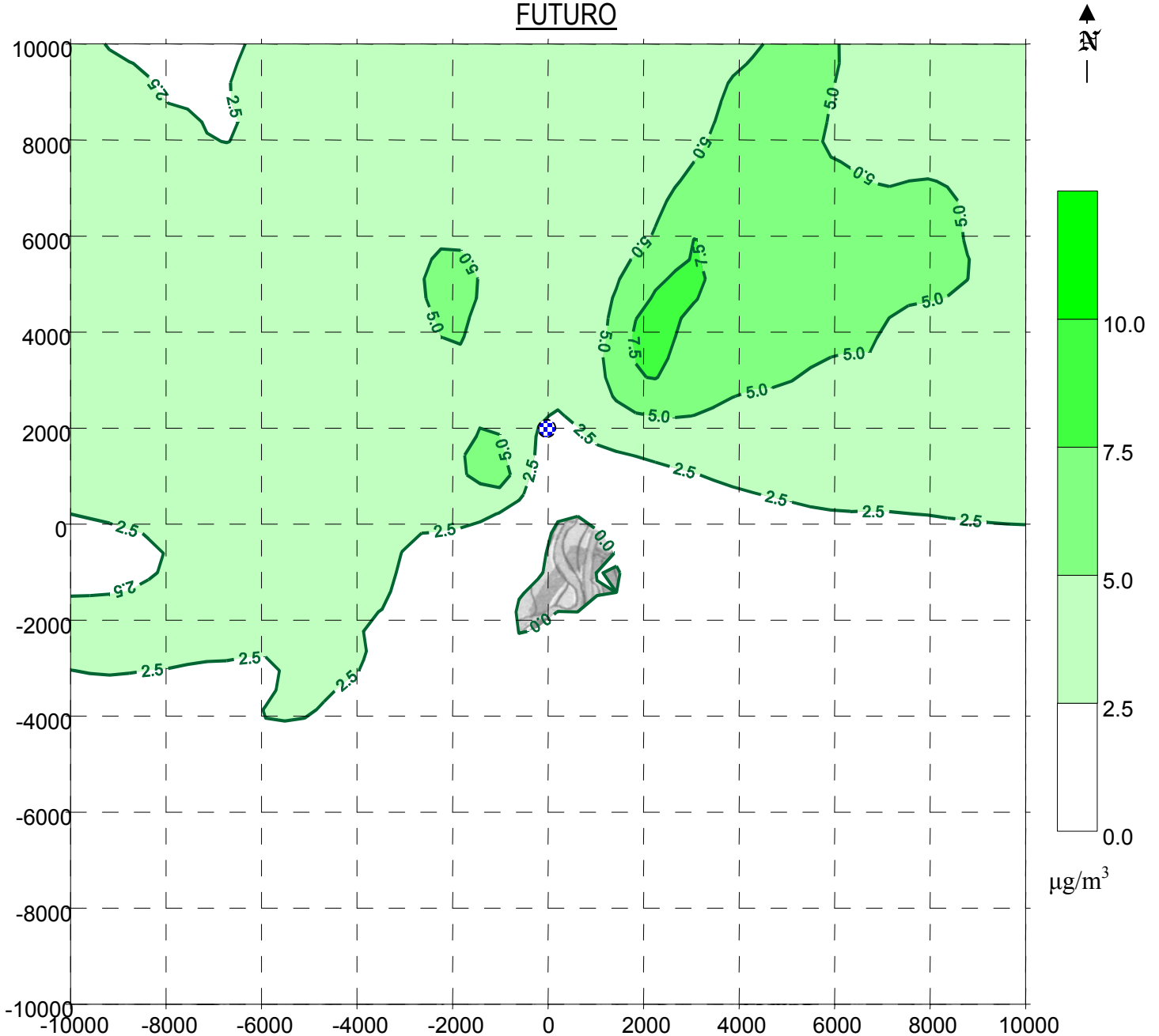



 Individuazione planimetrica della Centrale


**POTENZIAMENTO DELLA CENTRALE TERMOELETTRICA DI CASSANO D'ADDA
STUDIO DELLE RICADUTE AL SUOLO**

99,8° percentile delle concentrazioni medie orarie al suolo degli ossidi di azoto espressi come NO₂

FUTURO



 Individuazione planimetrica della Centrale

	INGEGNERIA
	Doc.: 20400-TRM-00A-RT-007 Rev.: n. 0. Data: 30/09/02
	Foglio 34 di 34

BIBLIOGRAFIA

- I. Giovanna Finzi, Guido Pirovano, Marialuisa Volta: *“Gestione della qualità dell’aria”*
- McGraw-Hill Libri Italia (Milano) - gennaio 2201.

- II. User’s Guide for the Industrial source complex (ISC3) Dispersion Models
Volume II – *“Description of Model Algorithms”*
Trinity Consultants incorporated (Dallas USA)