



SOMMARIO

1. INTRODUZIONE	4
2. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA	7
2.1 DEFINIZIONE DELL'AMBITO TERRITORIALE E DELLE COMPONENTI AMBIENTALI INTERESSATE.....	7
2.2 INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO ED OROGRAFICO.....	8
2.3 INQUADRAMENTO ANTROPICO	9
2.4 STATO ATTUALE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	11
3. QUADRO DI RIFERIMENTO	12
3.1 IMPIANTI ATTUALI	12
3.2 SITUAZIONE A SEGUITO DELL'INSERIMENTO DELL'IMPIANTO DI COGENERAZIONE.....	15
3.3 SISTEMI DI TRATTAMENTO DEGLI EFFLUENTI.....	19
3.4 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO.....	19
4. ANALISI DEI DATI	21
4.1 DATI METEOROLOGICI.....	21
4.2 DATI CARTOGRAFICI.....	26
4.2.1 Cartografia di riferimento utilizzata.....	26
4.3 DATI RELATIVI ALLE EMISSIONI DEL NUOVO IMPIANTO A CICLO COMBINATO	27
4.4 DATI RELATIVI ALLE EMISSIONI DEGLI IMPIANTI ESISTENTI	28
4.4.1 Dati storici di analisi da campagne di misura effettuate al suolo	32
5. PROCEDURE DI ANALISI	34
5.1 PROCEDURA I - DEFINIZIONE DELL'AREA DI ANALISI DI SCREENING PRELIMINARE.....	35
5.2 PROCEDURA II - ANALISI DEI RISULTATI DI SCREENING E AREA DI ANALISI.....	36
5.2.1 Analisi di Screening in Condizioni di Terreno "FLAT"	38
5.2.2 Analisi di Screening in Condizioni di Terreno "COMPLEX"	44
5.2.3 Conclusioni analisi di Screening	46
5.3 PROCEDURA III - DEFINIZIONE DELLA MAGLIA DA UTILIZZARE PER L'ANALISI MODELLISTICA.....	48
5.4 PROCEDURA IV - VERIFICA DELLE PROCEDURE DI CORRETTA PROGETTAZIONE DEI CAMINI.....	49
5.4.1 Procedura di valutazione dell'effetto perturbante di edifici.....	50
5.4.2 Verifica delle aree di massima interferenza.....	50
5.4.3 Calcolo dell'ingombro equivalente per le strutture della centrale a ciclo combinato	58
5.4.4 Verifica del rispetto delle condizioni di sufficiente altezza dei camini	60



5.5 PROCEDURA V - DEFINIZIONE DEL CODICE DIFFUSIONALE DA UTILIZZARE	69
5.5.1 Ipotesi conservative adottate	72
5.5.2 Dati di input necessari per il codice ISC3	75
5.6 PROCEDURA VI - INPUT DI DATI IMPIANTISTICI RELATIVI ALLE EMISSIONI.....	77
5.7 PROCEDURA VII - INPUT OROGRAFICI.....	79
5.8 PROCEDURA VIII - CALCOLO DELLA CLASSE DI STABILITÀ E DELL'ALTEZZA DI MISCELAMENTO	80
5.8.1 Calcolo della Stabilità Atmosferica.....	80
5.8.2 Calcolo dell'altezza di miscelamento	82
5.9 PROCEDURA IX - DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI INQUINANTI EMESSE AL.....	85
6. RISULTATI DEL LAVORO	87
6.1.1 Ossidi di azoto (NO _x).....	90
6.1.2 Monossido di carbonio (CO).....	96
6.1.3 Particolato solido totale (PTS).....	98
6.1.4 Ossido di zolfo (SO ₂).....	103
6.2 ANALISI STATISTICA DELLE CONCENTRAZIONI AL SUOLO PER L'INQUINANTE NOX.....	107
6.3 CALCOLO DEL 98° PERCENTILE NELLA CONFIGURAZIONE FUTURA PER L'INQUINANTE NOX.....	116
7. CONCLUSIONI.....	118

APPENDICE A	Area di intervento
APPENDICE B	Elaborazioni dati meteorologici 1993 - 1996
APPENDICE C	Valutazioni dell'effetto downwash
APPENDICE D	Rappresentazione grafica dell'orografia dell'area allo studio
APPENDICE E	Elaborazioni : stabilità atmosferica ed altezza di miscelamento
APPENDICE F	Elaborazioni grafiche dei risultati del modello ISC3 Short term
APPENDICE G	Elaborazioni grafiche dei risultati del modello ISC3 Long term
ALLEGATO 1	Analisi diffusionale inquinante SO ₂ SIRI SRL anno 1986
ALLEGATO 2	Monitoraggio della qualità dell'aria Ecolab 1990 - 91



1. INTRODUZIONE

Nell'ambito dello stabilimento Solvay di Rosignano (LI), è previsto il riammodernamento dell'impianto di generazione dell'energia elettrica e calore per usi tecnologici attraverso l'impiego di un impianto di cogenerazione a ciclo combinato alimentato a gas naturale

Per ottenere produzioni di vapore paragonabili alla potenzialità delle caldaie esistenti verranno installate, a monte delle stesse, due turbine a gas con produzione di energia elettrica totale pari a 297 MWe ed un consumo di gas naturale di 897 MWt. La potenza totale lorda dell'intera centrale, comprendendo la produzione di energia elettrica dalle turbine a vapore, arriva complessivamente a 365 MWe.

La realizzazione del ripotenziamento dell'impianto viene effettuato sulla base delle soluzioni tecnologiche più avanzate per una utilizzazione energeticamente efficiente del gas naturale.

Per massimizzare l'efficienza di conversione dell'energia primaria viene impiegato un ciclo Brayton a gas sovrapposto ad un ciclo Rankine a vapore che provvede al recupero dell'energia termica contenuta nei gas di scarico delle turbine a gas per renderne quindi una piccola parte all'ambiente, a bassissimo livello energetico.

Il vapore prodotto potrà essere inviato alle utenze degli impianti Solvay.

Dal punto di vista ambientale l'utilizzazione di nuovi impianti ad alta efficienza, congiuntamente all'utilizzo di una fonte di combustibile quale il gas naturale, consentirà di conseguire una complessiva riduzione degli inquinanti immessi in atmosfera, eliminando quasi totalmente la presenza di inquinanti quali il particolato e l' SO_2 .



La trasformazione prevede la messa in arresto delle attuali caldaie e l'avvio di un nuovo impianto di cogenerazione a ciclo combinato per la produzione di energia elettrica e vapore da immettere nella rete al servizio di varie utenze presenti nell'area Solvay.

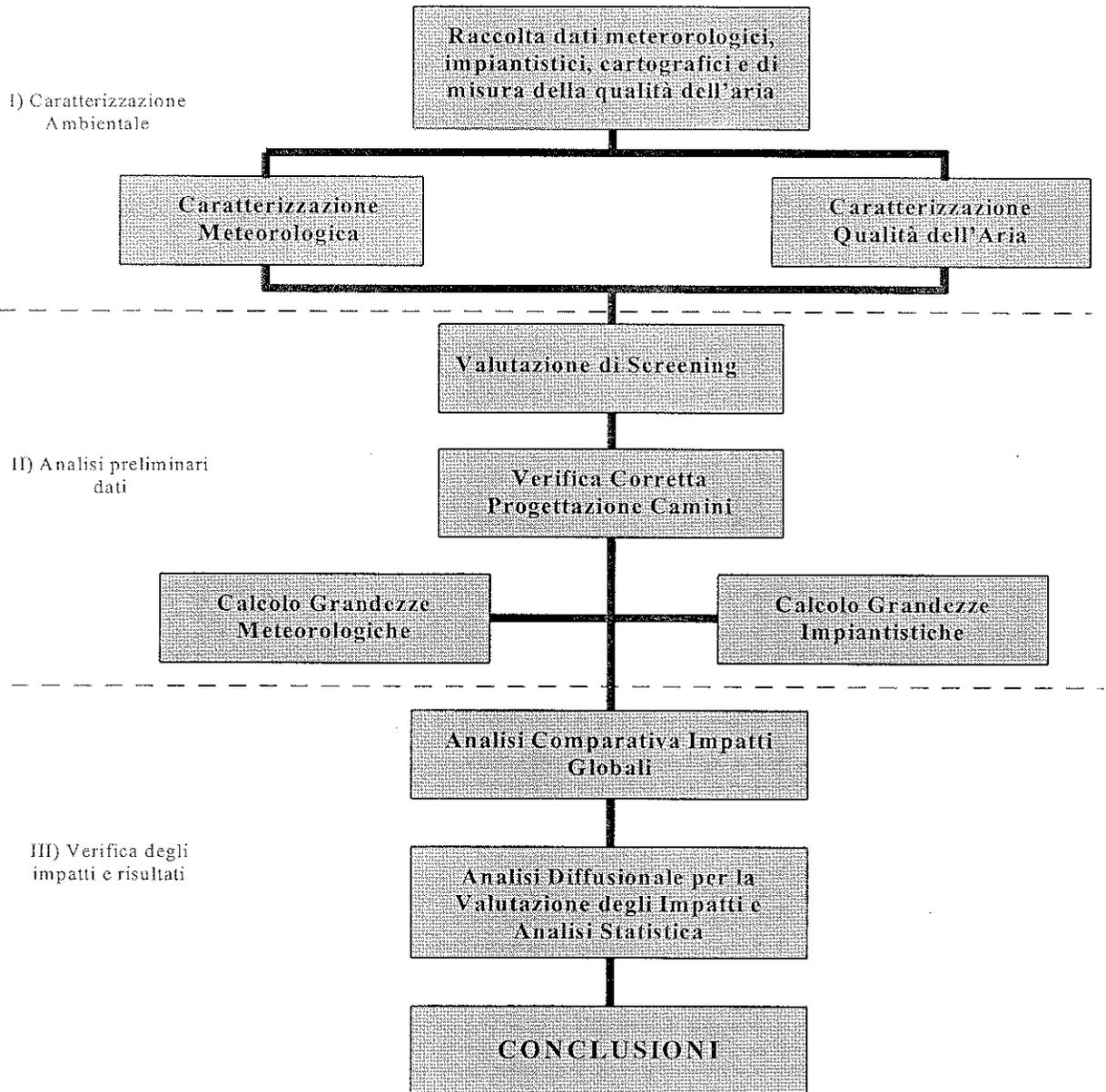
Per poter inquadrare in maniera più corretta il nuovo intervento è stato condotto uno studio accurato allo scopo di valutare come la trasformazione dell'area inciderà sulla qualità dell'atmosfera.

Lo studio è stato svolto considerando le due differenti situazioni che rispecchiano la situazione dell'area in due distinte fasi temporali:

- fase 1) Situazione attuale: sono presenti cinque caldaie con quattro punti di emissione (di cui uno inattivo in quanto a servizio di una caldaia di riserva) alimentate a gas naturale, olio combustibile, idrogeno e gas residui di fabbricazione

- fase 2) Situazione futura (al termine della realizzazione dell'impianto di cogenerazione): verranno messe in arresto le caldaie attuali (una sola rimarrà come eventuale emergenza) e verrà avviato l'impianto di cogenerazione descritto in precedenza. L'impianto a ciclo combinato è alimentato a gas naturale. Esiste la possibilità di alimentarlo anche a gasolio, ma solo in caso di emergenza

I risultati riportati nel presente studio hanno lo scopo di analizzare lo stato della qualità dell'aria nella situazione futura (fase 2) rispetto ai livelli attuali (fase 1). A tale scopo lo studio è articolato secondo lo schema seguente





2. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA

2.1 Definizione dell'ambito territoriale e delle componenti ambientali interessate

La nuova realizzazione si inserisce all'interno dell'area degli stabilimenti Solvay. Attorno agli stabilimenti si è sviluppata nel tempo una zona industriale e residenziale fortemente legata alle attività della Solvay.

L'area vasta intorno al sito, in un raggio di 10 km dall'impianto, si estende principalmente nel comune di Rosignano Marittimo e comprende in minima parte anche i comuni di S.Luce, Castellina Marittima e Cecina. La zona si presenta in parte pianeggiante ed in parte collinare, comprendendo a Sud la pianura della bassa Val di Cecina con la parte terminale dei fiumi Cecina e Fine.

L'area compresa in un raggio di 4 km dagli impianti risulta prevalentemente pianeggiante per poi dare luogo in direzione E - NE a dolci rilievi collinari con altitudini tra i 100 ed i 200 metri. Unici centri abitativi significativi compresi in tale raggio sono, oltre a Rosignano Solvay, Vada a Sud, Rosignano Marittimo a NE e Castiglioncello a NO.

In un raggio di 10 km dall'impianto si incontrano poi i paesi di Cecina a Sud e Quercianella a NO. Su tale distanza i rilievi collinari presentano picchi fra i 350 ed i 400 m

Il progetto nel suo complesso interessa una serie di componenti ambientali quali ambiente idrico, rumore e vibrazioni, radiazioni, atmosfera: lo scopo del presente studio è quello di esaminare la componente *atmosfera* in relazione alle emissioni dei prodotti di combustione ed agli eventuali effetti di modifica della qualità dell'aria che queste possono causare.

Per quanto riguarda la componente atmosfera quindi è stata sviluppata una indagine di dettaglio estesa all'intera area di interesse.

Per la definizione dell'ambito di influenza si sono seguite le procedure previste da US EPA (Environmental Protection Agency), tenendo comunque presente che gli effetti più marcati dell'intervento si esauriscono prima di giungere a tale distanza



Lo studio effettuato ha così portato a dare una caratterizzazione meteo climatica della zona, a prevedere la distribuzione delle concentrazioni al suolo nella situazione futura, a verificare l'impatto della situazione attuale.

2.2 Inquadramento topografico ed orografico

La zona presa in esame è formata prevalentemente da pianura e rilievi collinari.

La pianura è costituita da formazioni alluvionali del quaternario recente e pertanto le aree agricole sono caratterizzate da notevole fertilità. Nella pianura litoranea le aree prossime al mare sono costituite da formazioni di tipo dunale; le aree pianeggianti più interne appartengono al quaternario antico.

Nei terreni alluvionali sono presenti grosse quantità di elementi minerali.

Le colline orientali del comune di Rosignano M.mo sono costituite da formazioni risalenti al Pliocene (sabbie gialle ed argille azzurre) e del Miocene (marne ed argille con lenti di gesso). Si sono così originati terreni dotati di buona profondità e di elevata capacità idrica.

Le colline nord occidentali di Rosignano Marittimo risalgono a formazioni geologiche più antiche e sono costituite da rocce eruttive intrusive ed effusive. Queste hanno scarsa importanza dal punto di vista agrario in quanto sulle rocce madri si sono formati terreni autoctoni poco profondi, ricchi di scheletro e poverissimi di elementi minerali utili alle piante; su di essi si insedia una magra vegetazione composta da essenze tipiche della macchia mediterranea.

I fiumi principali sono il fiume Fine, che lambisce prima in direzione Nord - Sud la parte orientale del comune di Rosignano quindi in direzione Ovest - Est la pianura sud del comune, e il fiume Cecina; i due fiumi delineano la bassa Val di Cecina. In considerazione del carattere torrentizio dei corsi d'acqua la fonte prevalente di approvvigionamento delle acque irrigue è rappresentata dalle falde freatiche.



Nelle pianure alluvionali della Bassa Val di Cecina l'alimentazione subalvea avviene in prevalenza per innalzamento delle acque del fiume Cecina.

Il clima, generalmente mite a causa della vicinanza del mare, presenta pur tuttavia numerose condizioni particolari (microclimi) legate appunto alle diverse situazioni orografiche e alla diversa esposizione. La pianura costiera ed i versanti occidentali dei rilievi collinari sono generalmente protetti dai venti freddi, ma sono esposti alla violenza di venti di libeccio ed al trasporto della salsedine.

2.3 Inquadramento antropico

Con riferimento al censimento del 1991 la popolazione della zona interessata risulta così distribuita :

- nel comune di Rosignano (LI) la popolazione residente risulta di 30.021 unità su una superficie di 120.82 km², con una densità di 248 abitanti per km². La popolazione attiva è di 11742 persone, di cui 10151 occupati contro una popolazione non attiva di 18279, di cui 5056 ritirati dal lavoro. Il tasso di disoccupazione è cresciuto dal 9% del 1981 al 13.5% del 1991.
- a Sud, nel comune di Cecina (LI) la zona è più popolata. Su una superficie di 42.94 km² ci sono 24.636 persone residenti per una densità di 574 abitanti per Km². La zona eventualmente influenzata dall'impianto risulta comunque essere la zona pianeggiante a Nord di Cecina, area scarsamente popolata. La popolazione attiva è di 10031 unità, di cui 8707 occupati, contro una popolazione non attiva di 14605 unità, di cui 4177 ritirati dal lavoro. Anche qui il tasso di disoccupazione è aumentato dal 9.1% del 1981 al 13.2% del 1991.
- il comune di Castellina Marittima (PI), con 1816 abitanti su 45,72 km², presenta una densità di 40 abitanti a km².
- per il comune di S. Luce (PI) sono registrati 1457 abitanti su un'area di 66,72 km² (densità 22 abitanti per km²)

La trasformazione dell'ambiente della pianura è avvenuta in tempi relativamente recenti ed ha avuto come obiettivo l'eliminazione degli inconvenienti causati dal



regime pluviometrico del territorio, contraddistinto da un'elevata piovosità autunno-inverno e da una prolungata siccità estiva.

La barriera formata lungo i litorali dai tomboli sabbiosi impediva il deflusso delle acque verso il mare e ne provocava il ristagno nelle basse pianure costiere. Il fenomeno veniva aggravato dalle frequenti esondazioni dei corsi d'acqua, tutti di tipo torrentizio, che creavano la formazione di veri e propri ambienti palustri.

Il fenomeno del paludismo è stato eliminato attraverso un'opera di bonifica idraulica che, già avviata dai Granduchi di Toscana, fu incrementata nei primi decenni di questo secolo.

In passato l'attività economica era legata in maniera esclusiva allo sfruttamento del bosco e alla pastorizia e scarsamente all'agricoltura. Nella prima metà del sec. XIX con la bonifica ed il disboscamento delle colline si è passati alla produzione di frumento, allevamento ovino e bovino in pianura, viti e olivi in collina. L'attività pastorale ha conosciuto nel corso della storia un netto calo.

Le attività industriali nella zona si sono sviluppate soprattutto in funzione dell'evoluzione degli stabilimenti della Solvay.

Negli ultimi anni infine si è anche sviluppata una intensa attività turistica nella zona marittima.

Allo stato attuale, la pianura costiera è stata investita da crescente urbanizzazione per la presenza di un notevole flusso di turisti. Le "Marine" si sono sviluppate con costruzioni di alberghi, pensioni, ristoranti, bar, servizi commerciali e porticcioli in modo spontaneo senza un piano generale di sviluppo. Sempre nella zona costiera si sono sviluppate aree di tipo industriale ed artigianale in parte legate all'indotto degli stabilimenti Solvay.

Procedendo dal mare verso l'interno si incontrano la pineta a Pino domestico, che segue gran parte della linea costiera, e seminativi utilizzati per lo più con colture intensive di tipo ortivo e cerealicolo talvolta interrotti dalla macchia mediterranea.



2.4 Stato attuale della qualità dell'aria

Nella Provincia di Livorno esistono tre sistemi di rilevamento privati composti essenzialmente da analizzatori di anidride solforosa per verificare i contributi degli insediamenti industriali.

1. Nel comune di Livorno e Collesalveti è operativa una rete costituita dal un consorzio di industrie (ARIAL) che ha il suo centro operativo presso il Dipartimento Provinciale dell'A.R.P.A.T
2. Nei comuni di Piombino la rete di rilevamento è gestita dall'ENEL
3. Nei comuni di Campiglia Marittima è presente invece una rete gestita da ARIAL

Le stazioni di rilevamento sono quindi concentrate nella zona di Livorno e nella zona di Piombino : in tali aree infatti la presenza contemporanea di aree portuali ed industriali, centrali ENEL e nel caso di Livorno anche di un impianto di termodistruzione RSU, rende particolarmente importante un attento monitoraggio della qualità dell'aria.

Nell'area di interesse non sono invece presenti sistemi fissi di monitoraggio: gli unici dati al riguardo sono relativi a campagne temporanee di misura effettuate con stazioni mobili. I risultati di tali campagne sono riportati in Allegato 2

In Appendice A si riporta la cartografia del territorio provinciale con la localizzazione delle centraline.



3. QUADRO DI RIFERIMENTO

3.1 Impianti attuali

La centrale termoelettrica installata presso gli stabilimenti Solvay è costituita da 5 caldaie che funzionano in maniera continuativa nell'arco dell'anno ad eccezione dei normali periodi di manutenzione. Per la denominazione delle caldaie e dei punti di emissione, sia nella relazione che nei calcoli modellistici, vengono utilizzate le stesse sigle utilizzate da Solvay.

Delle cinque caldaie esistenti, quattro sono in marcia in maniera continuativa :

(GNHP3 - GNSP1 - GNSP2 - GNSP3)

Una caldaia rimane a riserva ed entra in funzione quando viene messa fuori servizio per manutenzione ordinaria o straordinaria una delle altre quattro caldaie :

(GNFH2)

Le emissioni della centrale termoelettrica sono convogliate in quattro ciminiere :

(E1 - E2 - E3 - E4)

L'utilizzo dei diversi camini di emissione da parte delle cinque caldaie è la seguente :

E1	GNFH2
E2	GNHP3
E3	GNSP1 e GNSP2
E4	GNSP3

Pertanto risulta che il camino E1 è utilizzato solo come camino di emergenza per le condizioni di funzionamento della caldaia ausiliaria GNFH2 nei casi di interruzione della marcia di una delle altre caldaie installate.



Le caratteristiche fisiche dei quattro sistemi di emissione funzionanti nella configurazione attuale sono riportati nella tabella seguente.

Camino	Altezza fisica (*)	Diametro allo sbocco
	[m]	[m]
E1	90	3.9
E2	100	4.9
E3	80	4.2
E4	80	4.4

(*) i dati sono da riferirsi alla quota di campagna (+9.30 metri s.l.m.)

Gli impianti termoelettrici attuali prevedono l'utilizzazione di diverse tipologie di combustibili :

OCD MTZ	Olio Combustibile Denso a medio contenuto di zolfo
OCD BTZ	Olio Combustibile Denso a ridotto contenuto di zolfo
GAS	Gas naturale prelevato dalla rete di alimentazione
GAS RESIDUI	Gas residuo dai processi industriali (portate trascurabili)
IDROGENO	Idrogeno che non viene utilizzato dai processi di sintesi

I residui di fabbricazione e l'idrogeno vengono utilizzati solo in quantità trascurabili. Pertanto l'utilizzazione dei combustibili su ogni singola caldaia, a livello indicativo, può essere così definito :

- GNFH2 (riserva) ;
- GNHP3 : 100% GAS
- GNSP1 : 100% OCD
- GNSP2 : 30 - 100% OCD ; 0 - 70% GAS
- GNSP3 : 90 % GAS - 10% OCD



3.2 Situazione a seguito dell'inserimento dell'impianto di cogenerazione

Nell'ambito dello stabilimento Solvay di Rosignano (LI), è previsto il riammodernamento dell'impianto di generazione dell'energia elettrica e di calore per usi tecnologici. In Appendice A sono riportate, oltre alla cartografia della zona con la localizzazione dell'intervento, le planimetrie con la disposizione dell'impianto e gli schemi di impianto per la configurazione a ciclo combinato.

L'impianto è costituito in linea generale da due turbogas con i relativi alternatori, due caldaie a recupero, una turbina a vapore con relativo alternatore, un condensatore raffreddato con un ciclo basato su torri ad umido ed un ciclo termico costituito da pompe estrazione condensato, degasatori, pompe alimento di alta e bassa pressione.

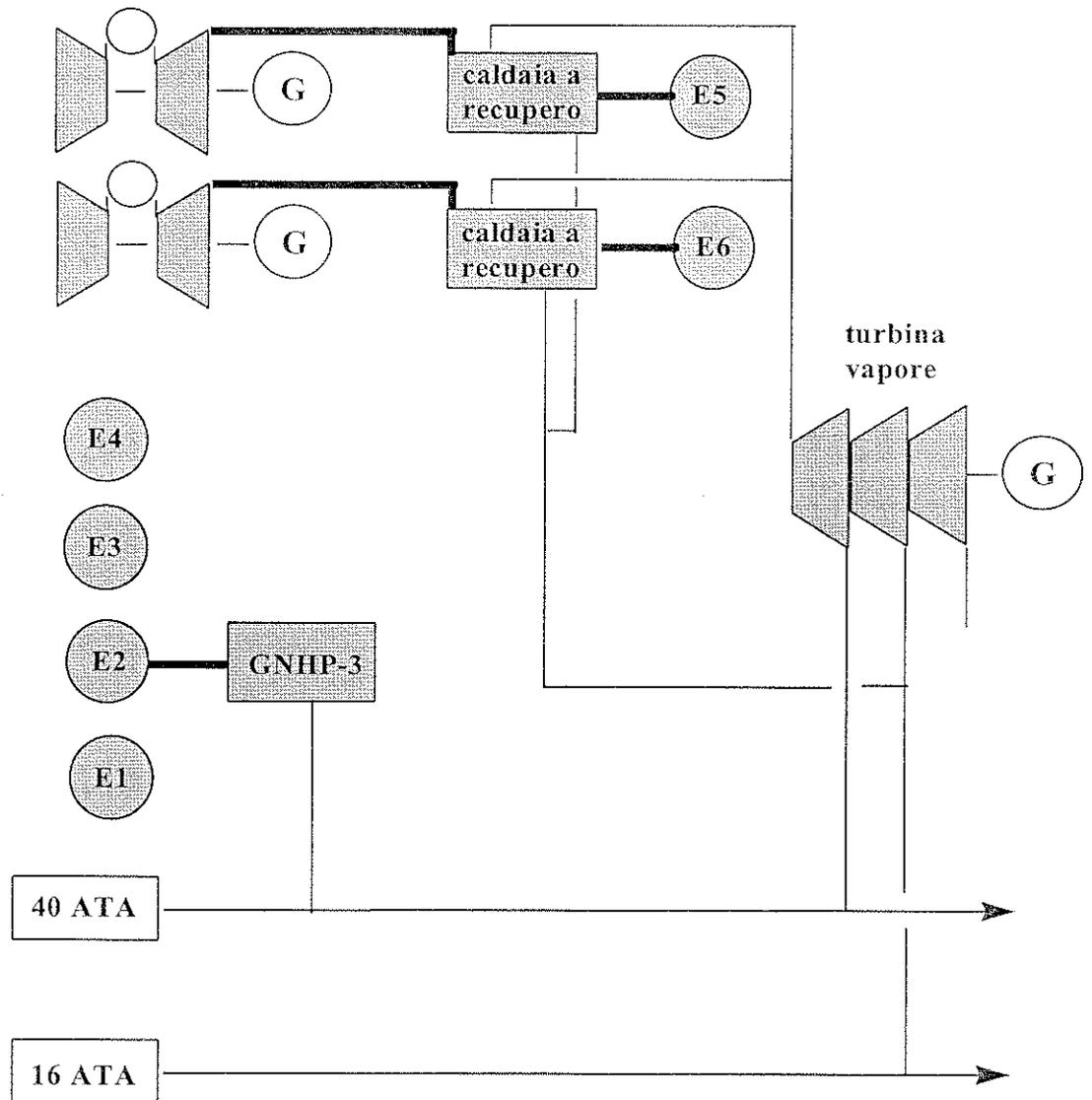
Per ottenere produzioni di vapore almeno paragonabili alla potenzialità delle caldaie esistenti vengono quindi installate, a monte delle stesse, due turbine a gas con produzione di energia elettrica totale pari a 297 MWe ed un consumo di gas naturale di 897 MWt.

In considerazione della prevedibile ridotta vita residua dei turboalternatori, il progetto prevede anche l'installazione di un unico e più efficiente turboalternatore a vapore (di potenza prodotta pari o leggermente inferiore a quella globale attualmente installata (68 MWe contro 73 MWe)) portando la potenza elettrica lorda della centrale a 365 MWe; questo gruppo sarà in grado di sostituire, tutti o in parte, i nove gruppi esistenti, che potranno mantenere funzione di backup del nuovo gruppo.

Uno schema di principio del funzionamento dell'impianto nella situazione futura viene riportato alla pagina seguente.



CONFIGURAZIONE IMPIANTO FUTURO



Il calore contenuto nei gas di scarico delle turbine a gas viene recuperato nelle caldaie a recupero semplice, a tre livelli di pressione.



Esse producono vapore surriscaldato a circa 72 bar e 532°C nel livello di alta pressione e vapore surriscaldato a circa 16 bar e 264 °C nel livello di media pressione.

Il vapore necessario per alimentare il degasatore è fornito dal terzo livello di pressione.

Il vapore di alta pressione prodotto dalla caldaia sarà inviato all'ammissione principale della turbina a vapore che sarà dotata di due spillamenti per fornire vapore all'utenza: (circa 125 t/h a 41 bar per lo spillamento a più alta pressione e 199 t/h a 16 bar).

Il prelievo a 16 bar è integrato dal vapore saturo di secondo livello (media pressione) in modo da esportare all'utenza 285 t/h di vapore a 14 bar e 270° C.

La turbina scaricherà nel condensatore alla pressione di circa 0.05 bar .

Il condensato uscente dal condensatore viene inviato tramite le pompe di estrazione al recuperatore finale della caldaia a recupero.

Il circuito è integrato da un sistema di ricircolo di parte della mandata delle pompe di estrazione del condensato; in tal modo è possibile regolare la temperatura di entrata in caldaia a valori tali da impedire condensazione sulle parti più fredde.

Un'apposito sistema di valvole consente di by passare il recuperatore finale nel caso di funzionamento a gasolio (in emergenza).

L'acqua, preriscaldata dal recuperatore finale, viene inviata al degasatore.

I degasatori, ciascuno associato ad una caldaia a recupero, ricevono inoltre le condense di ritorno dallo stabilimento nella misura di circa 162 t/h alla temperatura di 180° C e ad una pressione sufficiente per entrare nella cassa di flash. La camera di flash è collegata al degasatore ed il reintegro di acqua demineralizzata, nella quantità di 260 t/h, viene effettuato ad un temperatura compresa tra i 70° e i 100°C a seguito del preriscaldamento nello scambiatore di sodiera.

Dal degasatore, attraverso una stazione di pompaggio di alta pressione, l'acqua di alimento viene inviata alla sezione di alta pressione della caldaia ; la sezione di media pressione viene alimentata da uno spillamento dedicato della pompa



stessa, mentre, attraverso una stazione pompe di bassa pressione, una linea alimenta la sezione di bassa pressione della caldaia.

L'impianto è inoltre predisposto per fornire vapore alle utenze di stabilimento anche in condizioni di trip della turbina a gas attraverso l'impiego della caldaia ausiliaria.

I principali parametri operativi di una turbina a gas nelle condizioni del sito sono i seguenti:

temperatura di combustione	1060 °C
potenza elettrica	148,7 MWe
rendimento elettrico	33,15 %
heat rate	10859 KJ/KWh
portata fumi	504 Kg/s
temperatura fumi	551 C°.

L'impianto è previsto per funzionare costantemente in condizioni di cogenerazione, cioè in produzione mista di energia elettrica e di vapore per gli utilizzatori di stabilimento, fornendo le prestazioni indicate nelle tabelle seguenti.

potenza totale elettrica lorda	365,5 MWe
potenza termica utile allo stabilimento	294 MWt
potenza termica immessa con il combustibile	897,1 MWt
rendimento elettrico lordo	40,74 %

Potenza elettrica turbine a gas	297,4 MWe
Potenza elettrica turbine a vapore	68,1 MWe
Vapore utenza a P = 40 bar T = 420 C	125T/h
Vapore utenza a P = 14 bar T = 270°	285 T/h

In condizioni di funzionamento nominale è previsto un consumo di gas naturale: pari a 92170 Nmc/h, con $\rho=0,7$ kg/Nmc.



3.3 Sistemi di trattamento degli effluenti

L'utilizzazione di turbine a gas di tecnologia avanzata consente di minimizzare le emissioni di ossidi di azoto (NO_x) senza dover ricorrere alla iniezione di vapore od acqua nelle camere di combustione delle stesse; in tal modo è evitata la perdita al camino di una quantità di acqua (sotto forma di vapore surriscaldato) che può raggiungere anche valori considerevoli.

La formazione degli ossidi di azoto nel caso specifico viene minimizzata tramite l'impiego di combustori del tipo Dry Low NO_x

3.4 Quadro normativo di riferimento

Con il termine di inquinanti tradizionali si intende considerare alcune tipologie di gas acidi e di materiale particolato facenti parte dei cosiddetti macroinquinanti che vengono generalmente presi a riferimento come parametri di valutazione degli impatti oltre ad essere definiti dalla normativa come parametri da tenere sotto controllo per la caratterizzazione del buon funzionamento degli impianti.

Gli inquinanti presi in esame nell'ambito del presente studio sono NO_x, SO_x, CO e PTS (particolato solido totale).

I valori che fissano gli standard di qualità dell'aria in Italia in termini di specifici agenti inquinanti e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali sono stati fissati dal DPR 24 maggio 1988 n. 203.

Il successivo D.M. 12 luglio 1990 definisce le linee guida per il contenimento delle emissioni degli impianti esistenti.

Il DPR 203/88 dà precise competenze autorizzative e di specificazione dei valori limite della qualità dell'aria per gli impianti industriali alle Regioni: ai valori limite ammessi in fase autorizzativa per il nuovo impianto allo studio si farà quindi riferimento come valori massimi di emissione di inquinanti.

Con il D.P.C.M. del 28 marzo 1983 si fissano i limiti di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativi ad inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno.

Il D.M. 15 aprile 1994 ed il seguente D.M. 25 novembre 1994 fissano i livelli di stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici in aree urbane.



Nella tabella vengono riportati i valori limite guida e i livelli di attenzione e di allarme contemplati dalla vigente normativa italiana relativamente alle sostanze inquinanti di cui si tiene conto nel presente studio.

Tabella - Valori limite, guida e livelli di attenzione e di allarme contemplati dalla normativa italiana

Inquinante	Valore limite	Valori guida	Livello di attenzione	Livello di allarme
NO ₂	200 µg/m ³ (98 percentile delle concentrazioni medie di 1 ora rilevate durante l'anno)	50 µg/m ³ (50 percentile delle concentrazioni medie di 1 ora rilevate durante l'anno)	200 µg/m ³ (media oraria)	400 µg/m ³ (media oraria)
		135 µg/m ³ (98 percentile delle concentrazioni medie di 1 ora rilevate durante l'anno)		
CO	40 mg/m ³ (concentrazione media di 1 ora)		15 mg/m ³ (media oraria)	30 mg/m ³ (media oraria)
	10 mg/m ³ (concentrazione media di 8 ore)			
SO ₂	250 µg/m ³ (98 percentile delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate durante l'anno)	100-150 µg/m ³ (valore medio delle 24 ore)	125 µg/m ³ (media giornaliera)	250 µg/m ³ (media giornaliera)
	80 µg/m ³ (mediana delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate durante un anno)	40-60 µg/m ³ (media aritmetica delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate nel corso di un anno)		
	130 µg/m ³ (mediana delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate durante l'inverno)			
PTS	150 µg/m ³ (media aritmetica di tutte le concentrazioni medie di 24 ore rilevate durante l'anno)		90 µg/m ³ (media giornaliera)	180 µg/m ³ (media giornaliera)
	300 µg/m ³ (95 percentile di tutte le concentrazioni medie di 24 ore rilevate durante l'anno)			



4. ANALISI DEI DATI

Nella prima fase di analisi si è proceduto alla verifica e alla prima rielaborazione dei dati necessari alla realizzazione dello studio, ed in particolare :

- ❑ dati meteorologici
- ❑ dati cartografici
- ❑ dati impiantistici
- ❑ dati di concentrazioni di inquinanti misurati al camino o da sistemi di monitoraggio automatici o manuali

4.1 Dati meteorologici

Per i dati meteorologici è stata condotta una prima indagine sull'area per la individuazione di possibili sensori di misura di dati meteorologici utilizzabili ai fini della modellazione delle condizioni meteorologiche del sito in esame.

I dati di più semplice reperimento individuati sono risultati essere quelli relativi a tre stazioni di misura localizzate :

- ❑ stazione di monitoraggio 1 - localizzata all'interno dell'area industriale Solvay e gestita direttamente da Solvay. La localizzazione della stazione di misura è in coordinate UTM : 1618.050 , 4.804.350. La stazione è dislocata ad una distanza di circa 630 metri dai punti di emissione
- ❑ stazione di monitoraggio 2 - localizzata all'interno dell'area comunale di Piombino in località Torre del Sale gestita da ENEL. La localizzazione della stazione di misura è in coordinate UTM : 1.632.000 , 4.756.000
- ❑ stazione di monitoraggio 3 - localizzata all'interno del Comune di Livorno in via De Sanctis, facente parte della rete di rilevamento di proprietà di ARIAL (Ente costituito da un consorzio di industrie). La localizzazione della stazione di misura è in coordinate UTM : 1.607.000 , 4.822.000



Per le analisi in oggetto è stata data priorità all'utilizzo di dati provenienti dalla stazione di misura dislocata nella zona industriale Solvay, per posizione, numero di sensori e dati storici esistenti: le sue principali caratteristiche sono di seguito riportate:

Periodo di misura	17 marzo 1993 - 8 gennaio 1997
Altezza s.l.m. della base della stazione	12 [m]
Numero di sensori della stazione	7
Altezza del sensore di velocità	9 [m]
Distanza dalla centrale	630 [m]

Per i dati mancanti quali la radiazione solare netta si è fatto riferimento alla stazione di rilevamento meteorologica di proprietà del consorzio ARIAL.

Per tale stazione sono state stimate le caratteristiche di localizzazione sulla base dei dati forniti da ARIAL.

Periodo di misura	1 gennaio 1995 - 31 dicembre 1995
Altezza s.l.m. della base della stazione	50 [m]
Numero di sensori della stazione	7
Numero di sensori utilizzati	1 (Radiazione Globale)
Altezza del sensore di velocità	10 [m]
Distanza dalla centrale	20.800 [m]

La stazione di misura meteorologica Solvay è dotata dei seguenti sensori di misura funzionanti in continuo:

- sensore 1 - Temperatura Atmosferica [°C]
- sensore 2 - Umidità Relativa Atmosferica [%]
- sensore 3 - Velocità Prevalente del Vento [m/s]
- sensore 4 - Direzione Prevalente del Vento [m/s]
- sensore 5 - Pressione Atmosferica [mbar]



sensore 6 - Precipitazione Atmosferica [mm]

sensore 8 - Radiazione Solare Netta [W/m²]

I dati disponibili sono relativi ad un periodo di misura che va dal 17 marzo 1993, data di messa in funzionamento dell'impianto di misura al giorno 8 gennaio 1997.

Per i sensori numero 1, 2, 3, 5 e 8 i dati disponibili sono :

valori minimo, massimo e medio rilevati nell'intervallo di misura (un'ora)

valori istantanei relativi all'ultima misura dell'intervallo relativo

valore di errore misurato

Per il sensore numero 6 relativo alla piovosità atmosferica il dato disponibile è :

valore corrispondente al livello di pioggia caduta nell'arco dell'intervallo di misura (un'ora)

Per il sensore numero 4 relativo alla direzione del vento i dati disponibili sono :

valore corrispondente al numero di misure registrate per ognuno dei 16 intervalli angolari della rosa dei venti

valori medi rilevati nell'intervallo di misura (un'ora) della direzione prevalente

deviazione standard dei valori misurati di direzione del vento

valore del vento medio misurato lungo la direzione prevalente registrata dal sensore

valore di errore misurato

Per una prima analisi in merito alle condizioni meteorologiche del sito da valutare si sono prodotte, per ciascun anno per il quale erano disponibili i dati, elaborazioni di vario tipo, riportate in Appendice B :

ricostruzione della frequenza delle misure di direzione di vento su 16 direzioni principali (settori di 22,5 gradi). Tali elaborazioni sono prodotte relativamente ad un anno intero di misure e suddivise nei quattro periodi stagionali di misura

andamento delle temperature sulle quattro stagioni



-
- andamento delle temperature suddivise su sei fasce orarie (21-5, 6-8, 9-11, 12-14, 15-17 e 18-20) nel corso delle quattro stagioni
 - scheda finale relativa a : numero di dati disponibili sul totale di intervalli compresi all'interno del periodo di analisi con relativa percentuale di disponibilità di dati rispetto al totale, media delle temperature misurate e deviazione standard corrispondente

Tutte le elaborazioni sopra riportate sono state effettuate per tutti gli anni di cui si è in possesso di dati meteorologici. In particolare si sono effettuate elaborazioni relativamente agli anni 1993, 1994, 1995 e 1996, dati i pochi dati disponibili relativi all'anno 1997.

Le valutazioni modellistiche da condurre per la valutazione degli impatti ambientali sono tali per cui si possono avere difficoltà di gestione di un periodo di analisi molto lungo (alcuni anni). Di contro tali difficoltà, sostanzialmente di gestione di file di input di notevoli dimensioni e di lunghi tempi di elaborazione, possono non essere giustificati nel caso in cui la meteorologia della zona allo studio non vari in modo notevole da un anno all'altro.

In tali casi può essere preferibile sicuramente scegliere un solo anno di analisi modellistica che sia rappresentativo delle possibili condizioni meteorologiche verificabili sull'area.

Ai fini della valutazione della rappresentatività della scelta di un solo anno di analisi modellistica si sono effettuate delle analisi di correlazione che sostanzialmente devono comprendere alcune grandezze caratteristiche utilizzate dal modello matematico diffusionale prescelto.

Nel caso in oggetto si è verificato la rappresentatività negli anni dei seguenti parametri meteorologici :

- direzione del vento
- radiazione solare



Tale scelta è giustificata dal fatto che tali parametri sono fortemente indicativi delle caratteristiche diffusive, rispettivamente, di trasporto (direzione di propagazione del pennacchio diffusivo) e di turbolenza convettiva.

Gli elaborati grafici delle analisi condotte sono riportati in Appendice B.

A conclusione delle elaborazioni prodotte è stato possibile verificare alcune caratterizzazioni meteorologiche dell'area allo studio :

- si nota un andamento caratteristico di direzione dei venti ricorrenti rappresentato da un accumularsi dei dati misurati in particolare su alcuni settori che sembrano essere identificabili come regimi di brezze tipiche della meteorologia in aree costiere.
- Analizzando nel dettaglio gli elaborati relativi alla distribuzione delle direzioni dei venti per differenti campi di moto del vento (vento in regime di calma, vento medio e vento forte), è possibile verificare come le direzioni di vento da est siano caratteristiche di campi di moto deboli o medi, tendendo a scomparire del tutto al verificarsi di venti forti. Di contro in regimi di venti forte sembra perdersi la connotazione di ripetitività delle direzioni di provenienza dei venti, assumendo la rosa una caratteristica di maggiore eterogeneità di distribuzione dei dati.
- Gli andamenti stagionali dei parametri di temperatura, velocità del vento ed umidità relativa non paiono avere sostanziali variazioni al variare dell'anno di riferimento, anche tenendo conto di una leggera carenza di dati per il caso dell'anno 1993. Per il solo parametro di umidità relativa si possono avere delle alterazioni apprezzabili.
- Il campo di direzione di vento nel corso dell'anno, analizzabile dagli elaborati di correlazioni effettuati, sembra avere un andamento abbastanza ricorrente al variare dell'anno di riferimento, anche tenendo conto dei possibili errori di correlazione introducibili dal non avere in esame per tutti gli anni lo stesso campione di dati.



Data una generale buona ripetitività delle caratteristiche meteorologiche principali al variare dell'anno di riferimento, si è scelto di analizzare la diffusione degli inquinanti emessi sull'area circostante sulla base di un solo anno. Per la scelta di tale "anno campione" si sono verificate le diverse caratteristiche.

Per mole di dati in nostro possesso gli anni 1994 e 1995 in particolare, risultano essere maggiormente indicati per la loro scelta come anno campione di elaborazione modellistica di tipo diffusionale.

Si è così scelto di procedere alla modellazione delle diffusioni di inquinanti in atmosfera sulla base dei dati meteorologici relativi all'anno 1995.

4.2 Dati cartografici

I dati cartografici utilizzati nella prima analisi di definizione degli impatti sono stati utilizzate cartografie in scala 1 :250000, 1 :25000 e 1 :10000.

Per l'inquadramento del sito e dell'area di analisi sulla quale si intende, in via preliminare, effettuare lo studio di impatto sono state utilizzate carte in scala 1 :25000.

Sulla base di tali dati cartografici è stato possibile anche effettuare una ricognizione sulla esatta morfologia dell'area sottoposta ad impatto, in modo da poter meglio stabilire anche il tipo di codice matematico di simulazione da adottare per la valutazione.

4.2.1 Cartografia di riferimento utilizzata

Cartografia 1 :250000 sezione generale Regione Toscana

Cartografia 1 :25000 IGM1 - Carta Topografica d'Italia :

foglio 283 sez. I foglio 283 sez. II

foglio 284 sez. I foglio 284 sez. II

foglio 284 sez. III foglio 284 sez. IV

foglio 294 sez. I foglio 294 sez. II

foglio 294 sez. IV



Cartografia 1 :10000

Carta Tecnica Regionale sezioni :

283080 283120

284050 284090

284100

284130

284140

284150

294020 294030

294060

294070

294100

294110

4.3 Dati relativi alle emissioni del nuovo impianto a Ciclo Combinato

I dati dell'impianto in esame sono stati forniti da Rosen S.p.A. sulla base delle specifiche tecniche dei macchinari previsti nel progetto esecutivo.

L'impianto a ciclo combinato in oggetto è costituito da due gruppi turbogas con relativi alternatori, due caldaie a recupero, una turbina a vapore con relativo alternatore e condensatore con torri evaporative ad umido e ciclo termico corrispondente.

L'impianto a ciclo combinato in questione impiegherà come combustibile unico gas naturale, con un effetto di miglioramento degli impatti per quegli inquinanti, quali ossidi di zolfo (SO_x) e particolato (PTS), tipicamente legati all'utilizzo di olio combustibile.

Le caratteristiche di inquadramento dell'area degli impianti in oggetto all'interno dello stabilimento Solvay sono:

- localizzazione impianto (camini) in coordinate UTM : 1.618.000 , 4.010.000
- distanza minima dei punti di emissione dal confine area Solvay , in coordinate polari (r,θ) (a partire dalla direzione Nord geografica): 400 m , 28°
- distanza massima dei punti di emissione dal confine area Solvay , in coordinate polari (r,θ) (a partire dalla direzione Nord geografica): 1100 m , 95°

Le caratteristiche fisiche dei nuovi punti di emissione dei fumi sono:

numero di camini	2
altezza dei camini	40 [m]
diametro camini allo sbocco	5.70 [m]
quota del suolo rispetto al livello zero del mare	8.55 [m]



Le condizioni dell'effluente al camino prodotto nelle camere di combustione dei gruppi turbogas e uscente dalla caldaia a recupero sono:

temperatura di uscita fumi	132	[°C]
portata dei fumi umidi in massa	1.814.400	kg/h
portata dei fumi secchi in massa	1.730.680	kg/h
portata dei fumi umidi in volume	2.120.415	m ³ /h
" " rispetto alle condizioni normali (0°C e 1 ATM)	1.429.555	Nm ³ /h
portata dei fumi secchi in volume	1.965.940	m ³ /h
" " rispetto alle condizioni normali (0°C e 1 ATM)	1.325.410	Nm ³ /h
velocità di uscita dei fumi	23.08	m/s
Emissioni di NO _x previste	50	mg/Nm ³
Emissioni di CO previste	12	mg/Nm ³
Emissioni di NO _x autorizzate	60	mg/Nm ³
Emissioni di CO autorizzate	50	mg/Nm ³
Portate di NO _x previste	18.41	g/s
Portate di CO previste	4.42	g/s
Portate di NO _x autorizzate	22.09	g/s
Portate di CO autorizzate	18.41	g/s

Nell'impianto a Ciclo combinato in questione non è prevista la post-combustione in caldaia a recupero, per cui è possibile considerare le emissioni inquinanti prodotte nella camera di combustione dei gruppi turbogas come i valori di emissione al camino dell'intero ciclo energetico.

4.4 Dati relativi alle emissioni degli impianti esistenti

Per la verifica degli impatti dovuti alla installazione e messa in marcia dei nuovi impianti è necessario procedere alla verifica della situazione ambientale pregressa.



Per la caratterizzazione delle emissioni attuali ci si attiene ai dati relativi ai consumi di combustibili dichiarati da Solvay SA e ai dati relativi ai controlli sulle emissioni eseguite ai sensi del DPR 203/88 da Ambiente srl.

I dati di consumi di combustibili sono relativi ad un arco di tempo che va dal gennaio 1991 al dicembre 1996. Questi dati contengono valori sulle portate dei diversi combustibili utilizzati divise per mesi; sono inoltre presenti dati relativi a calcoli globali di emissioni degli inquinanti principali emessi, sempre con cadenze mensili.

I dati relativi alle condizioni delle emissioni coprono un arco di tempo che va dal mese di aprile 1996 al mese di dicembre 1996.

Le misure di controllo delle emissioni sono raccolte con cadenza di tre misure al mese, per un totale di 25 campagne di misura effettuate.

I dati misurati per ogni campagna di misura sono:

- velocità di efflusso fumi
- temperatura dei fumi
- umidità dei fumi
- portata fumi secchi
- percentuale di ossigeno nei fumi
- concentrazione di inquinanti

Per gli inquinanti emessi le tipologie misurate variano a secondo della decade mensile di riferimento. Nella tabella che segue sono riportati gli inquinanti misurati per ogni decade mensile.

Decade di riferimento	Inquinanti monitorati
I ^a decade del mese	PTS
II ^a decade del mese	PTS
III ^a decade del mese	PTS - CO - NO _x



Dalle campagne di misura effettuate è stato possibile ottenere i valori relativi alle condizioni fisiche e termodinamiche di funzionamento a regime dei punti di emissione quali :

- portate di fumi secchi e umidi per ogni camino
- temperatura dei fumi allo sbocco del camino, ottenute con la condizione di camini perfettamente adiabatici
- velocità di efflusso dei fumi

Le caratteristiche fisiche e termodinamiche dei singoli camini ottenute dalla media delle caratteristiche registrate durante le venticinque campagne di misura effettuate per l'anno 1996 sono :

Camino	Velocità fumi allo sbocco	Temperatura fumi allo sbocco
	[m/s]	[°C]
E2	3.0	136.2
E3	5.3	124.6
E4	2.4	133.5

Tali valori sono stati ricavati sulla base delle misure effettuate e riportate nella seguente tabella. I valori zero corrispondono a campagne di misura effettuate in periodi di fermo impianto della o delle caldaie che utilizzano il camino specifico.



Tabella - valori misurati di temperatura e portata dei fumi emessi dai camini nella configurazione attuali

		Camino E2		Camino E3		Camino E4	
		Temp. fumi	Portata fumi	Temp. fumi	Portata fumi	Temp. fumi	Portata fumi
		[°C]	[m ³ /s]	[°C]	[m ³ /s]	[°C]	[m ³ /s]
apr-96	1	127	42.8	122	78.7	139	42.1
apr-96	2	142	67.2	126	69.5	143	38.1
apr-96	3	131	49.1	129	75.7	143	44.0
mag-96	1	124	43.6	124	82.7	125	36.2
mag-96	2	133	48.4	126	79.2	133	40.0
mag-96	3	125	38.0	123	60.5	137	44.7
giu-96	1	130	42.7	123	68.3	131	26.3
giu-96	2	165	65.9	123	36.4	146	41.5
giu-96	3	117	68.3	121	72.1	123	39.9
lug-96	1	150	68.3	127	74.7	134	24.9
lug-96	2	154	70.0	131	94.9	132	38.7
lug-96	3	142	58.3	125	77.5	133	35.3
ago-96	1	0	0.0	130	65.1	154	32.0
ago-96	2	0	0.0	122	47.1	132	30.6
ago-96	3	0	0.0	115	66.1	132	33.5
set-96	1	0	0.0	127	68.1	135	32.0
set-96	2	0	0.0	124	58.1	138	33.9
set-96	3	0	0.0	125	55.7	139	31.5
ott-96	1	0	0.0	127	56.7	124	30.7
ott-96	2	0	0.0	122	93.9	127	49.8
ott-96	3	0	0.0	125	94.0	136	45.0
nov-96	1	0	0.0	128	94.4	136	43.7
nov-96	2	135	72.3	126	85.2	125	38.7
nov-96	3	131	63.7	124	92.8	124	34.4
dic-96	1	0	0.0	121	86.4	116	38.1



4.4.1 Dati storici di analisi da campagne di misura effettuate al suolo

Come dati storici di misura della qualità dell'aria si è fatto riferimento a precedenti studi e campagne di analisi ed in particolare :

- analisi diffusionale con codice matematico CAT2 effettuata da SIRI S.r.l. relativamente agli anni 1985 e 1986 per la valutazione degli impatti dovuti alle emissioni di ossidi di zolfo emessi dagli impianti di trasformazione energetica Solvay e dal riscaldamento per civili abitazioni (Allegato 1)
- campagna di misura per il controllo della qualità dell'aria nel territorio circostante la zona industriale Solvay dal 15 dicembre 1990 al 15 dicembre 1991, effettuata da Ecolab per conto di Solvay SA (Allegato 2)

Lo studio di impatto ambientale svolto da SIRI S.r.l. è stato utilizzato per l'individuazione di alcuni punti critici sulla base dei quali è stata poi effettuata la campagna di monitoraggio della qualità dell'aria. Per il presente studio il lavoro SIRI è stato comunque preso in considerazione per la valutazione dei risultati diffusionali dell'analisi della situazione pregressa al fine di verificare la variazione nel tempo degli impatti ambientali (solamente per gli ossidi di zolfo, unico inquinante preso in considerazione nel suddetto studio).

Per quanto riguarda le campagne di misura per il controllo della qualità dell'aria, i dati sono relativi a due punti di analisi posti nell'area circostante allo stabilimento Solvay ; il monitoraggio è stato effettuato mediante l'impiego di un laboratorio mobile.

Il laboratorio di analisi, attrezzato per la misura in automatico, ha considerato cinque tipologie di inquinanti :

- SO₂,
- NO_x (in termini di NO e NO₂),
- CO,
- NMHC (idrocarburi non metanici),
- PTS.



La localizzazione dell'unità mobile di monitoraggio è stata scelta sulla base anche della indagine diffusionale di dispersione in atmosfera degli inquinanti svolta dalla SIRI S.r.l.

Tale campagna, sebbene effettuata nel 1991, può essere ritenuta sufficientemente rappresentativa della situazione attuale: infatti nel corso degli anni l'utilizzazione del combustibile presso la Solvay non ha subito particolari variazioni e quindi anche le emissioni di inquinanti non sono mutate in maniera sostanziale (ad eccezione dell' SO_2 , inquinante per il quale in questi ultimi due anni si è registrata una forte diminuzione dovuta all'adozione di combustibili quali il metano o comunque combustibili a basso tenore di zolfo).

I due punti nei quali erano state effettuate le campagne di misura sono stati quindi presi come punti ricettori di particolare interesse: su tali punti, così come su altri cinque ricettori critici, è stata svolta una ulteriore indagine di approfondimento per definire la ricaduta di inquinanti.



5. PROCEDURE DI ANALISI

Per la valutazione di impatto ambientale in oggetto vengono rispettate e applicate le procedure operative seguenti, elaborate sulla base degli standard di analisi di impatto stabilite da US EPA :

- Procedura I - definizione dell'area di analisi di screening preliminare
- Procedura II - analisi dei risultati di screening e definizione delle aree sottoposte ad impatto rilevante da analizzare con utilizzo di codice matematico diffusionale dedicato (area di analisi)
- Procedura III - definizione della maglia da utilizzare per analisi modellistica e rappresentazione orografia
- Procedura IV - verifica delle procedure di corretta progettazione degli impianti di emissione in atmosfera (camini) e determinazione delle interazioni tra camini ed edifici
- Procedura V - definizione del codice diffusionale da utilizzare
- Procedura VI - input impiantistici
- Procedura VII - input orografici
- Procedura VIII - input meteorologici: calcolo della classe di stabilità e dell'altezza di miscelamento
- Procedura IX - determinazione delle portate di inquinanti emesse ai camini



5.1 Procedura I - definizione dell'area di analisi di screening preliminare

Sulla base di un'indagine della morfologia delle aree circostanti agli impianti, è stato possibile stabilire l'area di indagine preliminare di screening necessaria per la prima valutazione delle scale di valutazione modellistica quantitativa degli impatti al suolo di inquinanti.

Tale fase assume importanza ai fini della definizione di rilevanza ai fini ambientali dell'impianto in esame e delle aree per le quali viene verificata questa rilevanza di impatti. Tali valutazioni sono possibili sulla base di un'analisi dei diversi tipi di inquinanti emessi e dei corrispondenti valori massimi di impatto rilevati dalla fase di analisi preliminare qualitativa di screening.

Dato che l'impianto in oggetto viene già definito ad impatto rilevante sulla base del vigente quadro normativo, i risultati della valutazione preliminare qualitativa sono utilizzati per la verifica delle aree esposte ad impatto rilevante.

Sulla base dell'indagine geografica e morfologica condotta è stato stabilito di procedere ad una valutazione qualitativa che si estenda ad un'area di 20 km di raggio andando a considerare la totalità degli eventi meteorologici possibili di default, senza quindi una valutazione della meteorologia specifica.



5.2 Procedura II - analisi dei risultati di screening e successiva prima definizione delle aree sottoposte ad impatto rilevante da analizzare con utilizzo di codice matematico diffusionale dedicato (area di analisi)

Sulla base delle definizioni determinate nel corso della procedura I si è condotta una analisi preliminare di screening. Per tale analisi si è utilizzato un codice certificato da US EPA (SCREEN3).

Tale procedura è stata effettuata in una doppia modalità :

- I. in una prima fase si effettua un'analisi su terreno piatto ("flat")
- II. in una seconda fase si effettua una modellizzazione qualitativa basata su di un terreno ad orografia complessa, andando a stimare un'altezza di quote variabili con la distanza radiale dall'impianto quanto più possibile razionale, ovvero rappresentativa delle quote reali mediamente riscontrate alle distanze radiali specifiche.

Per la modalità di analisi in regime di terreno "flat" si procede alla verifica delle condizioni qualitative di peggiore diffusione realizzabili al variare della temperatura ambiente, sulla base dei dati storici in nostro possesso (1993-1997) ; si è infatti verificato i risultati di screening a -2°C (condizioni di minima temperatura registrata), 20°C (condizioni standard del modello) e 35°C (massima temperatura registrata).

Per la modalità di analisi in regime di terreno "complex" si procede alla verifica delle condizioni qualitative di peggiore diffusione realizzabili alla temperatura ambiente pari a 20°C (condizioni standard del modello).

Per ogni indagine modellistica effettuata, vengono prodotte tre elaborazioni grafiche dei risultati :

- elaborazione delle concentrazioni massime al suolo (2 m dal suolo) realizzabili nelle peggiori condizioni meteorologiche possibili al variare della distanza dalla sorgente di emissione ; in tali elaborazioni si riporta l'impatto massimo per ogni camino e l'impatto massimo dell'impianto nella sua globalità (due camini)



-
- elaborazione delle condizioni di velocità del vento e di stabilità atmosferica per le quali si realizzano le condizioni di peggiore diffusione degli inquinanti
 - elaborazione delle altezze di pennacchio corrispondenti ai casi meteorologici di peggiore diffusione atmosferica degli inquinanti emessi

Le condizioni di complex sono state verificate rappresentando le quote orografiche per ogni distanza dalla centrale come il massimo valore di quota presente a tale distanza.

Ai fini della confrontabilità dei risultati di "complex terrain" e di "simple terrain" si è dovuto utilizzare la modalità operativa che prevede l'utilizzo dell'algoritmo di calcolo di tipo "simple" anche per condizioni di terreno elevato. Questo ha permesso di ottenere valutazioni di massimo impatto qualitativo sulla base dei valori medi orari e non giornalieri, dovendo però rappresentare la configurazione orografica come avente l'altezza massima pari all'elevamento del pennacchio. Tale procedura scelta permette di non perdere comunque le finalità ultime di tale analisi di ottenere valutazioni sui massimi impatti realizzabili.

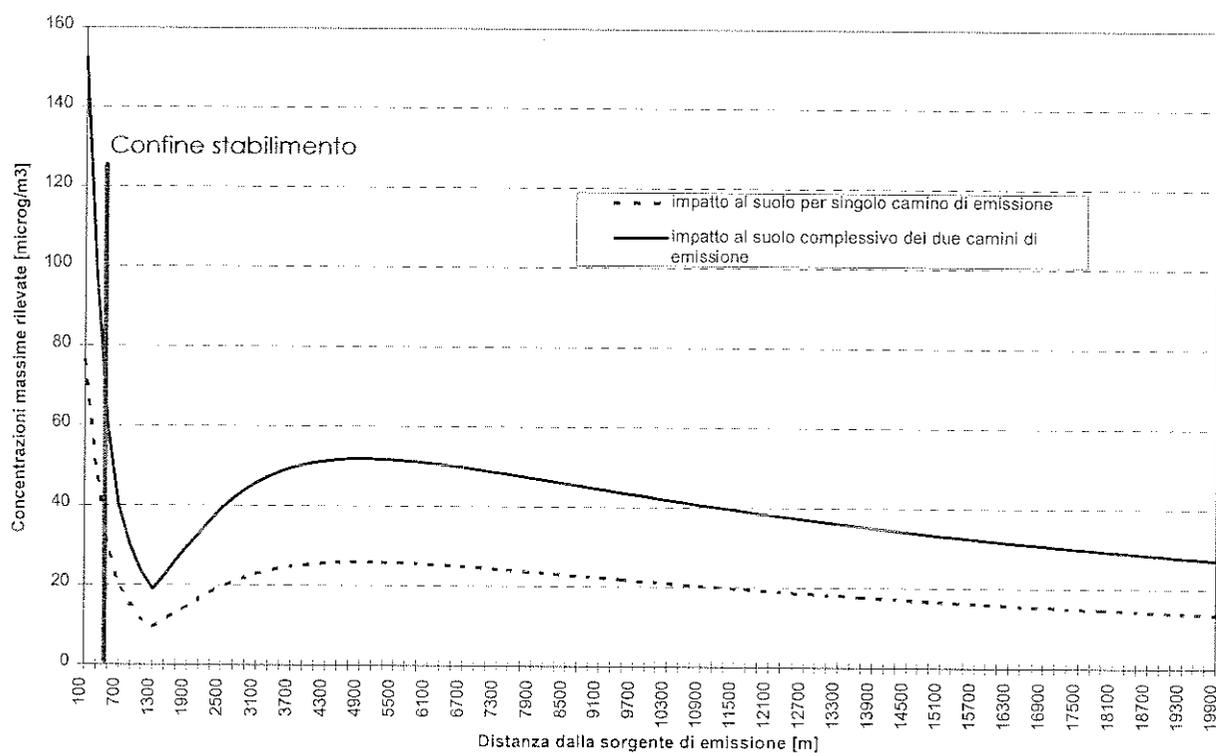


5.2.1 Analisi di Screening in Condizioni di Terreno "FLAT"

Di seguito si riportano i risultati grafici delle elaborazioni.

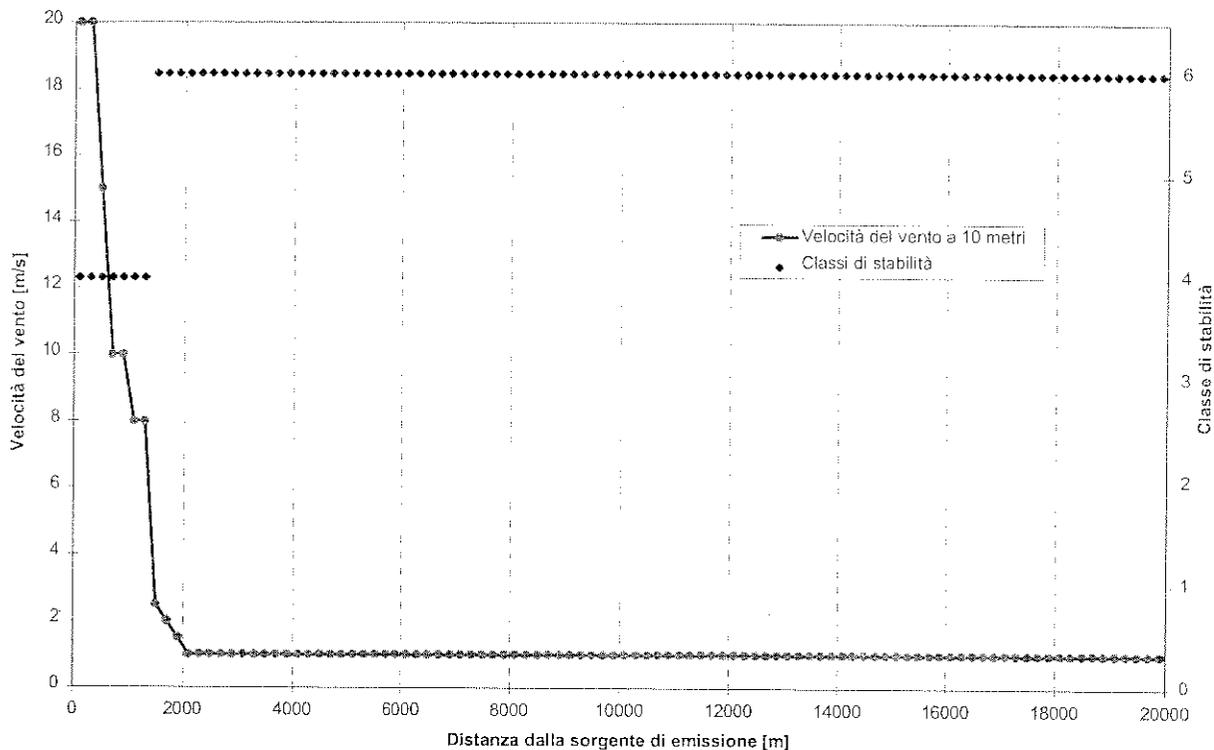
Elaborazioni grafiche ottenute dalle analisi di screening effettuate nel caso di temperatura ambiente minima (-2°C)

concentrazioni massime al suolo al variare della distanza dal punto di emissione

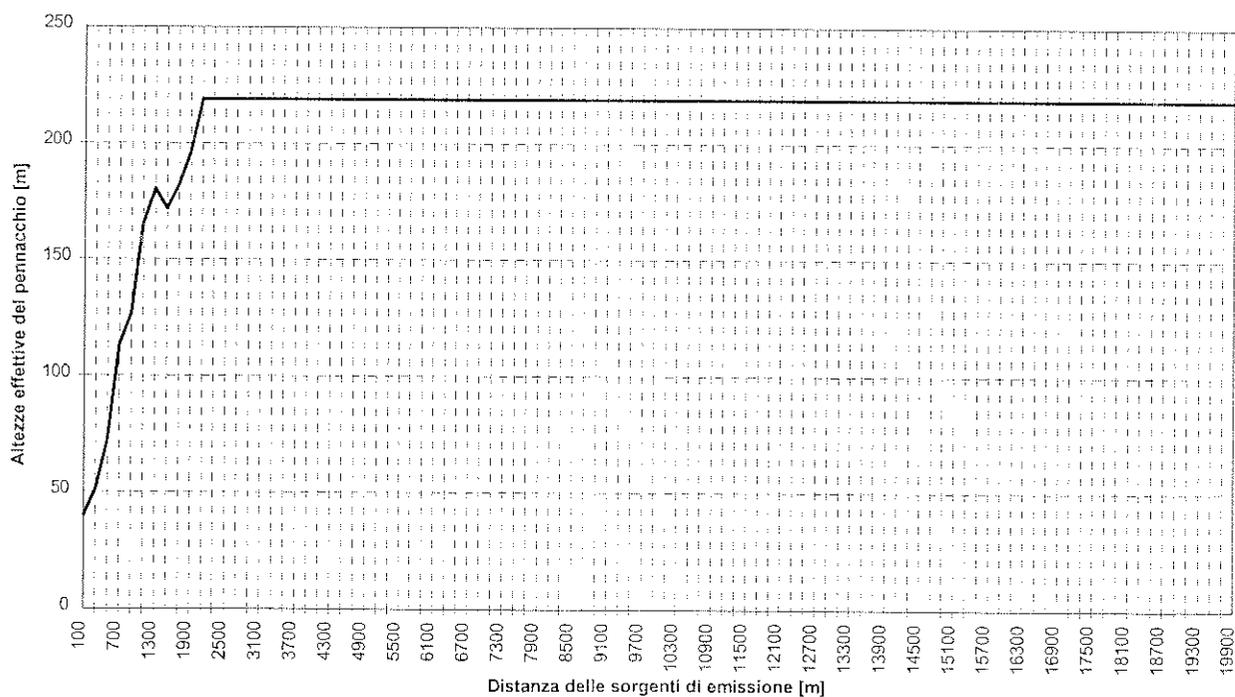




condizioni meteorologiche (velocità del vento e classe di stabilità) di peggiore diffusione



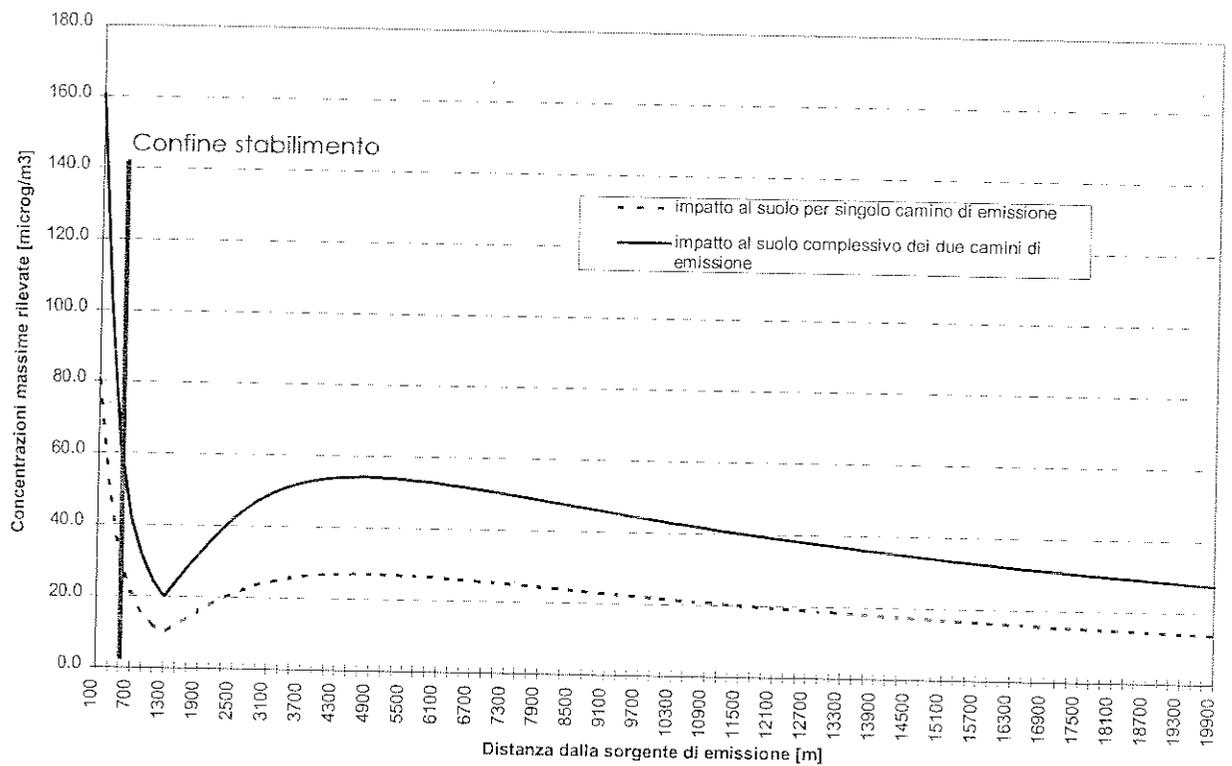
altezze del pennacchio nelle condizioni di peggiore diffusione verificate





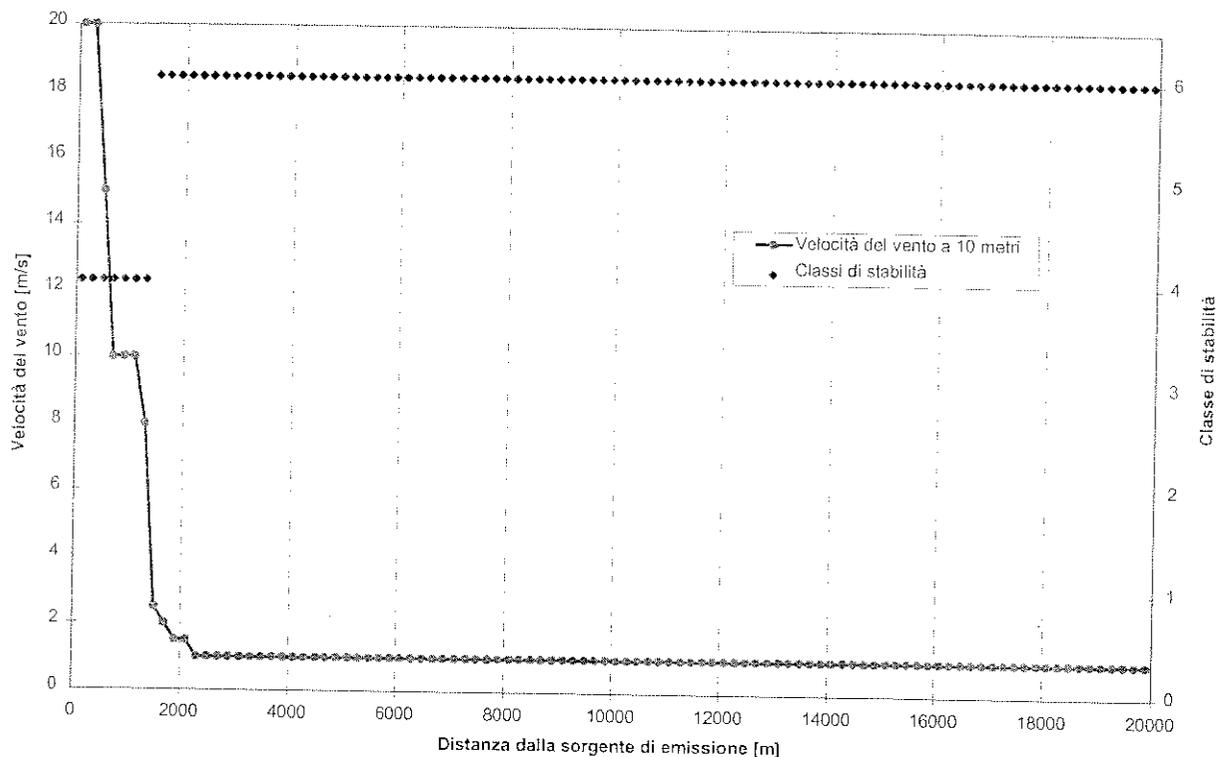
Elaborazioni grafiche ottenute dalle analisi di screening effettuate nel caso di temperatura ambiente standard considerata dal modello (20°C)

concentrazioni massime al suolo al variare della distanza dal punto di emissione

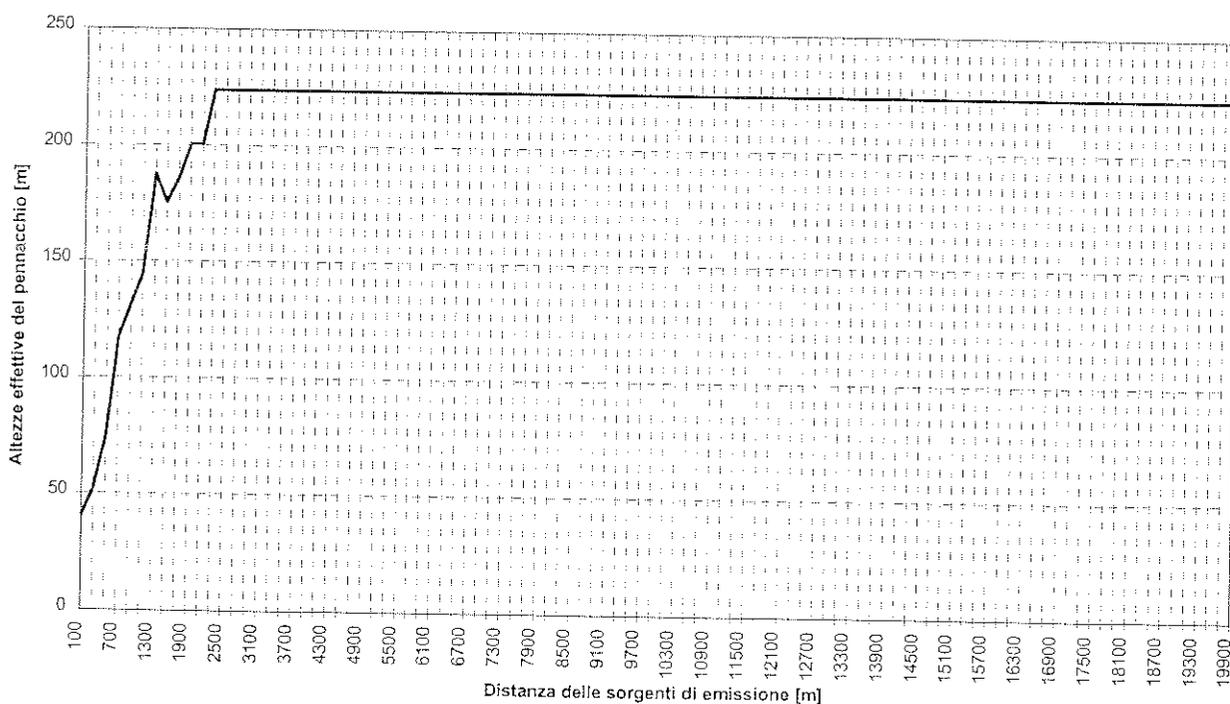




condizioni meteorologiche (velocità del vento e classe di stabilità) di peggiore diffusione



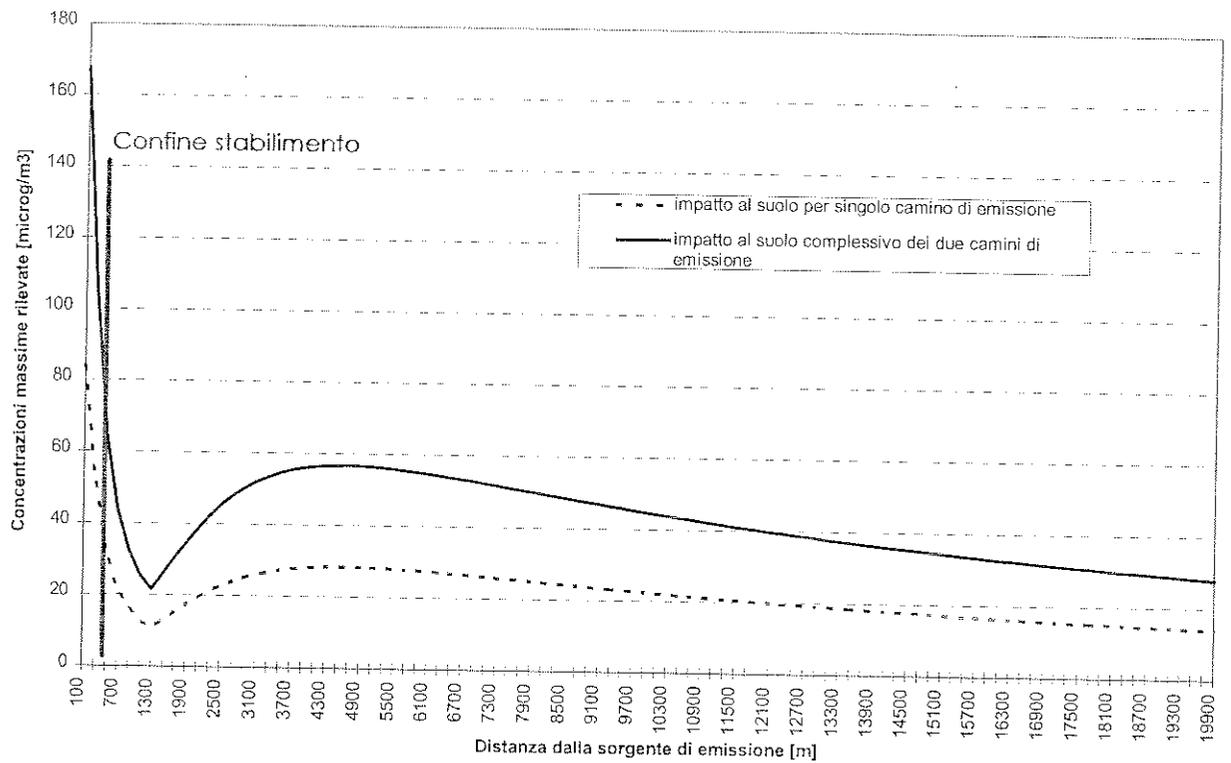
altezze del pennacchio nelle condizioni di peggiore diffusione verificate





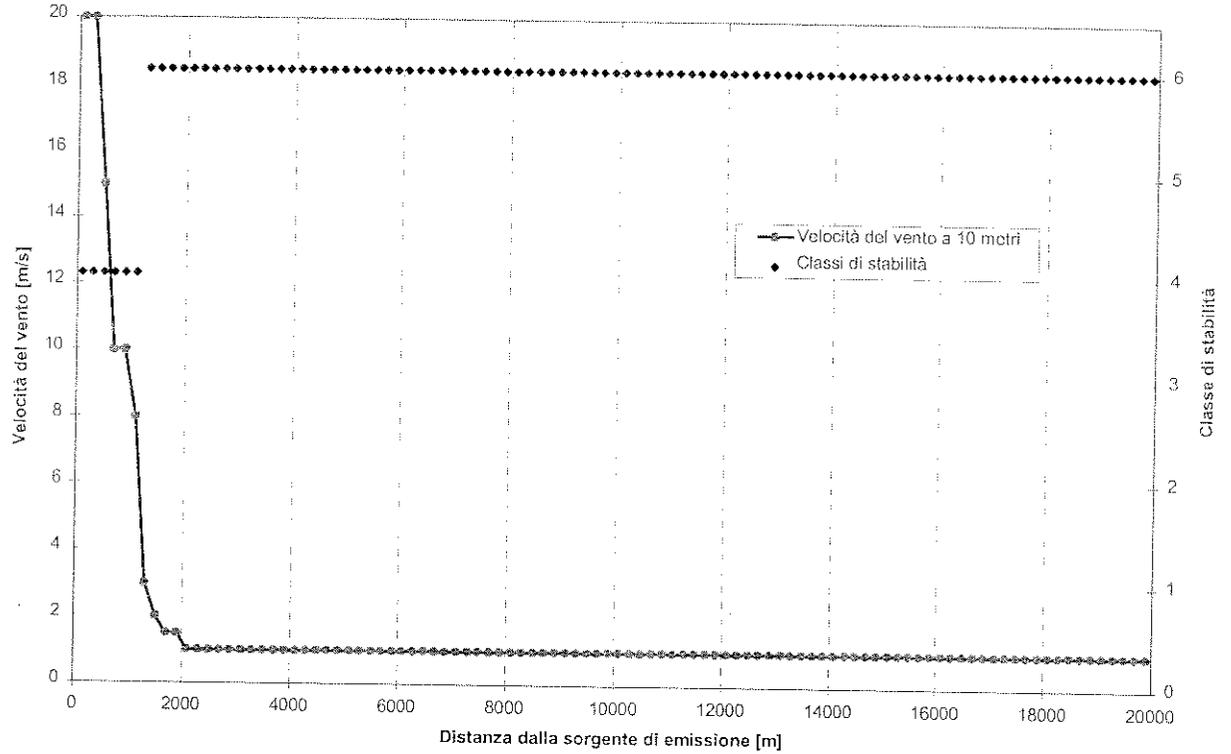
Elaborazioni grafiche ottenute dalle analisi di screening effettuate nel caso di temperatura ambiente massima (35°C)

concentrazioni massime al suolo al variare della distanza dal punto di emissione

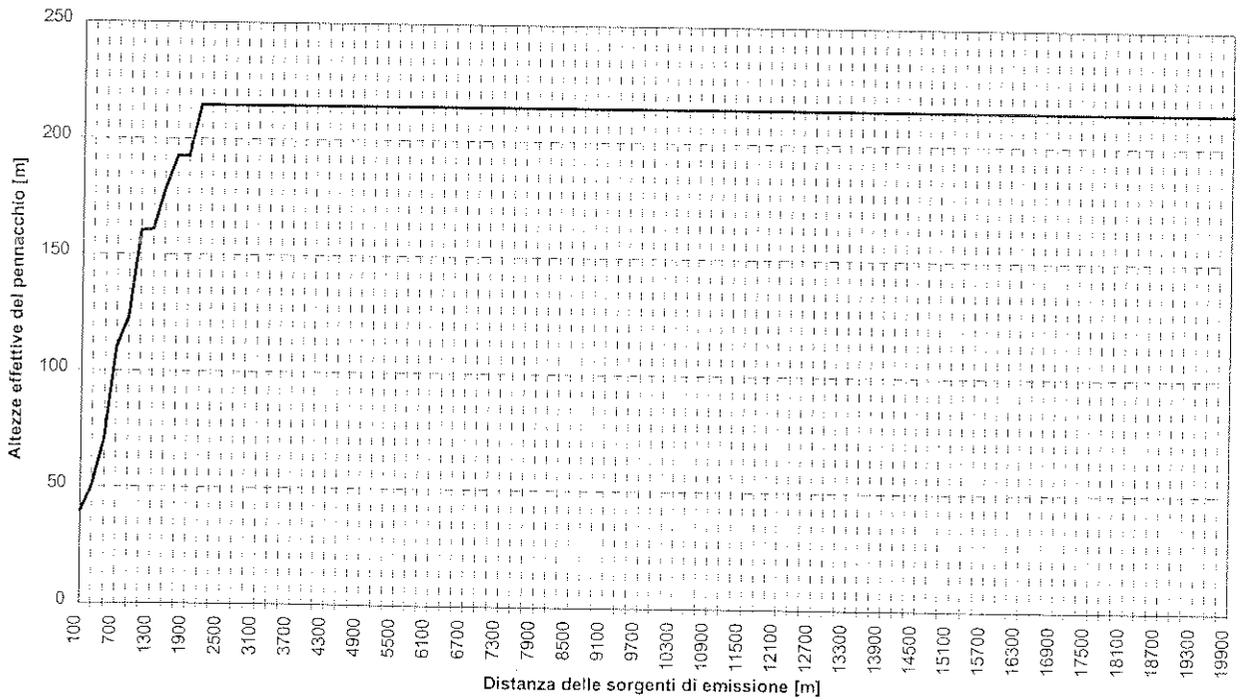




condizioni meteorologiche (velocità del vento e classe di stabilità) di peggiore diffusione



altezze del pennacchio nelle condizioni di peggiore diffusione verificate



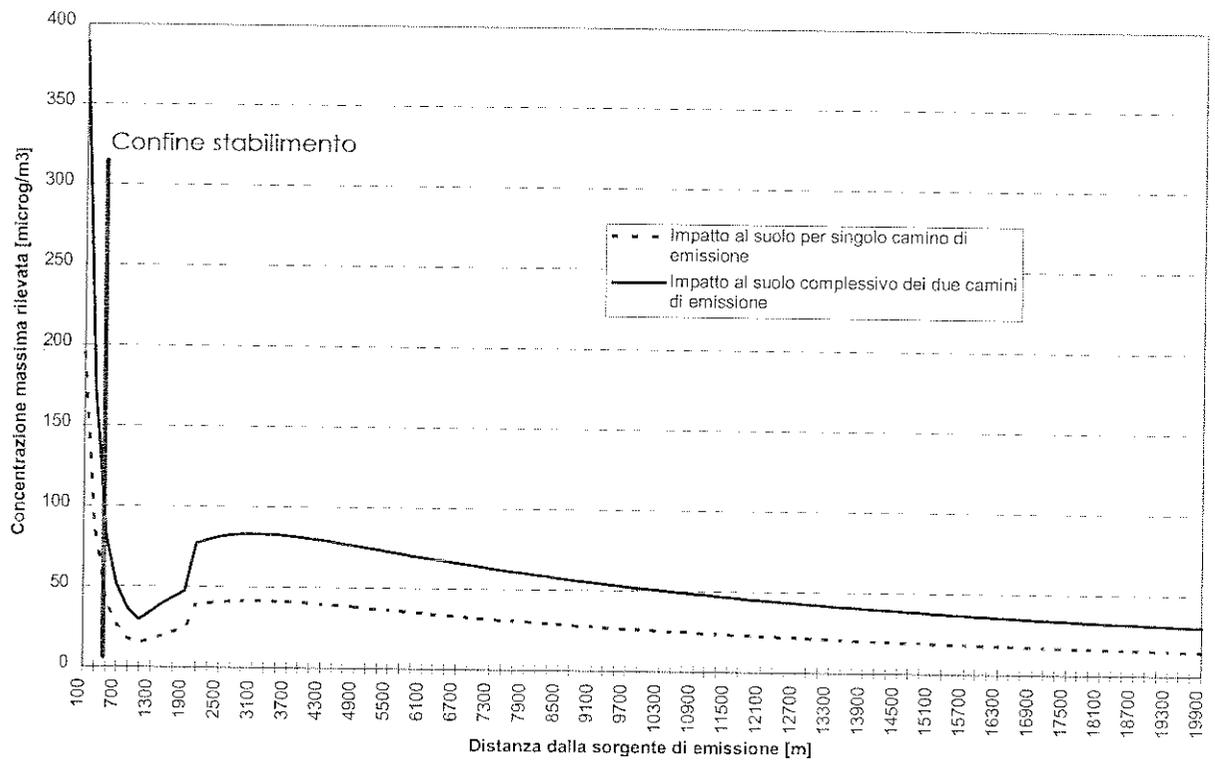


5.2.2 Analisi di Screening in Condizioni di Terreno "COMPLEX"

Di seguito si riportano i risultati grafici delle elaborazioni.

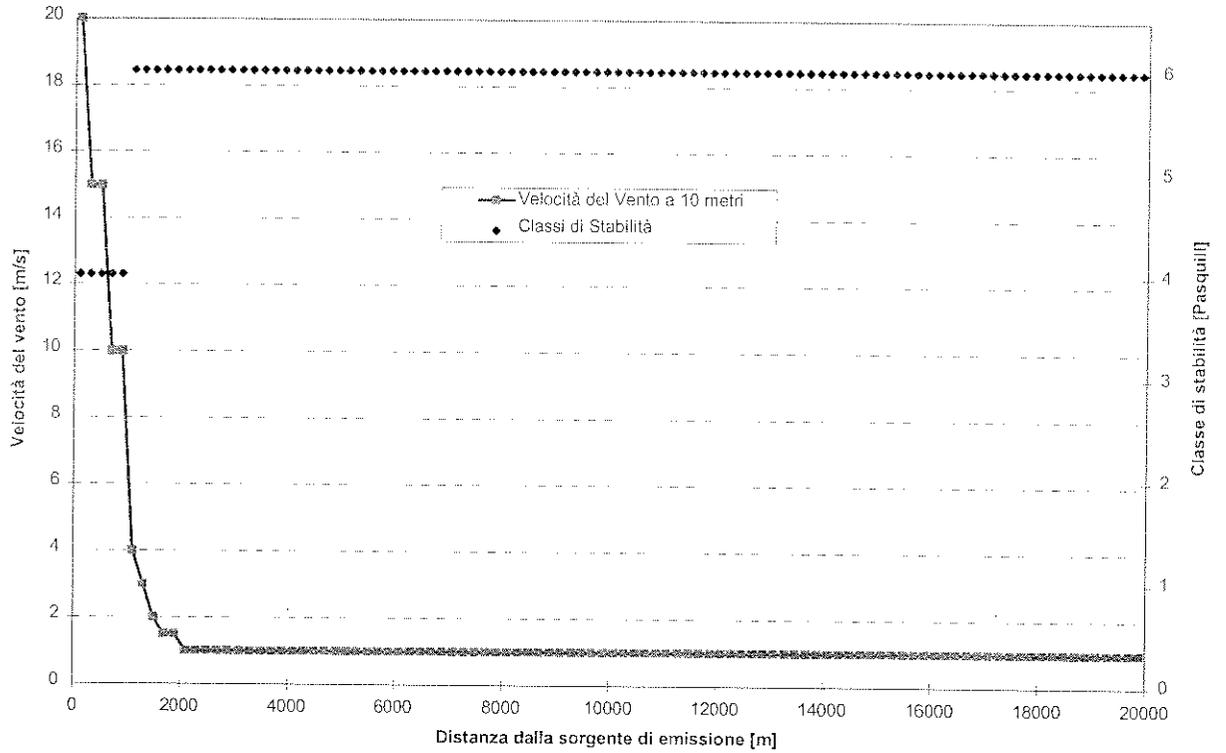
Elaborazioni grafiche ottenute dalle analisi di screening effettuate nel caso di temperatura ambiente massima (20°C)

concentrazioni massime al suolo al variare della distanza dal punto di emissione

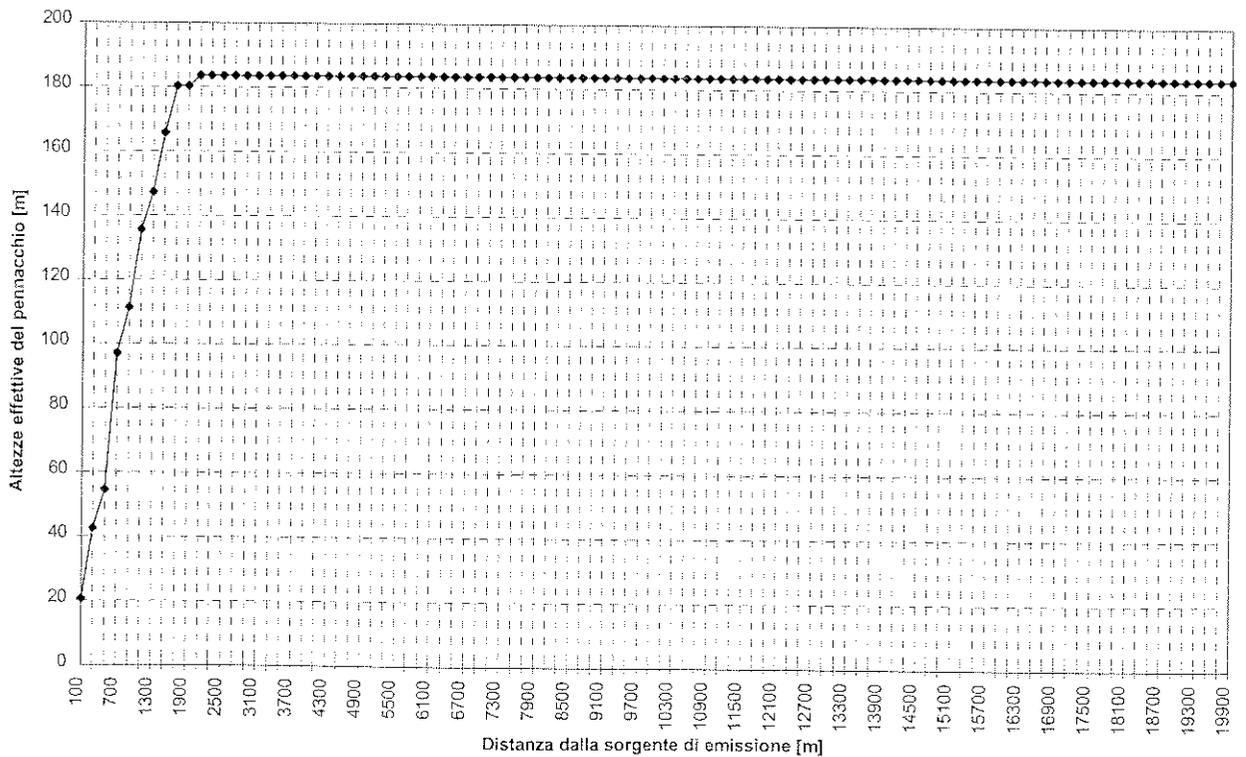




condizioni meteorologiche (velocità del vento e classe di stabilità) di peggiore diffusione



altezze del pennacchio nelle condizioni di peggiore diffusione verificate





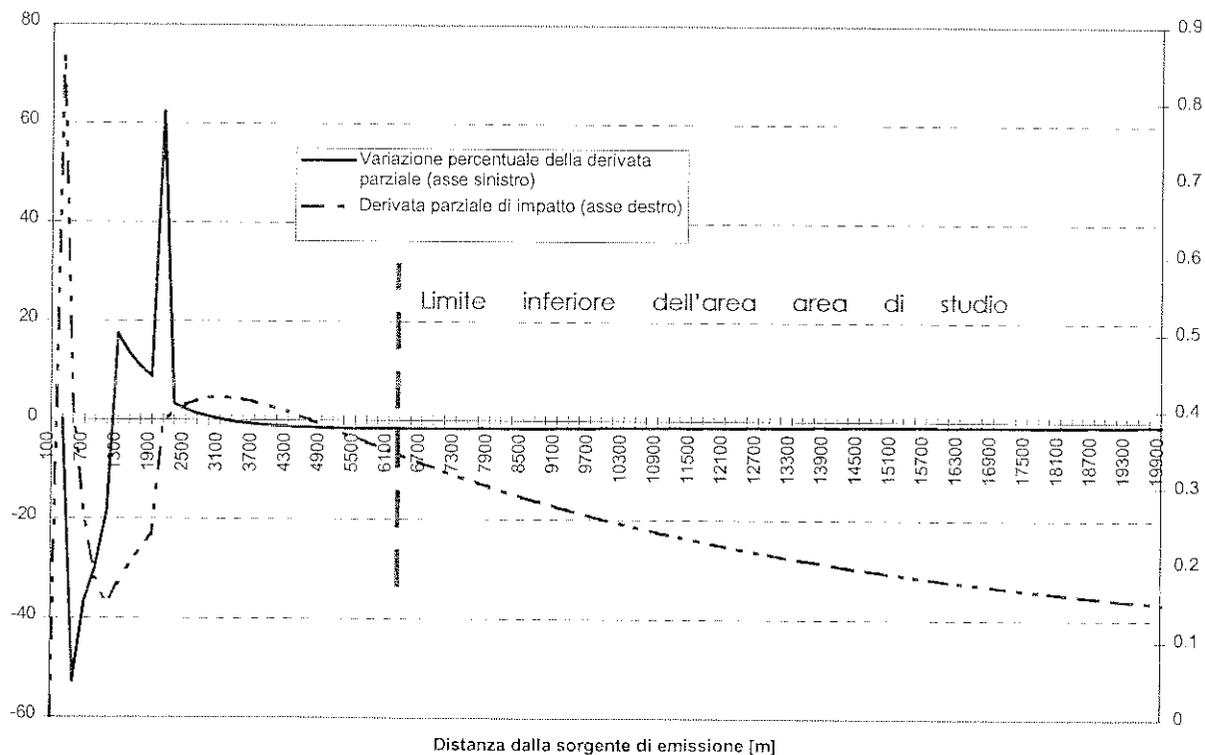
5.2.3 Conclusioni analisi di Screening

Analizzando le due modalità di screening, in regime di terreno piatto "flat" e in regime di terreno complesso "complex", si è potuto definire il raggio massimo di interferenza rilevante dal punto di vista ambientale tra sorgente di emissione (camini) e area circostante.

Le specifiche di area ad impatto rilevante sono tali per cui all'esterno di tale area non si debbano avere :

- picchi di concentrazione di inquinanti, valutabili attraverso gli elaborati grafici relativi alle concentrazioni massime al suolo
- derivate di concentrazioni crescenti
- variazione percentuale delle derivate di concentrazioni crescenti

Valutazioni in merito alle variazioni di impatto al variare della distanza dalla sorgente





Con il termine di derivata di concentrazione (DC) e di variazione percentuale della derivata di concentrazione (VPDC) si intendono le seguenti quantità:

$$DC = (C_{i+1} - C_i) / \Delta r_i$$

$$VPDC = (C_{i+1} - C_i) - (C_i - C_{i-1}) / (C_i - C_{i-1}) = (C_{i+1} - C_{i-1}) / (C_i - C_{i-1})$$

Essendo:

C_i pari alla concentrazione misurata alla distanza r_i dal punto di emissione.

Per la valutazione dei due parametri relativi alle derivate di concentrazioni di inquinanti al suolo rispetto alla distanza dalle sorgenti emissive si è proceduto ad una ulteriore elaborazione di cui viene riportata la visualizzazione grafica relativamente alle analisi di screening di configurazione orografica di tipo "complex".

Si è proceduto a tale analisi per la configurazione "complex" sulla base dei risultati preliminari di impatto che mostrano chiaramente un possibile effetto di maggiore impatto nelle ipotesi appunto di terreno complesso.

Si è potuto apprezzare come le tre ipotesi imposte per la selezione dell'area da sottoporre a valutazione di impatto rilevante con modellistica di tipo quantitativo, siano verificate per distanze radiali dalla sorgente di emissione maggiori di 6500 metri come evidenziato nel precedente diagramma. Oltre tale distanza infatti le concentrazioni non incrementano (derivata parziale negativa) e la variazione di derivata parziale assume valori estremamente contenuti (alterazioni delle concentrazioni che tendono a stabilizzarsi).

Pertanto si è proceduto anche sulla base delle analisi della zona in oggetto alla scelta di un'area di studio di impatto quantitativo a base quadrata ed avente dimensione laterale pari a 14500 metri, con il posizionamento relativo dei punti di emissione (camini) tale da avere il rispetto delle condizioni sopra definite.



5.3 Procedura III - definizione della maglia da utilizzare per l'analisi modellistica

Da un'analisi di dettaglio condotta su cartografia in scala 1:10000 è stato possibile valutare la maglia di analisi dell'area definita, adatta alla migliore rappresentazione possibile della reale morfologia. La scelta, è stata effettuata tenendo conto dei seguenti fattori :

- massima rappresentatività dei risultati ; per questo si è fatto in modo che i comuni più vicini all'area degli impianti fossero tutti compresi all'interno della zona di studio
- massima rappresentatività dei risultati in termini di possibili parametri di esaltazione delle concentrazioni di inquinanti compresi tutti all'interno dell'area di studio (picchi orografici maggiori rappresentati)
- verifica con il modello di screening che le zone con i maggiori picchi fossero compresi all'interno dell'area di studio
- verifica con il modello di screening che le zone con derivate di concentrazioni maggiori fossero comprese all'interno dell'area di studio
- valutazione dell'area di analisi scelta nello studio di impatto ambientale nelle aree circostanti agli impianti Solvay effettuata da SIRI S.r.l.(anno 1987)

Al termine di tali verifiche si è valutato di procedere alla analisi modellistica di dettaglio su di una maglia di recettori di misura così definita :

numero recettori	900
distanze tra i recettori lungo le ascisse	500 [m]
distanze tra i recettori lungo le ordinate	500 [m]
ampiezza reticolo lungo le ascisse	14.500 [m]
ampiezza reticolo lungo le ordinate	14.500 [m]
riferimento reticolo (angolo in basso a sinistra [UTM])	1.610.500 , 4.797.000
quota altimetrica minima	2 [m]
quota altimetrica massima	325 [m]



5.4 Procedura I V - verifica delle procedure di corretta progettazione degli impianti di emissione in atmosfera (camini) e determinazione delle interazioni tra camini ed edifici

L'effetto "Downwash" è un effetto secondario di perturbazione sul pennacchio che avviene in concomitanza con condizioni particolari sia meteorologiche che fisiche del camino e degli edifici circostanti al camino.

L'effetto downwash si verifica per la presenza di ostacoli di carattere fluidodinamico che riducono la capacità diffusiva atmosferica; questi ostacoli sono chiaramente da ricercarsi tra le strutture che circondano il punto di emissione.

La presenza di edifici vicino ai sistemi di emissione, siano essi edifici collegati fisicamente al camino stesso o edifici fisicamente separati, crea infatti, a causa della movimentazione dell'aria ambiente, delle turbolenze intorno agli edifici stessi che possono interessare anche aree dove si abbia il passaggio del pennacchio emissivo. Queste turbolenze possono avere effetti negativi sulla normale diffusione dei pennacchi di emissione dei camini, potendo verificarsi la condizione di abbassamento di questi rispetto al loro naturale sviluppo verticale.

L'effetto ultimo che si realizza è quello di una non corretta o comunque di una solo parziale diffusione degli inquinanti contenuti nel pennacchio che determinano un aumento delle concentrazioni di inquinanti a terra; proprio per questo motivo è estremamente delicata la fase di valutazione dei parametri fisici che determinano le dimensioni di questo fenomeno.

Pertanto assume molta importanza, ai fini della verifica delle reali capacità diffusive dei camini di emissione, andare a caratterizzare i possibili ostacoli architettonici in modo da poter eventualmente provvedere ad una più corretta progettazione delle altezze fisiche di emissioni stesse.

Una prima valutazione da compiere è quindi quella di andare a determinare il possibile pericolo di formazione di effetti secondari a partire dalla definizione delle geometrie in gioco e cioè dalla conoscenza delle altezze dei camini coinvolti e degli ingombri degli edifici più vicini.



5.4.1 Procedura di valutazione dell'effetto perturbante di edifici

Per la scelta della procedura di analisi delle possibili interazioni camino-edifici in termini di disturbo alla corretta diffusione delle emissioni in atmosfera si fa riferimento alle procedure GEP-EPA (Good Engineering Practice for Stack Height determination) di corretta progettazione delle altezze dei camini.

Tali procedure riproducono una serie di analisi standard da effettuare per la verifica del rispetto di tutte le condizioni atte a garantire il non manifestarsi di effetti di peggioramento delle normali capacità diffusive proprie degli specifici camini emissivi.

La fase di valutazione complessivamente è composta da due fasi procedurali :

- fase 1 - procedura di verifica delle aree di massima interferenza di strutture architettoniche prossime alla localizzazione dei sistemi di emissione in atmosfera (camini)
- fase 2 - procedura di verifica per ogni caso di possibile interferenza camino-edificio del rispetto delle condizioni di sufficiente altezza del camino ai fini della corretta diffusione atmosferica degli effluenti inquinanti.

5.4.2 Verifica delle aree di massima interferenza di strutture architettoniche prossime alla localizzazione dei sistemi di emissione in atmosfera (camini)

Per la prima fase di valutazione dal punto di vista teorico, secondo le specifiche US-EPA, si segue l'approccio di Huber-Snyder.

Stabilite :

H_{bu_i}	altezza dell'edificio i-esimo
W_{bu_i}	profondità massima dell'edificio i-esimo
L_{b_i}	$\min\{ H_{bu_i} , W_{bu_i} \}$
$Db_{i,s}$	distanza tra l'edificio i-esimo e il punto s-esimo di emissione (camino s)



il modello di analisi di Huber-Snyder verifica le distanze di minime di interferenza tra camini ed edifici, permettendo di verificare gli edifici che effettivamente potranno concorrere al manifestarsi di effetti secondari di non corretta diffusione atmosferica dei pennacchi.

Secondo tale procedura si considera possibile il verificarsi dell'effetto downwash nel momento in cui sussista la condizione di $Db_{i,s}$ tale che:

$$Db_{i,s} < 5 Lb_i$$

Nel caso specifico si è prima individuata la soglia di altezza delle strutture architettoniche sulla base della quale caratterizzare edifici ad elevato sviluppo verticale o a non elevato sviluppo verticale.

Si è individuata tale soglia a 26 metri di altezza.

Una volta individuati gli edifici ad elevato sviluppo verticale, per tali strutture si sono calcolati i valori delle caratteristiche dimensionali di riferimento procedendo poi alla calcolo dei valori Lb_i di ogni struttura architettonica e dei corrispondenti valori di minima distanza (D_{min_i}) per cui si verifica l'interferenza pari, essendo tale parametro pari a 5 volte la dimensione di Lb_i .

Gli edifici inseriti all'interno di tale studio sono stati siglati appositamente con la simbologia BU più numero scalare di riferimento.

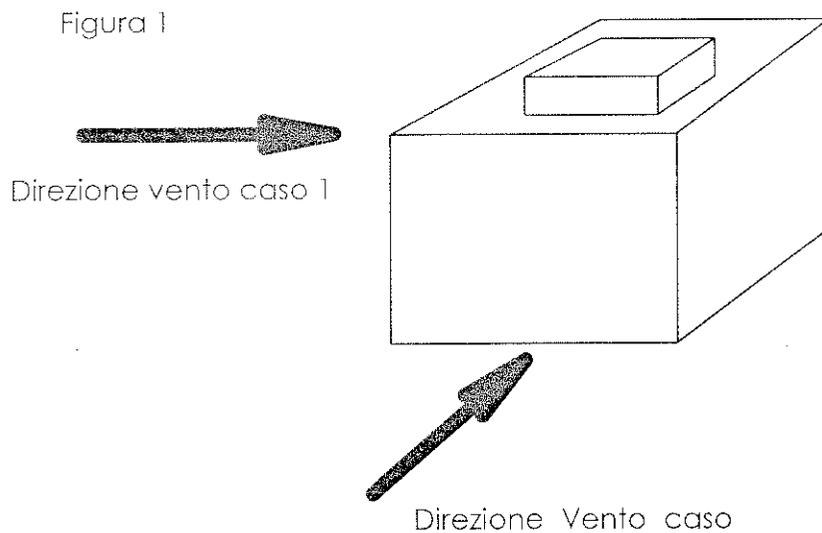
Nel caso di edifici che siano sommatorie di diversi parallelepipedi o nel caso di edifici molto vicini che abbiano diversa volumetria, si procede alla selezione del parallelepipedo fondamentale di riferimento.

In tale modo risulta possibile simulare il disturbo arrecato da un volume complesso o di un gruppo di volumi con un unico volume equivalente di rappresentazione, con notevoli semplificazioni di dimensionamento dei volumi di ingombro.

La metodologia che viene seguita per individuare i volumi di riferimento viene mostrata di seguito per un caso semplice di volume d'ingombro composto da due parallelepipedi con volume differente. La selezione del volume di

rappresentazione viene fatta sulla base della direzione di trasporto del pennacchio, la direzione della velocità del vento.

Nella figura seguente vengono visualizzati due differenti direzioni della velocità del vento.



Il volume complessivo è chiaramente divisibile in due sottovolumi, di cui di seguito vengono date le dimensioni. Nelle figure 4 e 5 sono rappresentate le viste di ingombro dell'edificio composto da due sottovolumi, il volume A ed il volume B, nei due casi di diversa direzione di velocità del vento.

Figura 2

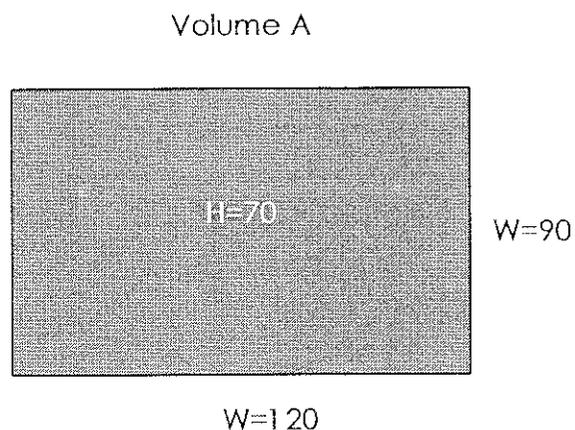
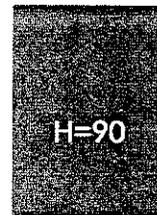




Figura 3

Volume B



W=80

W=40

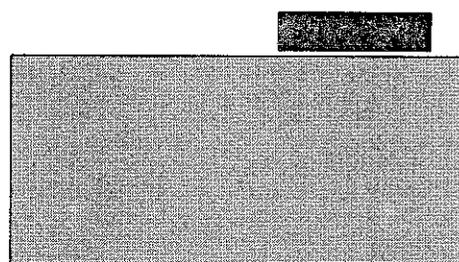
Per la scelta del volume rappresentativo si deve tenere conto del parametro "altezza del vortice" che corrisponde alla somma dell'altezza reale e di una volta e mezzo la minore dimensione tra altezza e profondità della sezione di ingombro ($H + 1,5 * (\min\{H,W\})$).

Il volume da prendere come riferimento per la valutazione degli effetti fluidodinamici di disturbo alla corretta diffusione dei pennacchi, sarà quello al quale corrisponde il valore maggiore del parametro di altezza del vortice.

Caso 1

Figura 4

Volume B



Volume A



Nel caso specifico date le dimensioni dei due volumi, indicando con HWA e HWB le altezze del vortice dei due sottovolumi A e B :

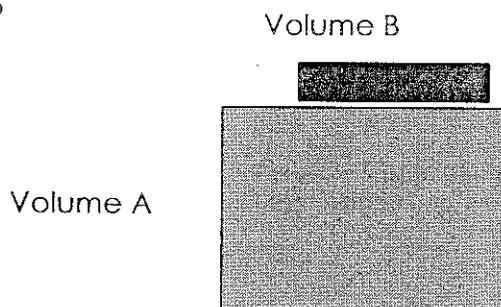
$$HWA=70+1.5(70)=175$$

$$HWB=90+1.5(40)=150$$

In questo caso la schematizzazione dell'edificio di interferenza potrà essere effettuata prendendo come riferimento il volume A.

Caso 2

Figura 5



$$HWA=70+1.5(70)=175$$

$$HWB=90+1.5(80)=210$$

In questo caso la schematizzazione dell'edificio di interferenza potrà essere effettuata prendendo come riferimento il volume B.

E' chiaro quindi che la valutazione delle possibili schematizzazioni del volume di interferenza deve prevedere una esatta valutazione della posizione tra edificio e pennacchio e quindi dei possibili venti che pongano il camino in analisi sottovento rispetto all'edificio specifico.



Di seguito sono indicati gli edifici per i quali è stata effettuata la verifica dell'eventuale effetto di interferenza fluidodinamica con il pennacchio dei camini allo studio.

Nella tabella viene riportato il nome esatto dell'edificio e la corrispondente sigla di identificazione con la quale l'edificio stesso viene nominato all'interno della presente relazione.

Sigla	Edificio
BU1	Sodiera zona carbonato
BU2	Sodiera zona carbonato
BU3	Sodiera zona carbonato
BU4	Sili di stoccaggio materie solide (silo 11, silo 12, silo 13)
BU4 bis	Sili stoccaggio con torre (silo SD21 e silo SD22)
BU5	Torre di refrigerazione
BU6	Torre di refrigerazione
BU7	Sili stoccaggio edificio Sodiera
BU8	Sodiera
BU9	
BU10	Torre "B"
BU11	Torre "A"
BU12	
BU13	Sili M716
BU14	
BU15	Sili M717
BUTG	Impianto a Ciclo Combinato Rosen
BUE2	Edificio collegato fisicamente al camino E2



Nella tabella seguente vengono riportate tutte le dimensioni utili per i calcoli preliminari delle aree di possibile interferenza degli edifici presi in esame, con pennacchi di emissione di fumi di processo

Edificio	Hbu	Ingombri	Wbu	Lb	Dmin
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
BU1	42.1	27	27	27	135
BU2	42.1	27	27	27	135
BU3	42.1	27	27	27	135
BU4	44.6	9/42	42	42	210
BU4 bis	Secondario a BU4				
BU5	42	24	24	24	120
BU6	42	24	24	24	120
BU7	47.6	32/66	66	47.6	238
BU8	33.6	98/98	98	33.6	168
BU9	25.6	35/84	84	25.6	128
BU10	42.6	6/10	10	10	50
BU11	42.6	6/6	6	6	30
BU12	25.7	14/24	24	24	120
BU13	28.2	14/33	33	28.2	141
BU14	32.7	16/24	24	24	120
BU15	25.7	14/39	39	25.7	129

La valutazione dell'interferenza fluidodinamica tra edifici e camini è stata realizzata graficamente; in tale elaborazione grafica si sono riportate, per ogni struttura architettonica, le aree di massima interferenza verificabile. Pertanto camini non compresi all'interno di un'area di massima interferenza, relativa ad uno specifico edificio non saranno interessati da effetti fluidodinamici secondari determinati dall'edificio stesso; nel caso invece in cui si abbia un camino compreso all'interno dell'area di interferenza di un edificio, per tale



combinazione edificio-camino si dovrà procedere ad una ulteriore verifica delle condizioni di elevazione dell'altezza camino tali da negare il verificarsi di effetti secondari indesiderati.

In Appendice C viene riportato un disegno con l'indicazione di :

- perimetri degli edifici o degli impianti ad elevato sviluppo verticale dei quali si è effettuato lo studio delle interferenze
- localizzazione dei camini di emissione sui quali gli edifici possono indurre l'effetto downwash
- perimetro dell'area di massima interferenza relativa ad ogni singolo edificio analizzato
- sigle relative agli edifici ad elevato sviluppo verticale analizzati e le sigle dei camini di emissione della configurazione presente (E1, E2, E3 e E4) e futura (E5 e E6)

Dall'analisi dell'elaborato allegato è possibile dedurre le possibili interferenze di downwash da valutare ulteriormente. I risultati di tale analisi sono riportati nella tabella seguente .

Tabella Edifici e camini per i quali è verificata la possibile interferenza

Camino	Edifici di possibile interferenza
E1	BU1 - BU2 - BU3 - BU7 - BU8
E2	BU7 - BU8 - BU9
E3	BU7 - BU8 - BU9
E4	BU7 - BU8 - BU9
E5	-
E6	-

Dalla tabella si può verificare che mentre per i camini di emissione della configurazione di impianti di conversione energetica attuale si hanno interferenze, per cui è possibile il verificarsi di condizioni di alterazione delle



condizioni di diffusione in atmosfera degli inquinanti emessi, per i due camini della configurazione futura di produzione energetica con ciclo combinato, la collocazione dell'impianto stesso, all'interno dell'area industriale Solvay garantisce il non verificarsi delle possibili condizioni di interferenza.

5.4.3 Calcolo dell'ingombro equivalente per le strutture della centrale a ciclo combinato

Le condizioni di downwash possono anche originarsi dalla interferenza tra camino ed edificio ad esso fisicamente collegato, quindi nella fase successiva dovranno essere analizzate anche queste tipologie di strutture.

Un caso particolare è rappresentato dalla struttura architettonica connessa ai camini dell'impianto di nuova installazione a ciclo combinato. Tale impianto infatti risulta essere particolarmente complesso come volumetria essendo composto da diversi corpi solidi con differenti ingombri e differenti altezze.

Per rappresentarlo si è in prima analisi suddiviso in quattro volumi corrispondenti rispettivamente a :

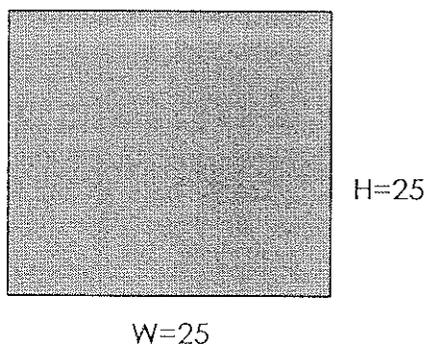
- volume 1 - corpo caldaia di altezza massima 25 metri
- volume 2 - capannone zona treni turbine con alternatori
- volume 3 - edificio elettrico
- volume 4 - area uffici

Considerando come condizioni di maggiore effetto di disturbo fluidodinamico quello per il quale i camini risultano essere completamente sottovento a tutta la sezione degli edifici annessi, si può facilmente evidenziare come i due volumi che possono interessare i pennacchi emessi dai camini sono il volume 1 ed il volume 2. Considerando gli ingombri dei due volumi riportati nella schematizzazione seguente



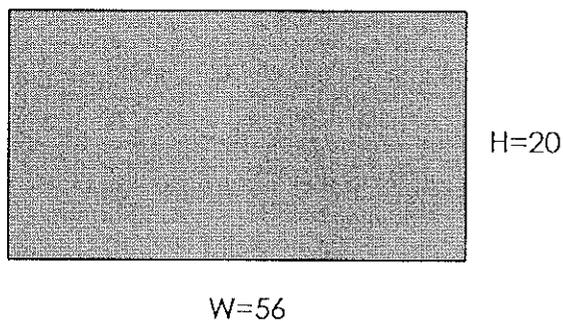
Volume 1

Figura 6



Volume 2

Figura 7



$$HW1=25+1.5(25)=62.5$$

$$HW2=20+1.5(20)=50$$

Pertanto le simulazioni seguenti possono essere effettuate considerando un volume equivalente con ingombri pari al volume 1 ovvero al corpo di caldaia a recupero (25x28x25 metri)



5.4.4 Verifica del rispetto delle condizioni di sufficiente altezza dei camini nelle singole condizioni di interferenza

Per la seconda fase di verifica delle condizioni di rispetto delle condizioni progettuali ideali del camino ai fini della corretta diffusione in atmosfera, si procede all'analisi delle strutture architettoniche che dalla prima analisi sono risultate essere possibili elementi di interferenza fluidodinamica, oltre agli edifici fisicamente collegati alle torri dei camini in esame.

Per le valutazioni in oggetto viene seguita la procedura teorica di analisi di Huber e Snyder secondo le specifiche US EPA.

Per ogni singolo camino e per ogni singolo edificio la cui struttura possa rappresentare sorgente di disturbo fluidodinamico alla corretta diffusione degli inquinanti emessi dal camino stesso, si procede alla verifica del rispetto delle condizioni di altezza fisica di camino tale da garantire il non manifestarsi di tali condizioni di disturbo.

Nella tabella che segue sono riportate le caratteristiche fisiche dei camini coinvolti nel presente studio e i corrispondenti parametri fluidodinamici nelle condizioni di funzionamento a regime.

Tabella -Caratteristiche fisiche dei camini in esame

Camino	Altezza fisica (*)	Diametro	Temperatura Fumi	Velocità Fumi
	[m]	[m]	[°C]	[m/s]
Configurazione Presente				
E1	90	3.9	Riserva	Riserva
E2	100	4.9	136.2	3.02
E3	80	4.2	124.6	5.30
E4	80	4.4	133.5	2.43
Configurazione Futura				
E5	40	6.28	145	20.02
E6	40	6.28	145	20.02

(*) i dati sono da riferirsi alla quota di campagna pari a 0 metri (+9.30 metri s.l.m.)



I valori riportati relativi ai camini di emissione in configurazione attuale (E1, E2, E3 e E4) sono stati ottenuti sulla base dei valori di misura realizzati da Ambiente srl per conto di Solvay SA relativi ai controlli previsti ai sensi del DPR 203/88.

I valori di misura sulla base dei quali sono state realizzate le elaborazioni sono relativi al periodo da aprile a dicembre del 1996. Le cadenze di misurazione delle emissioni sono di tre controlli mensili per ogni mese del periodo sopra riportato.

I valori riportati relativi ai camini di emissione in configurazione futura (E5 e E6) sono quelli di progetto forniti da Rosen e Ansaldo.

La procedura di Huber e Snyder valuta un pennacchio, emesso da un camino determinato, non affetto da deformazione fluidodinamica alla diffusione se sono verificate due condizioni :

- COND 1 - L'altezza del pennacchio calcolata con la formulazione della crescita graduale del pennacchio, determinata sulla base della sola quantità di moto, alla distanza di due volte l'altezza dell'edificio di raffronto, risulta essere maggiore di due volte e mezzo dell'altezza dell'edificio (H_{bu})
- COND 2 - L'altezza del pennacchio calcolata con la formulazione della crescita graduale del pennacchio, determinata sulla base della sola quantità di moto, alla distanza di due volte l'altezza dell'edificio di raffronto, risulta essere maggiore della somma dell'altezza dell'edificio (H_{bu}) e una volta e mezzo l'ingombro massimo orizzontale (W_{bu})

Di seguito si riportano nella tabella le valutazioni dei valori corrispondenti al termine di confronto necessari per la verifica della condizione 1 e della condizione 2, valutati sulla base delle dimensioni fisiche degli edifici ipotizzati come di possibile interferenza fluidodinamica.

Sulla base delle dimensioni trovate si sono confrontati tali valori con quelli calcolati con la formula dell'elevamento graduale del pennacchio in condizioni di stabilità e instabilità, andando a calcolare diversi casi meteorologici di riferimento per la verifica del rispetto o meno delle condizioni di buona progettazione del camino di emissione (GEP).



Per il calcolo dell'altezza effettiva di pennacchio in condizione di elevamento graduale si utilizzano le formule di Bowers che variano a seconda delle condizioni stabili o instabili dell'atmosfera :

condizioni instabili

$$H_e = H_s + \left(\frac{3F_m x}{\beta^2 u_s^2} \right)^{1/3}$$

essendo :

- H_e altezza effettiva del pennacchio
- H_s altezza fisica del camino di emissione
- x distanza alla quale si esegue il calcolo dell'altezza effettiva
- u_s velocità del vento alla quota di emissione
- v_s velocità di efflusso del pennacchio dal camino
- T_a Temperatura ambiente
- T_s Temperatura dei fumi al camino

$$F_m = v_s^2 d_s^2 \frac{T_a}{4T_s}$$

condizioni stabili

$$H_e = H_s + \left(3F_m \frac{\sin(x\sqrt{s}/u_s)}{\beta^2 u_s^2 \sqrt{s}} \right)^{1/3}$$

Per la verifica delle possibili condizioni di effetto downwash determinato da strutture architettoniche ad elevato sviluppo verticale si è proceduto all'analisi, per ogni camino e per ogni edificio tra quelli sotto riportati, delle varie condizioni meteorologiche realizzabili nella zona, prendendo come limiti di temperatura -



5°C come temperatura minima e +35°C come temperatura massima e 1 m/s e 7 m/s come velocità del vento minimo e massimo realizzabile sulla zona.

Le relazioni di interferenza possibili vengono verificate sulla base delle condizioni riportate nella trattazione teorica che sono riportate nella tabella che segue per ogni edificio coinvolto nella presente fase di studio. Di seguito le condizioni di confronto per la verifica dell'interferenza vengono brevemente indicate con cond. 1 e cond. 2.

Queste dimensioni derivanti dagli ingombri degli edifici dovranno essere confrontate con le altezze di pennacchio che è possibile stimare sulla base delle formulazioni sopra riportate e che dovranno prevedere la gestione di diversi casistiche meteorologiche possibili.

Tabella

Edificio	Hbu	Wbu	Cond.1	Cond. 2
	[m]	[m]	[m]	[m]
BU1	42.1	27	105	83
BU2	42.1	27	105	83
BU3	42.1	27	105	83
BU7	47.6	66	119	147
BU8	33.6	98	84	181
BU9	25.6	84	64	152
BUTG	25	28	63	67
BUE2	26.1	160	65	266

Le casistiche di condizioni meteorologiche che si sono analizzate nel dettaglio sono state scelte sulla base della reale compatibilità tra caratteristiche di stabilità atmosferica e velocità del vento :

Atmosfera instabile

Velocità vento = 1.0 - 2.0 - 4.0 - 7.0

Atmosfera stabile

Velocità vento = 1.0 - 2.0 - 4.0



Per tutte le simulazioni effettuate ci si è riferiti alla temperatura atmosferica minima (pari a -5°C), essendo questa la temperatura per la quale si verifica la minore risalita del pennacchio. Questo comportamento apparentemente contrastante con la realtà dei fatti è giustificato dal fatto che nelle calcolazioni che vengono effettuate non si tiene assolutamente conto della componente di galleggiamento del pennacchio, quindi della componente di risalita del medesimo per effetto del suo calore sensibile.

Di seguito sono riportati in tabelle i risultati delle valutazioni effettuate ; per una migliore comprensione dei risultati sono state evidenziate in grigio le condizioni di accoppiamento edificio-camino per le quali si verifica la condizione di possibile disturbo.

Condizioni instabili e velocità del vento pari a 1.0 m/s

Edificio	Cond. 1	Cond. 2	Altezza pennacchio Camino E2	Altezza pennacchio Camino E3	Altezza pennacchio Camino E4	Altezza pennacchio Camino E5	Altezza pennacchio Camino E6
BU7	119	147	123.4	114.5	97.7		
BU8	84	181	120.8	110.7	95.8		
BU9	64	152	119.0	108.1	94.4		
BUTG	63	67				137.3	137.3
BUE2	65	266	119.2	108.2	94.5		

Condizioni stabili e velocità del vento pari a 1.0 m/s

Edificio	Cond. 1	Cond. 2	Altezza pennacchio Camino E2	Altezza pennacchio Camino E3	Altezza pennacchio Camino E4	Altezza pennacchio Camino E5	Altezza pennacchio Camino E6
BU7	119	147	132.2	122.9	106.1		
BU8	84	181	132.1	122.8	105.9		
BU9	64	152	130.6	120.7	104.7		
BUTG	63	67				170.5	170.5
BUE2	65	266	130.8	120.9	104.8		

Condizioni instabili e velocità del vento pari a 2.0 m/s

Edificio	Cond. 1	Cond. 2	Altezza pennacchio Camino E2	Altezza pennacchio Camino E3	Altezza pennacchio Camino E4	Altezza pennacchio Camino E5	Altezza pennacchio Camino E6
BU7	119	147	116.4	105.6	92.1		
BU8	84	181	114.6	102.8	90.8		
BU9	64	152	113.3	100.8	89.8		
BUTG	63	67				115.8	115.8
BUE2	65	266	113.4	100.9	89.9		

Condizioni stabili e velocità del vento pari a 2.0 m/s

Edificio	Cond. 1	Cond. 2	Altezza pennacchio Camino E2	Altezza pennacchio Camino E3	Altezza pennacchio Camino E4	Altezza pennacchio Camino E5	Altezza pennacchio Camino E6
BU7	119	147	128.3	117.6	102.8		
BU8	84	181	126.5	115.2	101.4		
BU9	64	152	124.7	112.8	99.9		
BUTG	63	67				146.4	146.4
BUE2	65	266	124.8	113.0	100.0		

Condizioni instabili e velocità del vento pari a 4.0 m/s

Edificio	Cond. 1	Cond. 2	Altezza pennacchio Camino E2	Altezza pennacchio Camino E3	Altezza pennacchio Camino E4	Altezza pennacchio Camino E5	Altezza pennacchio Camino E6
BU7	119	147	107.4	93.0	85.3		
BU8	84	181	106.6	91.6	84.7		
BU9	64	152	106.0	90.6	84.3		
BUTG	63	67				86.5	86.5
BUE2	65	266	106.1	90.7	84.3		

Condizioni stabili e velocità del vento pari a 4.0 m/s

Edificio	Cond. 1	Cond. 2	Altezza pennacchio Camino E2	Altezza pennacchio Camino E3	Altezza pennacchio Camino E4	Altezza pennacchio Camino E5	Altezza pennacchio Camino E6
BU7	119	147	119.2	105.5	95.5		
BU8	84	181	117.3	103.0	93.9		
BU9	64	152	115.8	101.1	92.8		
BUTG	63	67				108.9	108.9
BUE2	65	266	115.9	101.2	92.9		

Condizioni instabili e velocità del vento pari a 7.0 m/s

Edificio	Cond. 1	Cond. 2	Altezza pennacchio Camino E2	Altezza pennacchio Camino E3	Altezza pennacchio Camino E4	Altezza pennacchio Camino E5	Altezza pennacchio Camino E6
BU7	119	147	103.6	86.8	82.6		
BU8	84	181	103.2	86.0	82.3		
BU9	64	152	103.0	85.5	82.1		
BUTG	63	67				65.7	65.7
BUE2	65	266	103.0	85.6	82.1		



A titolo cautelativo nella fase di modellistica gaussiana verranno comunque effettuate le procedure di modellizzazione degli ingombri degli edifici per i due camini dell'impianto a ciclo combinato ai fini della valutazione dell'effetto downwash.

La modellizzazione degli ingombri degli edifici di possibile disturbo per la diffusione dei pennacchi emessi dovrà quindi essere estesa a tutte le strutture architettoniche evidenziate in questa sezione :

BU7 - BU8 - BU9 - BUTG - BUE2

Tali edifici dovranno essere rappresentati in modo da rappresentare le interazioni delle seguenti coppie camini-edifici :

E2	BU7, BU8, BU9, BUE2
E3	BU7, BU8, BU9
E4	BU7, BU8, BU9
E5	BUTG
E6	BUTG

Dalle procedure di analisi effettuate di verifica delle possibili interferenze tra i camini di emissione in esame, relativi alla configurazione presente e futura, e gli edifici compresi all'interno dell'area industriale Solvay risulta che per tutti gli edifici presi in considerazione possono sussistere le condizioni di interferenza con i camini di emissione degli impianti presenti e futuri.

In particolare i camini E2 E3 ed E4, corrispondenti agli impianti attualmente in esercizio, potranno avere un effetto di disturbo dagli edifici BU7, BU8 e BU9, anche se a causa del calore sensibile dei fumi in uscita e quindi della componente di risalita dei pennacchi di galleggiamento, tali effetti dovrebbero essere pressoché nulli.



E' infatti da sottolineare che le procedure svolte per la verifica del possibile verificarsi di interferenze alla corretta diffusione degli inquinanti, tengono in effetti conto solo della componente di quantità di moto posseduta ai fumi in uscita e non della componente di galleggiamento che a questa si deve comunque sommare. Tale componente di galleggiamento è rigidamente dipendente dalle condizioni di contenuto entalpico dei fumi stessi e quindi risulterà addirittura predominante nel caso di fumi molto "caldi".

Per i camini E5 ed E6, relativi agli impianti di nuova installazione, questi potranno avere un effetto di interferenza esclusivamente dall'edificio ad essi fisicamente collegato, corrispondente all'impianto a ciclo combinato, con una possibilità comunque ancora minore rispetto ai precedenti camini che tale evento si manifesti. Infatti anche in questa fase preliminare di studio si è potuto evidenziare come le possibili interferenze si possano manifestare esclusivamente per condizioni di atmosfera instabile e velocità del vento molto elevate (maggiori di 7.0 m/s), condizioni queste estremamente rare.

Considerando l'ulteriore smorzamento dell'effetto downwash rappresentato dal notevole calore sensibile dei fumi emessi dai due camini (che li rende sicuramente molto veloci in termini di spinta di galleggiamento) e tenendo pure conto della effettiva debole interferenza massima verificata nelle condizioni di vento forte e atmosfera instabile, si può sicuramente concludere che gli effettivi disturbi di downwash sui pennacchi dei due camini emissivi saranno pressoché assenti.

A conclusione della procedura GEP è possibile evidenziare come la progettazione delle caratteristiche fisiche e di funzionamento dei camini è tale da permettere una sufficientemente corretta diffusione degli inquinanti in atmosfera senza evidenti effetti secondari di peggioramento delle condizioni di impatto delle unità.

La presenza di una interferenza, sebbene debole, dovrà comunque essere verificata con il codice di simulazione diffusionale ISC3 ai fini della corretta calcolo dei risultati definitivi.



5.5 Procedura V - definizione del codice diffusionale da utilizzare

Per la scelta del codice matematico di diffusione degli inquinanti emessi nelle due configurazioni di impianto futura e attuale si è proceduto alla scelta del codice certificato e consigliato da US EPA : ISC3.

Tale modello bene si adatta allo studio di emissioni da camini di tipo industriale con possibilità di effetti secondari (downwash e stack-tip downwash).

Il modello prescelto è un modello gaussiano stazionario che permette di gestire reti di rilevamento particolarmente complesse (reticoli quadrati, rettangoli, polari o composizioni di diverse tipologie di reticoli).

Il modello ISC3 è stato utilizzato per lo studio degli andamenti delle concentrazioni di inquinanti al suolo, dovute alle emissioni dagli impianti di trasformazione energetica posti all'interno dello stabilimento Solvay.

Il codice diffusionale è stato utilizzato nella duplice versione di *Short Term* e di *Long Term* per verificare sia gli impatti sul breve periodo (medie orarie) sia sul lungo periodo (annuali e stagionali).

Nel primo caso è stata utilizzata la routine di calcolo diffusionale di "*short term*", che permette la verifica dei picchi su base oraria o sulla base di medie superiori ad un'ora fornendo un'analisi di tipo "sanitario". I valori finali che si ottengono sono relativi al "worst case", ovvero al quadro dei massimi valori registrati per ogni recettore.

Nel secondo caso sono state eseguite delle simulazioni di andamento di concentrazioni nel tempo sulla base di input meteorologici che definiscono la ripetitività nel periodo di particolari condizioni meteorologiche; in questo caso si sono ottenuti come valori di output le concentrazioni medie registrate lungo il periodo di elaborazione di un anno solare.

I dati meteorologici utilizzati per le elaborazioni di questo tipo devono essere estremamente raffinati e dettagliati; si dovrà infatti, per tutto il periodo di analisi, avere a disposizione nella loro completezza tutti i valori delle variabili



meteorologiche necessarie al codice o necessarie alla determinazione di ulteriori variabili meteorologiche richieste dal modello diffusionale.

Rispetto al modello precedente ISC2 tale modello prevede la possibilità di valutare anche le ricadute al suolo di inquinanti in condizioni orografiche non piatte con la possibilità di utilizzare in parallelo la modellistica di calcolo tradizionale e la modellistica di "complex terrain" del modello US EPA complex1.

Per l'utilizzo del modello ISC3 nella versione di short term si deve tenere conto che i risultati ottenuti dal modello in condizioni di terreno non piatto saranno tali per cui :

- ❑ i valori di concentrazione per recettori posti in condizioni di terreno "flat" sono eseguiti con la routine di calcolo tradizionale ISC
- ❑ i valori di concentrazione per recettori posti in condizioni di terreno intermedio, quindi non "flat" ma neppure con quota superiore alla quota di trasporto del pennacchio (altezza effettiva di equilibrio al galleggiamento del pennacchio)sono relativi al massimo registrato con le due metodiche di calcolo, ISC tradizionale e COMPLEX1
- ❑ i valori di concentrazione per recettori posti in condizioni di terreno "complex", quindi con quota superiore a quella di trasporto del pennacchio sono relativi a calcoli eseguiti esclusivamente con la modellistica matematica del software COMPLEX1

Sulla base dei dati di ingresso e delle elaborazioni svolte sono state effettuate le verifiche della ricaduta al suolo degli inquinanti emessi in atmosfera.

Per una corretta valutazione degli impatti determinati dalla implementazione dei sistemi di conversione energetica della configurazione futura sono stati analizzati i seguenti casi :

1. Verifica degli impatti al suolo sull'area di indagine predefinita nelle condizioni di marcia secondo lo scenario futuro, considerando i valori di emissione al camino consentiti per il nuovo impianto. L'analisi è effettuata su di una griglia di calcolo della diffusione quadrata, estesa a tutta l'area sottoposta ad



- indagine e precedentemente evidenziata (210.25 km² con punto in basso a sinistra della griglia di coordinate UTM 1.610.500 , 4.797.000).
2. Verifica degli impatti al suolo sull'area di indagine predefinita nelle condizioni di marcia secondo lo scenario attuale, considerando i valori di emissione al camino forniti da Solvay per gli ossidi zolfo e misurati da Ambiente per gli altri inquinanti modellati. L'analisi è effettuata su di una griglia di calcolo della diffusione quadrata, estesa a tutta l'area sottoposta ad indagine e precedentemente evidenziata (210.25 km² con punto in basso a sinistra della griglia di coordinate UTM 1.610.500 , 4.797.000).

Per la stima delle concentrazioni di inquinanti PTS e SO₂ nel caso di impianto di cogenerazione presenti all'interno dei fumi di combustione prodotti si sono dovute fare delle calcolazioni che permettessero di rendere più omogeneo possibile il campo di indagine:

- per il PTS si è tenuto conto di avere delle emissioni in termini di carichi globali per unità di combustibile utilizzato, stimati sulla base dei dati di Fattori di Emissione US-EPA (*Compilation of Air Pollutant Emission Factors*), dato che generalmente questi inquinanti vengono considerati assenti nelle emissioni da combustione di gas naturale.
- tenendo conto della presenza nel gas naturale utilizzato dall'impianto di tracce di H₂S, responsabile della produzione in fase di combustione di ossidi di zolfo, si sono stimate le concentrazioni di tale inquinante stimati sulla base dei dati di Fattori di Emissione US-EPA.

Poiché tali prodotti sono comunque presenti solo in tracce, non è stata effettuata per la situazione futura una simulazione della ricaduta con ISC3, ma sono stati calcolati solo i quantitativi annui di tali sostanze che potrebbero essere immessi in atmosfera.



5.5.1 Ipotesi conservative adottate

Le valutazioni sono state effettuate lavorando sotto le seguenti ipotesi cautelative :

1. Per tutti gli inquinanti analizzati si sono considerati come valori di emissione i limiti autorizzativi previsti per il nuovo impianto e su tali basi sono state effettuate le necessarie analisi di modellistica diffusionale. Utilizzando i valori limite si ottengono valori estremamente conservativi di concentrazioni degli inquinanti. E' infatti ben noto come nella maggioranza dei casi gli impianti siano progettati in modo da avere un ampio margine sul limite imposto come concentrazioni di inquinanti emessi, ovvero i valori imposti saranno effettivamente raggiunti, eventualmente, solo per poche ore all'anno mentre si è considerato che l'impianto emetta tali concentrazioni durante tutto il suo periodo di funzionamento. Nel caso invece della configurazione passata si sono considerati come valori di emissioni quelli derivanti dai valori medi misurati.
2. Nelle ipotesi cautelative suddette si determinano i valori delle concentrazioni di inquinanti ricaduti al suolo. I valori finali di valutazione degli impatti, che vengono riportati per una corretta comprensione su elaborati grafici sono relativi al "worst case", ovvero al quadro dei massimi valori registrati per ogni recettore. Se si osservano gli istogrammi relativi all'analisi temporale delle concentrazioni registrate nel periodo su di uno specifico recettore si comprende il significato della precedente affermazione: si osserva infatti come il valore massimo per quel recettore si verifichi solo per un numero limitato di volte in un anno.
3. La normativa riguardante le emissioni in atmosfera DPR 203/88 prescrive la misura degli ossidi di azoto come NO_x, intendendo la somma delle misure di monossido di azoto (NO) e di biossido di azoto (NO₂).
La normativa relativa alla qualità dell'aria prescrive invece il controllo delle concentrazioni in atmosfera della specie chimica biossido di azoto (NO₂).
E' peraltro da sottolineare come nelle reazioni chimiche di formazione di NO_x nella fase di combustione quali quelle considerate in gruppi turbogas, la gran parte degli ossidi di azoto prodotto siano nella forma chimica di monossido.



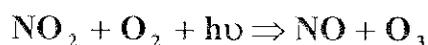
Infatti le percentuali di NO₂ rispetto al totale di ossidi di azoto emessi sono dell'ordine di pochi punti percentuali fino ad un massimo intorno al 10%.

Ai fini della corretta stima degli impatti al suolo, a rigore, è necessario procedere ad un appropriato calcolo delle trasformazioni chimiche e fotochimiche in atmosfera che coinvolgono le due specie, in modo da poter evidenziare la concentrazione al suolo di NO e NO₂ separatamente per la corretta valutazione di confronto con la normativa sulla qualità dell'aria.

Tali reazioni sono dipendenti da molteplici fattori quali :

- intensità di irraggiamento solare
- temperatura atmosferica
- concentrazione di ozono in atmosfera
- concentrazione di altri ossidanti in atmosfera
- concentrazione di idrocarburi in atmosfera
- tempo intercorso dalla emissione

Le reazioni principali che coinvolgono le specie di ossidi di azoto in atmosfera sono le seguenti :



Per quanto sopra detto risulta estremamente complesso, a meno di pesanti approssimazioni, effettuare puntualmente per ogni recettore, il calcolo della percentuale di NO₂ in concentrazione rispetto al totale di ossidi di azoto misurati dal modello.

In particolare tali calcolazioni risultano essere prive di significato in assenza di dati orari di concentrazione al suolo di ozono, elemento ossidante che influisce pesantemente sulla formazione di NO₂.

Ponendo :



[NO_x] = concentrazione al recettore di ossidi azoto totali

[NO₂] = concentrazione al recettore di biossido di azoto

[NO] = concentrazione al recettore di monossido di azoto

f = frazione di NO₂ sul totale di NO_x

si ottiene :

$$f = \frac{[NO_2]}{[NO_x]}$$

I calcoli diffusionali effettuati nel presente lavoro non tengono conto di trasformazioni chimiche e fotochimiche, ragione per cui la misura al suolo effettuata è relativa alla diffusione dell'intero campione di ossidi di azoto e non dei soli NO₂ emessi e NO₂ trasformati da NO.

Per calcolare rigorosamente la concentrazione di NO₂ al suolo si dovrebbe effettuare quindi la stima del fattore f. Conoscendo poi dal modello il valore di [NO_x] sarebbe possibile valutare :

$$[NO_2] = f [NO_x]$$

Poiché comunque il fattore f risulterà sempre < 1 (o al limite uguale ad 1), non si è ritenuto di dover procedere al calcolo puntuale di tale fattore, lasciando tale sovrastima del biossido di azoto come ulteriore margine cautelativo.

Al fine di una migliore individuazione dell'approssimazione compiuta, che risulta essere perfettamente in linea con le ipotesi di conservatività su cui si basa l'intera indagine, i risultati saranno nel seguito riportati recanti la dicitura di NO_x.

Infatti, per quanto esposto in precedenza, il reale valore di biossido di azoto che ricade al suolo sarà comunque sempre un quantitativo in concentrazione, minore o uguale a quello riportato nelle seguenti elaborazioni.



4. Il modello diffusionale utilizzato è di per sé in grado di garantire delle sovrastime cautelative sulla base degli algoritmi di calcolo utilizzati e sulla base delle ipotesi iniziali di assenza di rimozione chimica degli inquinanti e di stazionarietà delle componenti di trasporto dei medesimi.

5.5.2 Dati di input necessari per il codice ISC3

Il codice di calcolo diffusionale gaussiano ISC3 utilizza tre tipologie di dati di input per la valutazione delle ricadute a terra di inquinanti emessi da camini di tipo industriale:

- input di tipo impiantistico relativo alle caratteristiche fisiche e termodinamiche delle sorgenti di emissioni
- input di tipo orografico per la caratterizzazione dei profili tridimensionali dell'area da modellare sulla quale vengono distribuiti dei recettori di misura per il calcolo delle concentrazioni puntuali facenti parte della griglia utilizzata per il monitoraggio
- input di tipo meteorologico per la caratterizzazione delle condizioni meteorologiche che influenzano la diffusione in atmosfera degli inquinanti

Input di dati impiantistici relativo alle sorgenti di emissioni

Per gli input di carattere impiantistico dei sistemi di emissione considerati (camini) sono stati utilizzati i valori fisici e termodinamici calcolati relativamente agli impianti in configurazione attuale e futura.

I dati richiesti dal codice di calcolo sono sostanzialmente i valori relativi ai parametri di portate di emissioni di inquinanti (in g/s) per ogni singolo camino, ai parametri per la valutazione delle spinte di galleggiamento e di momento della quantità di moto del pennacchio all'uscita dal camino (velocità e temperatura di uscita dei fumi oltre alla sezione del camino al colmo) e al parametro di altezza di emissione del pennacchio rispetto alla quota di riferimento (altezza fisica del camino).



Input di dati orografici

Per la valutazione degli effetti diffusivi degli inquinanti emessi in atmosfera nelle configurazioni attuale e futura, si è dovuto ricostruire il profilo altimetrico dell'area sottoposta a indagine di impatto ambientale atmosferica.

Input di dati meteorologici elaborati

La modellistica gaussiana utilizzata dal codice diffusionale utilizzato ISC3, prevede il calcolo di alcune grandezze meteorologiche indirette, ovvero non misurate direttamente con strumenti di misura, ma dedotte da altre grandezze misurate direttamente da strumentazione.

Nel caso specifico il codice ISC3 prevede per il corretto uso, la disponibilità di dati sulle seguenti grandezze meteorologiche :

- velocità del vento ad una quota prefissata
- temperatura atmosferica ad una quota prefissata
- direzione del vento
- condizione di stabilità atmosferica
- altezza di miscelamento atmosferico in condizioni di area rurale o urbana

Mentre per le prime tre grandezze i sensori di misura dei parametri atmosferici danno delle misure dirette, per gli altri due parametri si deve ricorrere a routine di calcolo.



5.6 Procedura VI - input di dati impiantistici relativi alle emissioni

La verifica delle alterazioni che l'intervento viene ad introdurre rispetto alla situazione ambientale pregressa è stata effettuata utilizzando diversi indicatori di impatto ambientale quali :

- quantità complessive di inquinanti emessi in atmosfera dagli impianti nelle due fasi in studio ;
- portata massica di inquinanti emessi per unità di energia in ingresso .

Soprattutto quest' ultimo indicatore è significativo per qualificare il tipo di intervento realizzato, ovvero per verificare se l'utilizzazione dell'energia primaria avviene in maniera razionale.

Tali valori possono essere elaborati sulla base di medie annuali.

Per la valutazione degli impatti dovuti alle emissioni di inquinanti prodotti nella configurazione attuale sono stati utilizzati i valori di concentrazioni al camino misurati da Ambiente scrl nel periodo aprile-dicembre 1996 (misure di controllo eseguiti ai sensi del DPR 203/88, per un totale di 25 campagne di misura effettuate) ed i valori derivanti da elaborazioni eseguite sulla base dei consumi di combustibili forniti da Solvay SA nel periodo 1991-1996.

Per il calcolo delle condizioni fisiche e termodinamiche di funzionamento a regime degli impianti della configurazione attuale (fase 1) si sono elaborati i dati suddetti.

In tal modo è stato possibile ottenere i valori relativi ai dati di :

- portate di fumi secchi e umidi per ogni camino
- temperatura dei fumi allo sbocco del camino (con la condizione di camini perfettamente adiabatici)
- velocità di efflusso dei fumi

Per la stima delle portate di fumi prodotti nell'arco di tempo 1991-1996 è stato effettuato un calcolo di combustione globale degli impianti sulla base dei dati



mensili redatti da Solvay SA. Tali dati riguardano i combustibili utilizzati, il potere calorifico degli stessi, il tenore di zolfo contenuto nei combustibili liquidi utilizzati, oltre alla percentuale di ossigeno misurata nei fumi.

Per la stima dei quantitativi di inquinanti prodotti nella fase di combustione si è tenuto invece conto dei fattori di emissione, certificati da US EPA relativi alla combustione di gas naturale e di olio combustibile con tenore di zolfo variabile.

Per la stima dei valori di inquinanti emessi nella configurazione futura sono stati utilizzati i valori limiti di emissione con i quali è stato autorizzato il funzionamento dell'impianto Rosen S.p.A.

Sulla base di tali dati è possibile procedere all'analisi dei quantitativi di inquinanti emessi anche per i periodi non coperti da analisi specifiche. Nel complesso infatti è ragionevole, in prima approssimazione, utilizzare i fattori EPA : questo permette, conoscendo l'andamento dei consumi di combustibile a partire dal 1991 di evidenziare con un buon grado di approssimazione l'andamento dei quantitativi di inquinanti prodotti.

Per il modello diffusionale verranno invece utilizzati i dati rilevati sui punti specifici di emissione.



5.7 Procedura VII - input orografici

L'approssimazione che si compie nella ricostruzione del profilo altimetrico dell'area , e nella conseguente ricostruzione delle ricadute al suolo degli inquinanti emessi, risulta tanto minore quanto più piccole sono le maglie sulla base del quale tale profilo viene ricostruito.

Nel caso specifico di modellistica utilizzata, le maglie del profilo altimetrico sono state scelte coincidenti con le maglie della rete di distribuzione dei recettori di calcolo.

I grafici riportati in Appendice D sono relativi ad uno sviluppo tridimensionale e ad una vista planimetrica dell'orografia ricostruita. Le rappresentazioni grafiche riportate sono relative ad una interpolazione effettuata sulla base dei valori relativi ai punti della griglia a maglie quadrate di passo 500 metri.



5.8 Procedura VIII - input meteorologici : calcolo della classe di stabilità e dell'altezza di miscelamento

5.8.1 Calcolo della Stabilità Atmosferica

La stabilità Atmosferica è un parametro che permette di stabilire, sulla base di una delle apposite classificazioni esistenti, il tipo di turbolenza atmosferica presente in un dato istante temporale.

I fenomeni atmosferici sono fondamentalmente caratterizzati da due tipi di rimescolamenti di masse d'aria presenti all'interno del PBL (Planetary Boundary Layer), lo strato troposferico all'interno del quale avvengono i fenomeni di diffusione :

- ▣ rimescolamenti e turbolenze di tipo meccanico dovuti allo spostamento orizzontale di masse d'aria per effetto dei venti e determinati dalla viscosità del mezzo
- ▣ rimescolamenti e turbolenze convettive, dovute alla movimentazione verticale di masse d'aria con temperature medie e quindi densità differenti

Le due componenti di rimescolamento, determinano il variare delle condizioni di turbolenza e quindi di rimescolamento variando quindi le caratteristiche diffusionali dell'atmosfera. La Stabilità tiene conto appunto del predominare o meno di una delle due tipologie di turbolenza.

La classificazione di Stabilità atmosferica che viene scelta nel modello ISC3 è la classificazione di Pasquill-Gifford che divide le diverse condizioni dell'atmosfera in sei diverse classi di stabilità.



Tabella - Caratterizzazione delle classi di stabilità secondo Pasquill-Gifford

Classe di stabilità	Condizioni atmosferiche corrispondenti
A	Condizioni di forte instabilità, regime diurno con forte irraggiamento e vento debole
B	Condizioni di media instabilità, regime diurno con irraggiamento e venti non forti
C	Condizioni di leggera instabilità, regime diurno con venti forti e irraggiamenti contenuti
D	Condizioni neutre dominate da rimescolamento meccanico con forte venti
E	Debole stabilità, regime notturno con debole stratificazione termica
F	Forte stabilità, regime notturno con stratificazione termica dominante

Per la determinazione della stabilità atmosferica vi sono diversi metodi :

- misurazione del gradiente di temperatura atmosferica
- determinazione della temperatura potenziale
- misurazione dello sbandieramento del vento
- determinazione sulla base delle misure di velocità del vento e irraggiamento globale e netta
- calcolo della lunghezza di Monin-Obukhov

Nel nostro caso si è scelto di determinare la stabilità atmosferica con la velocità del vento e l'irraggiamento diurno e notturno. Nella tabella che segue è riportata la griglia utilizzata, sulla base della quale è possibile caratterizzare la classe di stabilità oraria.



Tabella - Metodo utilizzato per la definizioni delle condizioni di stabilità Atmosferica

Radiazione [W/m^2]		Velocità del vento a 10 m [m/s]					
		< 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	> 6
Radiazione Solare Incidente	> 700	A	A	B	B	C	C
	700 ÷ 540	A	B	B	B	C	C
	540 ÷ 400	B	B	B	C	C	D
	400 ÷ 270	B	B	C	C	C	D
	270 ÷ 140	C	C	C	D	D	D
	< 140	D	D	D	D	D	D
Radiazione Netta	> -20	D	D	D	D	D	D
	-20 ÷ -40	F	E	D	D	D	D
	< -40	F	F	E	E	D	D

Per l'irraggiamento diurno si utilizza un radiometro globale facendo riferimento al sensore localizzato presso il Comune di Livorno in via De Sanctis, mentre per l'irraggiamento notturno si utilizza un radiometro netto, in particolare si utilizza il sensore installato presso la stazione di monitoraggio meteorologico localizzata all'interno dell'area industriale Solvay.

5.8.2 Calcolo dell'altezza di miscelamento

All'interno della troposfera i fenomeni diffusivi di inquinanti emessi per via antropogenica, subiscono dei processi di rimescolamento che interessano non tutta la sezione troposferica, ma solo una piccola parte: lo strato limite atmosferico (PBL). Tale strato ha uno spessore che può variare notevolmente nel corso dei giorni e anche nel corso delle ore dello stesso giorno.

E' chiaro che una variazione dello spessore di questo strato, che viene detto anche di rimescolamento, porta a profonde mutazioni nelle caratteristiche diffusionali dell'atmosfera, modificandosi le possibilità di diluizione degli inquinanti all'interno dello strato stesso.



Assume pertanto una grande importanza, la stima dell'altezza dello strato di rimescolamento al variare delle condizioni atmosferiche.

Nel caso specifico si è calcolata l'altezza dello strato di rimescolamento utilizzando un codice di calcolo di origine US-EPA (RAMNET) rivisitato sulla base delle più attuali metodologie modellistiche.

Il codice che si è utilizzato necessita come dati di input di :

- data e ora degli intervalli di analisi
- irraggiamento netto
- irraggiamento solare globale
- direzione del vento
- velocità del vento
- pressione atmosferica
- temperatura atmosferica
- copertura nuvolosa percentuale

Tabella - Parametri scelti per il calcolo dell'altezza di miscelamento

Parametri considerati	Valori
Latitudine Stazione Meteorologica	43°3'
Longitudine Stazione Meteorologica	10°3'
Zona Oraria rispetto a Greenwich	-1
Minima Lunghezza di Monin-Obukhov in cond. stabili [m]	150
Altezza dal suolo dell'Anemometro [m]	10
Rugosità del suolo [m]	0.6
Albedo a mezzogiorno	0.2
Rapporto di Bowen	1.5
Flusso calore sensibile Antropogenico [W/m ²]	30
Frazione di radiazione netta assorbita dal terreno	0.2



Il modello di calcolo è in grado di determinare automaticamente la dimensione dell'altezza del PBL sulla base del calcolo di altre due grandezze meteorologiche derivanti dalle grandezze di riferimento di input :

- ▣ la velocità d'attrito o "friction velocity"
- ▣ la lunghezza di Monin- Obukhov

I dati elaborati dal codice vengono direttamente utilizzati per la predisposizione del file meteorologico di input che viene utilizzato dal modello diffusionale gaussiano stazionario ISC3 per il calcolo della dispersione al suolo degli inquinanti emessi nelle diverse condizioni meteorologiche del periodo di analisi.

Nella tabella precedente sono riportati i valori che sono stati considerati nel caso specifico per il calcolo dell'altezza di miscelamento.

Nell'Appendice E sono riportati gli elaborati grafici relativi ai parametri meteorologici calcolati e presi in considerazione nelle seguenti simulazioni diffusionali.



5.9 Procedura IX - Determinazione delle portate di inquinanti emesse al camino (valori di emissione considerati per il calcolo diffusionale)

Un quadro riassuntivo degli impianti sottoposti a studio di valutazione di impatto ambientale è riportato in tabella seguente, catalogati secondo la sigla Solvay e la sigla usata nel modello. Nella tabella vengono evidenziate le tipologie di inquinante analizzate.

Tabella - Impianti considerati nello studio di impatto.

Sigla Solvay	Sigla ISC	Descrizione Impianto	fase 1	fase2.	Inquinanti Modellati
E2	E2	Caldaia GNHP3			PTS - NO _x - SO ₂ - CO
E3	E3	Caldaie GNSP1 e GNSP2			PTS - NO _x - SO ₂ - CO
E4	E4	Caldaia GNSP3			PTS - NO _x - SO ₂ - CO
-	E5-E6	Impianto di cogenerazione			NO _x - CO

I valori di portate di inquinanti considerati come di funzionamento rappresentativo delle reali condizioni di marcia degli impianti sono riportati nella tabella che segue.

Tabella - Portate emissive di inquinanti considerate per analisi diffusionale con ISC3-ST

Camini di emissione	Emissione di NO _x	Emissione di SO ₂	Emissione di CO	Emissione di PTS
	[g/s]	[g/s]	[g/s]	[g/s]
E2	13.50	16.57	0.607	1.079
E3	14.23	74.9	0.464	4.877
E4	5.30	10.64	14.739	0.693
E5	22.09	-	18.41	-
E6	22.09	-	18.41	-



I valori sono elaborati sulla base delle misure effettuate sui camini di emissione Solvay da Ambiente srl nel periodo aprile-dicembre 1996 e sulla base delle misure delle emissioni di SO₂ misurate sugli stessi camini da Solvay SA.

Per il calcolo delle portate sono stati utilizzati i valori di portate dei fumi medi rilevati durante le campagne di misura al camino svolte da Ambiente srl.

Ulteriori dati che caratterizzano i punti di emissione sono riportati nella tabella seguente

Camino	Velocità fumi allo sbocco	Portata fumi umidi in volume	Altezza camino	Temperatura fumi allo sbocco
	[m/s]	[m ³ /s]	[m]	[°C]
E2	3.0	57.0	100 + 9,30	136.2
E3	5.3	73.4	80 + 9,30	124.6
E4	2.4	37.0	80 + 9,30	133.5
E5	23,08	589,0	40 + 8,55	132
E6	23,08	589,0	40 + 8,55	132



6 - RISULTATI DEL LAVORO

Lo studio è stato svolto considerando due differenti scenari che rispecchiano la situazione dell'area in due distinte fasi temporali:

- fase 1) Situazione attuale: sono presenti cinque centrali termiche con tre punti di emissione alimentate a gas naturale, olio combustibile, idrogeno e gas residui di fabbricazione
- fase 2) Situazione futura (al termine della realizzazione dell'impianto di cogenerazione): verranno completamente fermate le caldaie attuali (una sola caldaia rimarrà come eventuale riserva nel caso di fermata dell'impianto di cogenerazione e pertanto non verrà considerata come sorgente emissiva) e verrà avviato l'impianto di cogenerazione descritto in precedenza. L'impianto di cogenerazione a ciclo combinato è alimentato a gas naturale (esiste la possibilità di alimentarlo anche a gasolio, ma solo in caso di emergenza per mancanza di fornitura gas dalla rete)

I risultati riportati nel presente studio hanno quindi lo scopo di chiarire l'impatto ambientale delle emissioni nella situazione futura (fase 2) rispetto ai livelli attuali (fase 1).

Analizzare gli impatti di un impianto di nuova realizzazione significa esaminare le alterazioni che l'intervento viene ad introdurre rispetto alla situazione ambientale pregressa.

Tale verifica è stata effettuata utilizzando due diversi approcci :

1. determinazione dei quantitativi di inquinanti che globalmente vengono immessi in atmosfera ;
2. studio dell'influenza sullo stato della qualità dell'aria risultante dal modello di simulazione di diffusione degli inquinanti (ISC3).



Confronto fra i flussi globali di inquinante emesso in atmosfera

I valori ottenuti dalla stima dei flussi globali nella configurazione attuale, calcolati sulla base dei fattori EPA dal 1991 al 1996, vengono messi a confronto con i quantitativi globali di emissione nella configurazione futura.

I diagrammi riportati nelle figure, per ciascuna tipologia di inquinante, rappresentano rispettivamente :

graf. 1 le emissioni globali dell'inquinante in studio dal 1991 al 1996 nella situazione attuale e nella situazione futura con impianto di cogenerazione

graf. 2 le emissioni dell'inquinante riferite alla unità di energia primaria introdotta nel sistema come combustibile dal 1991 al 1996 nella situazione attuale e nella situazione futura con impianto di cogenerazione

Confronto fra le ricadute di inquinanti al suolo

Il codice diffusionale è stato utilizzato nella duplice versione di *Short Term* e di *Long Term* per verificare sia gli impatti sul breve periodo (medie orarie) sia sul lungo periodo (medie annuali).

Valutazione Short Term

La modellazione di *Short-Term* utilizzata nel presente studio é finalizzata a simulare condizioni particolarmente sfavorevoli (l'analisi eseguita viene anche detta di carattere "sanitario"): in questo modo si ottengono infatti le massime concentrazioni previste nelle zone più sensibili dal punto di vista ambientale. I risultati ottenuti dall'analisi di short term secondo il modello diffusionale scelto vengono riportati per tipologia di inquinante:

- ossidi di azoto (NO_x) (fase 1 e fase 2);
- polveri in genere (PTS) (fase 1);
- monossido di carbonio (CO) (fase 1 e fase 2);
- biossido di zolfo (SO₂) (fase 1);



Per alcuni inquinanti che nella situazione futura risultano praticamente assenti (PTS e SO₂) non è stata effettuata la valutazione delle ricadute. Per ogni tipo di inquinante allo studio sono state effettuate le necessarie elaborazioni grafiche per evidenziare l'effetto di ricaduta degli inquinanti secondo lo Short Term. Tali elaborazioni sono riportate in Appendice F.

Valutazione Long Term

In Appendice G sono riportati invece gli elaborati grafici corrispondenti ai valori di concentrazione al suolo massimi medi su periodi annuali, ottenuti con modellistica diffusionale di Long Term.

Nella situazione futura (fase 2 di studio) tale metodologia di analisi è stata percorsa soltanto per quanto riguarda la valutazione degli impatti degli ossidi di azoto dato che, per quanto attiene al monossido di carbonio (CO), già in prima analisi con una simulazione di Short Term, si è potuto verificare un impatto estremamente basso.

Per ogni inquinante analizzato vengono indicati in una tabella riassuntiva i valori massimi registrati nelle peggiori condizioni meteorologiche possibili.

Occorre però nuovamente precisare che in tali tabelle vengono riportati i massimi carichi di concentrazione inquinante rilevabili durante il periodo in esame, ovverosia relativi alla peggiore situazione che si può rilevare nell'arco dell'anno in corrispondenza delle situazioni meteorologiche più sfavorevoli, ad un'altezza di 2 m dal suolo (altezza delle stazioni di misura della qualità dell'aria).

Per un corretto confronto con i valori limite e guida contemplati dalla normativa italiana occorre invece calcolare il valore del percentile o mediana, valori certamente inferiori a quelli riportati: tali valori sono stati calcolati e riportati nel paragrafo 6.3.



6.1.1 Ossidi di azoto (NO_x)

Gli ossidi di azoto vengono generati in tutti i processi di combustione, perché questi vengono sempre eseguiti in eccesso d'aria: quindi, a seconda delle temperature di processo si realizzano reazioni di ossidazione dell'azoto.

L'ossido di azoto, NO , non ha molta rilevanza tossicologica, ma in presenza dei composti organici volatili produce con facilità NO_2 , che è il composto più dannoso per la salute dell'uomo. L' NO_2 una volta in atmosfera può dare anche origine alle fenomenologie tipiche della formazione dello smog fotochimico. Il biossido di azoto è un buon agente ossidante e può danneggiare direttamente le vie respiratorie, oltre ad agire indirettamente aumentando la suscettibilità nei confronti delle infezioni. Irritazioni in soggetti sani si ottengono con brevi esposizioni a concentrazioni superiori a $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ma in soggetti asmatici i primi sintomi di insufficienza respiratoria si hanno con brevi esposizioni a concentrazioni di circa $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

I limiti di $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per 1 ora e di $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (medio) per 24 ore vengono ritenuti sufficienti per evitare che vengano raggiunti i valori critici per i soggetti più deboli, o comunque favorevoli all'instaurarsi di patologie croniche.

Confronto fra i flussi globali di inquinante emesso in atmosfera

I quantitativi di ossidi di azoto globali emessi in atmosfera sono sostanzialmente legati a tre tipologie di fattori :

- tipo di combustibile utilizzato
- tipo di combustore utilizzato
- rendimento degli impianti di utilizzo
- tipo di regime di combustione utilizzato in marcia

Per quanto riguarda i primi tre parametri l'utilizzo dei fattori di emissione EPA utilizzati permette di tenere debitamente conto del variare dei parametri.



Con i fattori di emissione utilizzati si è infatti in grado di calcolare i volumi di inquinante prodotto sulla base della tipologia (tenore di zolfo) e dei quantitativi di combustibile utilizzato e della diversa taglia degli impianti di combustione.

Sulla base dei quantitativi e delle tipologie di combustibile utilizzato dagli stabilimenti Solvay, è stata condotta una indagine comparativa sui livelli di emissione a partire dal 1991.

I grafici che si riportano permettono di trarre alcune conclusioni :

- i livelli globali emessi annualmente risultano sostanzialmente invariati nel corso degli anni. Nella configurazione futura, con l'inserimento del nuovo impianto di cogenerazione in sostituzione degli impianti attuali, non si assiste ad una sostanziale variazione dei livelli globali di ossidi di azoto emessi, anche in presenza di un incremento notevole di combustibili utilizzati. Tale condizione è dovuta a diversi fattori, il primo dei quali è sicuramente l'utilizzo di un combustibile a minore impatto in termini di produzione di ossidi di azoto. Inoltre i particolari sistemi di combustione adottati (camere di combustione dry low-NOX) sono in grado di ridurre drasticamente le concentrazioni in emissione rispetto alla configurazione attuale
- i livelli di ossidi di azoto prodotti per unità di energia in ingresso utilizzata (valutata in termini di GJ immessi) dal sistema di conversione energetica, permettono di apprezzare un ulteriore fattore di riduzione delle emissioni dovuto all'adozione di sistemi ad elevato rendimento energetico, in grado cioè di garantire un minore consumo delle fonti energetiche primarie.



figura - Emissioni globali di NO_x 1991-1996 valutate su stime con Fattori Emissione US EPA

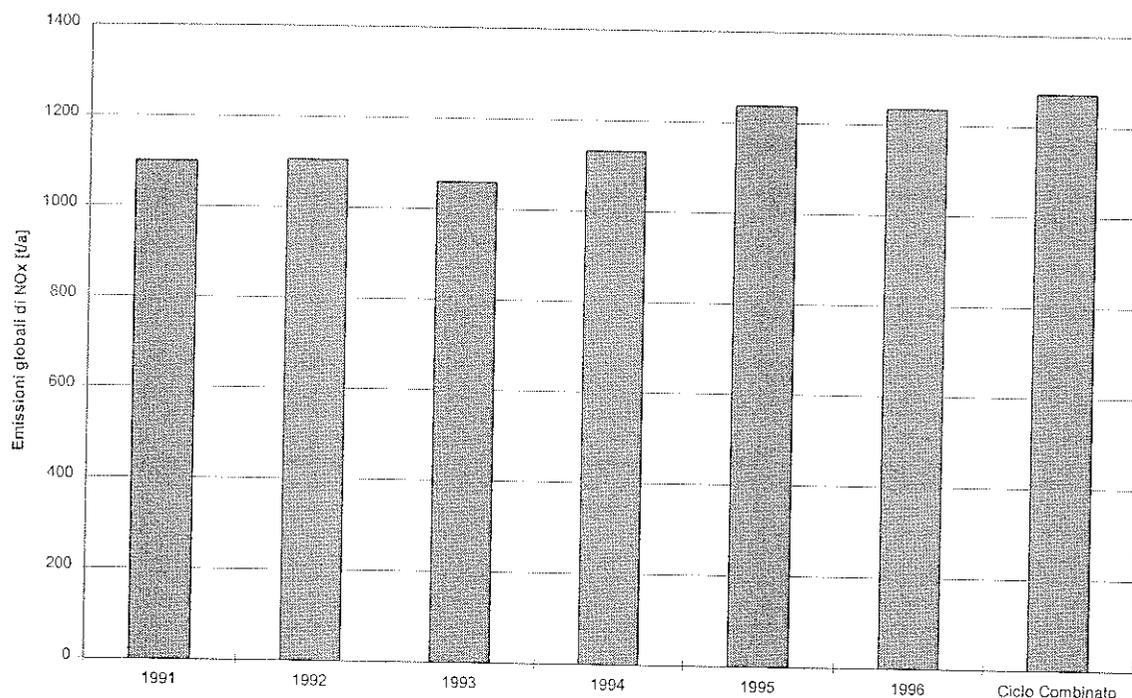
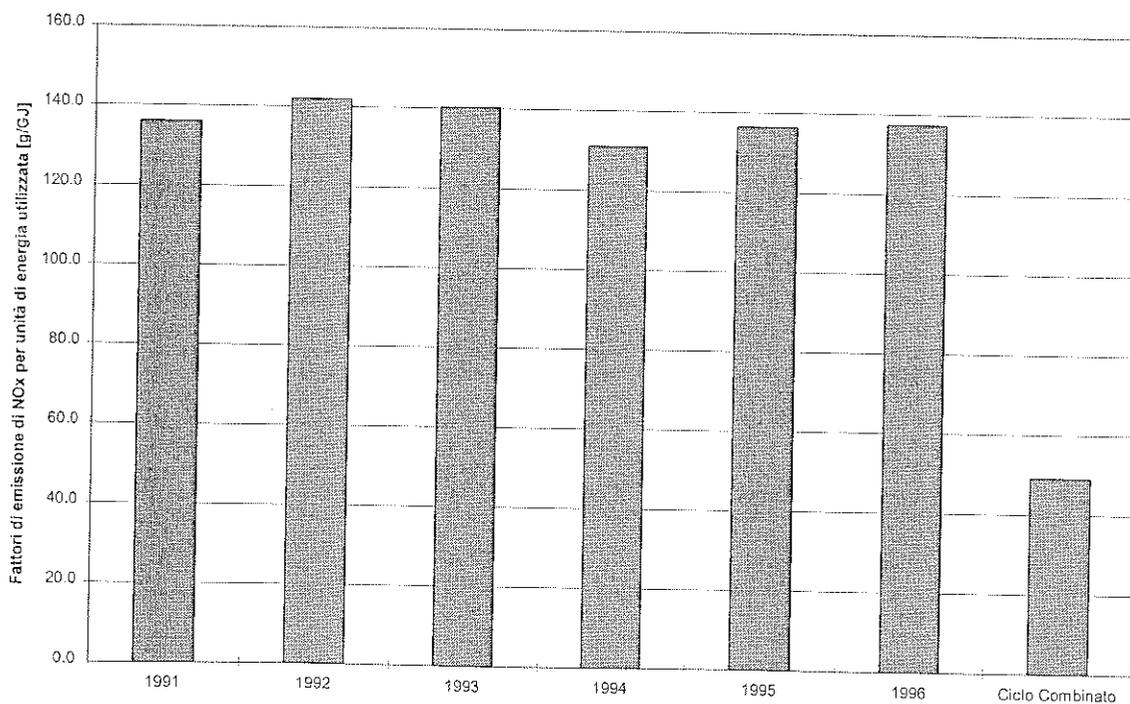


figura - Emissioni globali di NO_x relative ad energia utilizzata (1991-1996) valutate su stime con Fattori Emissione US EPA





La sostituzione degli impianti porta quindi ad un sostanziale miglioramento legato al fatto che l'impianto di cogenerazione è in grado di avere un migliore rapporto tra combustibile utilizzato e impatto ambientale derivante. Tale fattore è evidenziato anche dalla riduzione delle concentrazioni di NO_x che si vanno ad introdurre nel passaggio da uno scenario all'altro.

Confronto fra le ricadute di inquinanti al suolo

L'analisi dei dati risultanti dalla simulazione condotta con ISC3 sui livelli di ricaduta al suolo, determina il valore massimo raggiungibile nelle due fasi di studio. Come già evidenziato in precedenza (procedura V), sulla base delle ipotesi conservative adottate, i risultati saranno nel seguito riportati con la dicitura di NO_x in quanto in termini di ricaduta i calcoli diffusionali effettuati nel presente lavoro non tengono conto di trasformazioni chimiche e fotochimiche (ragione per cui la misura al suolo effettuata è relativa alla diffusione dell'intero campione di ossidi di azoto e non dei soli NO₂ emessi e NO₂ trasformati da NO).

Tali valori sono riportati nella seguente tabella assieme . Non è però possibile effettuare con tali dati un raffronto diretto con i valori normativi in quanto, mentre i valori calcolati sono dei valori massimi, i valori indicati dalla normativa si riferiscono a valori calcolati con il 98 percentile . Nei paragrafi successivi verranno pertanto calcolati i nuovi valori per effettuare un confronto diretto.

Tabella - quadro riassuntivo valori massimi di ricaduta calcolati relativamente agli NO_x.

Valore massimo (fase 1)	95.1 µg/m ³ (media oraria)
Valore massimo (fase 2)	79.4 µg/m ³ (media oraria)

Relativamente alle concentrazioni di NO_x si devono sottolineare alcuni aspetti:

- i grafici riassuntivi dei massimi di concentrazione raggiungibili mostrano valori di una certa entità in ciascuna delle due fasi, quindi gli ossidi di azoto risultano essere un inquinante caratteristico delle emissioni prodotte nell'area in tutte le fasi storiche di analisi ;



- ❑ l'accensione della centrale di cogenerazione, porta ad un miglioramento, sebbene limitato, in termini di qualità dell'aria.

Si deve sottolineare ulteriormente come, nel corso delle simulazioni effettuate si sia dovuto ricorrere, per ragioni conservative, a delle stime che risultano penalizzanti per la situazione futura. Infatti nelle simulazioni, come valori di emissioni specifiche future sono stati considerati i valori limite per i quali è stato autorizzato il funzionamento dell'impianto. In effetti, i valori reali di emissioni specifiche, in condizioni normali di funzionamento, risulteranno al di sotto di tali limiti. Questa approssimazione risulta penalizzante, nella comparazione, per la situazione futura che in termini reali risulterà migliore di quanto stimato con le simulazioni.

Sono stati scelti come campione d'indagine, alcuni particolari punti dell'area per i quali è preferibile avere una visualizzazione singola dei risultati. Anche in tal caso sono stati considerati i valori di concentrazioni massime registrate nel corso dell'anno scelto

I punti prescelti sono :

- ❑ Rosignano Solvay - in centro abitato all'angolo tra via dei Mille e via di Crocetta
- ❑ Rosignano Marittimo - In località La Fonte
- ❑ Castiglioncello - presso Castello Pasquini
- ❑ Vada - P.zza Garibaldi nel centro abitato di Vada
- ❑ Località Le Morelline - in corrispondenza con la localizzazione della stazione mobile di monitoraggio della qualità dell'aria con la quale è stata effettuata una campagna di misura nel 1991
- ❑ Località Lillatro - in corrispondenza con la localizzazione della stazione mobile di monitoraggio della qualità dell'aria con la quale è stata effettuata una campagna di misura nel 1991
- ❑ Località Le Bagnolese - area abitativa prossima agli impianti della configurazione futura



I valori risultanti del monitoraggio effettuato vengono riportati (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) nella tabella seguente insieme alla caratterizzazione del punto di monitoraggio specifico (coordinate UTM del punto e quota altimetrica corrispondente).

Tabella - Risultati monitoraggio puntuale di siti particolari

Sito	Coord. [X-UTM]	Coord. [Y-UTM]	Quota [ms.l.m]	Concentr. massima [mcg/Nmc] FASE 1	Concentr. massima[m] [mcg/Nmc] FASE 2
Rosignano Solvay (via dei Mille ang. Crocetta)	1.617.000	4.806.000	24.5	71.5	33.0
Rosignano Marittimo (Loc. La Fonte)	1.619.500	4.807.000	126.5	81.8	58.9
Castiglioncello (Castello Pasquini)	1.614.500	4.807.000	50.0	56.5	54.9
Vada (P.zza Garibaldi)	1.618.000	4.801.000	2.6	52.5	31.3
Morelline	1.618.500	4.805.500	29.2	63.3	31.5
Lillatro	1.616.000	4.804.500	1.9	78.5	23.6
La Bagnolese	1.618.000	4.805.000	22.0	68.4	25.1

Anche da queste ulteriori elaborazioni è possibile verificare una sostanziale riduzione degli impatti al suolo derivanti al passaggio dallo scenario attuale (fase 1) allo scenario futuro (fase 2).



6.1.2 Monossido di carbonio (CO)

Il CO è un inquinante molto diffuso in atmosfera e il traffico autoveicolare è uno dei principali responsabili di questa tipologia di emissioni.

Il CO prodotto dagli autoveicoli viene emesso a pochissima distanza dal suolo e quindi viene respirato dagli esseri umani prima di essere diluito nell'atmosfera.

L'impatto di un impianto con emissioni al camino è invece inverso, ovvero si ha prima una diluizione e successivamente una ricaduta al suolo. Per questo genericamente si può ritenere che, per tale tipologia di inquinante, le emissioni da sistemi di combustione dotati di sistemi di scarico atmosferici (camini) ben progettati siano in grado di non apportare mutamenti particolari rispetto ai normali valori di concentrazioni di fondo scala.

Una volta respirato è immesso nella circolazione sanguigna; il danno maggiore provocato dal CO è quello di legarsi con il ferro posto al centro di una molecola di emoglobina, in modo da formare una molecola di carbossiemoglobina. Questo legame è molto forte e impedisce che l'ossigeno, destinato a legarsi al ferro, vi si possa legare realmente. Questo fatto determina una riduzione della capacità di trasporto dell'ossigeno da parte del sangue verso i tessuti periferici.

La permanenza in luoghi con concentrazioni intorno a circa 20 mg/m³ per più ore consecutive può portare, nei soggetti con malattie coronariche, particolarmente sensibili all'ossido di carbonio, a una crisi di angina o uno stato di ischemia.

Confronto fra i flussi globali di inquinante emesso in atmosfera

Per tale tipologia di inquinante, risulta difficoltoso e non molto attendibile procedere ad una analisi quantitativa degli inquinanti emessi nel passato in virtù della estrema variabilità in funzione del rendimento di combustione, dell'assetto di marcia delle caldaie e dei combustibili utilizzati..

Per la tipologia del futuro impianto a Ciclo Combinato è importante puntualizzare che il suo impatto in termini di monossido di carbonio prodotto è molto basso.



Sistemi come quello che verrà installato nell'area Solvay sono infatti in grado di realizzare elevati rendimenti di combustione sia per la natura del combustibile, che per la caratteristica della camera di combustione utilizzata.

Confronto fra le ricadute al suolo

L'analisi dei dati risultanti dalla simulazione della situazione futura evidenzia come la concentrazione di tale inquinante sia da ritenersi estremamente limitata rispetto ai corrispondenti limiti di qualità dell'aria, anche in presenza di un leggerissimo incremento in termini assoluti degli impatti rispetto allo scenario attuale (determinati dall'incremento sostanziale di energia prodotta).

Tabella - quadro riassuntivo sui valori massimi di ricaduta calcolati relativamente al CO.

Valore massimo (fase 1)	0.064 mg/m ³ (media oraria)
Valore massimo (fase 2)	0.066 mg/m ³ (media oraria)

A conforto di quanto detto si può facilmente apprezzare, dalla tabella riportata, come i valori di concentrazione massimi misurati al suolo siano di tre ordini di grandezza inferiori rispetto ai livelli limite previsti per la qualità dell'aria.



6.1.3 Particolato solido totale (PTS)

Il particolato solido proviene principalmente dai trasporti (circa 55%), ma altre fonti importanti sono rappresentate dalle centrali termoelettriche (13-14%), dall'industria (12%), dai servizi e abitazioni (11-12%).

Il particolato viene distinto in base alla granulometria ovvero al diametro delle particelle: particelle fini (fino a $1 \mu\text{m}$), particelle medie (fino a $100 \mu\text{m}$) e particelle grossolane (oltre $100 \mu\text{m}$). La stragrande maggioranza delle particelle ha un diametro compreso entro i $10 \mu\text{m}$, ed è prodotta dalle emissioni industriali, dai processi di combustione e dalla trasformazione atmosferica di gas in particelle. Le altre particelle sono in netta minoranza e sono prodotte prevalentemente da processi meccanici.

I danni principali prodotti dal particolato solido sono sicuramente quelli apportati all'apparato respiratorio.

La maggior parte delle particelle viene intercettata quando passa nelle prime vie respiratorie per impatto inerziale (particelle più grosse). Nei bronchioli si verifica la sedimentazione dovuta alla gravità (particelle tra 0.5 e $2.0 \mu\text{m}$), che può avvenire in canali stretti con velocità di flusso alte. Infine negli alveoli e nei dotti aerei si verifica la diffusione browniana, che riguarda le particelle ancora più piccole.

Le particelle grosse generano quindi effetti irritativi immediati (secchezza e infiammazione della gola), che la capacità mucociliare delle vie respiratorie di espellere nel muco le particelle, può ridurre e annullare in poco tempo.

Le particelle fini invece arrivano fino nelle parti più interne e richiedono tempi lunghissimi per essere espulse: possono facilmente provocare una costrizione riflessa dei vasi sanguigni, causare fibrosi polmonare e indurre degenerazioni maligne.

A questi fatti va aggiunta inoltre la considerazione che più le particelle sono fini e più tendono ad adsorbire altre specie inquinanti (idrocarburi policiclici aromatici, diossine, ioni metallici etc), a causa della loro elevata area superficiale. Quindi



queste particelle finiscono per trasportare queste specie inquinanti fin nelle parti più interne dell'apparato respiratorio aumentando i possibili rischi tossicologici.

Ovviamente la capacità delle particelle di arrivare nelle parti più interne dipende anche dalla attività respiratoria (in uno sforzo fisico la ventilazione aumenta, e quindi anche la penetrazione delle particelle aumenta) e dal tipo di respirazione (nasale o orale).

In conclusione si può dire che il rischio sanitario derivante dalle particelle sospese è tanto più intenso, quanto più piccole sono le loro dimensioni e quanto maggiore è il carico inquinante che sono in grado di trasportare sulla loro superficie.

Confronto fra i flussi globali di inquinante emesso in atmosfera

Per tale inquinante si può osservare come negli anni si sia avuta una consistente riduzione nelle emissioni. Tale inquinante è caratteristico dell'utilizzazione di alcuni specifici combustibili, risultando quasi assente nel caso di combustione di gas naturale: si registrerà quindi un notevole miglioramento derivante dallo spegnimento degli impianti attuali.

Le figure seguenti permettono di evidenziare una chiara riduzione nel tempo dei volumi di particolato complessivamente immessi in atmosfera.

Tale fattore di riduzione è sostanzialmente dovuta ad un utilizzo sempre maggiore di combustibili dalle caratteristiche sempre più marcatamente "ecologiche".



figura - Emissioni globali di PTS 1991-1996 valutate su stime con Fattori Emissione US EPA

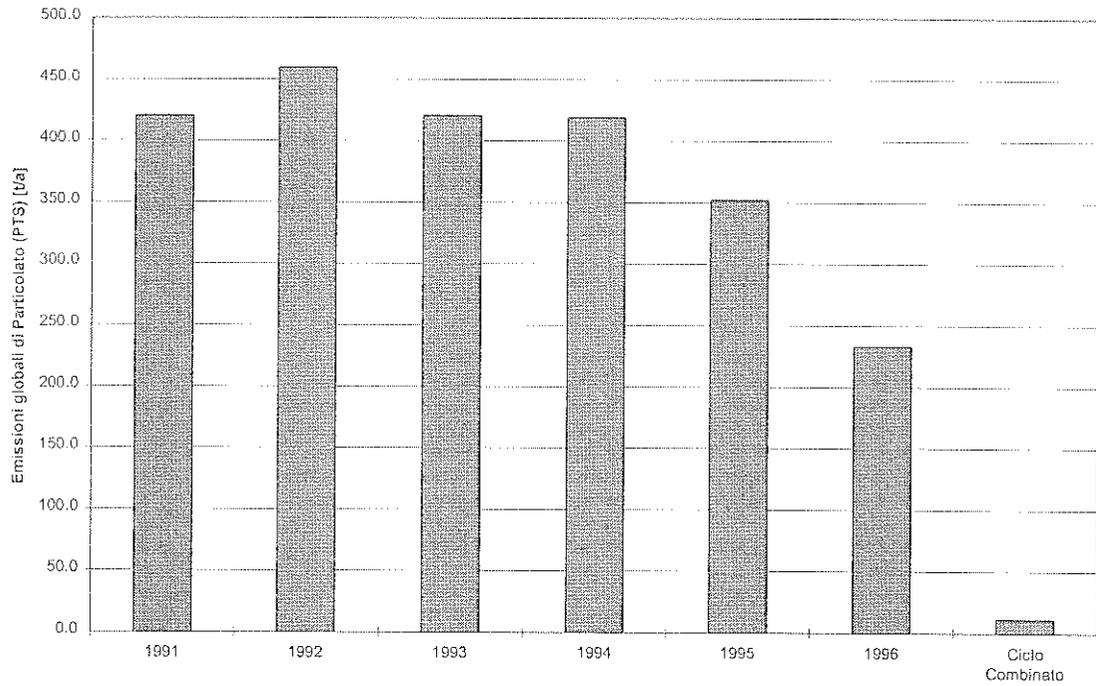
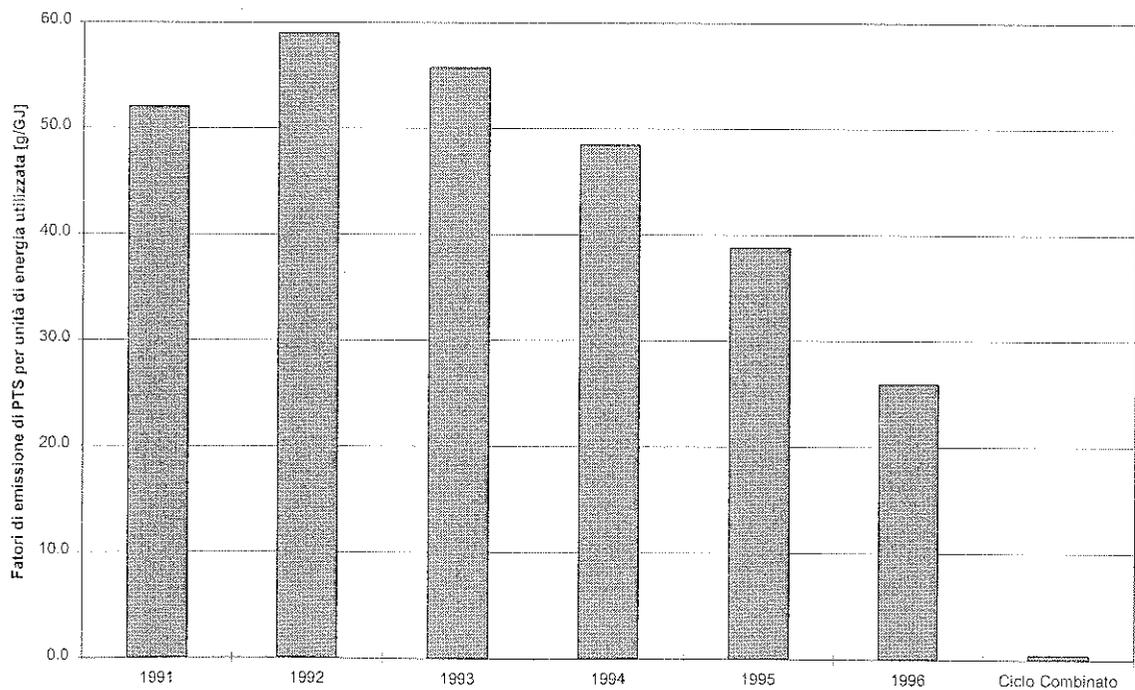


figura - Emissioni globali di PTS relative ad energia utilizzata (1991-1996) valutate su stime con Fattori Emissione US EPA





Confronto fra le ricadute al suolo

Per il particolato così come per gli ossidi di zolfo l'emissione nella configurazione impiantistica futura è limitata ad alcune impurità che possono essere presenti nel gas naturale. Pertanto la simulazione con il codice di calcolo ISC3 è stata effettuata solo per la situazione attuale.

Tabella - quadro riassuntivo sui valori massimi di ricaduta calcolati relativamente al Particolato (PTS).

Valore massimo (fase 1)	ca 7,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (media giornaliera)
Valore massimo (fase 2)	trascurabile
Valore massimo (fase 1)	ca 19,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (media oraria) *
Valore massimo (fase 2)	trascurabile

* per i valori di concentrazione su media oraria non esistono valori limite normativi sulla qualità dell'aria. La verifica del rispetto normativo deve essere effettuata solo sulla base dei valori medi sulle 24 ore.

Nel caso del particolato (PTS) il monitoraggio effettuato sui valori massimi di concentrazioni medie orarie registrate su di un anno di simulazione, è stata effettuata per il solo scenario attuale di configurazione impiantistica.

I valori risultanti del monitoraggio effettuato vengono riportati (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) nella tabella seguente insieme alla caratterizzazione del punto di monitoraggio specifico (coordinate UTM del punto e quota altimetrica corrispondente).



Tabella - Risultati monitoraggio puntuale di siti particolari

Sito	Coord. [X-UTM]	Coord. [Y-UTM]	Quota [m s.l.m.]	Concentrazione massima oraria [mcg/Nmc] FASE 1
Rosignano Solvay (via dei Mille ang. Crocetta)	1.617.000	4.806.000	24.5	15.2
Rosignano Marittimo (Loc. La Fonte)	1.619.500	4.807.000	126.5	7.6
Castiglioncello (Castello Pasquini)	1.614.500	4.807.000	50.0	12.0
Vada (P.zza Garibaldi)	1.618.000	4.801.000	2.6	7.8
Morelline	1.618.500	4.805.500	29.2	10.5
Lillatro	1.616.000	4.804.500	1.9	17.0
La Bagnolese	1.618.000	4.805.000	22.0	12.9



6.1.4 Biossido di zolfo (SO₂)

Il biossido di zolfo è originato dalla combustione di sostanze che contengono zolfo (carbone, oli combustibili, gasoli etc.).

Comunque tutti i combustibili fossili contengono zolfo e quindi anche i processi di combustione nelle centrali termoelettriche, nei motori per autoveicoli, negli impianti di riscaldamento a gasolio etc. contribuiscono ad innalzare il tenore in SO₂.

La sua ossidazione ad anidride solforica (SO₃), fattibile da un punto di vista termodinamico in un ambiente ossidante come quello atmosferico, è assai lenta e quindi l'anidride solforosa risulta praticamente stabile rispetto al processo di ossidazione.

L'anidride solforosa è essa stessa un buon ossidante (viene usato anche come sbiancante): attraverso questa sua proprietà è in grado di produrre effetti irritanti alle congiuntive e alle mucose delle prime vie respiratorie, provocando un aumento sensibile delle relative secrezioni.

Produce danni di minore entità alle vie respiratorie più interne, perché, essendo solubile, viene rapidamente assorbito senza giungere molto all'interno; può produrre danni anche alle vie respiratorie più interne, quando vi giunge adsorbita sulle particelle di pulviscolo (particolato solido).

In queste condizioni diventa corresponsabile di molte malattie polmonari, quali asma, enfisema e tumori.

Studi epidemiologici hanno evidenziato in passato un aumento della mortalità generale (non attribuibile direttamente ad altre cause) là dove venivano raggiunte concentrazioni giornaliere di 500 µg/m³.

L'anidride solforosa che riesce a diffondere nell'atmosfera può trovare il tempo di trasformarsi in anidride solforica e dare inizio al processo di formazione di acido solforico, che come noto è una sostanza fortemente caratterizzante le piogge acide.



Confronto fra i flussi globali di inquinante emesso in atmosfera

Anche in questo caso è possibile evidenziare che già allo stato attuale si sia registrata una sostanziale riduzione dei quantitativi di anidride solforosa prodotta, ad ulteriore conferma del processo di riduzione degli impatti intrapreso con la riduzione dei consumi di combustibili ad elevato tenore di zolfo.

La presenza di anidride solforosa nei fumi di combustione nella configurazione futura è sostanzialmente legata alla presenza di tracce di elementi quali idrogeno solforato (H_2S), presente in alcuni giacimenti di gas naturale. Tale composto gassoso viene normalmente eliminato prima della immissione in rete, per tale motivo si è considerato un fattore di emissione di anidride solforosa pressoché nullo per la configurazione futura.

figura - Emissioni globali di SO_2 1991-1996 valutate su stime con Fattori Emissione US EPA

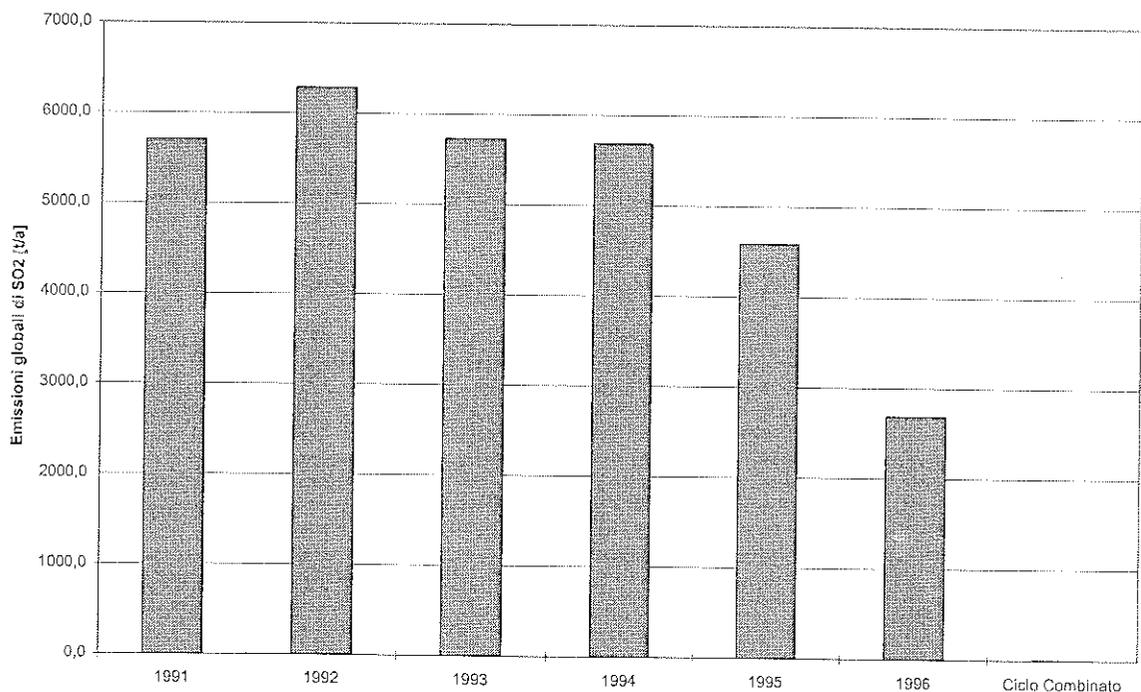
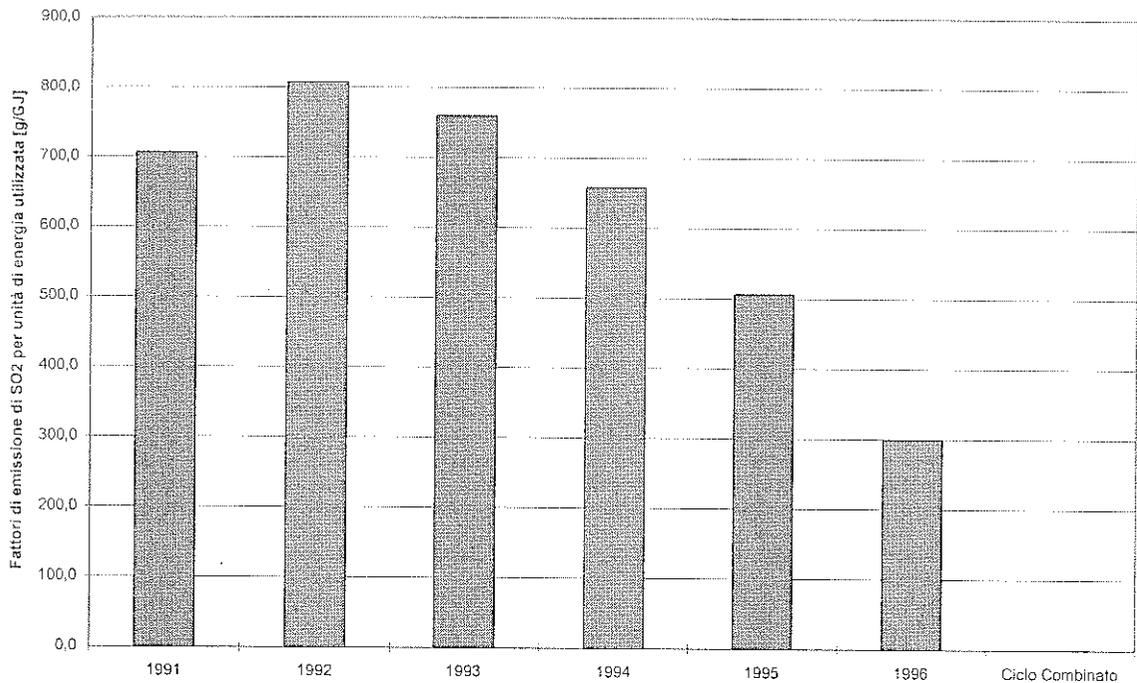




figura - Emissioni globali di SO₂ relative ad energia utilizzata (1991-1996) valutate su stime con Fattori Emissione US EPA



Confronto fra le ricadute al suolo

Per gli ossidi di zolfo, così come per il particolato, l'emissione nella configurazione impiantistica futura è limitata ad alcune impurità che possono essere presenti nel gas naturale. Pertanto la simulazione con il codice di calcolo ISC3 è stata effettuata solo per la situazione attuale.

Tabella - quadro riassuntivo sui valori massimi di ricaduta relativamente agli SO₂.

Valore massimo (fase 1)	111.4 µg/m ³ (media giornaliera)
Valore massimo (fase 2)	trascurabile
Valore massimo (fase 1)	296.9 µg/m ³ (media oraria) *
Valore massimo (fase 2)	trascurabile

* per i valori di concentrazione su media oraria non esistono valori limite normativi sulla qualità dell'aria. La verifica del rispetto normativo deve essere effettuata solo sulla base dei valori medi sulle 24 ore.



Nel caso degli ossidi di zolfo il monitoraggio effettuato sui valori massimi di concentrazioni medie orarie registrate su di un anno di simulazione, è stata effettuata per lo scenario attuale di configurazione impiantistica.

I valori risultanti del monitoraggio effettuato vengono riportati (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) nella tabella seguente insieme alla caratterizzazione del punto di monitoraggio specifico (coordinate UTM del punto e quota altimetrica corrispondente).

Tabella - Risultati monitoraggio puntuale di siti particolari

Sito	Coord. [X-UTM]	Coord. [Y-UTM]	Quota [m s.l.m.]	Concentrazione massima oraria [mcg/Nmc] Fase 1
Rosignano Solvay (via dei Mille ang. Crocetta)	1.617.000	4.806.000	24.5	233.3
Rosignano Marittimo (Loc. La Fonte)	1.619.500	4.807.000	126.5	116.7
Castiglioncello (Castello Pasquini)	1.614.500	4.807.000	50.0	183.5
Vada (P.zza Garibaldi)	1.618.000	4.801.000	2.6	119.0
Morelline	1.618.500	4.805.500	29.2	160.7
Lillatro	1.616.000	4.804.500	1.9	139.8
La Bagnolese	1.618.000	4.805.000	22.0	186.0



6.2 Analisi statistica delle concentrazioni al suolo nella configurazione futura per l'inquinante NOx

Ai fini di una migliore comprensione di quello che potrà essere lo scenario futuro di qualità dell'aria a seguito della messa in marcia del nuovo impianto di cogenerazione a ciclo combinato, si è effettuata una valutazione statistica dell'andamento delle concentrazioni di inquinanti al suolo nel corso di un anno di simulazione.

Per quanto detto in precedenza relativamente agli inquinanti prodotti nella configurazione futura, si è effettuata tale simulazione statistica considerando le emissioni di ossidi di azoto, conducendo un monitoraggio di simulazione esteso ai recettori di interesse già in precedenza evidenziati.

Per ogni specifico ricettore di interesse, sono riportati due diagrammi relativi a:

- istogramma riportante per ciascuna gamma di concentrazione il numero di osservazioni
- distribuzione in cumulata di frequenza delle osservazioni in funzione delle gamme di concentrazioni.

Questa ulteriore valutazione effettuata permette di evidenziare come le isoconcentrazioni di massimo impatto riportate nel precedente paragrafo (risultato delle elaborazioni con ISC3) siano estremamente cautelative in quanto il numero di osservazioni relative a valori prossimi al massimo registrato è estremamente ridotto.

Gli elaborati che seguono sono relativi alle condizioni di impatto al suolo registrate sui punti di monitoraggio già presi in considerazione precedentemente e che vengono di seguito riassunti :

- Rosignano Solvay - in centro abitato all'angolo tra via dei Mille e via di Crocetta



-
- Rosignano Marittimo - In località La Fonte
 - Castiglioncello - presso Castello Pasquini
 - Vada - P.zza Garibaldi nel centro abitato di Vada
 - Località Le Morelline - in corrispondenza con la localizzazione della stazione mobile di monitoraggio della qualità dell'aria con la quale è stata effettuata una campagna di misura nel 1991
 - Località Lillatro - in corrispondenza con la localizzazione della stazione mobile di monitoraggio della qualità dell'aria con la quale è stata effettuata una campagna di misura nel 1991
 - Località Le Bagnolese - area residenziale importante per la sua vicinanza agli impianti



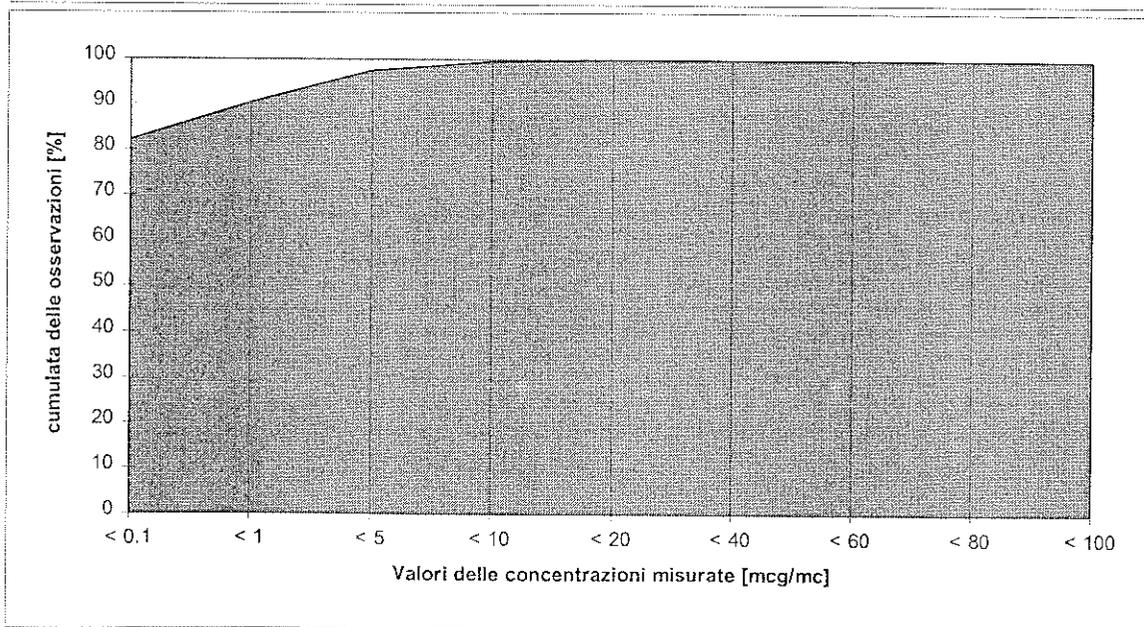
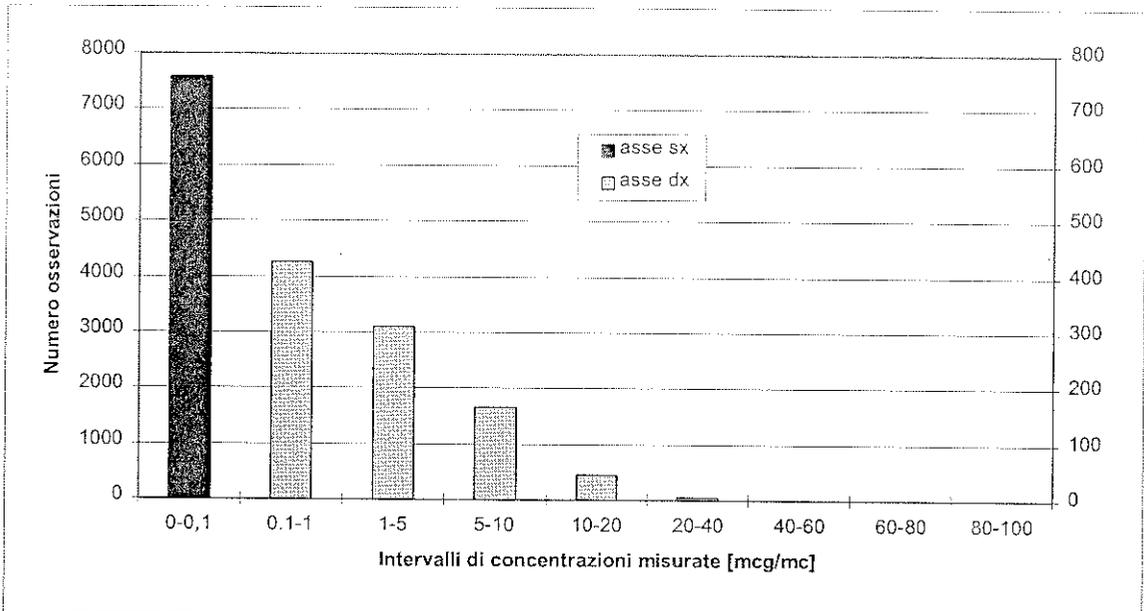
IMPATTO AMBIENTALE CENTRALE A CICLO COMBINATO ROSEN - SOLVAY

Incremento concentrazione inquinanti a 2 metri dal suolo

Rosignano Solvay

RECEPTOR LOCATION: X-UTM: 1.617.000 Y-UTM: 4.806.000

Inquinante monitorato	NOx
Limite di accettabilità Qualità dell'Aria	200 µg/mc
Valore massimo calcolato	33.0 µg/mc
Numero totale osservazioni orarie	8546





IMPATTO AMBIENTALE CENTRALE A CICLO COMBINATO ROSEN - SOLVAY

Incremento concentrazione inquinanti a 2 metri dal suolo

Rosignano Marittimo

RECEPTOR LOCATION: X-UTM: 1.619.500 Y-UTM: 4.807.000

Inquinante monitorato

NOx

Limite di accettabilità Qualità dell'Aria

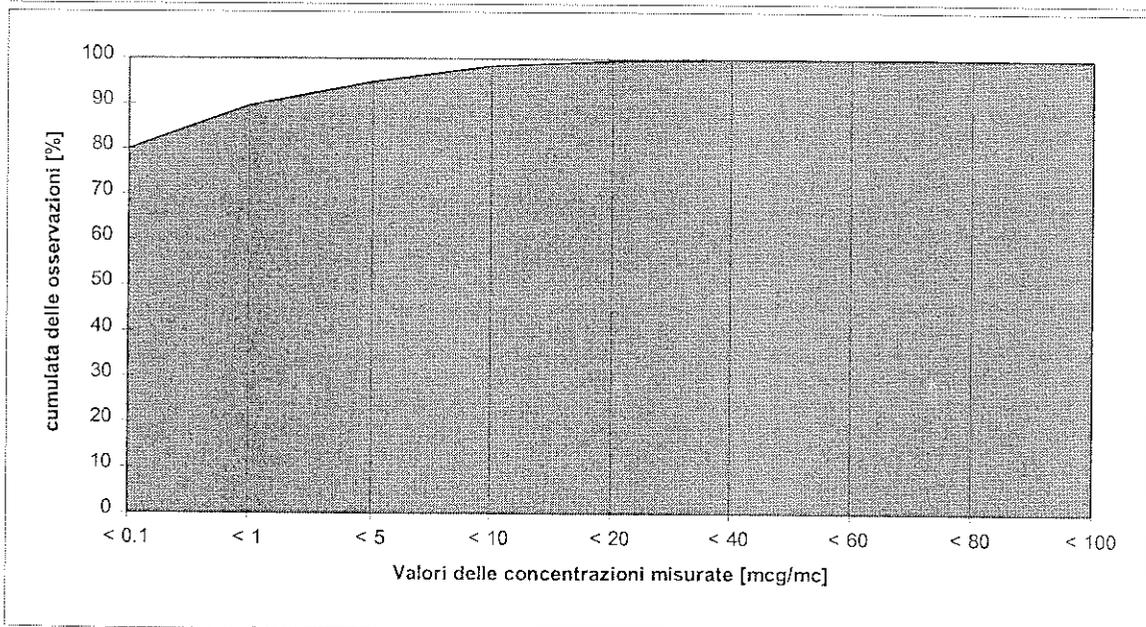
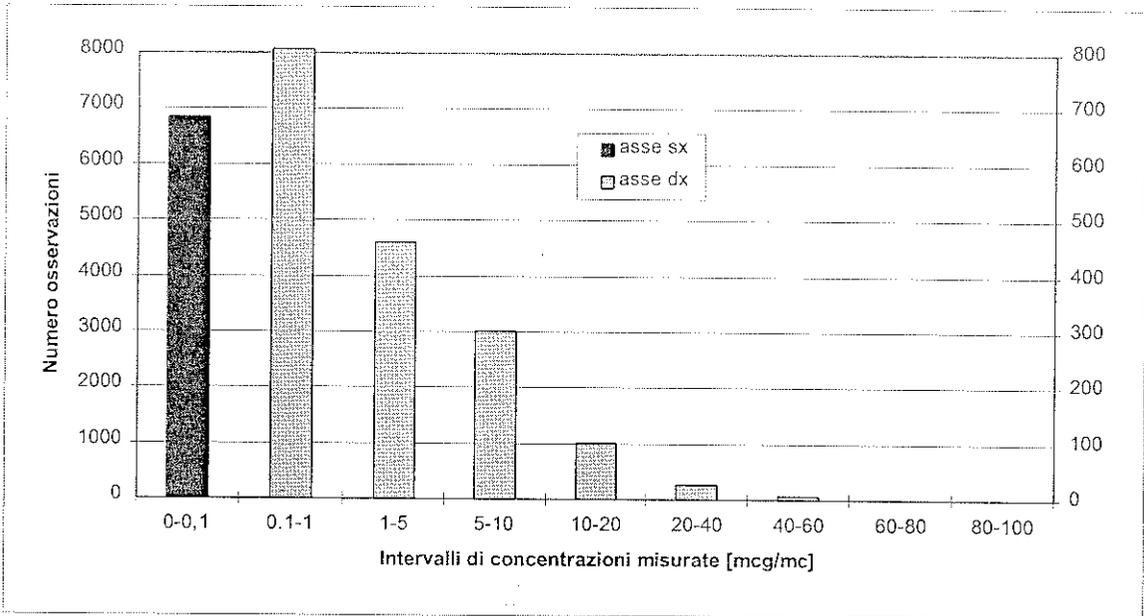
200 µg/mc

Valore massimo calcolato

58.9 µg/mc

Numero totale osservazioni orarie

8546





IMPATTO AMBIENTALE CENTRALE A CICLO COMBINATO ROSEN - SOLVAY

Incremento concentrazione inquinanti a 2 metri dal suolo

Castiglioncello

RECEPTOR LOCATION: X-UTM: 1.614.500 Y-UTM: 4.807.000

Inquinante monitorato

NOx

Limite di accettabilità Qualità dell'Aria

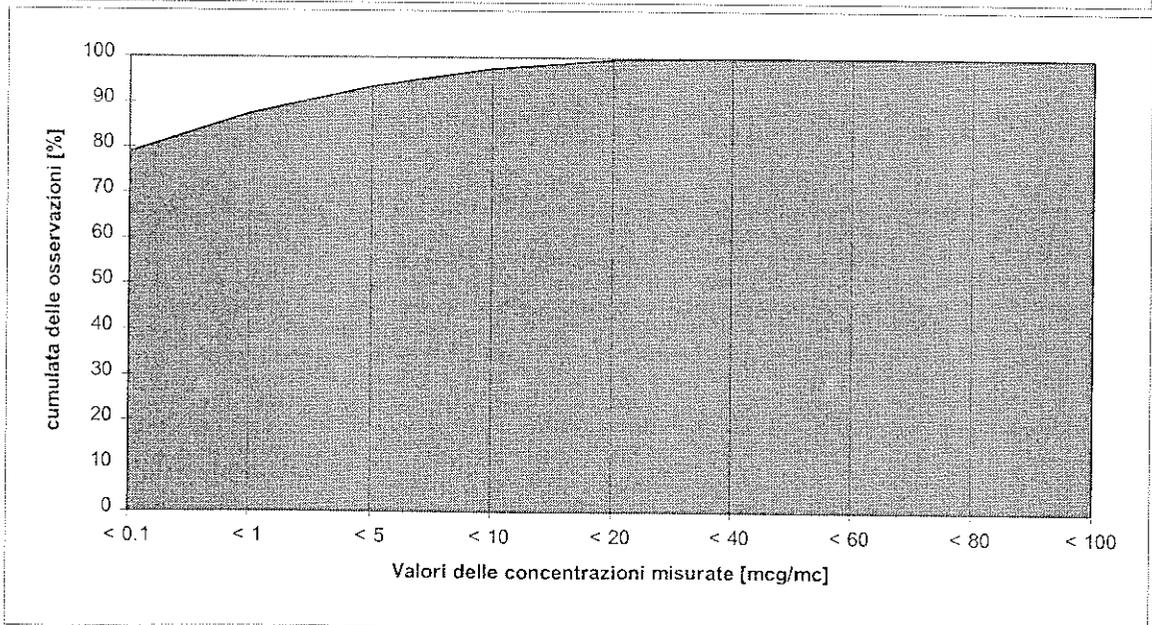
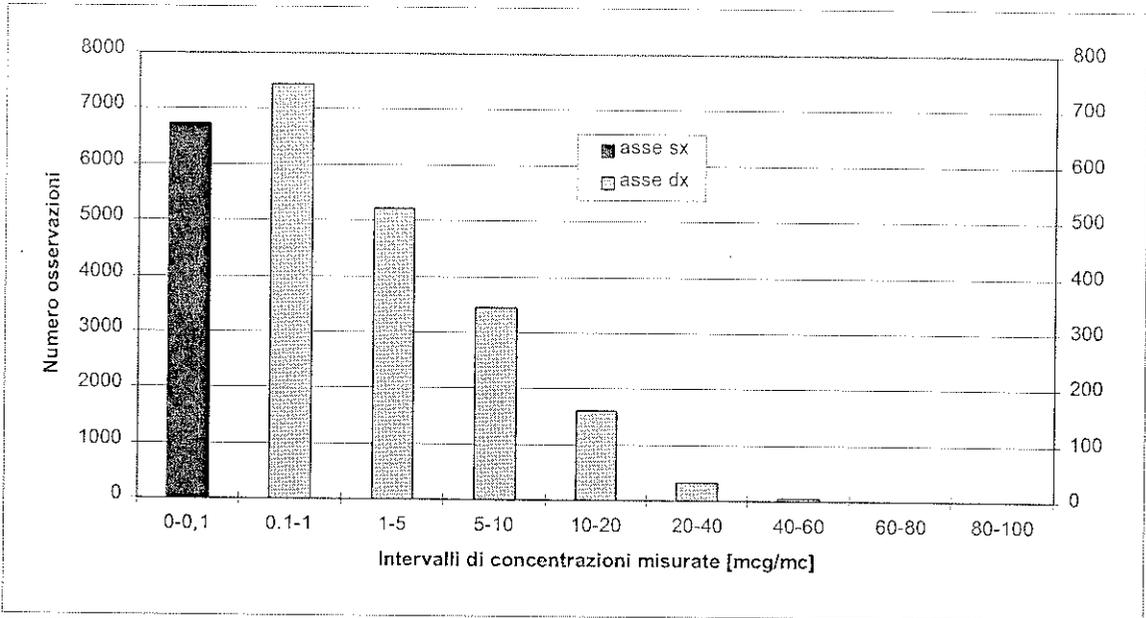
200 µg/mc

Valore massimo calcolato

54.9 µg/mc

Numero totale osservazioni orarie

8546





IMPATTO AMBIENTALE CENTRALE A CICLO COMBINATO ROSEN - SOLVAY

Incremento concentrazione inquinanti a 2 metri dal suolo

Vada

RECEPTOR LOCATION: X-UTM: 1.618.000 Y-UTM: 4.801.000

Inquinante monitorato

NOx

Limite di accettabilità Qualità dell'Aria

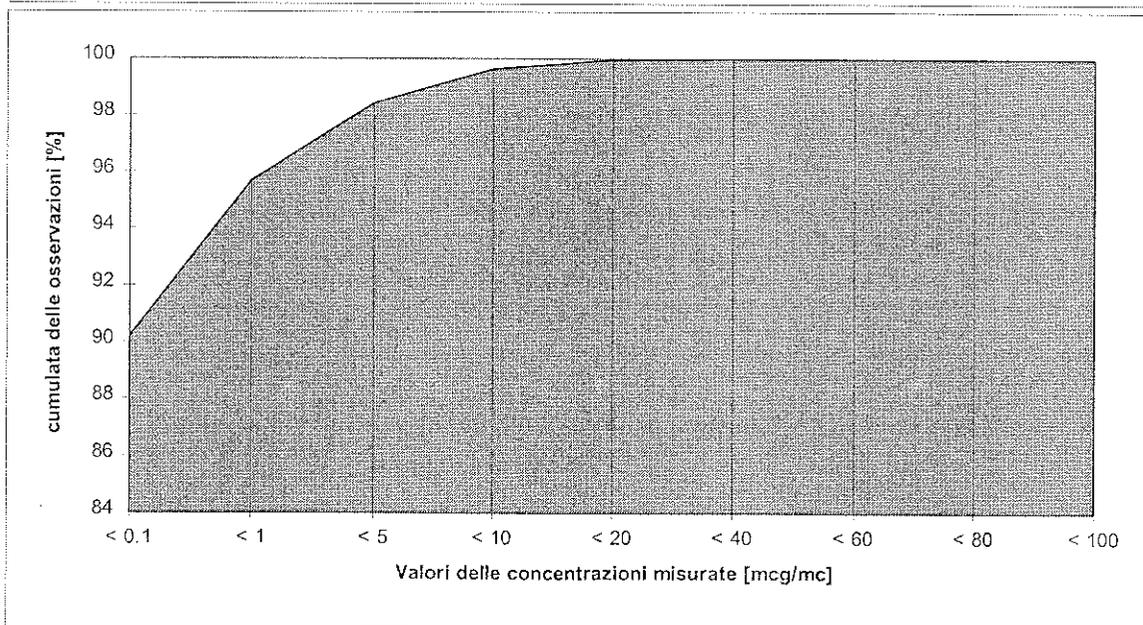
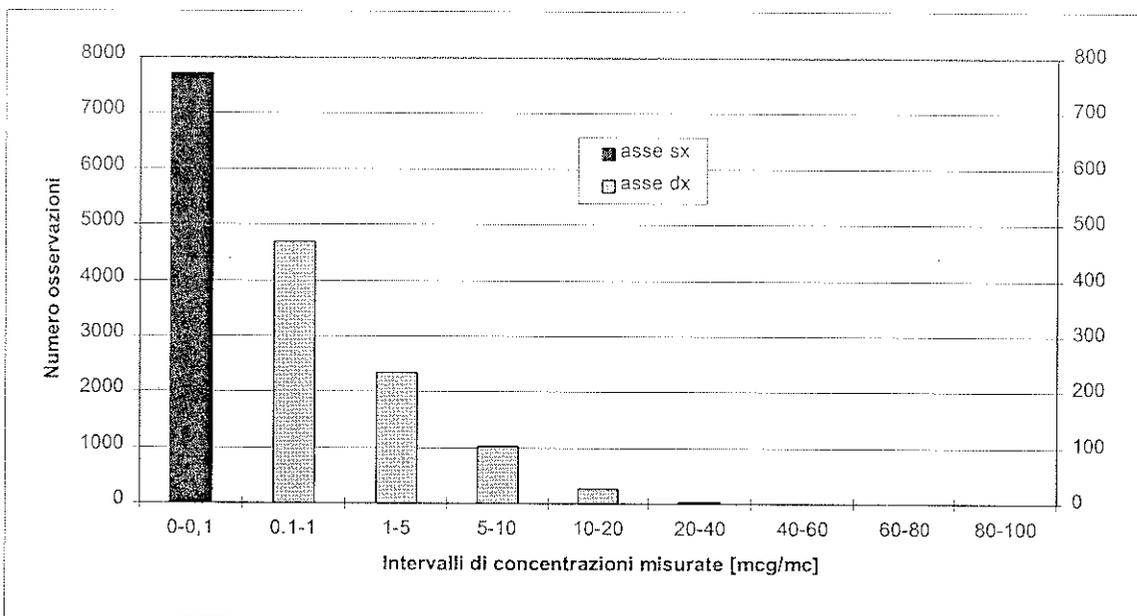
200 µg/mc

Valore massimo calcolato

31.3 µg/mc

Numero totale osservazioni orarie

8546





IMPATTO AMBIENTALE CENTRALE A CICLO COMBINATO ROSEN - SOLVAY

Incremento concentrazione inquinanti a 2 metri dal suolo

Le Morelline

RECEPTOR LOCATION: X-UTM: 1.618.500 Y-UTM: 4.805.500

Inquinante monitorato

NOx

Limite di accettabilità Qualità dell'Aria

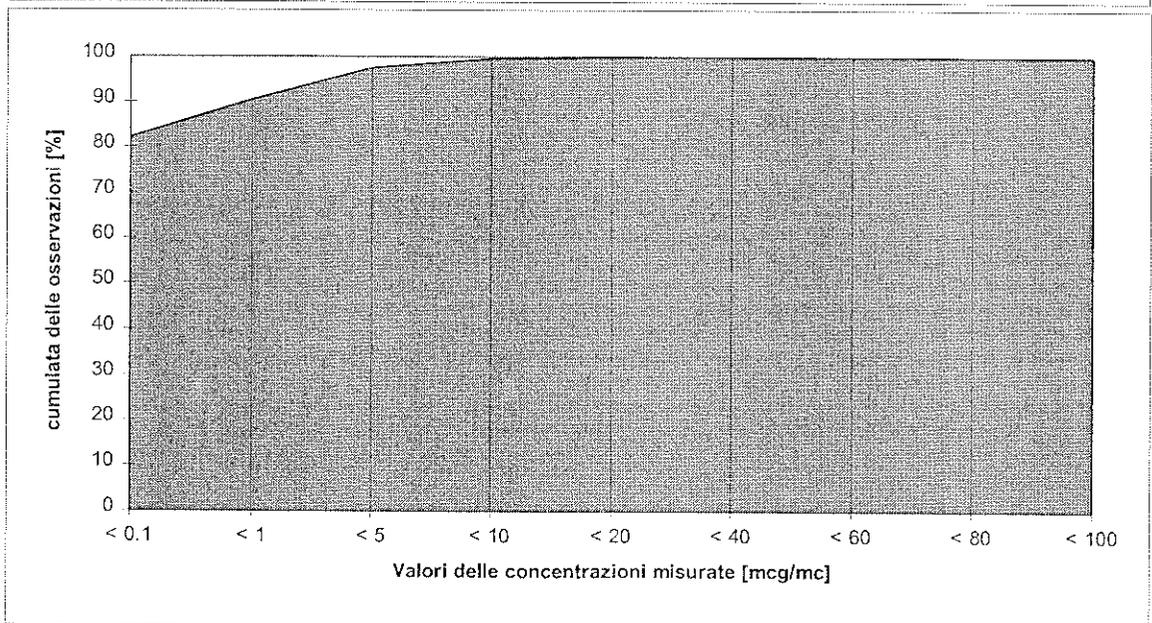
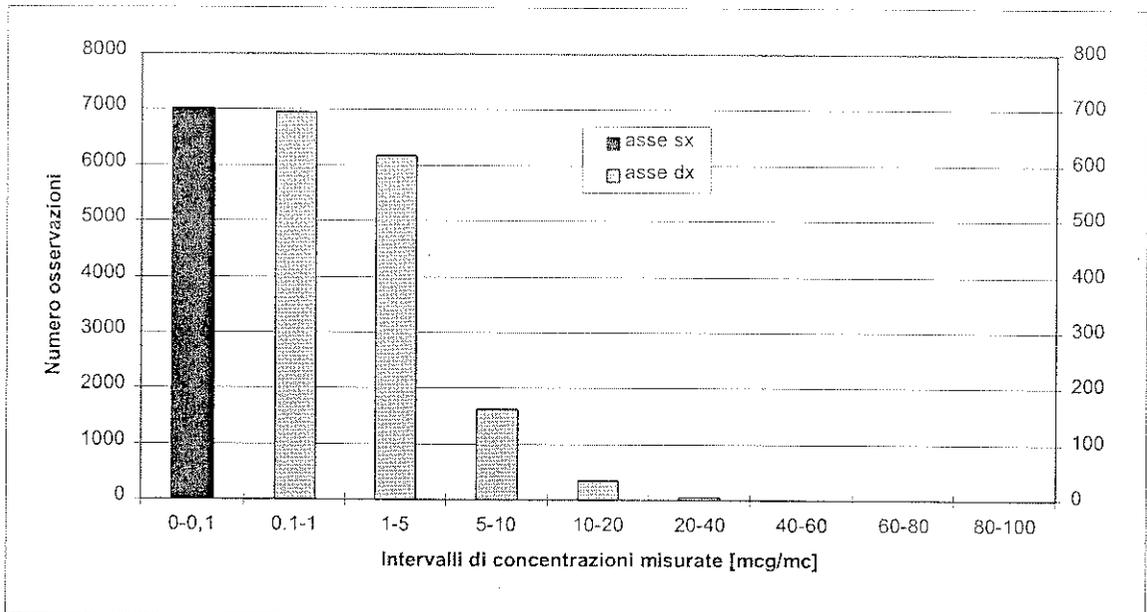
200 µg/mc

Valore massimo calcolato

31.5 µg/mc

Numero totale osservazioni orarie

8546





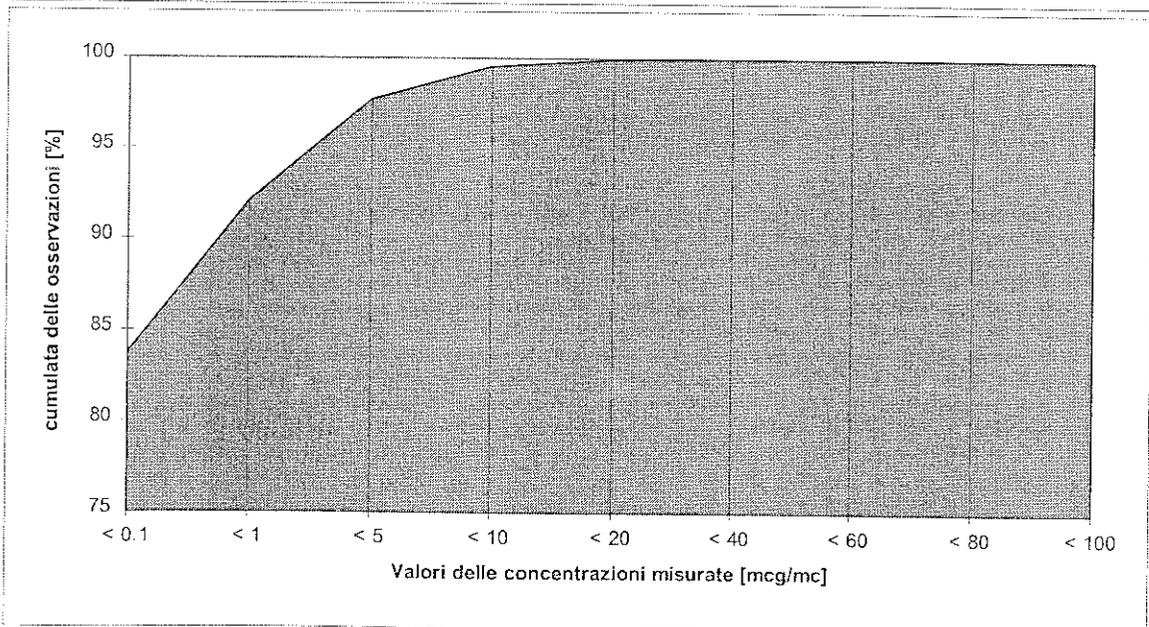
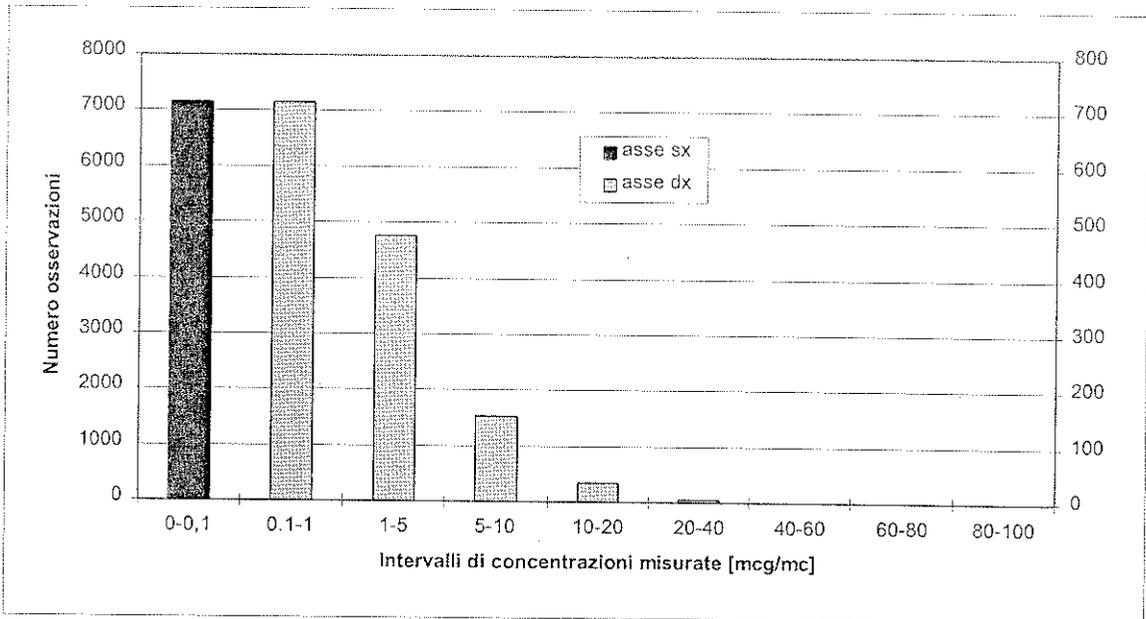
IMPATTO AMBIENTALE CENTRALE A CICLO COMBINATO ROSEN - SOLVAY

Incremento concentrazione inquinanti a 2 metri dal suolo

Lillatro

RECEPTOR LOCATION: X-UTM: 1.616.000 Y-UTM: 4.804.500

Inquinante monitorato	NOx
Limite di accettabilità Qualità dell'Aria	200 µg/mc
Valore massimo calcolato	23.6 µg/mc
Numero totale osservazioni orarie	8546





IMPATTO AMBIENTALE CENTRALE A CICLO COMBINATO ROSEN - SOLVAY

Incremento concentrazione inquinanti a 2 metri dal suolo

La Bagnolese

RECEPTOR LOCATION: X-UTM: 1.618.000 Y-UTM: 4.805.000

Inquinante monitorato

NOx

Limite di accettabilità Qualità dell'Aria

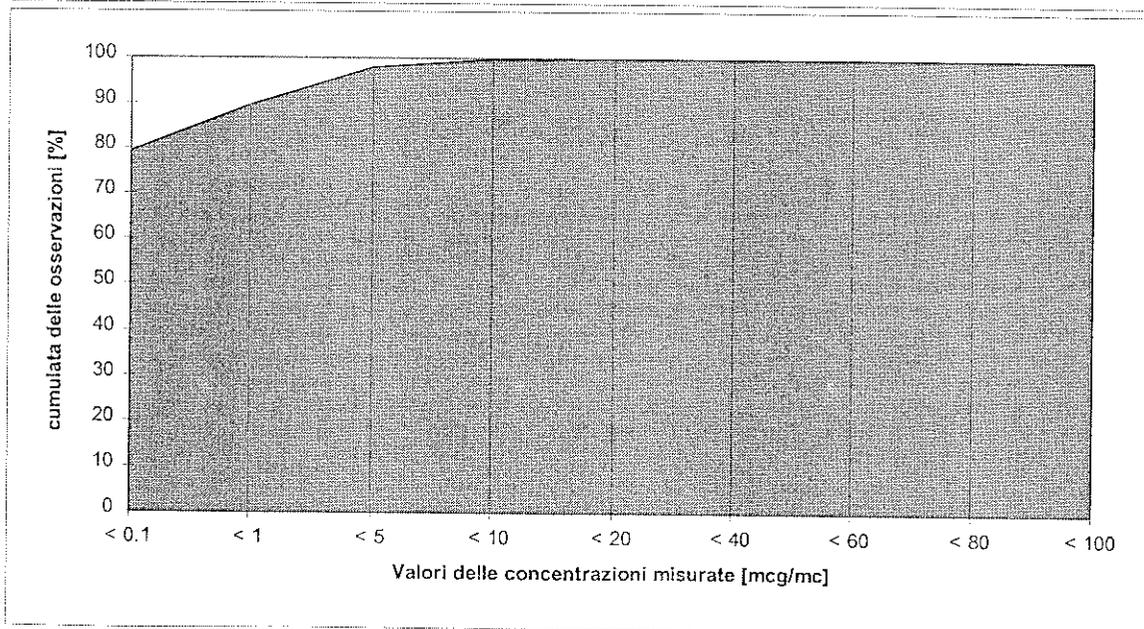
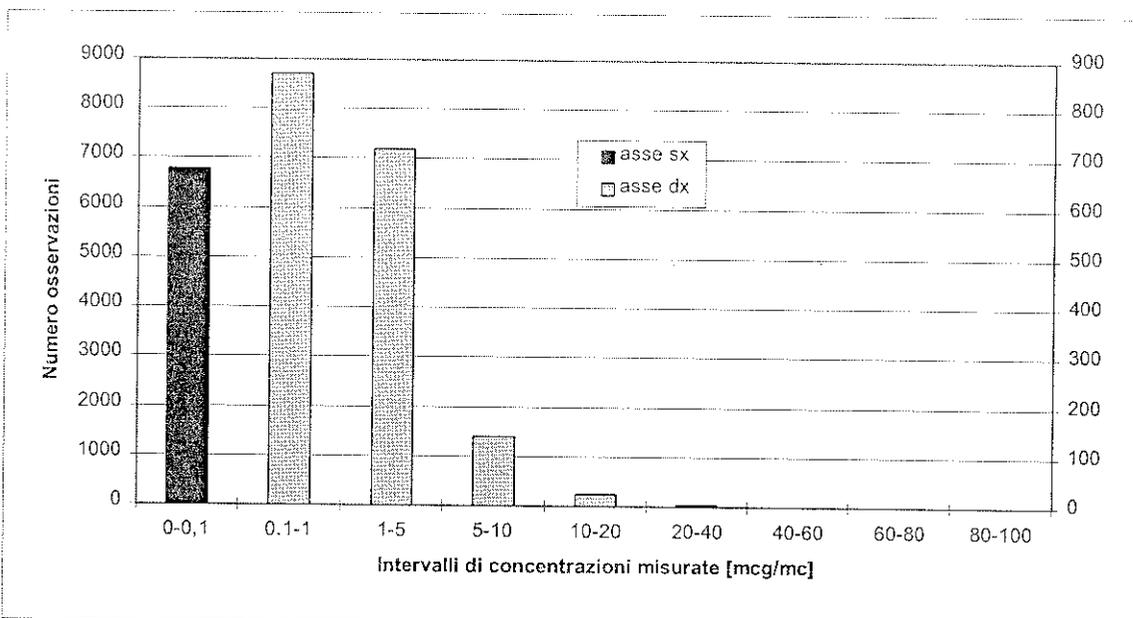
200 µg/mc

Valore massimo calcolato

25.1 µg/mc

Numero totale osservazioni orarie

8546





6.3 Calcolo del 98° percentile nella configurazione futura per l'inquinante NOx

I diagrammi riportati nel paragrafo precedente, e relativi al numero di osservazioni per ogni gamma di concentrazione di inquinante, chiariscono come il valore massimo stimato dal modello ISC Short Term risulti in realtà un evento che potrebbe verificarsi solo per un limitato numero di ore durante tutto l'anno. In effetti anche per la definizione dei limiti di qualità dell'aria si procede con criteri simili.

Il criterio normalmente utilizzato per definire i valori limite della qualità dell'aria non si basa infatti sul valore massimo registrato nell'arco dell'anno ma su quello del percentile.

Il calcolo del percentile viene effettuato in base ai valori rilevati durante tutto l'anno (o simulati nel caso del modello). Supponendo di avere misurato durante l'anno n valori, tutti i valori vengono riportati per ogni localizzazione scelta in ordine crescente :

$$A_1 < A_2 < \dots < A_i < \dots < A_n$$

Il 98 percentile rappresenta il valore dell'elemento di ordine i dove $i = 0,98 \times n$.

Nel caso specifico di analisi delle concentrazioni a terra di NO_x, unico inquinante significativo presente nella situazione futura, per avere un corretto confronto con il limite di qualità dell'aria imposto dalla normativa italiana si è calcolato il 98° percentile delle concentrazioni su media oraria registrato nel corso di un periodo di un anno di analisi.

Il valore che si è riportato come 98° percentile delle concentrazioni medie orarie globali è in effetti ottenuto esaminando l'intero periodo meteorologico, ovvero comprensivo di tutte le condizioni stagionali.



Il calcolo del 98° percentile è stato effettuato sui punti di misura già precedentemente monitorati come punti di particolare interesse, ed è stato effettuato operando sempre con il medesimo codice di calcolo ISC3 utilizzato in modalità di outputting orario.

In questo caso il software permette di generare un file di output per ogni ora di simulazione (già utilizzato per la valutazione statistica degli impatti al suolo), in modo da poter calcolare per ogni punto di misura desiderato il 98 percentile delle concentrazioni annuali elaborate su medie orarie.

Nella tabella seguente sono riportati i risultati del calcolo effettuato.

Tabella - Risultati monitoraggio puntuale di siti particolari

Sito	Coord. [X-UTM]	Coord. [Y-UTM]	Quota [m s.l.m.]	98 percentile Concentrazioni medie orarie su di un anno [mcg/Nmc] Fase 2 Config. Futura
Rosignano Solvay (via dei Mille ang. Crocetta)	1.617.000	4.806.000	24.5	5.7
Rosignano Marittimo (Loc. La Fonte)	1.619.500	4.807.000	126.5	9.2
Castiglioncello (Castello Pasquini)	1.614.500	4.807.000	50.0	11.1
Vada (P.zza Garibaldi)	1.618.000	4.801.000	2.6	4.3
Morelline	1.618.500	4.805.500	29.2	5.3
Lillatro	1.616.000	4.804.500	1.9	5.2
La Bagnolese	1.618.000	4.805.000	22.0	5.0



7. CONCLUSIONI

Il presente studio è stato effettuato ai fini della valutazione degli impatti ambientali, relativamente alla componente atmosferica, dovuti alle emissioni di diverse tipologie di inquinanti nell'area Solvay. Tale area è soggetta ad una trasformazione, già avviata, ed il cui completamento è previsto nell'arco dei prossimi mesi. Lo studio condotto ha consentito di valutare come tale trasformazione inciderà sulla qualità dell'aria nella zona circostante agli impianti. La trasformazione dell'area industriale in oggetto prevede la chiusura delle attuali caldaie e l'avvio di un nuovo impianto industriale di cogenerazione a ciclo combinato per la produzione di energia elettrica e calore da immettere nella rete dello stabilimento.

Lo studio è stato svolto considerando due differenti situazioni che rispecchiano la situazione dell'area nelle due distinte fasi temporali:

- fase 1) *Situazione presente*: tutti gli impianti termici attuali in funzione
- fase 2) *Situazione futura*: fermata delle attuali caldaie e messa in marcia dell'impianto di cogenerazione a ciclo combinato, alimentato a gas naturale.

Per tutti gli inquinanti, e per ognuna delle due fasi, sono state condotte indagini ed analisi sui quantitativi complessivamente emessi nei due casi in studio.

Per ognuna delle fasi considerate è stata effettuata una simulazione con appropriati codici di calcolo matematico per valutare le ricadute al suolo delle emissioni inquinanti degli impianti industriali. Le tipologie di inquinanti considerate nelle valutazioni svolte sono le seguenti:

- ossidi di azoto (NO_x);
- monossido di carbonio (CO);
- polveri in genere (PTS);
- biossido di zolfo (SO₂);



Sono stati poi scelti come campione d'indagine, alcuni particolari punti di interesse nell'area per i quali sono state svolte ulteriori indagini di dettaglio.

Sono state quindi effettuate valutazioni di vario tipo ed in particolare :

analisi di tipo "sanitario" con modello ISC3 versione Short Term per la determinazione dei massimi valori di ricaduta. L'analisi è stata ulteriormente dettagliata calcolando i valori di ricaduta degli inquinanti in particolari punti ricettori. Su tale analisi è stata posta particolare attenzione anche per l'importanza che riveste per gli eventuali effetti sulla salute pubblica.

analisi sul lungo periodo con modello ISC3 versione Long Term per determinare la permanenza di determinate condizioni e calcolare i valori medi annuali di ricaduta al suolo

analisi statistica per l'inquinante NOx nella futura configurazione di impianto per valutare il numero di osservazioni per le quali si manifestano determinate condizioni di ricaduta del suddetto inquinante. Tale analisi è stata effettuata per tutti i ricettori individuati come punti di particolare interesse

analisi del 98° percentile per l'inquinante NOx nella futura configurazione di impianto per un confronto con i valori limite di qualità dell'aria

In particolare i risultati emersi dalle valutazioni svolte possono sintetizzarsi nei seguenti punti :

- Per quanto riguarda il biossido di zolfo (SO₂) e polveri sospese (PTS), si può certamente evidenziare come la situazione futura consenta di ottenere dei benefici consistenti come impatti ambientali.
- Per quanto riguarda gli ossidi di azoto (NO_x), gli impatti in atmosfera permangono dello stesso ordine di grandezza anche se nella situazione futura si registra un certo miglioramento.
- Per quanto riguarda il monossido di carbonio i livelli di impatto in atmosfera sono estremamente bassi (circa 3 ordini di grandezza inferiori ai valori limite



contemplati dalla normativa) in ambedue gli scenari considerati : pertanto per tale inquinante gli impatti sono comunque trascurabili.

Dai risultati ottenuti è possibile concludere che la trasformazione in ciclo combinato degli attuali impianti Solvay, pur conseguendo un aumento della potenza elettrica prodotta, darà luogo all'eliminazione di emissione di inquinanti quali polveri ed SO₂, consentendo un miglioramento sostanziale della qualità dell'aria nella zona.