

5.7. Confronto modelli per sorgenti areali

Per quel che riguarda il modello per le sorgenti areali non esiste un modello di riferimento riconosciuto come tale da un ente scientifico a livello internazionale, sulla base del quale poter valutare le performance del codice preso a riferimento (SAFE AIR) e quindi individuare le migliori regolazioni del codice per la valutazione di tali classi di emissioni, in maniera analoga a quanto proposto metodologicamente per le sorgenti lineari.

Dal punto di vista meramente fisico vi sono numerosi fattori critici nella modellazione di questo tipo di sorgenti, il primo dei quali consiste nel fatto che la maggior parte dei modelli numerici di dispersione sono stati sviluppati esplicitamente per sorgenti puntuali in quota.

Il fatto di avere emissioni a terra (come nella maggior parte delle tipologie di sorgenti areali, implica che, oltre a complicazioni nell'equazione di dispersione gaussiana utilizzata, intervengano in modo non trascurabile una serie di fattori fisici e fluidodinamici quali la modellazione della superficie orografica (che per ovvi motivi di tempo e di dettaglio non può avere le elevatissime precisioni richieste) e la rappresentazione del campo di diffusione al suolo (in parziale strato rugoso) a partire da dati meteorologici caratterizzati con sensori posti in quota, oltre alla difficoltà, spesso evidente, della rappresentazione della sorgente emissiva (si pensi ad una serie di canne fumarie di piccola dimensione o ad una discarica di rifiuti a esempio).

A tutto questo si deve aggiungere l'incertezza intrinseca della valutazione quantitativa delle sorgenti diffuse, dove è assai complessa la valutazione del flusso di massa complessivo, oltre alla stima della concentrazione media di tracciante inquinante.

A questa categoria di emissioni appartengono emissioni molto diverse fra loro quali:

- traffico stradale (sorgenti lineari a terra) originato da arterie di traffico non significative;
- attività industriali di basso impatto, quindi non significative (sorgenti puntuali in quota);
- sorgenti emissive da riscaldamento domestico (sorgenti puntuali in quota e non)
- sorgenti areali di vario genere (generalmente al livello del suolo).

L'approssimazione di tutte queste sorgenti ad una sola sorgente areale (o comunque ad un numero di sorgenti areali numericamente inferiore alle condizioni critiche per i tempi di calcolo) introduce quindi notevoli errori di calcolo, dovuti appunto alla diversità delle emissioni stesse (temperatura, composizione chimica e altri parametri fisico-chimici) e alle differenti condizioni di emissione (in quota e non), oltre al fatto che non si tengono conto delle condizioni locali specifiche di ogni tipologia di sorgente emissiva (quali la presenza di edifici o particolari condizioni orografiche in cui può trovarsi la singola sorgente).

Tutto questo oltre all'evidente approssimazione di considerare un'emissione areale costante su un dominio piuttosto ampio.

Tutte queste considerazioni portano alla conclusione che, in mancanza di studi dettagliati specifici, operati in campo reale o in scala di laboratorio, i risultati provenienti dai modelli di sorgenti areali diffuse possono essere impiegati con la finalità di fornire un ordine di grandezza delle intensità dei carichi ambientali a cui sono sottoposte aree contigue alle sorgenti origine dell'impatto e non una valutazione quantitativa di dettaglio sulla distribuzione spaziale delle concentrazioni al suolo.

Per valutare l'errore introdotto dal considerare l'emissione areale ad una quota nulla piuttosto che valutare la quota di emissione di ogni singola sorgente è stata effettuata un'analisi di sensibilità su tale parametro.

Una delle maglie quadrate della suddivisione del dominio di interesse (v. paragrafo 5.8 e capitolo 6) è stata modellata sia considerando l'emissione a quota 0 sia considerando



l'emissione ad una quota costante pari a 8 m (valore limite, come se tutte le sorgenti comprese in tale maglia emettessero ad una quota pari a 8 m). I risultati sono evidenziati in figura 5.28.

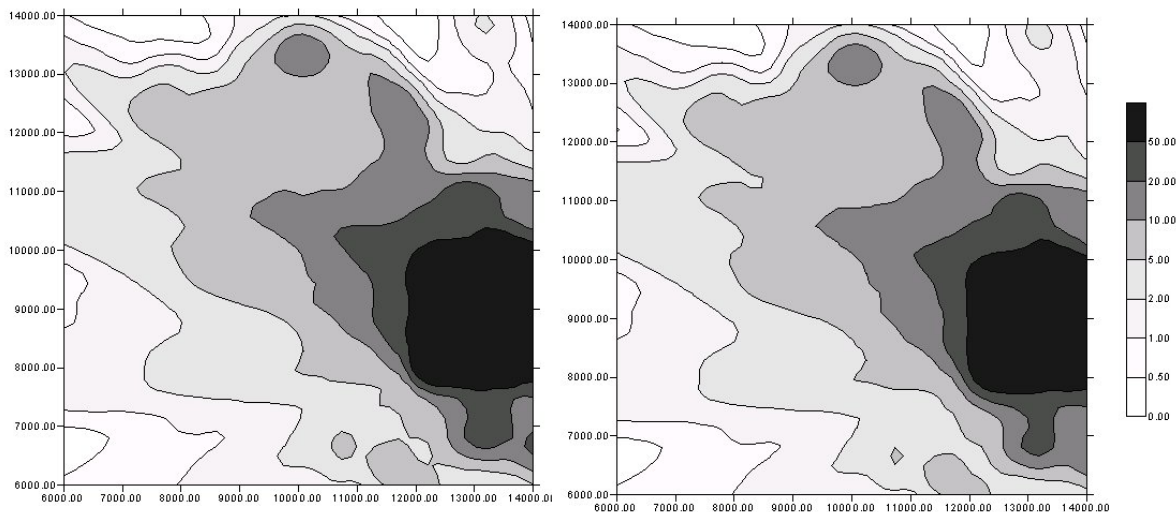


Figura 5.28 – Mappe di concentrazione nel caso di sorgenti a quota 0 (a) o 8 m (b). Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di NO_x .

Le mappe di concentrazione ottenute non ottengono tuttavia differenze sostanziali per le due modalità di simulazione, dato confermato anche dall'analisi statistica dei valori di concentrazione, come evidenziato in tabella 5.26, dove sono riportati i risultati delle elaborazioni condotte mediante indicatori statistici.

Modello	Media	Bias	FB	Sigma	FS	COR	FA2	NMSE	WNNR	NNR
Quota 0 m	30.954	0	0	92.99	0	1	1	0	0	0
Quota 8 m	18.516	12.438	0.50	47.94	0.64	0.98	0.97	4.16	4.16	0.03

Tabella 5.26 – Analisi degli indici statistici di confronto.

A parte il valore della media delle concentrazioni, tutti gli altri parametri mostrano un buon accordo tra i due modelli, sia per quel che riguarda l'andamento qualitativo che per i valori numerici risultanti.

Per tale motivo, nelle simulazioni successive, è stata considerata una quota di emissione fissa, pari a 0 m.

5.8. Predisposizione dati per l'applicazione modellistica

5.8.1. Introduzione

Come definito anche dalle linee guida redatte dall'ANPA [1], una procedura di applicazione dei modelli per la valutazione della qualità dell'aria può essere schematizzata nei seguenti passi:

1. Definizione dell'obiettivo, cioè dell'informazione che ci si attende dall'applicazione dei modelli. Ciò implica la definizione dei seguenti elementi dello scenario: le *dimensioni dell'area* su cui sono attesi i risultati del modello; la *risoluzione spaziale* (cioè la distanza minima per la quale il modello è in grado di calcolare variazioni spaziali significative del campo di concentrazione); le *sostanze inquinanti* da prendere in considerazione; la tipologia e la quantità delle *sorgenti di emissione* da considerare.
2. Ricerca e raccolta di tutti i dati necessari o utili alla simulazione modellistica: *dati territoriali* (cartografia, orografia, uso del territorio); *dati meteorologici* (osservazioni da stazioni meteorologiche standard, parametri micrometeorologici, dati telerilevati, campi di variabili meteorologiche calcolati con modelli a elevata risoluzione); *dati di emissione* (localizzazione e quantificazione delle emissioni nel caso di sorgenti specifiche, inventario delle emissioni nel caso di sorgenti numerose e diffuse).
3. Identificazione della categoria di modelli appropriata per raggiungere l'obiettivo di cui al punto 1, e in grado di utilizzare al meglio i dati di cui al punto 2.
4. Predisposizione di tutti i dati di ingresso nel formato necessario ed esecuzione del modello. Calcolo degli indicatori da confrontare con gli standard di qualità.
5. Valutazione critica dei risultati del modello.
6. Utilizzo dei risultati. Tracciatura di mappe relative al territorio in esame per ogni indicatore e per ogni inquinante.
7. Eventuale affinamento del modello e miglioramento delle prestazioni.

Alla luce di questo schema, nel quale alcuni punti sono già riportati nei paragrafi precedenti, si procede alla definizione delle condizioni di riferimento per la definizione dei parametri di emissione caratteristici per le diverse tipologie di sorgenti emmissive.

5.8.2. Termovalorizzatore Osmannoro2000

I dati di emissione relativi al termovalorizzatore in progetto sono stati ricavati da quelli relativi ad altri impianti a tecnologia innovativa già operanti in Europa (v. par. 3.1) e dai dati garantiti dalle tecnologie previste per il nuovo termovalorizzatore.

I dati per gli inquinanti considerati nella presente analisi sono riassunti in tabella 5.27; i valori evidenziati sono quelli scelti per l'applicazione modellistica e rappresentano il valore di emissione peggiore degli impianti di riferimento (oppure il valore garantito se questo è più basso).

Parametro	U.d.M.	Valori garantiti	Impianto n.1	Impianto n.2	Impianto n.3	Impianto n.4
NO _x	[mg/Nm ³]	150	75,0	177,5527	159	70,80
PM ₁₀	[mg/Nm ³]	8	2,27	0,432996	0,3	0,29
SO ₂	[mg/Nm ³]	8	7,1	11,93621	3,1	16,85
PCDD/F TE	[ng/Nm ³ TE]	0,05	0,017	0,051109		0,002
Hg	[mg/Nm ³]	0,005	0,011	0,000709		0,001205
Cd+Tl	[mg/Nm ³]	0,005	0,015	0,002837		< 0,0005
Pb	[mg/Nm ³]	0,5				0,00021
IPA	[ng/Nm ³]					22,18
Benzene	[mg/Nm ³]	0,015				
Toluene	[mg/Nm ³]	0,034				
Xilene	[mg/Nm ³]	0,01				

Tabella 5.27. Valori di emissione di riferimento.

Gli ulteriori parametri necessari alla caratterizzazione della sorgente emissiva per lo studio diffusionale di dispersione degli inquinanti in atmosfera sono visualizzati in tabella 5.28 (v. anche par. 3.1).

Parametro	U.d.M.	Valore
Numero camini		2
Altezza camini	m	60
Diametro camini	m	1,6
Portata fumi singolo camino	Nm ³ /h	62606
Temperatura uscita fumi	K	413

Tabella 5.28. Altri parametri relativi alla sorgente.

Per le varie simulazioni sono stati utilizzati vari tipi di DTM:

- Per la prima definizione del campo di vento una griglia a 800m che copre una vasta area quadrata di 76 km di lato, in modo da prevedere eventuali fenomeni di incanalamento del flusso di vento su larga scala.
- Per la simulazione del campo di vento definitivo e della dispersione (prima valutazione) una griglia a 200m che copre un'area quadrata di 20 km di lato.
- Per la simulazione del campo di vento definitivo e della dispersione (dettaglio) una griglia a 100m che copre un'area quadrata di 8 km di lato.

I dati meteorologici di riferimento sono quelli relativi al periodo 1994-1997 della stazione di Case Passerini, elaborati come descritto nei paragrafi relativi alla caratterizzazione meteorologica del sito (v. cap.4).

Per l'utilizzo di SAFE AIR in modalità climatologica è stata necessaria la predisposizione di un pre-processore in grado di automatizzare la procedura.

L'implementazione di tale pre-processore è stata eseguita utilizzando semplici algoritmi in linguaggio MATLAB e programmi BATCH MS-DOS.

La schematizzazione delle operazioni eseguite dal pre-processore è visualizzata in figura 5.29.



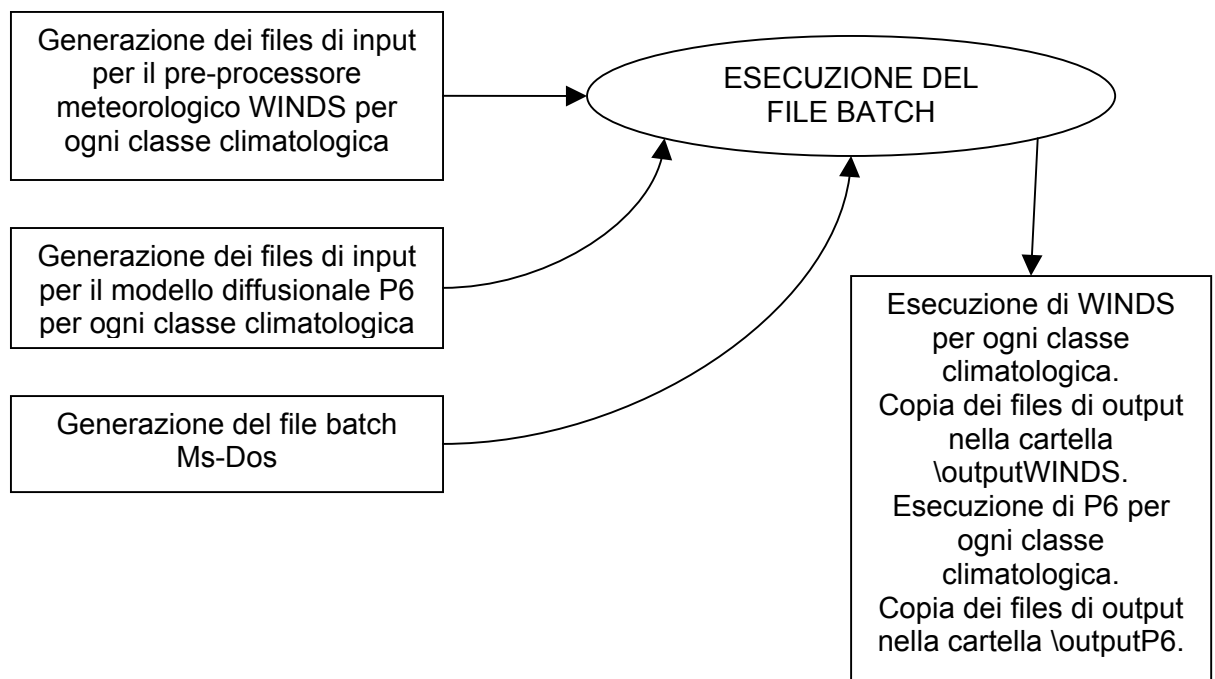


Figura 5.29. Schema delle operazioni svolte dal pre-processore.

Come fase successiva di analisi si è resa necessaria l'implementazione di un semplice post-processore (elaborato in ambiente MATLAB) in modo tale da elaborare i dati in uscita da ciascun modello operante nelle diverse classi climatologiche al fine di sommare i vari contributi utilizzando le JFF [29].

Visti i dati disponibili e le modalità di utilizzo del modello [38] si è deciso di non simulare gli effetti di rimozione secca/umida. Questi infatti dipendono fortemente dalle locali condizioni al contorno (meteorologiche e non) di cui l'analisi climatologica (per la quale si svolge pur sempre un'operazione di media) non permette l'esatta ricostruzione. Inoltre l'onerosità dei calcoli necessari per l'esatta ricostruzione di tali fenomeni non sempre è controbilanciata da una differenza apprezzabile nei risultati ottenuti [39].

Ulteriori fattore preso in considerazione per la scelta effettuata è il fatto che la mancata esatta riproduzione di tali effetti si traduce di fatto in un errore per eccesso sulle concentrazioni calcolate (mancata rimozione dell'inquinante) per cui comunque la scelta risulta cautelativa dal punto di vista ambientale e quindi in linea con gli obiettivi di caratterizzazione di massimo potenziale carico ambientale, posti dal presente studio.

Per quel che riguarda le trasformazioni chimiche, il discorso può dirsi praticamente analogo.

Il tempo di permanenza di molti degli inquinanti presi in considerazione (considerato sotto forma di *half-life*, ovvero di tempo di dimezzamento) risulta infatti molto elevato, tale da considerare stabili molte delle sostanze di riferimento [39]. Per questi inquinanti, quindi, l'errore commesso, oltre che in maniera sempre cautelativa dal punto di vista ambientale, risulta scarsamente apprezzabile.

Per un migliore apprezzamento dell'errore è stata comunque effettuata un'analisi di sensibilità su tale parametro (v. par 6.1). L'inquinante considerato in tale analisi è stato il biossido di zolfo (SO₂) che, fra gli inquinanti considerati, è tra i più reattivi in atmosfera, con un tempo di dimezzamento di circa 4 ore [39].

Un'altra assunzione fatta è quella di simulare le diverse emissioni di inquinanti senza considerare la velocità di deposizione gravitazionale che caratterizza le emissioni non-gassose.

Secondo il manuale di SAFE AIR [25] questa approssimazione risulta lecita per particelle di granulometria inferiore a 20 μm , ed è sicuramente il nostro caso.

Un'analisi delle emissioni tipiche di un inceneritore di rifiuti ci porta ad affermare, infatti, che le particelle solide prodotte sono praticamente tutte nella fascia $<2,5 \mu\text{m}$, cioè del particolato fine o ultrafine (grazie soprattutto agli efficienti dispositivi di captazione del particolato oggi presenti), ed inoltre le condizioni di raffreddamento alle quali solidificano le varie specie non sono quelle ideali che permettano una cristallizzazione ottimale degli atomi all'interno del reticolo; questo influisce enormemente sul valore della densità di queste particelle che rimane sempre ben lontana dai valori noti per ciascuna specie considerata (come ad esempio per i metalli detti, appunto, pesanti), e si assesta generalmente intorno a 0,8-1 g/cm^3 [39].

Queste considerazioni ci portano a prevedere una velocità media di sedimentazione pari a circa 0,01-0,03 cm/s , che risulta praticamente ininfluenza sui calcoli svolti in questa analisi (significando in pratica un abbassamento massimo del pennacchio dovuto alla forza di gravità dell'ordine di circa 1 m/h).

5.8.3. Sorgenti lineari

Vista la modalità climatologica con la quale viene utilizzato il modello, si sono dovuti considerare i carichi emissivi medi indicati nel capitolo 3, anche se in realtà le emissioni dovute a tali sorgenti sono fortemente variabili durante il giorno e nelle varie stagioni. Quello che ci si aspetta dai risultati, comunque, non è tanto un'indicazione sulle reali concentrazioni medie annuali di inquinanti provenienti da tali sorgenti, ma piuttosto una valutazione sull'ordine di grandezza medio, in maniera tale da poter valutare, pur se in maniera quantitativamente approssimata, l'incidenza dei carichi ambientali del termovalorizzatore rispetto a quelli dovuti alle altre sorgenti.

In questa serie di simulazioni, in particolare, si è cercato di valutare l'incidenza delle principali arterie di traffico dell'area di interesse rispetto al carico totale (che comunque sarà valutato nell'analisi delle cosiddette sorgenti diffuse). I tratti stradali sono stati considerati non per tutta la loro lunghezza, ma solo per i segmenti di maggior interesse indicati nel capitolo 3, quelli, cioè presenti all'interno dell'area di studio, e per i quali sono stati considerati costanti i dati di traffico (v. cap. 3).

I risultati relativi a questa tipologia di sorgenti non risultano esaustivi dell'impatto prodotto dall'intera rete stradale dell'area, ma solo relativi agli effetti prodotti dalle specifiche sorgenti prese in considerazione (Autostrade A1 e A11, via Pratese e via Pistoiese) per i sotto tratti di interesse.

Le altre emissioni causate dal traffico stradale non sono state trascurate ma, sono valutate come quota parte componente insieme a tutte le altre sorgenti nelle simulazioni relative alle sorgenti diffuse.

Viste le indicazioni provenienti dalle simulazioni relative al termovalorizzatore, si è deciso di concentrare l'attenzione solo sull'area ristretta di $8 \times 8 \text{ km}^2$.

Anche per le sorgenti lineari si è utilizzato lo stesso pre-processore impiegato per le sorgenti puntuali. La differenza nei files di input risiede in maniera particolare nella simulazione delle



sorgenti, necessario per il fatto che SAFE AIR non prevede algoritmi specifici per la simulazione di sorgenti di forma differente da quella circolare, e quindi si è dovuto approssimare le sorgenti circolari con una serie di numerose sorgenti puntuali virtuali. Come indicato dal manuale di P6 [25], infatti, le quattro sorgenti lineari sono state simulate mediante una serie di sorgenti circolari di diametro pari alla larghezza della strada. Vista la lunghezza apprezzabile e la numerosità delle sorgenti risultanti (che ha dilatato in maniera notevole i tempi di esecuzione della simulazione), queste ultime non sono state posizionate una accanto all'altra, ma a distanza di un diametro, come consigliato nel manuale [25].

Il valore della σ_z iniziale, che dà la dispersione iniziale dell'inquinante in direzione verticale, è stato calcolato per ogni sorgente tramite la formula utilizzata dal modello gaussiano CALINE4 [34], specifico per sorgenti emissive da traffico stradale.

5.8.4. Sorgenti puntuali principali

Anche per le principali sorgenti puntuali presenti nell'area di interesse è stata predisposta una simulazione specifica.

I dati emissivi considerati sono quelli riportati nel capitolo 3. Per ogni inquinante si è provveduto quindi ad applicare il modello di diffusione prendendo in considerazione le caratteristiche geometriche ed emissive di ogni camino interessato.

Per questa tipologia di sorgenti valgono le considerazioni effettuate nel paragrafo precedente; in particolare si sono prese in considerazione le fonti di emissione puntuali più importanti presenti all'interno del territorio di interesse al fine di fare un confronto con le ricadute dovute al termovalorizzatore, mentre per una valutazione qualitativa dell'inquinamento complessivo dell'area si rimanda alla simulazione delle sorgenti diffuse (nelle quali sono comprese anche le sorgenti puntuali principali).

Le impostazioni del modello risultano analoghe a quelle viste per il termovalorizzatore, ovviamente modificando la geometria dei camini e i livelli emissivi, essendo infatti sorgenti della stessa tipologia.

5.8.5. Impianti tecnici di smaltimento presso Case Passerini

Una simulazione a parte è stata effettuata anche per gli impianti di Case Passerini, intendendo sia l'impianto di selezione e compostaggio che la discarica.

In particolare, per la discarica di rifiuti urbani, è stata presa in considerazione la situazione attuale (ipotizzando una captazione del biogas al 50% con combustione in torcia) e quella futura al 2007 (con una captazione del biogas all'80% con recupero energetico mediante MCI).

Per ogni componente antropica residente dentro l'area impiantistica di Case Passerini (camino da impianto di essiccazione, discarica, impianto di trattamento biogas in torcia, impianto di trattamento biogas per recupero energetico in MCI, impianto di compostaggio) è stata effettuata uno specifico run di simulazione, per ogni tipologia di inquinanti presi in considerazione.

Sulla base delle risultanze specifiche, è stato possibile calcolare la somma totale degli impatti, per ognuno dei traccianti inquinanti considerato, sia nella situazione attuale che quella futura.

Per tutte le sorgenti puntuali, le impostazioni del codice sono state mantenute le stesse del termovalorizzatore, mentre per quanto riguarda la discarica le impostazioni risultano essere



quelle definite in generale per le sorgenti di tipo areale lineari (sorgenti a terra). La schematizzazione geometrica è quella indicata nel capitolo 3.

5.8.6. Sorgenti areali diffuse

La simulazione delle sorgenti diffuse risulta fondamentale per la valutazione del peso dei diversi sistemi antropici presenti all'interno del modello rappresentativo di area.

L'importanza di avere rappresentato, pur con le cautele derivanti dal tipo di modellizzazione e dalla varietà di tipologie di sistemi rappresentati, deriva dal fatto che queste tipologie di sorgenti, pur essendo singolarmente non particolarmente significative, data la numerosità complessiva rappresentano comunque un carico percentuale non trascurabile in aree urbane o densamente antropizzate, come nel caso dell'area presa in esame.

I valori di emissione, come indicato nel capitolo 3, sono valori medi stimati su maglie quadrate di dimensioni $2 \times 2 \text{ km}^2$, non sufficientemente precisi per una dettagliata analisi diffusionale di tipo spaziale che tenga conto della esatta georeferenziazione delle sorgenti, ma sufficiente per definire il quadro dei carichi ambientali potenzialmente distribuiti nell'area di studio. A causa della generale difficoltà dei codici di calcolo di diffusione atmosferica a valutare la concentrazione degli inquinanti a distanze troppo ravvicinate alle sorgenti, si è definita una procedura di simulazione che predispone l'esecuzione di una simulazione per ogni sorgente/maglia, in modo da ridurre al massimo l'errore di calcolo. Il carico medio complessivo è stato quindi calcolato sommando i contributi relativi alle sedici maglie considerate.

5.8.7. Sistema “riscaldamento”

Ai fini della valutazione dei benefici derivanti dall'eventuale ipotesi di sfruttamento del calore prodotto dal termovalorizzatore di rifiuti e dal sistema di recupero di energia con MCI da biogas per fini di teleriscaldamento, è stata effettuata una simulazione relativa al solo sistema “riscaldamento” all'interno dell'area di interesse.

Come mostrato nel capitolo 3, dal database relativo alle sorgenti diffuse sono stati estratti i valori di emissione relativi al riscaldamento domestico (situazione attuale al 2003) e quindi applicati dei coefficienti di riduzione in base alla potenza termica stimata per il teleriscaldamento (situazione futura al 2007).

Gli input e le modalità di utilizzo del modello (e quindi anche tutte le limitazioni nell'interpretazione dei risultati) sono del tutto analoghi a quelle del precedente paragrafo sulle sorgenti areali diffuse, eccettuato, appunto, i fattori di emissione.

5.8.8. Localizzazioni alternative per il termovalorizzatore

Per la valutazione di posizionamenti alternativi al previsto termovalorizzatore sono state eseguite due ulteriori simulazioni, che hanno tenuto conto delle diverse ipotesi di localizzazione presenti nel Piano provinciale (Ponte Maccione e Case Passerini) rispetto alle quali è stato possibile effettuare una analisi comparativa, nelle finalità stesse dello strumento di valutazione individuato (VIS).

Gli input e le modalità di utilizzo del modello sono esattamente gli stessi previsti per la localizzazione denominata “Osmanoro 2000”, con l'unica differenza nelle coordinate del camino e quindi del modello di campo meteorologico rappresentativo entro il quale si colloca tale emissione.



5.9. Bibliografia

- [1] F. Desiato, G. Brusasca, M. Deserti, G. Zanini, "I modelli nella valutazione della qualità dell'aria", ANPA, Centro Tematico Nazionale Aria Clima Emissioni, RTI CTN_ACE 2/2000, 2000.
- [2] Anfossi D., Baffioni C., Brusasca G., Calori G., Caracciolo R., Cirillo M., Desiato F., Finzi G, 1997. Valutazione della dispersione in atmosfera di effluenti aeriformi – guida ai criteri di selezione dei modelli matematici, Rapporto Tecnico ANPA RTI 1/97 – AMB.
- [3] ERS (Environmental Regulatory Services) - Air and Water Approvals Division – Air Emissions Branch, 1997, Air Quality Model Guidelines. Edmonton, Alberta, Canada.
- [4] Moussiopoulos N., Berge E., Bohler T., De Leeuw F.A.A.M., Gronskei K., Mylona S., Tombrou M., 1996. Ambient air quality, pollutant dispersion and transport models, EEA Topic Report n. 19, EEA, Copenhagen
- [5] De Leeuw F.A.A.M., Berge E., Gronskei E., Tombrou M., 1996. Review on requirements for models and model application, EEA Topic Report 18, EEA, Copenhagen.
- [6] NATO-CCMS, 1992. Air Pollution Modelling and its Application IX, H. Van Dop and G. Kallos, Plenum Press, New York.
- [7] NATO-CCMS, 1994. Air Pollution Modelling and its Application X, S.E. Gryning e M.M. Millan, Plenum Press, New York.
- [8] NATO-CCMS, 1996. Air Pollution Modelling and its Application XI, S.E. Gryning e F.A. Schiermaier, Plenum Press, New York.
- [9] NATO-CCMS, 1998. Air Pollution Modelling and its Application XII, S.E. Gryning e N. Chaumerliac, Plenum Press, New York.
- [10] NATO-CCMS, 1999. Air Pollution Modelling and its Application XIII, S.E. Gryning e E. Batchvarova, Plenum Press, New York.
- [11] Bassanino M., Bertolaccini M.A., Brusasca G., Cirillo M.C., Finzi G., Fortezza F., Graziani G., Mamolini G., Marani A., Tamponi M. e Tirabassi T., 1993. Modelli a integrazione delle reti per la gestione della qualità dell'aria, Rapporto dell'Istituto Superiore di Sanità ISTISAN 93/36.
- [12] U.S. EPA Office of Air and Radiation, Office of Air Quality Planning and Standards, Appendix W to Part 51 - Guideline on air quality models, Research Triangle Park USA, 1999.
- [13] Schatzmann M. and B. Leitl, 1999. Quality assurance of urban dispersion models. Proceedings of "6th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modeling for Regulatory Purposes", 11-14 October 1999, INSA de Rouen, France.
- [14] Contini D., 1998. "Studio di diffusione di inquinanti gassosi su modelli in scala ridotta in galleria del vento"; Tesi di Dottorato di Ricerca in Energetica, XI ciclo, Università degli Studi di Firenze.
- [15] Robins A. G., 1980. "Wind tunnel modeling of buoyant emissions". Atmospheric pollution 1980, Proceeding of the 14th International Colloquium, Studies in Environmental Science n. 8, France 1980.
- [16] Obasaju E. D., Robins A. G., 1998. „Simulation of pollutant dispersion using small scale models". Environmental Monitoring and Assessment 52, pp. 239-254, 1998.



- [17] Olesen H.R., 1997. Data sets and protocol for model validation, *Int. J. Environment and Pollution*, Vol. 5, Nos. 4-6, pp. 693-701.
- [18] E. Canepa, P. J. H. Builtjes “Methodology of model testing and application to dispersion simulation above complex terrain”, *International Journal of Environment and Pollution*, vol. 16, pag. 101-115, 2001.
- [19] Canepa E., Corti A., Contini D., Ratto C., 2000. “Comparison of the SAFE_AIR code numerical results against wind tunnel measurements on a two-stacks small scale model”. *ENVIROSOFT 2000*, 28-30 June 2000, Bilbao, Spain.
- [20] Corti A., Contini D., Canepa E., Ratto C., 2000. “Comparison of the performances of several dispersion numerical codes against wind tunnel measurements on a two-stacks small scale model”. Presented paper at 6° Convegno Nazionale di Ingegneria del Vento, Genova, June 18-21 2000, ANIV Associazione Nazionale per l’Ingegneria del Vento.
- [21] Manfrida G., Corti A., Contini D., 1999. “Comparison between different models with Wind Tunnel small scale measurements”. *Proceedings of “6th International Conference on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modeling for Regulatory Purposes”*, 11-14 October 1999, INSA de Rouen, France.
- [22] U.S. EPA, “User’s guide for the Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion models”, Office of Air Quality Planning and Standards Emissions, Research Triangle Park, USA, 1995.
- [23] E. Canepa, F. Modesti, C.F. Ratto, “About the present version of the dispersion code SAFE-AIR”, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, vol. 74-76, pp. 305-314, Elsevier Science Ltd., 1998.
- [24] E. Canepa, F. Modesti, C.F. Ratto, “Evaluation of the SAFE-AIR code against air pollution field and laboratory experiments”, *Atmospheric environment*, vol. 34, n. 28, pp. 4805-4818, Elsevier Science Ltd., 2000.
- [25] E. Canepa, V. Acordon, L. Dallorto, F. Modesti, C.F. Ratto, P. Zannetti, “P6 Release 2.0 User’s Guide”, Dipartimento di Fisica, Università di Genova e EnviroComp Institute, Fremont, CA (USA), 2002.
- [26] J. S. Scire, D. G. Strimaitis, R. J. Yamartino, “A User’s Guide for the CALPUFF Dispersion Model (Version 5.0)”, Earth Tech, Inc., Concord, MA, USA, 1999.
- [27] S. G. Perry, D. J. Burns, L. H. Adams, R. J. Paine, M. G. Dennis, M. T. Mills, D. G. Strimaitis, R. J. Yamartino, E. M. Insley, “User’s Guide to the Complex Terrain Dispersion Model Plus Algorithms for Unstable Situations (CTDMPLUS) Volume 1: Model Description and User Instruction”, EPA/600/8-89/041, U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, USA, 1989.
- [28] A. Corti, M. Zanobini, E. Canepa, “Use of wind tunnel measurements for mathematical model comparison and validation”, *Air Pollution Modelling and Simulation*, Editor B. Sportisse, Springer 2002.
- [29] G. Finzi, E. Brusasca, “La qualità dell’aria; modelli previsionali e gestionali”, Ed. Masson, Milano, 1991.
- [30] M. C. Cirillo, G. C. Clerici, D. Manzi, “Manuale d’uso del codice DIMULA”, ENEA RT2/STUDI/86(2), 1986.
- [31] Cambridge Environmental Research Consultants Ltd. (CERC), “ADMS 2 User Guide”, Cambridge, 1995.
- [32] F. Calastrini; “Il sistema integrato RASS-SODAR”; LaMMA – Regione Toscana, 2000.



- [33] Transportation Research Board (TRB), “Highway Capacity Manual”, TRP Special Report 209, Washington, D.C, 1985.
- [34] P. Benson, “Caline 4 – A dispersion model for predicting air pollution concentration near roadways. Final report”, FHWA/CA/TL-84/15, California Department of Transportation, Sacramento, CA, 1989.
- [35] U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards, “User’s guide to CAL3QHC Version 2.0 – A modeling methodology for predicting pollutant concentrations near roadway intersections”, EPA-454/R-92-006, Research Triangle Park, NC, 1995.
- [36] European Environment Agency (EEA), “Joint EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook, Third Edition”, EEA, Copenhagen, 2002.
- [37] M. Tartaglia, “L’inquinamento dell’aria da traffico stradale”, Editoriale BIOS, Cosenza, 1999.
- [38] F. Lollobrigida, G. Brusasca, M. Clemente, R. De Maria, M. Deserti, F. Desiato, F. Lena, G. Tinarelli, G. Zanini, “Linee guida per la selezione e l’applicazione dei modelli di dispersione atmosferica per la valutazione della qualità dell’aria”, ANPA, Centro Tematico Nazionale Aria Clima Emissioni, RTI CTN_ACE 4/2001, 2001.
- [39] U. Maggi, “Studio metodologico per la valutazione delle ricadute di inquinanti da inceneritore di rifiuti”, Tesi di Laurea in Ingegneria per l’Ambiente e il Territorio, Università degli Studi di Firenze, 2002.

