

EniPower

Stabilimento di Taranto

Centrale Termoelettrica

Allegato D.5

**Relazione tecnica sui dati
meteoclimatici**

Snamprogetti

INDICE

1	IL SISTEMA MODELLISTICO CALMET/CALPUFF	3
1.1	Criteri di selezione	3
1.2	CALMET	4
1.3	CALPUFF	4
2	I dati di input	5
2.1	CALMET	5
2.2	CALPUFF	9
3	BIBLIOGRAFIA	10

1 IL SISTEMA MODELLISTICO CALMET/CALPUFF

1.1 Criteri di selezione

Il sistema modellistico CALMET/CALPUFF (Scire et al., 2000a; Scire et al., 2000b) è stato scelto tra gli strumenti esistenti in base alle seguenti motivazioni (sulla base ad esempio di quanto suggerito in ANPA, 2000):

- Referenze. E' indicato dalla US-EPA (2005) come preferito per la simulazione del trasporto degli inquinanti su lunghe distanze (da 50 km a diverse centinaia di km) e suggerito anche per la simulazione su distanze relativamente brevi quando le condizioni di orografia complessa possono generare situazioni di stagnazione, di ricircolo dei venti e variazioni spazio temporali delle condizioni meteorologiche.
- Scala spaziale. Il modello prescelto è in grado di riprodurre efficacemente i fenomeni alla scala locale e nelle immediate vicinanze della sorgente (e.g. building downwash).
- Scala temporale. Il modello CALPUFF è in grado di predire per uno o più anni valori medi orari di concentrazione, quindi permette di determinare i parametri di interesse per la normativa vigente (numero di superamenti, percentili, ecc.).
- Complessità dell'area di studio. Il modello meteorologico diagnostico CALMET permette di riprodurre gli effetti dovuti all'orografia del territorio (presenza di rilievi), alle disomogeneità superficiali (presenza di discontinuità terra-mare, città campagna, presenza grandi masse di acqua interne) e alle condizioni meteodiffusive non omogenee (regimi di brezza di monte-valle, brezze di mare, inversioni termiche, calme di vento a bassa quota).
- Tipologia di inquinante. Tutti gli inquinanti di interesse nello studio (CO, NOX, SO2 e PM10) sono prevalentemente di origine primaria, quindi possono essere efficacemente simulati dal modello di dispersione CALPUFF. Il modello è inoltre in grado di descrivere processi di rimozione (deposizione secca e deposizione umida) specifici per ciascun inquinante.
- Tipologia delle sorgenti. Tutte le sorgenti di interesse nello studio sono di tipo puntuale (o puntiforme), e vengono gestite dal modello CALPUFF. Oltre al *building downwash* a cui si è già accennato, il modello descrive altri fenomeni tipici di questa tipologia di sorgenti, quali il *plume rise*, lo *stack tip downwash* ed altri ancora.
- Tipologia di analisi. Lo studio prevede l'effettuazione di un'analisi di dettaglio tenendo conto dei dati meteorologici locali su base oraria per un periodo temporale di un anno. I valori di concentrazione media oraria ottenuti saranno ulteriormente processati per ottenere i parametri di interesse normativo.

- Disponibilità dei dati di input. Il sistema CALMET/CALPUFF richiede molti più dati di input rispetto ad un modello di tipo Gaussiano. Sono necessarie ad esempio misure meteorologiche al suolo con risoluzione oraria, almeno un radiosondaggio ogni 12 ore, informazioni sull'orografia e sull'utilizzo del suolo. A fronte di questa maggiore richiesta di dati, tutti disponibili per lo studio in oggetto, il sistema modellistico fornisce informazioni molto più dettagliate e precise rispetto a modelli più semplici basati su una meteorologia puntuale.

Nel seguito viene fornita una breve descrizione dei modelli CALMET e CALPUFF.

1.2 CALMET

CALMET (Scire et al., 2000b) è un modello meteorologico diagnostico, cioè in grado di ricostruire il campo di vento 3D su un dominio di calcolo con orografia complessa a partire da misure al suolo, da almeno un profilo verticale e dai dati su orografia e utilizzo del suolo. Esso contiene inoltre degli algoritmi per il calcolo di parametri micrometeorologici 2D fondamentali nell'applicazione di modelli di dispersione in atmosfera, come, ad esempio, l'altezza di rimescolamento, la lunghezza di Monin-Obukhov, la velocità di frizione e la velocità convettiva.

Il modulo per la ricostruzione del campo di vento utilizza un approccio costituito da due passi successivi. Nel primo passo modifica il vento iniziale (Initial Guess Field) in funzione degli effetti cinematici del terreno e dei venti di pendenza e produce un primo campo di vento. Nel secondo passo questo campo di vento viene modificato tramite una analisi oggettiva che introduce i dati misurati ed utilizza l'equazione di continuità.

L'output di CALMET viene utilizzato in maniera diretta dal modello di dispersione Lagrangiano a puff CALPUFF (Scire et al., 2000a) e dal modello di dispersione Euleriano fotochimico CALGRID (Yamartino et al., 1989; Yamartino et al., 1992). CALMET è stato recentemente modificato allo scopo di migliorare gli algoritmi di interpolazione della temperatura e del calcolo delle componenti diretta, riflessa e diffusa della radiazione solare tenendo conto dell'ombra indotta dall'orografia (Bellasio et al., 2005).

Lo studio descritto in questo documento è stato realizzato utilizzando la versione del modello CALMET ufficialmente suggerita dalla US-EPA (Versione 5.8, Livello 070623).

1.3 CALPUFF

CALPUFF (Scire et al., 2000a) è un modello di dispersione Lagrangiano a puff non stazionario. Esso simula il trasporto, la rimozione per deposizione secca ed umida, ed alcune semplici trasformazioni chimiche per diverse specie inquinanti contemporaneamente. Il campo meteorologico in input a CALPUFF può essere variabile

sia nello spazio che nel tempo. Il modello CALPUFF utilizza in maniera diretta l'output prodotto dal modello meteorologico diagnostico CALMET. Oltre a un campo meteorologico tridimensionale complesso, CALPUFF può utilizzare in input anche misure di vento provenienti da una singola centralina, tuttavia ciò non permette di usufruire pienamente delle sue capacità di trattare campi meteorologici variabili nello spazio.

CALPUFF può essere utilizzato per simulare la dispersione su diverse scale. Esso infatti contiene sia algoritmi per la descrizione di effetti importanti in prossimità della sorgente che algoritmi importanti su scale regionali. Tra i primi ci sono fenomeni come il *building downwash*, legato alla presenza di edifici vicino al camino, il *transitional plume rise* o il *partial plume penetration*, importanti nel caso di emissioni da camini di dimensioni paragonabili a quelle dello strato limite. Tra i secondi invece ci sono fenomeni come la deposizione secca e umida, lo *shear* verticale del vento che provoca il trasporto dell'inquinante con velocità e direzioni diverse in funzione della quota, o la descrizione della dispersione sul mare o vicino alle zone costiere.

Le sorgenti di emissione simulate dal modello possono essere puntuali, areali, lineari o volumetriche. Il rateo e gli altri parametri di emissione (velocità di uscita dei fumi, temperatura, ecc.) possono essere costanti o variabili nel tempo.

CALPUFF ha la peculiarità di utilizzare 3 tipologie di domini di calcolo:

- il dominio meteorologico è definito dalla simulazione di CALMET ed è la massima area su cui possono essere effettuate simulazioni di dispersione;
- il dominio computazionale indica il dominio all'interno del quale vengono considerate le sorgenti emissive e su cui vengono simulati i fenomeni di avvezione e dispersione degli inquinanti, esso può al massimo coincidere con il dominio meteorologico;
- il dominio di campionamento è il dominio su cui vengono forniti gli output di concentrazione, esso può al massimo coincidere con il dominio computazionale.

CALPUFF produce in output per tutte le specie simulate valori orari di concentrazione, deposizione secca e deposizione umida e, per applicazioni in cui la visibilità è un parametro di interesse, coefficienti di estinzione.

2 I DATI DI INPUT

2.1 CALMET

Il dominio di simulazione del modello meteorologico diagnostico CALMET (rappresentato in Figura 5.1 con un rettangolo verde) è situato interamente all'interno della Regione Puglia, ed interessa i territori delle province di Taranto, Brindisi e Lecce. Il dominio è posizionato in modo tale che al suo interno siano compresi l'aeroporto di Brindisi a Nord

Est, da cui derivano i radiosondaggi, e due punti dell'archivio GDAS a Sud Est e Sud Ovest.

Le coordinate UTM 33S dell'angolo di Sud Ovest del dominio di CALMET sono $X = 668000$ m, $Y = 4429000$ m; la dimensione del dominio di simulazione è di 89×76 km². Il dominio del modello meteorologico CALMET è stato scelto più grande del dominio del modello di dispersione atmosferica CALPUFF, che è comunque in grado di innestarsi all'interno di un dominio di CALMET di maggiore estensione.

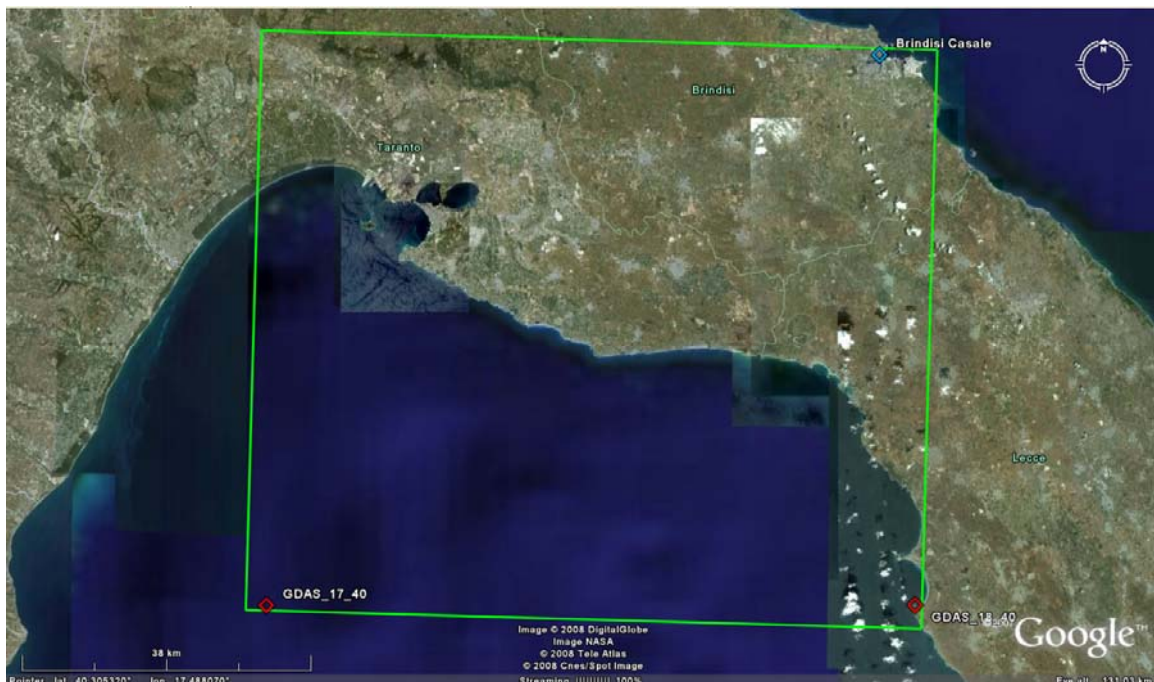


Figura 2.1. Dominio di simulazione del modello meteorologico diagnostico CALMET.

La zona di studio è situata all'interno di un'area con orografia molto complessa, caratterizzata anche dalla presenza dell'interfaccia terra mare.

L'orografia media e l'utilizzo del suolo sono stati determinati per ogni cella del dominio di calcolo descritto. Poiché i dati originali di orografia hanno una risoluzione di 30" (cioè circa 700 m in longitudine e 900 m in latitudine), non è a priori garantito che la linea costiera sia definita con il dettaglio desiderato. Sia i dati di orografia così ottenuti che i dati di utilizzo del suolo (derivati da CORINE) sono stati verificati utilizzando mappe satellitari. La mappa di utilizzo del suolo ottenuta a seguito del procedimento descritto è mostrata in Figura 5.2. L'orografia media sulle celle di lato pari a 1 km varia dagli 0 metri del mare a circa 500 m nelle zone montuose. Essa viene mostrata in Figura 5.3.

In direzione verticale sono state utilizzate 8 griglie di calcolo per un'altezza totale di 3000 m. Il periodo temporale di simulazione è l'intero anno 2007.

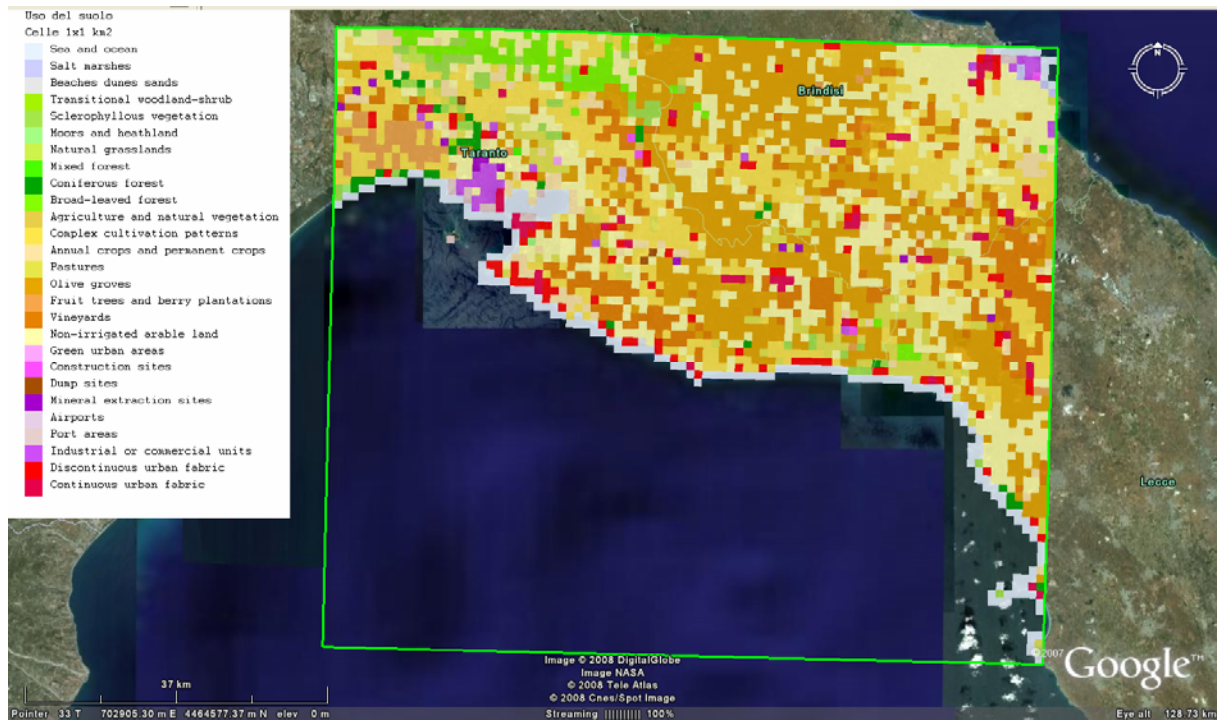


Figura 2.2. Utilizzo del suolo sul dominio discretizzato con celle di 1000 m.

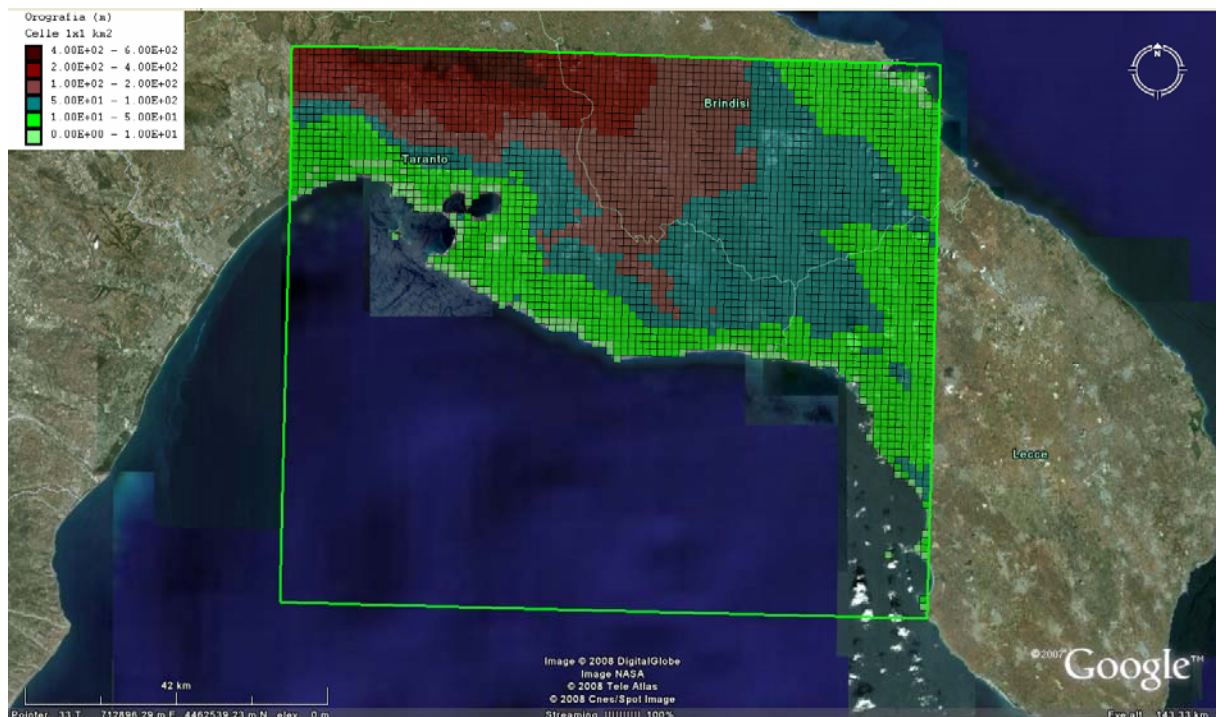


Figura 2.3. Orografia sul dominio discretizzato con celle di 1000 m.

I dati meteorologici superficiali relativi all'anno 2007, forniti in input al modello sono stati confrontati con dati climatici (ottenuti dall'archivio SCIA - <http://www.scia.sinanet.apat.it> - e dal Servizio Mearografico - <http://www.idromare.it>) e giudicati rappresentativi.

Il modello CALMET necessita in ingresso di misure meteorologiche al suolo con risoluzione oraria e di almeno un profilo verticale con risoluzione temporale non superiore alle 12 ore. Tali informazioni sono state ottenute:

- dai radiosondaggi effettuati nell'aeroporto di Brindisi Casale (dati in quota),
- dai dati dell'archivio GDAS (Global Data Assimilation System) utilizzati come pseudo misure (dati in superficie e in quota),
- dai dati METAR relativi all'aeroporto di Brindisi Casale (dati in superficie),
- dai dati misurati dalla stazione di Taranto del Servizio Mareografico dell'APAT (dati in superficie),
- dai dati misurati dalla stazione di Grottaglie dell'ARPA Puglia (dati in superficie).

I dati meteorologici necessari a CALMET dalle stazioni di superficie sono velocità e direzione del vento, altezza del cielo, copertura nuvolosa, temperatura, umidità relativa, pressione e codice di precipitazione. I dati meteorologici necessari in quota sono pressione, altezza, temperatura, velocità e direzione del vento.

Le rose del vento ottenute a partire dalle misure effettuate durante l'anno 2007 per le stazioni in superficie vengono riportate in Figura 2.4. La stazione di Grottaglie, situata nell'entroterra, è quella caratterizzata dalle minori velocità del vento, mentre le stazioni situate in prossimità della costa sono caratterizzate da valori più elevati.



Figura 2.4. Rose dei venti delle stazioni superficiali (anno 2007) e loro posizioni.

2.2 CALPUFF

Le simulazioni di dispersione sono state effettuate su un sottodominio del dominio meteorologico, selezionato in maniera tale da essere ragionevolmente sicuri che esso contenga i massimi di concentrazione. A tal fine è stato definito un dominio computazionale di 20x20 km² centrato sull'area industriale (Figura 8.1). All'interno di tale dominio è stato definito il dominio di campionamento delle concentrazioni, di dimensione pari a 16x16 km². Il grigliato di output delle concentrazioni ha maglie quadrate di dimensione pari a 250 m, avendo applicato un fattore di nesting rispetto alle griglie del modello meteorologico pari a 4. Il dominio computazionale del modello CALPUFF è il dominio all'interno del quale il modello di dispersione simula la dispersione dei puff rilasciati da ciascuna sorgente. Il dominio di campionamento non può mai superare il dominio computazionale ed è l'area all'interno della quale vengono calcolate le concentrazioni.

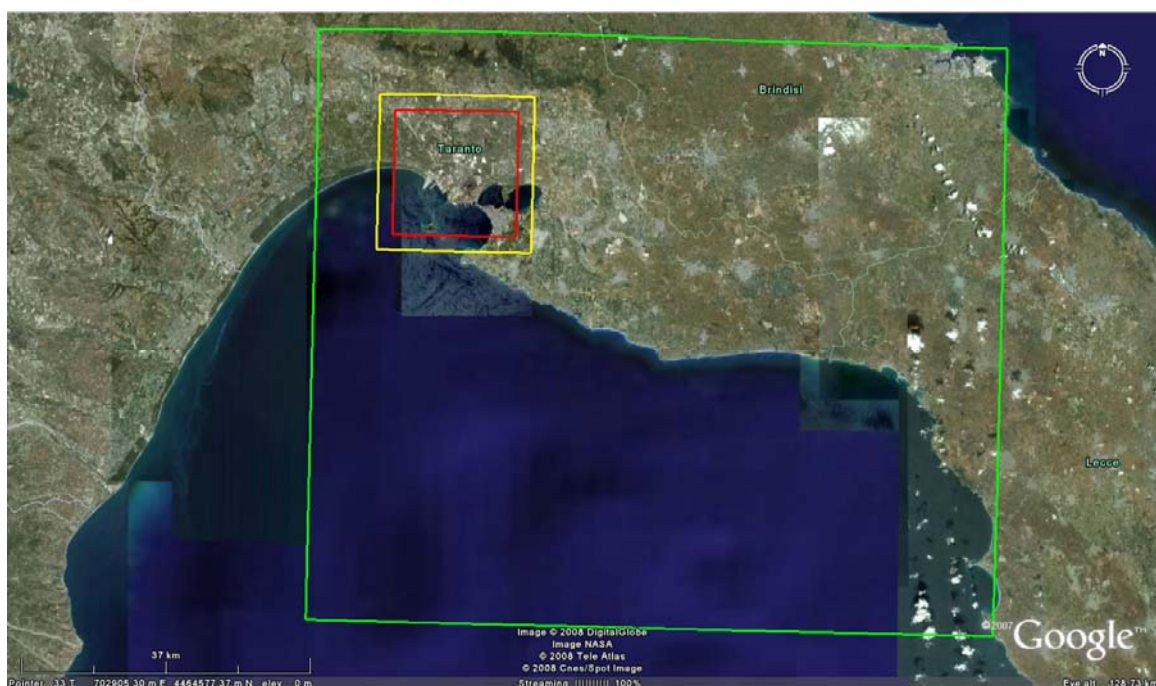


Figura 2.5. Domini di simulazione di CALMET (verde), CALPUFF computazionale (giallo) e CALPUFF campionamento (rosso).

Le simulazioni di dispersione atmosferica degli inquinanti sono state effettuate utilizzando il modello CALPUFF. Il modello è stato utilizzato con le seguenti opzioni:

- è stata calcolata la deposizione secca ed umida degli inquinanti al fine di ottenere una stima il più possibile realistica delle concentrazioni;
- è stata simulata la dispersione in condizioni convettive per mezzo delle probability density functions (PDF) in modo tale da riprodurre il comportamento asimmetrico degli updrafts e dei downdrafts;

- è stato utilizzato un file descrivente numericamente la costa al fine di considerare la formazione del TIBL (Thermal Internal Boundary Layer) nel passaggio degli inquinanti dal mare alla terraferma;
- è stato considerato l'effetto building downwash per i principali edifici presenti di cui sono note le dimensioni.

3 BIBLIOGRAFIA

ANPA (2000) I modelli nella valutazione della qualità dell'aria. RTI CTN_ ACE 2/2000.

Bellasio R., G.Maffeis, J.Scire, M.G.Longoni, R.Bianconi and N.Quaranta (2005) Algorithms to account for topographic shading effects and surface temperature dependence on terrain elevation in diagnostic meteorological models. *Boundary-Layer Meteorology*, 114: 595-614.

Holtslag, A.A.M. and A.P. Van Ulden, 1982: Simple estimates of nighttime surface fluxes from routine weather data. KNMI Scientific Report, W.R. 82-4, 11p.

Holtslag, A.A.M. and A.P. Van Ulden, 1983: A simple scheme for daytime estimates of the surface fluxes from routine weather data. *J. Clim. And Appl. Meteor.*, 22, 517-529.

Scire, J.S., D.G. Strimaitis and R.J. Yamartino, 2000a: A user's guide for the CALPUFF dispersion model (Version 5). Earth Tech. Inc., Concord, MA.

Scire, J.S., F.R. Robe, M.E. Fernau and R.J. Yamartino, 2000b: A user's guide for the CALMET meteorological model (Version 5). Earth Tech. Inc., Concord, MA.

US-EPA (2005). Revision to the Guideline on Air Quality Models: Adoption of a Preferred General Purpose (Flat and Complex Terrain) Dispersion Model and Other Revisions; Final Rule. *Federal Register*, Vol. 70, N. 216, November 9, 2005. Rules and Regulations.

Yamartino, R.J., J.S. Scire, S. R. Hanna, G.R. Carmichael and Y.S. Chang, 1989: CALGRID: A Mesoscale Photochemical Grid Model. Volume I: Model Formulation Document. California Air Resources Board, Sacramento, CA.

Yamartino, R.J., J.S. Scire, S. R. Hanna, G.R. Carmichael and Y.S. Chang, 1992: CALGRID mesoscale photochemical grid model. I – Model formulation, *Atmospheric Environ.*, 26A, 1493-1512.