

APPLICAZIONE DI UN MODELLO GAUSSIANO IBRIDO AD UN SITO INDUSTRIALE CARATTERIZZATO DA OROGRAFIA COMPLESSA.

Bruno Bove, Anna Maria Crisci, Lucia Mangiamele, Mario Scarciolla, Lucilla Ticconi

Italia – Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente della Basilicata (ARPAB)

Roberto Sozzi

Italia – Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente del Lazio (ARPAL)

II Sessione – ESPERIENZE DEL SISTEMA AGENZIALE

Lo studio delle ricadute al suolo di inquinanti rilasciati da sorgenti naturali e antropiche richiede un approccio sistemico al fenomeno del trasporto e diffusione e l’utilizzo di metodi e strumenti integrati al fine di valutare gli impatti sia in termini ambientali che socio-economici. In tal senso, l’applicazione di un modello di dispersione degli inquinanti in atmosfera è solo uno degli step di tale studio e, ciononostante, non può prescindere dall’analisi di tutte le componenti del sistema territoriale in esame per fotografare lo stato dell’arte sia dal punto di vista socio-economico, sia industriale che orografico e meteorologico (figura 1).

Peraltro la simulazione modellistica risulterebbe lacunosa se non fosse corredata da un opportuno confronto con le misure effettuate sul territorio mediante le reti di monitoraggio della Qualità dell’Aria. Infatti, una delle fasi dello studio è relativa all’analisi della rispondenza tra i dati misurati dalla rete e quelli simulati mediante i modelli, da cui si è in grado di stimare il grado di errore dei risultati modellistici.

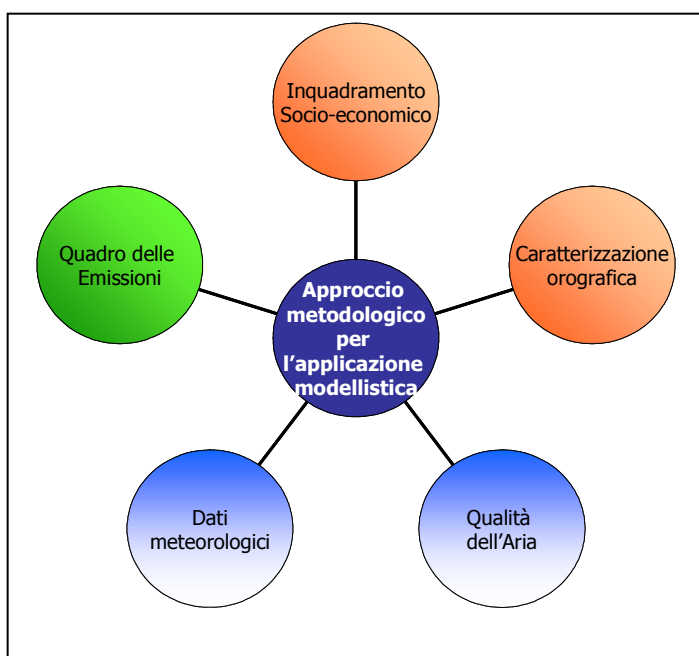


Figura 1. Approccio sistemico per l'applicazione modellistica.

Nell'individuazione del sito di studio, uno dei criteri guida seguiti, è stata la disponibilità di dati quali-quantitativi, inerenti il sistema produttivo e le condizioni meteorologiche ed orografiche, necessari per la realizzazione del data input del modello. In questo lavoro è stata presa in esame un'area industriale della regione Basilicata di elevato interesse produttivo, socio-economico, naturalistico ed ambientale. La scelta è, quindi, ricaduta sulla zona del Vulture-Melfese (area industriale di San Nicola di Melfi) su cui insiste una rilevante area industriale della Basilicata nelle immediate vicinanze di colture pregiate, di un importante bacino idrominerario e di aree protette (figura 2).

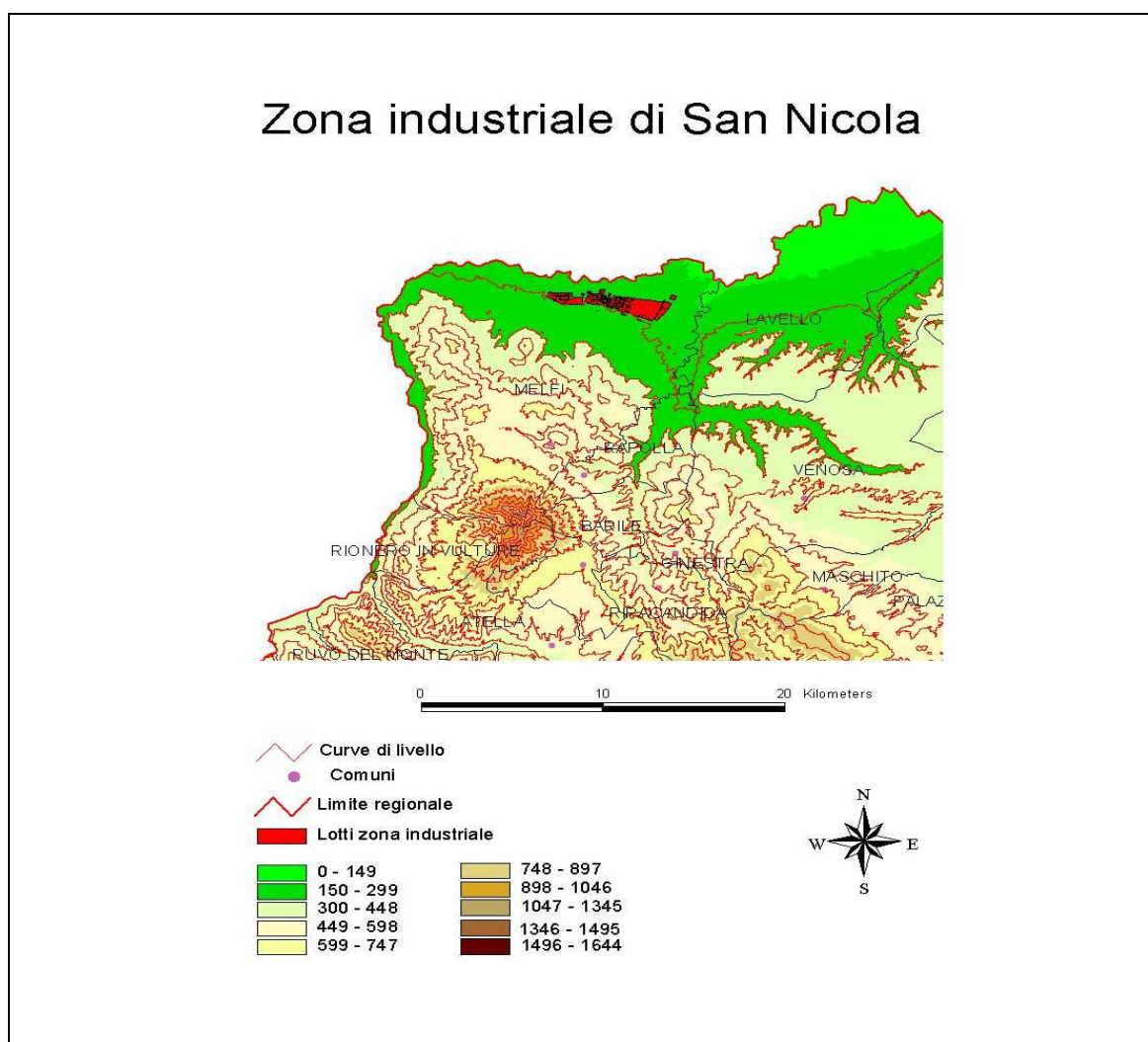


Figura 2. Inquadramento territoriale.

L'area in oggetto è caratterizzata da un trend demografico e socio-economico crescente e comprende 8 comuni lucani con una popolazione pari all'11% di quella regionale ed un'estensione di poco inferiore a 1000 kmq (30 km x 30 km), pari a circa 1/10 della superficie regionale. La valenza

industriale dell'area è data dalle informazioni trasmesse dal Consorzio Industriale della Provincia di Potenza, per cui risulta che il 55% degli addetti del settore produttivo in provincia è impiegato a San Nicola di Melfi. Per quanto riguarda la morfologia del territorio, l'area è contraddistinta da una orografia complessa per la presenza del rilievo montuoso del Vulture a sud - ovest del sito nonché rilievi di minore importanza nel resto del dominio.

Fissato come obiettivo principale dell'analisi la valutazione preliminare delle ricadute al suolo degli inquinanti primari aerodispersi, ed avendo caratterizzato l'ambito territoriale scelto e le sorgenti punti di emissione preponderanti, si è deciso di utilizzare un modello gaussiano ibrido: il **CTDMPLUS** (Complex Terrain Dispersion Model Plus -Algorithms for Unstable Situations) dell'EPA.

Il CTDMPLUS è un codice con soluzione gaussiana dell'equazione di diffusione per emissioni stazionarie da sorgenti puntuali, ma permette di trattare situazioni stabili ed instabili in presenza di terreno complesso. Si presenta come un sistema modellistico costituito dal modello di trasporto e diffusione, dal pre-processore orografico e dal pre-processore meteorologico (figura 3) e dal post-processore.

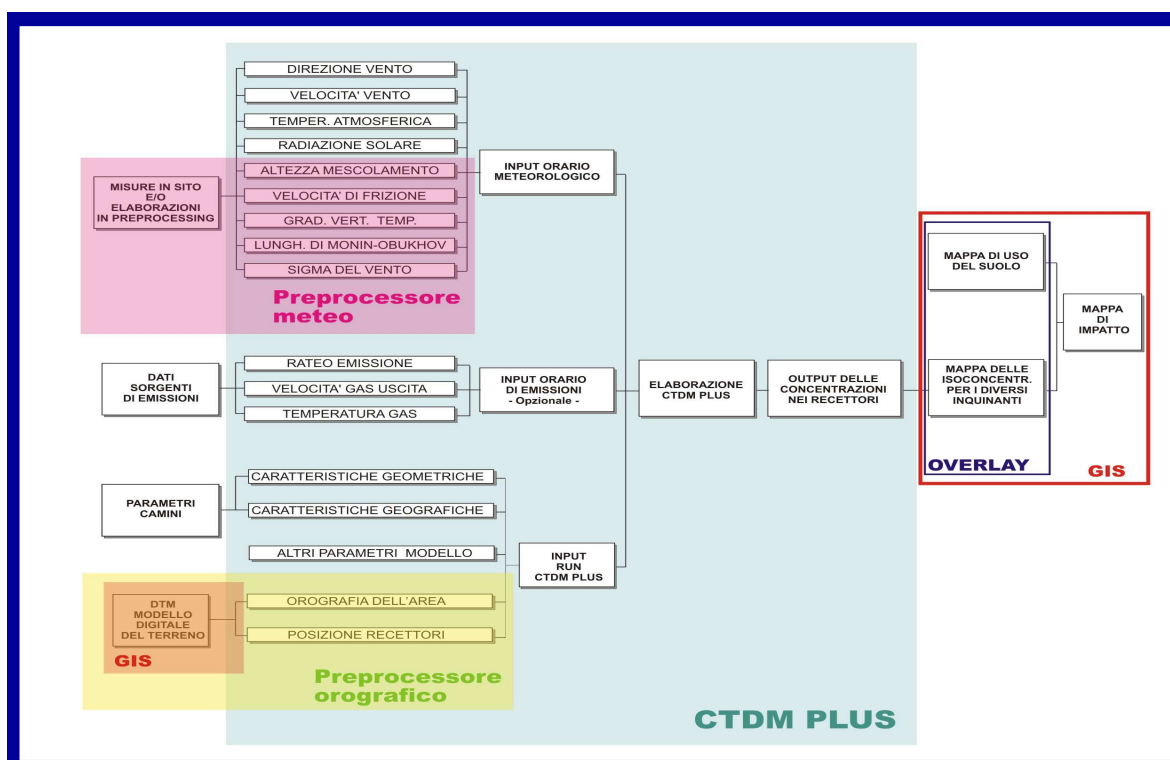


Figura 3. Struttura del sistema modellistico CTDM Plus.

Nella presente applicazione, il pre-processore meteorologico METPRO è stato opportunamente sostituito da ARPA_PBL, un pre-processore meteo sviluppato ad hoc per produrre i file meteo di ingresso ai seguenti modelli: ISC3, MOCAR_3, MOCAR_4, CTDMPlus. Lo scopo principale dell'implementazione di ARPA_PBL è stato quello di sviluppare uno

strumento che, consentendo l'elaborazione di dati derivanti da misure mediante strumenti tradizionali, fosse di supporto ai modellisti del sistema agenziale garantendo un approccio semplificato e dinamico. Inoltre, l'applicazione in oggetto ha rappresentato una fase della calibrazione del pre-processore meteo mettendo in evidenza i punti di forza e di debolezza nell'interfaccia con il CTDM Plus.

ARPA_PBL è, in particolare, dedicato alla ricostruzione dei parametri che caratterizzano la turbolenza del PBL a partire dalle misure meteorologiche che costituiscono l'input per il preprocessore stesso (anno, mese, giorno, ora, direzione e velocità del vento, temperatura dell'aria, radiazione globale). Esso restituisce in output, con la risoluzione temporale dei dati di ingresso, la radiazione netta, il flusso di calore sensibile, la velocità di frizione, la temperatura di scala, l'inverso della lunghezza di Monin - Obukhov, la velocità convettiva di scala, l'altezza di rimescolamento.

Il preprocessore orografico, invece, è costituito da 3 programmi (FITCON, HCRIT, PLOTCON). I primi due modellizzano il territorio semplificandone i profili e generando una composizione di semiellissoidi, producendo inoltre i parametri orografici di input al modello di diffusione. PLOTCON è un programma di visualizzazione, che consente di individuare anche l'ubicazione dei recettori sull'orografia interpretata a partire dal Modello Digitale del Terreno. Nella presente applicazione, infatti, si è estratto dal DTM un modello di orografia semplificata, in grado di seguire l'andamento reale del terreno con un numero minimo di curve di livello, ed un modello di orografia complessa, per il quale sono state scelte le curve di livello con equidistanza costante e pari a 100 metri.

Infine, il codice di diffusione e trasporto, sviluppato per sorgenti puntuali in presenza di terreno complesso, è una integrazione del CTDM (messo a punto per situazioni stabili e neutre) ed è applicabile in tutte le condizioni di stabilità. Nella modellazione stazionaria della dispersione di inquinanti in orografia complessa e situazioni stabili, elemento prioritario è il concetto della *Dividing Streamline Hc*. Il flusso si suddividerà in una parte al di sotto di H_c che non possiede energia cinetica sufficiente a scavalcare la montagna, muovendosi intorno ad essa, ed una parte al di sopra di H_c che, salendo lungo la montagna, subisce una convergenza verticale ed una divergenza orizzontale delle linee di flusso con una conseguente riduzione di σ_z ed aumento di σ_y . Due componenti separate del modello calcolano il flusso sopra e sotto ad H_c , e sono rispettivamente la componente LIFT e WRAP.

Nella modellizzazione di condizioni instabili (convettive), il modello si basa su una descrizione di funzione di densità di probabilità (PDF) della velocità verticale per stimare la distribuzione verticale della concentrazione di inquinante.

Nell'applicazione svolta si sono adottate le seguenti ipotesi di lavoro:

- le sorgenti sono di tipo puntuale e corrispondono a 4 camini industriali appartenenti ad un impianto di incenerimento di rifiuti industriale ed ad un impianto di cogenerazione di energia;
- sono stati effettuati run orari di dati meteorologici su un intero anno per le sole condizioni di stabilità atmosferica;

- la sostanza rilasciata presa in considerazione è un inquinante primario (NOx);
- è stata condotta un'analisi di sensibilità del modello sulla componente orografica valutandone la variabilità in termini di
 - o assenza di rilievi (orografia *piana*),
 - o orografia *semplificata*, con profili smussati rispetto a quelli reali,
 - o orografia *complessa*, con un andamento dei profili tale da riprodurre anche le valli presenti.

Nella figura 4, si possono cogliere le differenze tra le ipotesi di orografia semplificata e complessa rispetto al territorio reale su un profilo con origine nelle sorgenti di emissione e che si sviluppa per circa 20 km verso Sud-Ovest.

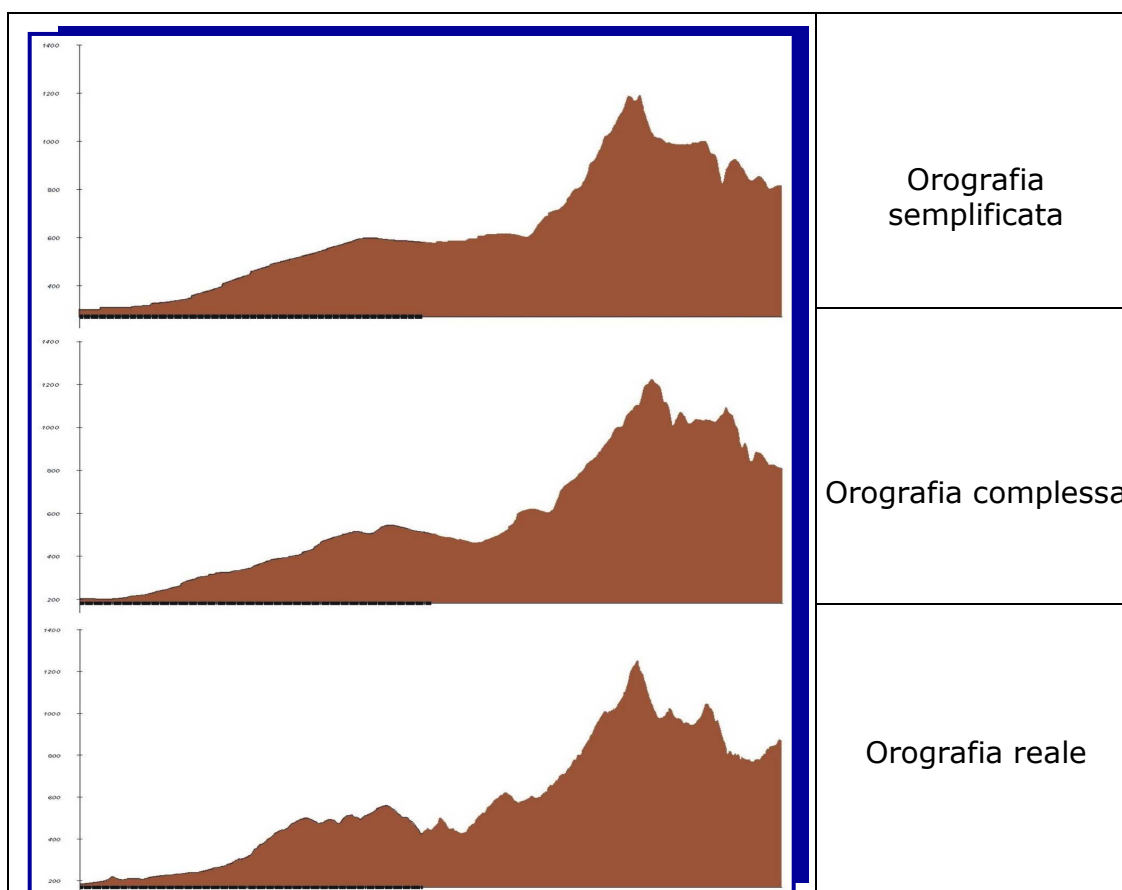


Figura 4. Profilo del terreno in direzione NE-SO con origine nella sorgente emissiva nelle differenti ipotesi orografiche.

Nel seguito si discutono i risultati ottenuti dal modello nelle ipotesi di lavoro illustrate. Un primo evidente riscontro è che, in condizioni stabili, l'analisi della rosa dei venti, illustrata in figura 5, consente una rapida individuazione dell'area a maggiore impatto e che, nel contesto territoriale in esame, l'intensità del vento gioca un ruolo non trascurabile anzi preponderante nella determinazione delle concentrazioni a terra.

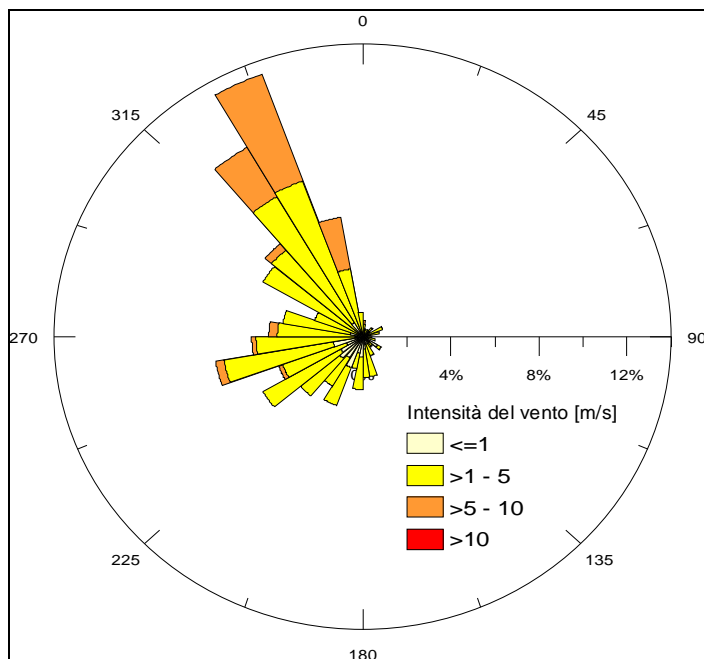


Figura 5. Rosa dei venti nelle ore stabili del mese di Febbraio 2003.

L'analisi di sensibilità condotta sul dato geografico ha rivelato, inoltre, che in aree ad orografia variabile e complessa non ha senso trascurare completamente l'effetto che il territorio ha sulle ricadute di inquinanti nelle vicinanze della sorgente. Infatti, come si evince dalla figura 6 in cui sono riportate a titolo di esempio le mappe di isoconcentrazione di NO_x al suolo nel mese di Febbraio 2003, nell'ipotesi di assenza di rilievi (figura 6-a) si riscontrano ricadute al suolo nella zona a Sud dei punti di emissione con valori di concentrazione massima dell'ordine di grandezza fino a 3 volte superiore rispetto agli altri casi.

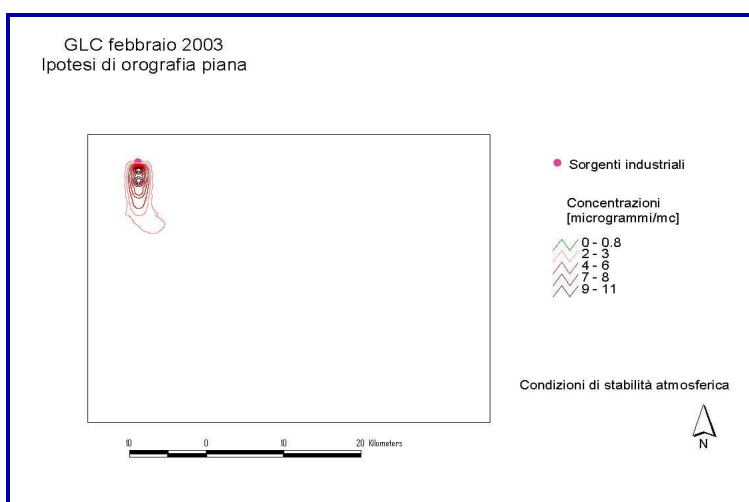


Figura 6-a. Mappa di isoconcentrazione al suolo di NO_x nel caso di assenza di rilievi.

Pertanto l'ipotesi di terreno pianeggiante determina una sottostima dell'estensione dell'area impattata ed una sovrastima delle concentrazioni massime al suolo.

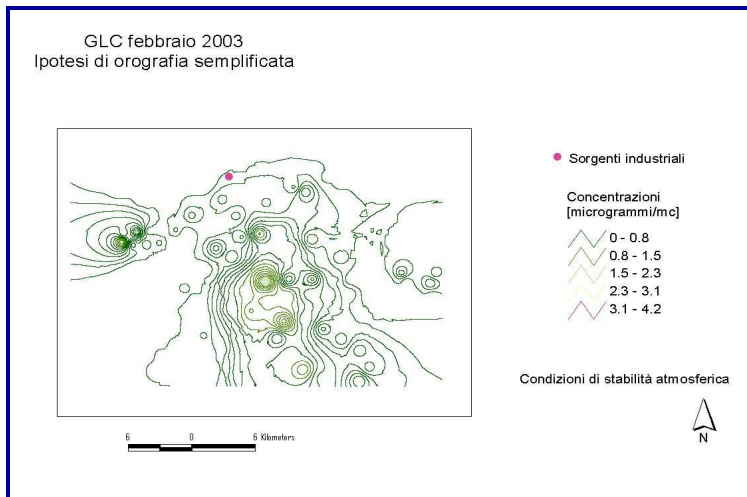


Figura 6-b. Mappa di isoconcentrazione al suolo di NOx nel caso di orografia semplificata.

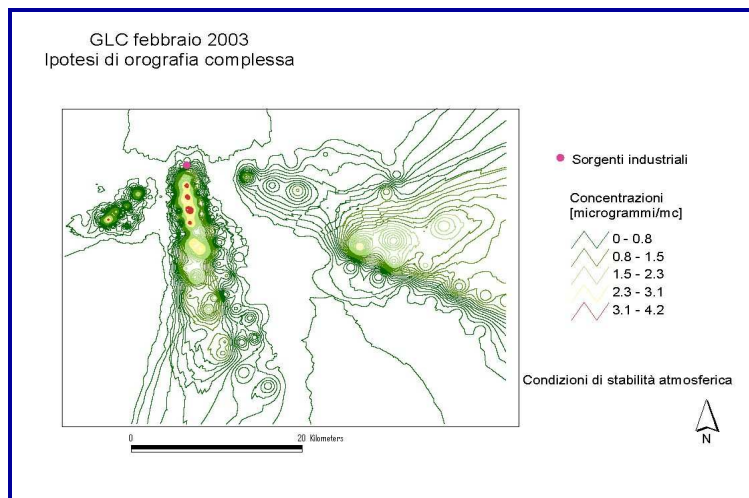


Figura 6-c. Mappa di isoconcentrazione al suolo di NOx nel caso di orografia complessa.

Dal confronto tra i risultati ottenuti nei casi di presenza di orografia, sia secondo l'ipotesi di semplificazione della stessa che di rappresentazione più dettagliata, si desume che i risultati ottenuti nel primo caso sono esplicativi del fenomeno di impatto al suolo pur essendo le concentrazioni più diluite rispetto al caso di orografia complessa nel quale sono immediatamente individuabili i massimi al suolo.

In sintesi, la semplificazione del territorio consente di ottenere risultati affidabili ottimizzando i tempi di lavoro sul DTM, ma è auspicabile operare con un modello del territorio dettagliato quando si perseguono fini strettamente vincolanti per le aziende che rilasciano emissioni in atmosfera. In realtà, tale affermazione potrà essere confermata solo a valle del lavoro di validazione dei risultati con i dati acquisiti dalla rete di monitoraggio della Qualità dell'Aria.

Il lavoro presentato pone comunque le basi per la predisposizione del data input inerente l'intero sistema produttivo dell'area del Vulture - Melfese e l'applicazione del CTDM Plus in condizioni di instabilità atmosferica.

BIBLIOGRAFIA

EPA "The Complex Terrain Dispersion Model - User's Guide and Program Descriptions" December 1987

EPA "Modification to the CTDMPLUS and CTSCREEN models" March 1993

Palma A., Tramutoli M., Vita M. "Il monitoraggio dell'ambiente nel melfese" - Regione Basilicata 1999

RTI CTN_ACE 2/2000 "I modelli per la valutazione della qualità dell'aria".

Sozzi R. "ARPA_PBL: Un programma per la ricostruzione diagnostica monodimensionale dei campi di turbolenza del PBL" ARPA Lazio 2004

Sozzi R., Georgiadis T., Valentini M. "Introduzione alla Turbolenza Atmosferica" Pitagora Editrice Bologna 2002

Sozzi R. et al. "La Micrometeorologia e la dispersione degli inquinanti in aria" - APAT CTN_ACE 2003

Stull R.B. "An Introduction to Boundary Layer Meteorology" Kluwer Academic Publishers 1988