

INDICE

	<u>Pagina</u>
1 INTRODUZIONE	1
2 DATI METEO CLIMATICI	2
2.1 CLIMATOLOGIA GENERALE	2
2.2 DATI UTILIZZATI NELLE SIMULAZIONI MODELLISTICHE	2
2.2.1 Rose dei venti	4
2.2.2 Stabilità	5
2.3 SCENARIO METEOROLOGICO	6
3 DESCRIZIONE DEL MODELLO MATEMATICO UTILIZZATO	8
3.1 LINEE GUIDA EPA DEI MODELLI RACCOMANDATI	8
3.2 MODELLO OCD (“OFFSHORE AND COASTAL DISPERSION MODEL”)	8

RIFERIMENTI

1 INTRODUZIONE

La presente relazione identifica i dati meteorologici che sono stati utilizzati per caratterizzare la climatologia dell'area e per modellare le ricadute di inquinanti in atmosfera.

La relazione è organizzata come segue:

- nel Capitolo 2 sono presentati i dati relativi alle caratteristiche meteorologiche medie dell'area ricadente nel dominio di calcolo ed i dati meteorologici impiegati come input per le simulazioni di dispersione delle emissioni in atmosfera dovute al funzionamento dell'impianto.
- nel Capitolo 3 sono presentate le principali caratteristiche del modello matematico "*Offshore and Coastal Dispersion model*" (OCD) utilizzato per le simulazioni.

2 DATI METEO CLIMATICI

2.1 CLIMATOLOGIA GENERALE

Il Veneto da un punto di vista morfologico si può considerare come la più completa tra le Regioni Italiane per la varietà di caratteri fisici presenti sul suo territorio. Può essere suddivisa in tre zone oro-climatiche distinte, cui corrispondono caratteristiche omogenee:

- fascia alpina e prealpina;
- pianura veneta;
- zona costiera e lagunare.

In termini generali il terminale ricade nella zona oro – climatica costiera. La particolarità di quest'area è determinata dalla vicinanza al mare, la cui influenza e i cui venti umidi e le brezze penetrano abbastanza nell'interno del territorio. L'azione mitigatrice delle acque è comunque limitata, da una parte in quanto si è in presenza di un mare interno, stretto e poco profondo, dall'altra per la loro posizione, in grado di mitigare solo le masse d'aria provenienti dai settori sud-orientale e orientale. Così le temperature invernali, pur mitigate, risultano comunque basse, in particolare per le incursioni della bora, fredda e asciutta da Nord-Est. L'alternanza delle brezze nella fascia litoranea è tipica del periodo caldo in situazioni prevalentemente anticicloniche, quando l'assenza di correnti di circolazione generale, attiva le circolazioni locali dovute alle discontinuità termiche fra mare e terra. Durante il giorno si sviluppa la brezza di mare che raggiunge la massima intensità nelle ore pomeridiane e soffia generalmente da Sud-Est. La brezza notturna, che generalmente soffia da Nord-Est, non è perpendicolare alla costa come normalmente accade, ma ad essa parallela, poiché l'interazione avviene a scala più ampia fra la catena alpina e il Mare Adriatico.

PRINCIPALI CARATTERI TERMOPLUVIOMETRICI ¹	
Temperatura massima media estiva	28 °C
Temperatura massima media invernale	14 °C
Pioggia media annua nella zona meno piovosa	700 mm
Pioggia media annua nella zona più piovosa	1.500 mm
Giorni di pioggia nella zona meno piovosa	70
Giorni di pioggia nella zona più piovosa	>100

2.2 DATI UTILIZZATI NELLE SIMULAZIONI MODELLISTICHE

I dati meteorologici necessari per l'effettuazione delle simulazioni modellistiche sono stati ricavati a partire dal dataset nazionale di riferimento MINNI disponibile per l'intero anno 1999.

Attualmente, tramite il progetto MINNI (Modello Integrato Nazionale a supporto della Negoziazione Internazionale sui temi dell'inquinamento atmosferico, Zanini et al., 2004) è

¹ Dati tratti dal Piano Regionale di Tutela e Risanamento dell'Atmosfera, Regione Veneto (2003).

disponibile il dataset relativo al 1999, ottenuto da una simulazione su base oraria condotta sull'intero territorio nazionale a risoluzione spaziale di 20 x 20 km. Il dataset contiene variabili meteorologiche, emissive e le concentrazioni di diversi inquinanti (sia primari che secondari). Queste ultime sono ottenute tramite FARM, un codice Euleriano tridimensionale che considera le trasformazioni chimiche degli inquinanti (Calori et al., 2005; Finardi et al., 2005; Silibello et al., 2005a), a partire da:

- inventario nazionale delle emissioni inquinanti APAT2000, definito su base provinciale per i diversi settori produttivi, le singole grandi sorgenti puntuali e le emissioni naturali;
- campi tridimensionali di vento, temperatura, umidità, copertura nuvolosa e precipitazione prodotti dal codice meteorologico RAMS (Cotton et al., 2003);
- condizioni al contorno ricavate a partire dai campi di concentrazione calcolati dal modello a scala europea EMEP.

Per le simulazioni modellistiche sono state estratte ed analizzate le serie annuali complete di dati meteo in corrispondenza di due punti. Il primo è situato in mare aperto, in prossimità del terminale GNL (indicato in Figura 1 con "Terminale"), il secondo sulla terra, nelle vicinanze di Adria (indicato in Figura 1 con "PL").

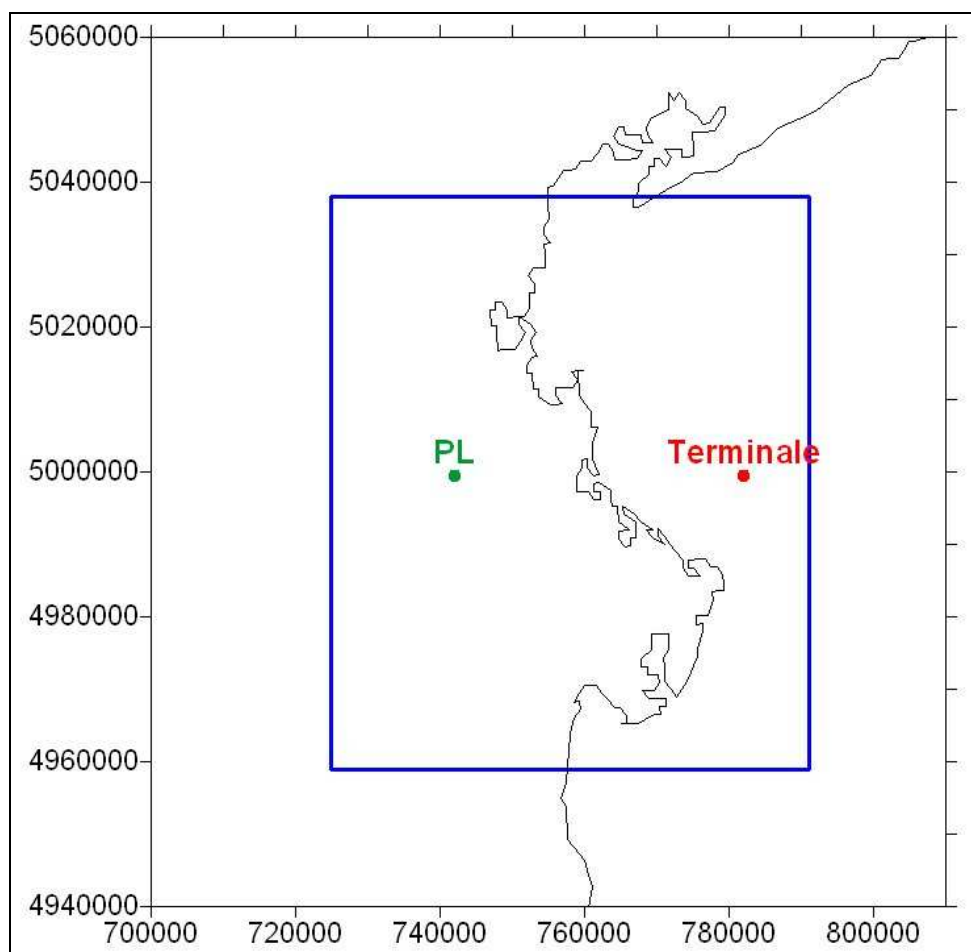


Figura 1: Posizione dei punti di estrazione dei dati meteorologici.

2.2.1 Rose dei venti

Nelle Figure 2 e 3 sono mostrate le rose dei venti relative all'intero anno 1999 estratte in corrispondenza dei due punti situati rispettivamente sulla costa veneta ("PL") e nei pressi del terminale ("Terminale").

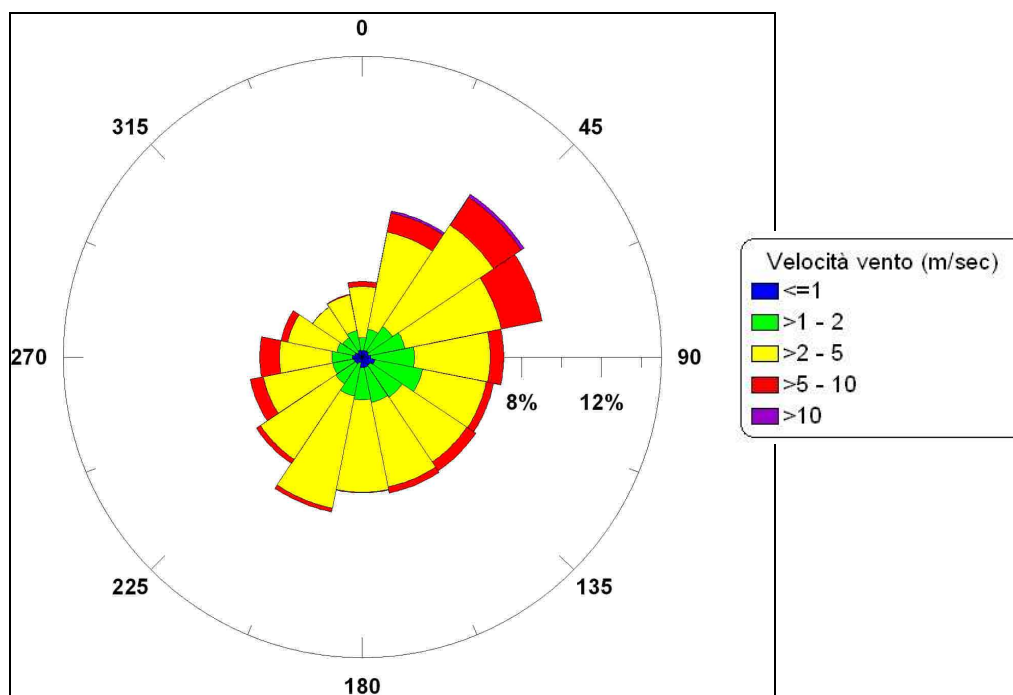


Figura 2: Rosa dei venti relativa all'intero anno 1999 estratta in corrispondenza di PL sulla costa veneta. Dati al suolo (10 m), dal 01/01/1999 al 31/12/1999.

Per la rosa estratta sulla costa veneta si osserva una distribuzione abbastanza uniforme delle componenti, con una lieve predominanza di venti provenienti dai settori nord-orientale e sud-occidentale. Le velocità più alte si registrano per venti provenienti da Nord-Est; per i venti deboli si osserva viceversa una leggera prevalenza delle direzioni da Sud-Est.

La rosa rappresentativa della serie meteorologica di dati estratti sul mare in corrispondenza del terminale presenta una intensità del vento decisamente più elevata rispetto alla costa. Le direzioni prevalenti di provenienza sono Nord-Est e Sud-Est, più forti i primi, più deboli i secondi. La crescita delle intensità non sorprende, trovandosi il punto di estrazione della serie meteorologica sul mare.

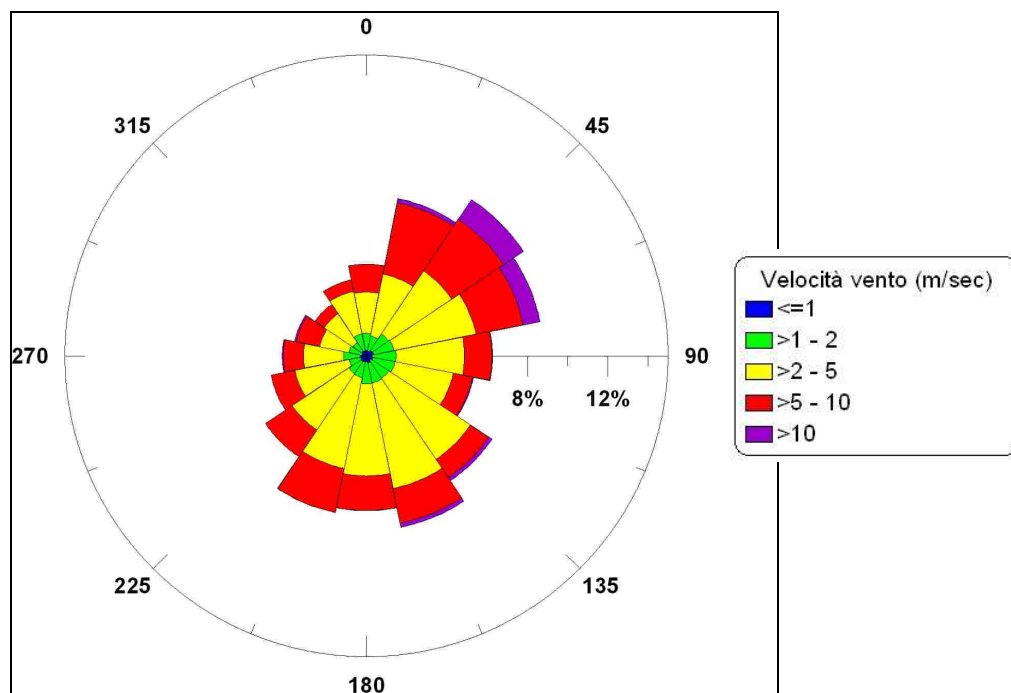


Figura 3: Rosa dei venti relativa all'intero anno 1999 estratta in corrispondenza del terminale. Dati al suolo (10 m), dal 01/01/1999 al 31/12/1999.

Nella tabella seguente sono illustrate le percentuali di ore, rispetto all'intero anno, caratterizzate da velocità del vento inferiori ad 1 metro al secondo ("calme di vento"). Si osserva che tali valori sono piuttosto bassi (massimo 6,7 %), come d'altronde lecito aspettarsi per zone costiere, caratterizzate da regimi di brezza, e ancor di più per il mare aperto.

Percentuali dei Dati di < 1 m/s (Calme)	
	Anno 1999
Costa italiana (PL1)	6,6 %
Terminale	4,7 %

2.2.2 Stabilità

Per valutare le condizioni nelle quali si vengono a trovare gli inquinanti trasportati e diffusi dal terminale in direzione della linea di costa ricadente nel dominio di calcolo della simulazione, è stata determinata anche la frequenza di accadimento delle classi di stabilità atmosferica. Il calcolo della classe di stabilità di Pasquill è stato effettuato utilizzando dati di velocità del vento, copertura nuvolosa e radiazione solare.

In Figura 4 sono mostrate, suddivise per stagioni, le percentuali delle occorrenze orarie delle diverse classi di stabilità per la serie meteorologica estratta a partire dal Dataset MINNI in

corrispondenza del punto situato sulla costa veneta (PL). La classe 1 corrisponde ad atmosfera fortemente instabile (forte insolazione, debole ventilazione), la classe 6 corrisponde a condizioni di forte stabilità (notte, cielo sereno, debole ventilazione), mentre la classe 4 corrisponde a condizioni neutre (sia notte sia giorno, vento forte oppure cielo nuvoloso).

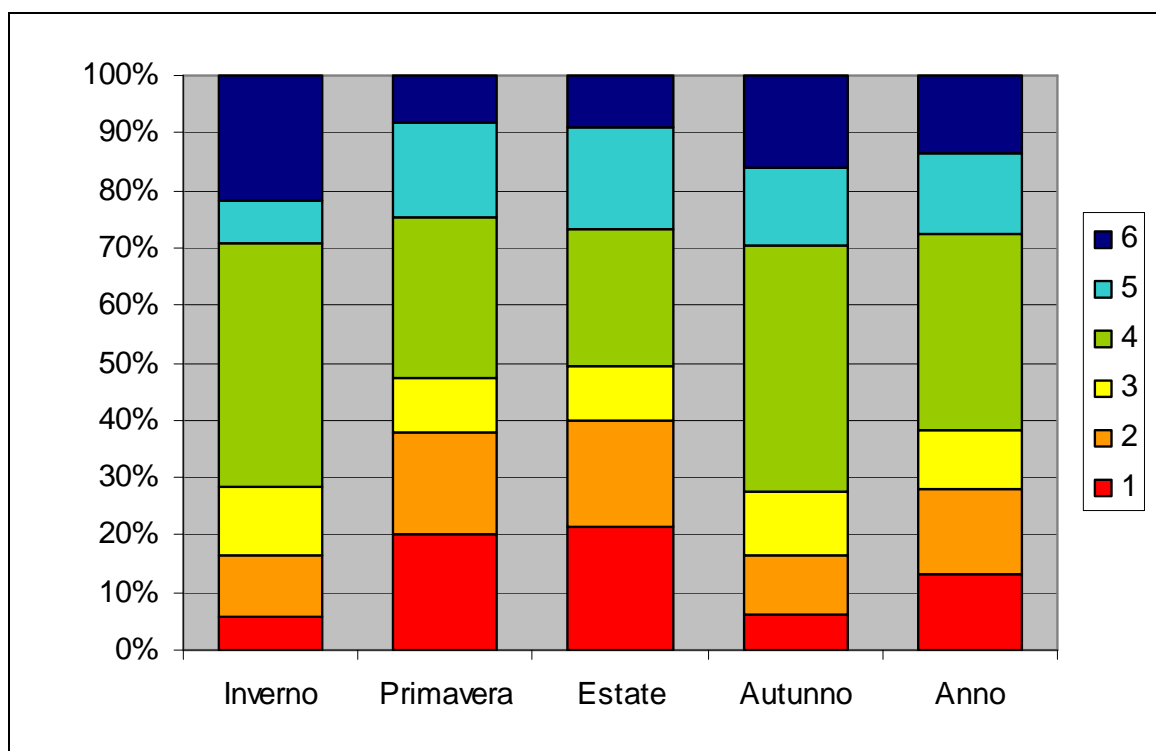


Figura 4: Distribuzione stagionale ed annuale della classe di stabilità atmosferica nel punto MINNI PL

La classe più frequente risulta la 4 (neutra, 34% a livello annuale) per via della sua presenza sia di notte che di giorno; quella meno frequente è la 3 (debolmente instabile, 10.5% a livello annuale). Le situazioni di maggiore instabilità (1 e 2) si rilevano in primavera ed estate, quelle di maggiore stabilità (6) in inverno.

Sul mare, la classica definizione delle categorie di stabilità perde di significato e, per via della elevata capacità termica dell'acqua che ne conserva praticamente costante la temperatura almeno a livello stagionale, il gradiente di temperatura terra/mare, che innesca anche le brezze, fa in modo che i concetti di stabilità ed instabilità atmosferica risultino invertiti rispetto alla terraferma, capitando di giorno la prima e di notte la seconda.

2.3 SCENARIO METEOROLOGICO

Le simulazioni con OCD sono state effettuate assumendo come dominio spaziale di riferimento un'area avente le caratteristiche presentate nella tabella di seguito riportata.

Dominio di Calcolo	
Area	70 km x 80 km
Risoluzione	1 km
Morfologia terreno	piatta

Quale input meteorologico nelle simulazioni sono stati utilizzati i dati annuali estratti dal dataset MINNI in corrispondenza della terminale e sulla terraferma.

Le variabili meteorologiche necessarie per alimentare il modello matematico sono rappresentate dai valori medi orari di:

- velocità del vento;
- direzione di provenienza del vento;
- temperatura dell'aria;
- umidità relativa;
- classe di stabilità, determinata in base all'intensità del vento, alla radiazione globale ed alla nuvolosità;

Inoltre per alimentare il modello è necessaria la temperatura della superficie del mare (che oscilla in Alto Adriatico tra gli 8°C d'inverno ed i 28°C d'estate), disponibile presso il sito del NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) sottoforma di serie di dati di temperatura media settimanale..

Queste variabili entrano a vario titolo nell'input meteorologico, che è diviso in un file per la terraferma ed uno per l'acqua.

3 DESCRIZIONE DEL MODELLO MATEMATICO UTILIZZATO

3.1 LINEE GUIDA EPA DEI MODELLI RACCOMANDATI

A livello mondiale, sono disponibili numerosi modelli matematici di simulazione della diffusione atmosferica. Per facilitare la scelta all'utente finale, US-EPA (United States - Environmental Protection Agency), ente federale di protezione ambientale, su mandato del Congresso degli Stati Uniti cura la pubblicazione della guida ai modelli sulla qualità dell'aria che debbono essere utilizzati per gli scopi indicati.

I modelli inseriti in questa guida sono stati sviluppati dall'EPA stessa o da altri centri di ricerca. In ogni caso, prima di essere registrati nel "Federal Register" ed essere inseriti nella guida, i modelli vengono sottoposti ad un'estesa serie di procedure di validazione scientifica.

I modelli che superano tali verifiche sono classificati in due liste differenti:

- lista A o dei modelli preferiti;
- lista B o dei modelli alternativi.

I modelli della lista A sono quelli preferiti da EPA per le specifiche applicazioni per cui sono stati sviluppati, i modelli della lista B, invece, possono essere usati in alternativa ai modelli della lista A solo in quelle situazioni specifiche per le quali l'utente dimostri che forniscono dei risultati migliori. I modelli inclusi nelle linee guida EPA hanno prestazioni garantite dalle serie procedure di validazione EPA.

3.2 MODELLO OCD (“OFFSHORE AND COASTAL DISPERSION MODEL”)

Tra i modelli della lista A è presente OCD (“Offshore and Coastal Dispersion model”) come modello di riferimento per la simulazione della dispersione da sorgenti posizionate lungo la costa o in mare.

OCD (Hanna et al., 1985; Di Cristofaro and Hanna, 1989), qui applicato nella sua versione 5, è un modello Gaussiano rettilineo sviluppato negli anni ottanta inizialmente per determinare l'impatto sulla qualità dell'aria delle regioni costiere di fonti di emissione vicine alla costa e di natura puntuale, areale o lineare. In seguito, il modello è stato integrato della possibilità di trattare anche sorgenti “off-shore” (es. piattaforme).

OCD incorpora il trasporto e la dispersione del pennacchio sull'acqua, come pure la sua trasformazione quando attraversa la linea costiera. Necessita dei dati orari meteorologici da stazioni vicine alla costa e sul mare.

Le differenze nella profondità dello strato limite e nella stabilità tra l'acqua e la terraferma sono importanti sui processi di dispersione. L'altezza di mescolamento sull'acqua è abbastanza limitata per mancanza di un forte flusso di calore sensibile dalla superficie. Negli studi con tracciante usati per testare e sviluppare il modello di OCD, in più della metà delle ore l'altezza di mescolamento è stata osservata pari a 100m o meno. Queste limitate altezze di mescolamento possono causare l'intrappolamento dei pennacchi vicino alla suolo.

L'altra principale peculiarità delle caratteristiche dello strato limite sull'acqua è nella variazione diurna ed annuale della stabilità, che è completamente non correlata al

comportamento tipico sulla terraferma. Per esempio, le osservazioni di temperatura di aria ed acqua nel mare del Nord mostrano (Nieuwstadt, 1977) che inversioni di temperatura (condizioni fortemente stabili) persistono tipicamente per la maggior parte del giorno in giugno mentre condizioni instabili persistono tutto il giorno in gennaio. I dati mostrano anche che in marzo o in aprile, le condizioni sono stabili nel pomeriggio ed instabili di notte. Questi andamenti di stabilità stagionali e diurni potrebbero essere differenti in altre aree geografiche, e questi effetti possono essere modellati correttamente soltanto se le intensità di temperature e turbolenza di aria ed acqua sono direttamente osservate.

Le principali caratteristiche del modello di calcolo OCD:

- viene parametrizzata l'altezza dello strato limite costiero (TIBL – “Thermal Internal Boundary Layer”);
- è esplicitamente considerata la fumigazione (cioè, la dispersione verticale del pennacchio che attraversa il TIBL);
- è fornita la parametrizzazione dello strato limite superficiale sull'acqua;
- è trattata la dispersione del pennacchio nel caso di terreno complesso e di disturbo aerodinamico della piattaforma.

Il modello consta di tre principali componenti:

- gli algoritmi per il trattamento della dispersione sull'acqua, che sono basati sulla dinamica dello strato limite sull'acqua;
- gli algoritmi per il trattamento della dispersione nel corso della transazione del pennacchio dall'acqua alla terra;
- gli algoritmi, derivati da modelli esistenti, per descrivere la dispersione su terreno complesso.

RIFERIMENTI

- Calori G., Finardi S., Nanni A., Radice P., Riccardo S., Bertello A., Pavone F. (2005) Long-term air quality modelling in Ivrea and Torino areas: sources contribution and scenario analysis. Proc. of 5th Int. Conf. on Urban Air Quality, Valencia (Spain), 29-31 March 2005.
- Cotton, W.R., Pielke R. A., Walko R. L. , Liston G. E., Tremback C. J., Jiang H., McAnelly R. L., Harrington J. Y., Nicholls M. E., Carrio G. G. and McFadden J. P., (2003): RAMS 2001: Current status and future directions. Meteorol. Atmos. Phys., 82, 5-29.
- DiCristofaro, D.C. and Hanna S.R. (1989). OCD: The Offshore and Coastal Dispersion Model. Two volumes. EARTH TECH Report No. A085-1, prepared for Minerals Management Service, U.S. Department of the Interior, 381 Elden Street, Herndon, VA 22070-4817, under contract no. 14-12-0001-30396.
- Finardi S., D'Allura A., Calori G., Silibello C., De Maria R., Cascone C., Lollobrigida F. (2005) Deterministic air quality forecasting system for Torino urban area: verification on winter and summer episodes. Proc. of 5th Int. Conf. on Urban Air Quality, Valencia (Spain), 29-31 March 2005.
- Finzi G. e Brusasca G. (1991). La qualità dell'aria. Modelli previsionali e gestionali - Masson, Milano, pp 346.
- Hanna, S.R., Schulman L.L., Paine R.J., Pleim J.E. and Baer M. (1985). Development and Evaluation of the Offshore and Coastal Dispersion Model. JAPCA, 35, 1039-1047.
- Nieuwstadt, F.T.M. (1977). The Dispersion of Pollutants over a Water Surface. Eighth International Technical Meeting on Air Pollution, Modeling and Its Applications, NATO/CCMS Dot. No. 80, pp. 337-359.
- Silibello C., Calori G., Arduino G., Contardi C., Sordi F. (2005) Model based yearly air quality evaluation on Piemonte region. Accepted at 10th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, Sissi (Malia), Crete, Greece 17-20 October, 2005.
- Sutton O.G., (1947), "The problem of diffusion in the lower atmosphere", Quart. J. R. Met. Soc. 73, pp. 257.
- S.R. Hanna, G.A. Briggs, R.P. Hosker Jr (1982). Handbook on atmospheric diffusion, Technical Information Center, US Department of Energy.
- Zanini G., F. Monforti-Ferrario, P. Ornelli, T. Pignatelli, G. Vialetto, G., Brusasca, G. Calori, S. Finardi, P. Radice and C. Silibello (2004). The MINNI Project. Proc. of 9th Int. Conf. on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, 1-4 June 2004, Garmisch-Partenkirchen (Germany), Vol. 1, 243-247.