

# Studio a microscala sulla dispersione di dimetilformammide in area urbana

De Maria R.\*, Tinarelli G.\*\*

\* Arpa Piemonte, Via Pio VII 9, 10135 Torino

\*\*Arianet S.r.l., Via Gilino 9, 20128 Milano

[r.demaria@arpa.piemonte.it](mailto:r.demaria@arpa.piemonte.it)

## RIASSUNTO

*La stima delle concentrazioni in atmosfera di sostanze inquinanti immesse da sorgenti inserite nel tessuto urbano, specie quando i recettori si trovano a breve distanza dal punto di emissione, risulta complicata dalla presenza di ostacoli. E' necessario quindi ricorrere all'applicazione di modelli a microscala che permettano la miglior descrizione possibile dell'ambito in cui le sorgenti sono inserite, tenendo conto degli effetti introdotti dalla presenza degli ostacoli sulla dinamica della dispersione di inquinanti nei bassi strati dell'atmosfera. A seguito di una serie di misurazioni di dimetilformammide (DMF) condotte nei pressi di due aziende situate nella città di Biella che utilizzano questa sostanza nel proprio ciclo produttivo, il dipartimento Arpa territorialmente competente ne ha rilevato concentrazioni significative in aria. Il Dipartimento Tematico "Sistemi Previsionali" di Arpa, con il supporto della società Arianet S.r.l., ha realizzato alcune simulazioni modellistiche a microscala che hanno permesso di descrivere con elevato dettaglio spaziale le concentrazioni della DMF in corrispondenza dei punti di monitoraggio posizionati ad altezza variabile dal suolo. I risultati sono stati confrontati con le misure ed elaborati in modo tale da valutare, per ognuno dei due stabilimenti, l'estensione dell'area interessata dai valori massimi di concentrazione, sia su base oraria sia settimanale.*

## APPROCCIO METODOLOGICO

A causa della complessità dell'area di studio - collocata in ambito urbano - nonché la vicinanza dei punti di monitoraggio (recettori) ad uno dei due stabilimenti, lo studio è stato condotto con un sistema modellistico innovativo MSS – Micro-Swift-Spray (Moussafir et al. 2004, Tinarelli et al. 2004) per la simulazione a microscala del trasporto e la diffusione di inquinanti in atmosfera; il fenomeno dispersivo è descritto con una risoluzione spaziale di qualche metro tenendo conto della presenza di ostacoli (edifici, barriere) e della loro influenza sulla dispersione degli inquinanti emessi da varie sorgenti. La componente meteorologica del sistema è descritta da NSWIFT, un modello mass-consistent di tipo diagnostico, basato sulla conservazione della massa e sulla minimizzazione della divergenza, in grado di ricostruire campi di vento, temperatura e umidità tridimensionali a partire da informazioni relative alla topografia del dominio e da misure delle principali grandezze meteorologiche al suolo ed in quota. Il preprocessore SurfPRO (Finardi et al, 2011), a partire dai campi generati da NSWIFT nonché da misure di radiazione solare e un dataset di uso del suolo nel dominio di calcolo, basandosi su metodi di bilancio energetico superficiale e sulla teoria della similarità di Monin-Obukhov, stima le componenti che descrivono la turbolenza atmosferica. Il codice dispersivo del sistema modellistico è Micro-SPRAY, un modello tridimensionale lagrangiano a particelle a microscala derivato dal codice a scala locale SPRAY (Tinarelli et al. 1994, 2000), in grado di simulare il trasporto e la dispersione di sostanze chimicamente inerti rilasciate da sorgenti puntuali, areali o lineari, in condizioni meteorologicamente complesse e in presenza di ostacoli. L'emissione dell'inquinante è simulata attraverso l'emissione di particelle virtuali, ognuna delle quali rappresenta una porzione di massa dell'inquinante; tali particelle seguono il moto turbolento delle particelle d'aria nelle quali sono immerse, in modo che la loro distribuzione spaziale ad un certo istante permetta il calcolo della concentrazione della specie emessa. Il sistema modellistico è completato da un modulo per la trattazione degli ostacoli. L'analisi preliminare delle informazioni meteorologiche presenti in zona e disponibili per l'utilizzo ai fini modellistici in corrispondenza delle campagne di misura effettuate, a causa della morfologia complessa dell'area e della distanza dalla zona in esame, non garantiva una adeguata rappresentatività delle condizioni anemologiche a microscala. Si è pertanto proceduto a programmare una specifica campagna di misura meteorologica, condotta fra il 28 settembre e il 12 ottobre 2010 in corrispondenza della quale ripetere la campagna di monitoraggio della DMF in aria, realizzata dal 5 al 12 ottobre. I dati meteorologici, opportunamente analizzati ed elaborati, sono stati utilizzati per la ricostruzione del campo di vento tridimensionale sul dominio di calcolo.

## SIMULAZIONI MODELLISTICHE

### DOMINIO DI CALCOLO

Le simulazioni meteo-dispersive sono state condotte su un dominio avente dimensioni di 1500x1500 m<sup>2</sup> e una risoluzione orizzontale pari a 5 metri che include in direzione Nord-Ovest i primi rilievi delle Prealpi Biellesi. La Figura 1 riporta il dominio di calcolo, il posizionamento delle due aziende, dei punti di monitoraggio sia meteorologico sia della DMF.

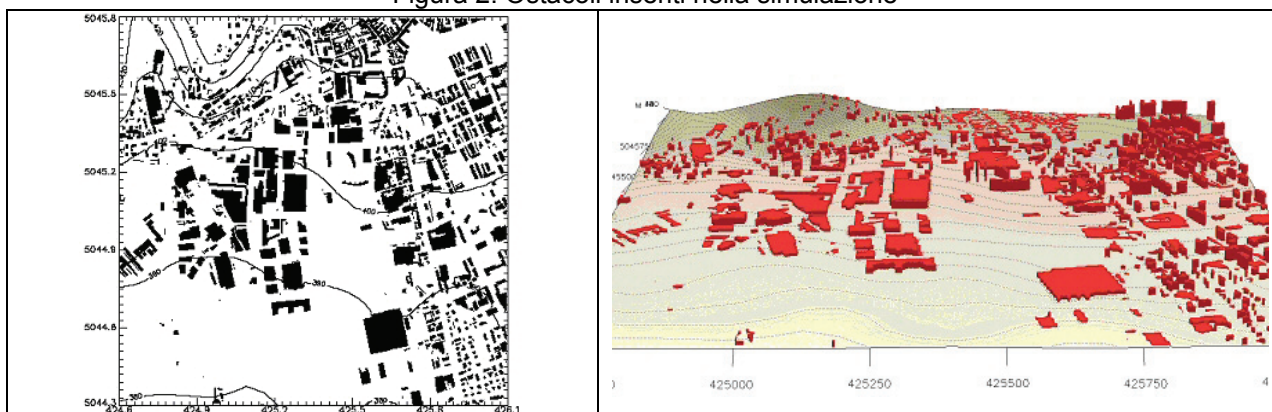
Figura 1: Dominio di calcolo



Il dominio di calcolo con evidenziate le due aziende, i punti recettori e la stazione di misura meteorologica

Le informazioni relative agli ostacoli presenti nel dominio sono state elaborate a partire dal layer degli edifici fornito dal Comune di Biella; per la definizione dell'altezza degli edifici, in assenza dell'attributo di quota al di sopra del terreno, le informazioni relative al numero di piani presenti nel layer sono state completate con rilievi appositi. Il livello di risoluzione orizzontale adottato (celle di 5x5 m<sup>2</sup>) consente un compromesso ragionevole fra la risoluzione minima necessaria per descrivere i singoli edifici, la necessità di descrivere situazioni di flusso fra gli edifici stessi e quella di contenere i tempi di calcolo delle simulazioni. Nella Figura 2 sono illustrati il dominio di calcolo bidimensionale e tridimensionale con gli ostacoli inseriti nella simulazione sovrapposti all'orografia dell'area.

Figura 2: Ostacoli inseriti nella simulazione

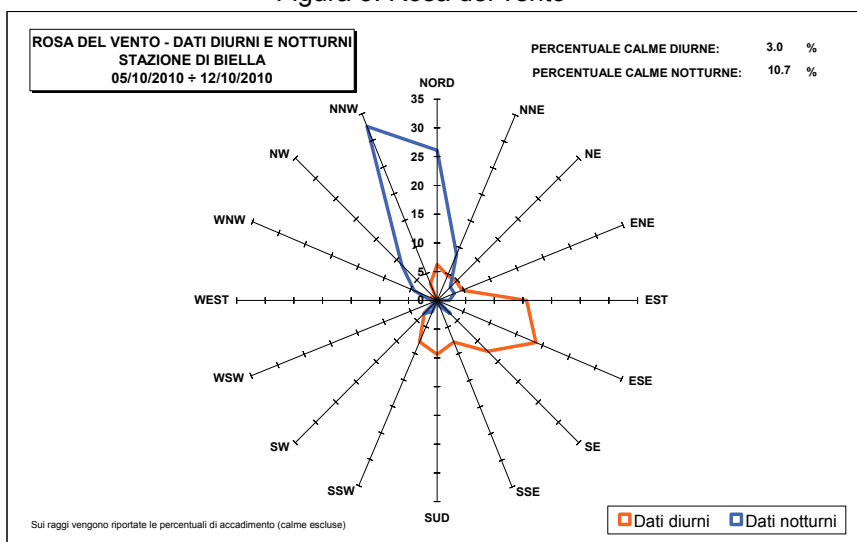


Il grigliato verticale nel dominio di calcolo per le simulazioni meteorologiche è suddiviso in 16 livelli caratterizzati da spaziatura crescente verso l'alto, in modo tale da permettere una migliore caratterizzazione dell'atmosfera negli strati più a contatto con il terreno; il primo livello verticale è localizzato a circa 1.75 metri di altezza dal terreno mentre il top è posto a 800 metri. Nel caso delle simulazioni di dispersione il grigliato è rappresentato da 10 livelli verticali che si estendono fino a 800 metri di quota, con risoluzione che diminuisce a mano a mano che ci si allontana dal suolo. Nel caso specifico, dovendo effettuare un confronto con misure rilevate a quote differenti lungo la verticale, si sono individuati livelli in prossimità del suolo che agevolassero il confronto dei risultati della modellizzazione con le misure. L'orografia è stata estratta da un database a risoluzione pari a 70 m, mentre l'uso del suolo è stato ricavato dal CORINE LAND COVER a 21 classi alla risoluzione di 100 metri.

## CAMPAGNE DI MISURA METEOROLOGICA E CHIMICA

La stazione portatile utilizzata nel corso della campagna di misura, posizionata sul tetto di un edificio in prossimità di una delle due aziende oggetto dell'indagine, è dotata di un palo anemometrico di 2 metri di altezza e di sensori per la misurazione di velocità e direzione vento, temperatura, umidità relativa, pressione atmosferica, radiazione solare e precipitazione. L'analisi dei dati meteorologici effettuata sul periodo complessivo di misura e sul solo periodo coincidente con la campagna di misura della DMF ha permesso di verificare l'assenza di fenomeni meteorologici significativi nei giorni dal 5 al 12 ottobre rispetto all'intero periodo di monitoraggio, confermandone quindi la sufficiente rappresentatività dal punto di vista meteodispersivo. La rosa del vento, riportata in Figura 3, sul periodo coincidente con la campagna di monitoraggio chimica evidenzia una struttura con venti provenienti prevalentemente da Nord e Nord-NordOvest nelle ore notturne mentre nel periodo diurno tali settori appaiono quasi completamente assenti e il vento proviene sostanzialmente dai settori che vanno da Est a Sud-Ovest. Le calme, definite come valori di intensità del vento inferiori a 0.5 m/s, si attestano sul 7.7% dei dati totali con una maggior frequenza concentrata nel periodo notturno. A partire dai dati di intensità del vento e radiazione solare registrati dalla stazione di misura è stata calcolata la categoria di stabilità atmosferica necessaria alla definizione dei coefficienti che permettono di stimare i profili di velocità e temperatura del vento necessari a NSWIFT.

Figura 3: Rosa del vento



Rosa del vento suddivisa nei periodi diurno e notturno, relativa al periodo dal 5 al 12 ottobre 2010

La campagna di misura della dimetilformammide è stata condotta utilizzando campionatori a diffusione (Radiello) e successiva analisi di laboratorio; in ogni punto di misura i campionatori sono stati esposti per 7 giorni (dal 5 al 12 ottobre 2010). I risultati della campagna di misura hanno evidenziato concentrazioni significativamente inferiori rispetto a quelle osservate nel corso delle misure precedenti.

Tabella 1: Sorgenti emissive

Nome	Camino	Flusso di massa (g/h)	Altezza dal suolo (m)	Diametro (m)	Temperatura (°C)
<b>Ditta 1</b>	<b>E1</b>	20	8	0.5	ambiente
	<b>E2</b>	70	16	0.8	25
	<b>E5</b>	22	11	0.6	ambiente
	<b>E6</b>	15	11	0.6	ambiente
	<b>E8</b>	20	11	0.5	ambiente
	<b>E9</b>	20	11	0.5	ambiente
<b>Ditta 2</b>	<b>E29</b>	30	14	0.85	35

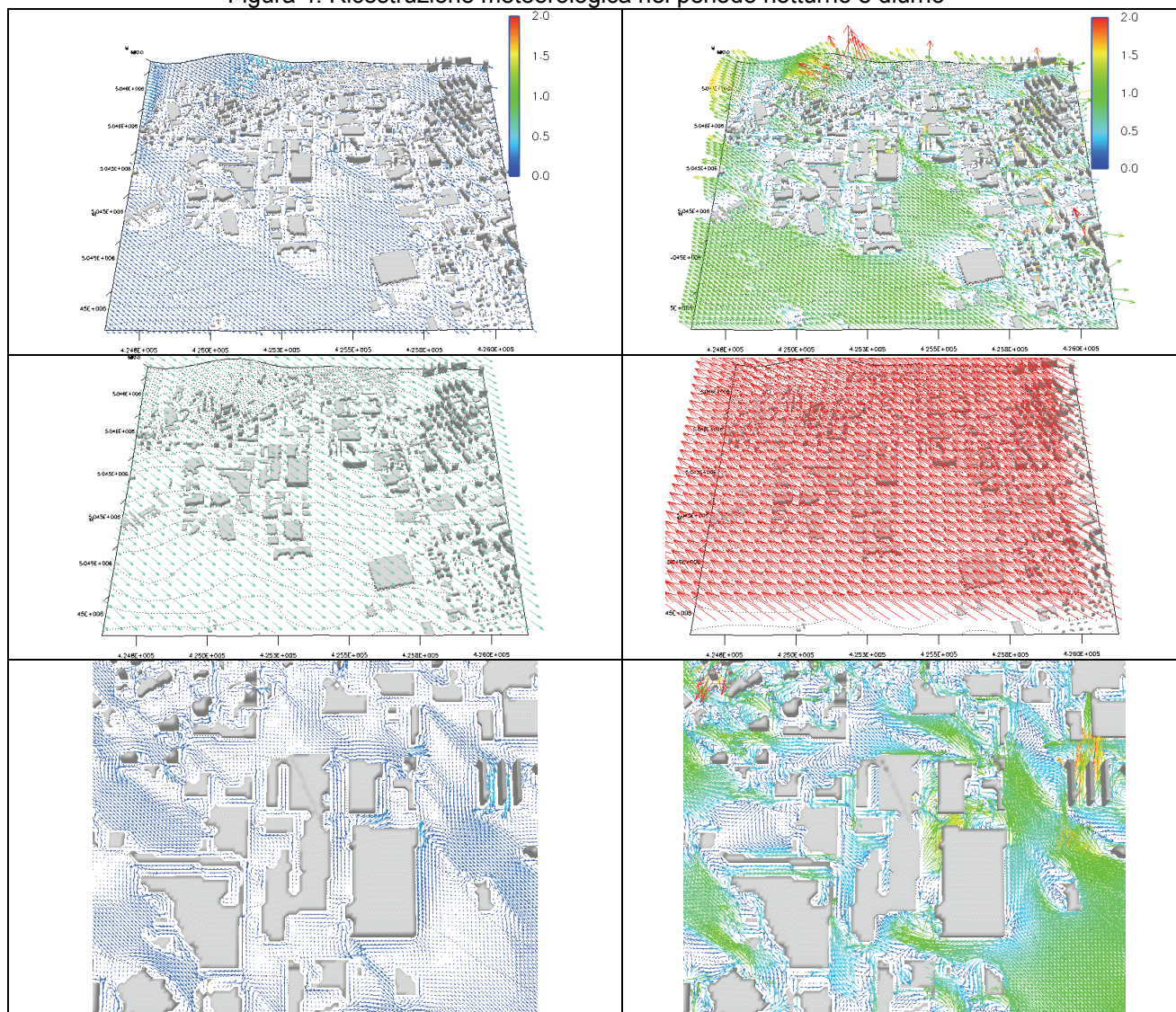
Caratteristiche emissive dei camini appartenenti alle due aziende



## CARATTERIZZAZIONE EMISSIVA DELLE SORGENTI

Per la definizione dell'input emissivo si è fatto riferimento, sia per le concentrazioni che per le caratteristiche fisiche dei camini (altezza e diametro camini, flusso di massa e temperatura di emissione), alle Determinazioni Autorizzative alle emissioni rilasciate ai due impianti dall'Ente competente, ipotizzando che le concentrazioni immesse in atmosfera coincidano – nel periodo di simulazione – con il massimo valore presente in autorizzazione. Le modulazioni temporali alle emissioni sono state definite sulla base di accertamenti effettuati presso le due aziende; per la Ditta 1 le sorgenti sono state considerate attive dal lunedì al venerdì per un turno lavorativo di 8 ore, per la Ditta 2 dal lunedì al sabato con orario continuato. In Tabella 1 sono riassunte le caratteristiche delle sorgenti emissive dei due stabilimenti.

Figura 4: Ricostruzione meteorologica nel periodo notturno e diurno



Campo di vento al suolo (in alto), a 50 metri (al centro) e il dettaglio del campo di vento al suolo nei pressi della Ditta 1 (in basso) alle ore 4:00 del 10 ottobre 2012 (a sinistra) e alle ore 11:00 del 10 ottobre 2012 (destra)

## RISULTATI

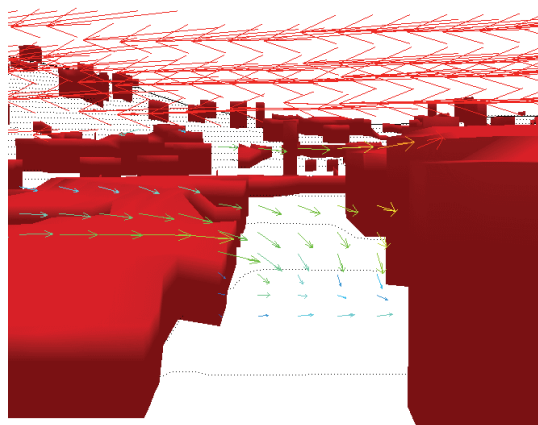
### SIMULAZIONI METEOROLOGICA E DI TURBOLENZA

Il codice NSWIFT è stato utilizzato per ricostruire i campi tridimensionali di flusso medio e di turbolenza necessari al codice dispersivo, per ogni ora del periodo di simulazione. Un esempio dei risultati prodotti dal codice è illustrato nella precedente Figura 4; le immagini a sinistra sono relative ad una situazione notturna (ore 4:00 del 10 ottobre) mentre quelle a destra descrivono una situazione diurna (ore 11:00 del 10 ottobre). In figura sono riportati i campi di vento orizzontali al

suolo (in alto), seguiti da quelli a 50 m di quota (in mezzo) e da un dettaglio al suolo (in basso) del campo di vento nei pressi della Ditta 1. Il periodo notturno illustrato evidenzia un vento osservato debole (circa 0.4 m/s) con flusso da Nord-Ovest, che rappresenta la situazione fra le più probabili nelle ore notturne come evidenziato dalla rosa del vento. Il flusso viene ulteriormente ridotto in prossimità del suolo subendo numerose distorsioni. In alcune zone perturbate dalla presenza degli ostacoli sono presenti inversioni della direzione rispetto al flusso imperturbato incidente a 50 m di quota; ciò è reso particolarmente evidente nel dettaglio relativo al campo di vento in prossimità della Ditta 1 che illustra le complessità generate dalla presenza degli ostacoli. La situazione diurna corrisponde ad un vento misurato avente intensità maggiore rispetto al caso precedente (circa 2 m/s) e flusso da Sud-Est che risulta più probabile durante il giorno. Le immagini confermano la situazione complessa del flusso orizzontale già evidenziata nelle ore notturne.

Il dettaglio verticale è invece descritto nella Figura 5, corrispondente al campo di flusso estratto alle ore 11:00 del 10 ottobre lungo una sezione verticale. Si nota la presenza di un flusso, all'interno del canyon tra i due ostacoli presenti, invertito rispetto a quello imperturbato al di sopra degli ostacoli; si osserva inoltre una distorsione – evidenziata dalle frecce che rappresentano il campo di vento - con presenza di velocità verticali discendenti che potrebbero favorire l'accumulo nei pressi del suolo in basso a destra di eventuali inquinanti emessi nella zona sinistra; tale risultato sarebbe impossibile da ottenere considerando solamente gli effetti del vento misurato al di sopra dei tetti, rappresentato dal flusso imperturbato al di sopra degli ostacoli.

Figura 5: Sezione verticale



Campo di vento alle ore 11:00 del 10/10/2010

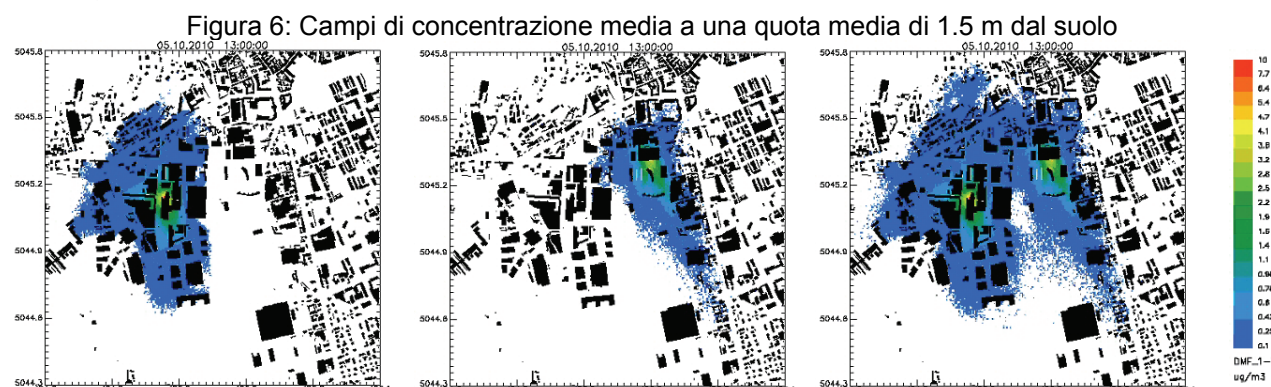
Per quanto riguarda la turbolenza, NSWIFT è in grado di definire solamente quella prodotta localmente attraverso la distorsione del flusso medio e i relativi gradienti del vettore velocità che si vengono a generare. A questa parte si deve però aggiungere la componente di turbolenza di background, ovvero la parte di turbolenza a scala maggiore rispetto a quella simulata dal modello che si suppone formarsi a causa della presenza di uno strato limite atmosferico. Questa parte di turbolenza, trasportata attraverso i confini del dominio all'interno del dominio stesso dove si suppone che sia sostanzialmente in equilibrio, viene calcolata a partire dai campi di vento e temperatura di NSWIFT e la radiazione solare globale misurata con l'utilizzo del preprocessore SurfPRO mediante i classici parametri di scala dello strato superficiale e dello strato limite atmosferico (la velocità di frizione  $u^*$ , l'altezza dello strato limite  $H_{mix}$ , l'altezza di rugosità  $z_0$ , la lunghezza di Monin-Obukhov  $L$  e la velocità convettiva di scala  $w^*$ ).

## SIMULAZIONE DI DISPERSIONE

Una caratteristica del modello lagrangiano a particelle è la possibilità, nel corso della stessa simulazione, di mantenere separati i contributi delle diverse sorgenti (sei per la Ditta 1 e una per la Ditta 2) in modo da permettere una valutazione dell'apporto del singolo impianto (ed eventualmente della singola sorgente) alle concentrazioni totali di DMF in atmosfera. Nelle simulazioni le particelle di inquinanti vengono emesse ogni 5 secondi, in quantità tale da garantire una risoluzione minima di  $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in concentrazione. Le concentrazioni sono state calcolate in celle di altezza pari a circa 1 metro e di passo pari a 5 metri in orizzontale; ad ogni cadenza temporale il valore di concentrazione per una determinata sostanza dipende dal numero di

particelle presenti nella cella. Il modello, non essendo stazionario, è in grado di tenere conto della dinamica dei pennacchi nelle ore precedenti a quella considerata; pertanto, tutte le particelle contribuiscono al calcolo delle concentrazioni, indipendentemente dall'istante in cui sono state emesse, fino a quando non fuoriescono dal dominio di calcolo.

Al termine delle elaborazioni modellistiche i campi simulati sono stati sottoposti ad opportune procedure di calcolo al fine di determinare, a partire dai valori di concentrazione media oraria, ad ogni livello medio del modello compreso fra il suolo e una quota di circa 36 metri di altezza dal terreno, le concentrazioni medie e massime in corrispondenza del monitoraggio della DMF. Le concentrazioni medie sono quindi state confrontate con le misure dei campionatori a diffusione mentre le concentrazioni massime sul periodo hanno permesso di valutare la distribuzione e l'entità delle concentrazioni di picco in occasione di episodi particolarmente sfavorevoli alla dispersione atmosferica. Nella Figura 6 sono riportate a titolo di esempio le concentrazioni medie sul periodo dal 5 al 12 ottobre ad una quota media di 1.5 metri dal suolo rispettivamente per la Ditta 1, la Ditta 2 e la loro somma.



Contributo alle concentrazioni medie sul periodo dal 5 al 12 ottobre 2010 per la Ditta 1 (a sinistra), la Ditta 2 (al centro) e loro totale (a destra)

Le concentrazioni simulate raggiungono, per entrambi gli stabilimenti, valori massimi delle concentrazioni medie sul periodo ad altezze dal suolo che tengono conto delle diverse caratteristiche dei punti di emissione (altezza, temperature, velocità fumi), come si può vedere nella Tabella 2 nella quale, per ogni livello medio sono riportate le concentrazioni massime stimate per i due stabilimenti considerati singolarmente e cumulativamente.

Tabella 2: Concentrazioni medie massime nel periodo dal 5 al 10 ottobre

<b>Livello di riferimento medio</b>	<b>Ditta 1 DMF (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Ditta 2 DMF (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Totale DMF (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>
Suolo	6.9	4.5	6.9
1.5 m	7.4	4.3	7.5
2.4 m	7.9	3.6	7.9
3.8 m	9.1	3.7	9.1
6.0 m	26.8	4.0	26.8
9.5 m	68.6	14.0	68.6
18.0 m	20.9	44.3	44.3
36.0 m	0.2	0.3	0.4

Concentrazioni medie massime simulate a diversi livelli medi dal suolo

Nella valutazione della distribuzione delle concentrazioni con la quota emerge che le concentrazioni maggiori in uno spessore di 2.5 metri circa dal suolo sono attribuite alla Ditta 1, con valori abbastanza uniformi fra i vari livelli e inferiori a  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mentre il contributo della Ditta 2 nello stesso strato di atmosfera non supera i  $4.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . A partire da quote superiori il contributo della Ditta 1 aumenta significativamente per raggiungere un valore massimo della media settimanale di quasi  $69 \mu\text{g}/\text{m}^3$  intorno ai 10 metri di altezza dal suolo (sempre localizzato nelle immediate vicinanze dei punti emissivi dell'azienda) mentre le concentrazioni dell'altro stabilimento iniziano ad aumentare a partire dalla stessa quota e raggiungono un massimo pari a oltre  $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nel livello collocato intorno ai 18 metri di altezza dal suolo. Nel livello successivo, posizionato attorno ai 36 metri di quota, le concentrazioni medie massime scendono significativamente, sia per le due



aziende considerate singolarmente sia sul loro totale. Questo andamento trova spiegazione nel fatto che i punti emissivi della Ditta 1 sono in maggioranza collocati a quote più basse rispetto al camino della Ditta 2 e gli inquinanti vengono emessi a temperature inferiori, quindi è più probabile che vengano in qualche modo intrappolati in prossimità del suolo anche grazie ai fenomeni di ricircolo generati dalla presenza dei vari ostacoli.

Il confronto osservato-simulato è invece riportato in Tabella 3, nella quale il contributo delle singole aziende è stato calcolato sia in termini assoluti sia in termini percentuali. E' da precisare che le concentrazioni stimate con il modello di dispersione, sebbene a questo sia stata imposta una risoluzione minima pari a  $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per le concentrazioni orarie, sono state espresse con una cifra significativa in più con l'unico scopo di permettere una stima, anche approssimata, del diverso apporto delle due aziende presso i vari recettori per i quali il modello calcola concentrazioni molto basse. Pertanto, nei punti presso i quali il contributo di una o entrambe le aziende risulta inferiore alla risoluzione minima oraria, le valutazioni percentuali del contributo delle due sorgenti sono state riportate unicamente per fornire un'indicazione di massima del loro apporto relativo. E' da precisare inoltre che il valore di concentrazione misurato presso il recettore R6 non è stato utilizzato per il confronto con i risultati del modello in quanto il campionamento è stato effettuato in ambiente confinato e il modello non è in grado di simulare la distribuzione delle concentrazioni internamente agli edifici ma solamente al loro esterno. I risultati della modellistica sono comunque stati estratti nei pressi del recettore, per fornire un'indicazione dei livelli stimati dal modello anche nelle vicinanze del punto di monitoraggio.

Tabella 3: Confronto osservato – simulato sul periodo dal 5 al 10 ottobre

Luogo misura		Quota (m)	OSSERVATO DMF ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	SIMULATO				
				Totale DMF ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Ditta 1		Ditta 2	
					DMF ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Contributo %	DMF ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Contributo %
<b>R1</b>	Edificio 1 3° piano	9.0	7.46	1.02	0.98	96	0.04	4
<b>R2</b>	Edificio 1 2° piano	6.0	5.93	1.28	1.23	96	0.05	4
<b>R3</b>	Edificio 1 1° piano	3.0	6.94	1.33	1.29	97	0.04	3
<b>R4</b>	Edificio 2	6.0	23.01	3.39	3.36	99	0.03	1
<b>R5</b>	Edificio 3 cortile	3.0	< 1.28	0.43	0.33	76	0.10	24
<b>R6</b>	Edificio 4 (interno)	1.0	2.82	0.13	0.10	77	0.03	23
<b>R7</b>	Edificio 5 cortile	1.0	< 1.28	0.23	0.21	93	0.02	7
<b>R8</b>	Edificio 6	1.5	< 1.28	0.20	0.08	41	0.12	59
<b>R9</b>	Edificio 7	6.0	< 1.28	0.16	0.02	13	0.14	87

Le concentrazioni simulate sono espresse sia come totale che come singolo contributo dei due stabilimenti produttivi (in termini assoluti e di contributo percentuale).

Appare innanzitutto evidente una sottostima osservato-simulato che può trovare spiegazione nella concausa di diversi fattori alcuni dei quali possono assumere peso diverso nei vari punti di misura. In primo luogo il sistema modellistico potrebbe non essere in grado di riprodurre completamente alcuni fenomeni di incanalamento nei canyon stradali presenti nell'area; inoltre i campionamenti sono stati talvolta eseguiti in punti a ridosso degli ostacoli che il sistema modellistico, applicato a 5 m di risoluzione orizzontale, potrebbe avere difficoltà a risolvere correttamente. Da non trascurare infine la stima delle emissioni; se è vero che sono state inserite nel modello le emissioni massime prescritte in sede autorizzativa (quindi la stima delle concentrazioni dovrebbe essere cautelativa), è pur vero che la campagna di misura utilizzata per il confronto con le simulazioni è quella caratterizzata da valori minori rispetto alle precedenti (sebbene condotte in condizioni meteorologiche sulle quali non si hanno informazioni per l'area in esame), quindi non è da

escludersi che – in occasione di momenti particolari delle lavorazioni – la configurazione emissiva reale possa essersi discostata anche significativamente da quella simulata.

Esaminando qualitativamente la distribuzione delle concentrazioni medie simulate ed osservate appare che, in generale, il sistema modellistico riproduce in modo soddisfacente il rapporto relativo fra le misure e quindi la loro distribuzione spaziale, affermazione confermata dalla distribuzione delle concentrazioni osservate in precedenti campagne di misura. Questo permette inoltre di ipotizzare che, anche nei punti per i quali la misura è risultata inferiore al limite di rilevabilità, le indicazioni fornite dal modello possano essere utili nella valutazione degli ordini di grandezza attesi; tale considerazione è avvalorata dalla risoluzione in termini di concentrazione imposta al modello, pari a  $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , che permette quindi di considerare significative le concentrazioni medie simulate anche presso i recettori caratterizzati da valori più bassi.

## CONCLUSIONI

La dimetilformammide, utilizzata nei cicli produttivi di due aziende biellesi, è stata oggetto di alcune campagne di misura con campionatori a diffusione presso una serie di recettori localizzati nelle immediate vicinanze di uno dei due impianti. Al fine di stimare l'apporto delle due aziende presso i punti di misura sono state realizzate simulazioni modellistiche con un sistema meteodispersivo a microscala, denominato MSS, in grado di tenere conto della presenza degli ostacoli presenti nel dominio di calcolo e riprodurre gli effetti di incanalamento del flusso atmosferico nei canyon stradali. I risultati delle simulazioni, condotte ad una risoluzione orizzontale di 5 metri e su un dominio di  $1500 \times 1500 \text{ m}^2$  per una settimana (dal 5 al 12 ottobre 2012) sono stati elaborati in modo da permettere la valutazione degli apporti sia dei due stabilimenti separatamente, sia congiuntamente, analizzando inoltre la distribuzione delle concentrazioni lungo la verticale attraverso l'esame dei dati ottenuti sui diversi livelli del modello. Il confronto con la campagna di monitoraggio della DMF presso i vari punti recettori evidenzia la capacità del sistema modellistico nel riprodurre correttamente la distribuzione spaziale delle misure, in termini fra loro relativi. E' invece evidente una sottostima delle osservazioni che potrebbe trovare spiegazione sia in una difficoltà del sistema nel riprodurre punti specifici in termini meteodispersivi, in termini di differente rappresentatività spaziale delle misure e, non ultimo, in una non sufficientemente corretta descrizione delle emissioni originate delle due aziende, fornite in input al sistema modellistico.

## RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano il Dipartimento Provinciale di Biella per il reperimento dei dati necessari alla realizzazione delle simulazioni modellistiche e la Struttura Meteorologia e Clima di Arpa per il supporto nella realizzazione della campagna di monitoraggio meteorologica.

## BIBLIOGRAFIA

Finardi S., Silibello C., *SURFPRO3 User's guide (SURFace-atmosphere interface PROCessor, Version 3)*, 2011, ARIANET R2011.31.

Moussafir J., Oldrini O., Tinarelli G., Sontowski J., Dougherty C. (2004) *A new operational approach to deal with dispersion around obstacles: the MSS (Micro-Swift-Spray) software suite*. Proc. of 9th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, Garmisch 1-4 June 2004.

Tinarelli G., Anfossi D., Bider M., Ferrero E., Trini Castelli S. (2000) *A new high performance version of the Lagrangian particle dispersion model SPRAY, some case studies*. In Air Pollution Modelling and its Applications XIII, S.E. Gryning and E. Batchvarova eds., Kluwer Academic / Plenum Press, New York, 499-507.

Tinarelli G., Brusasca G., Oldrini O., Anfossi D., Trini Castelli S., Moussafir J. (2004): *Micro-Swift-Spray (MSS) a new modelling system for the simulation of dispersion at microscale, general description and validation*. Proc. of the 27<sup>th</sup> CCMS-NATO meeting, Banff (Canada), 25-29 Oct 2004.

Tinarelli G., Anfossi D., Brusasca G., Ferrero E., Giostra U., Morselli M.G., Moussafir J., Tampieri F., Trombetti F. (1994): *"Lagrangian particle simulation of tracer dispersion in the lee of a schematic two-dimensional hill"* Journal of Applied Meteorology, 33, N. 6, 744-756

Thomson D.J. (1987) *Criteria for the selection of stochastic models of particle trajectories in turbulent flows*. J. Fluid Mech., 180, 529-556.