

Il problema delle molestie olfattive: studio modellistico di dispersione in atmosfera per la stima delle aree di impatto associate ad alcuni impianti nella Provincia di Torino

Garbero V., De Maria R., Riccardo S.

Arpa Piemonte, Via Pio VII 9, 10135 Torino, valeria.garbero@arpa.piemonte.it

INTRODUZIONE

Il problema delle molestie olfattive associate al trattamento e allo smaltimento dei rifiuti è uno degli aspetti più critici che si riscontrano in relazione alla presenza sul territorio di queste attività. A seguito di numerose segnalazioni pervenute ad Arpa Piemonte riguardanti la zona nord-ovest della città di Torino, il Dipartimento tematico “Sistemi previsionali” ha realizzato delle simulazioni modellistiche di dispersione di sostanze odorigene potenzialmente emesse dagli impianti più significativi presenti nell’area. Le simulazioni sono state effettuate in corrispondenza di due episodi critici in termine di numero di esposti da parte della popolazione e hanno incluso le emissioni provenienti da una discarica di rifiuti urbani e da alcuni impianti di compostaggio.

I risultati delle simulazioni hanno permesso di individuare l’area interessata dall’impatto odorigeno dei singoli impianti e, più dettagliatamente, delle singole sorgenti.

MATERIALI E METODI

La complessità dell’area di studio e la scelta di simulare episodi specifici ha reso opportuno l’utilizzo di una catena modellistica tridimensionale basata sul codice dispersivo lagrangiano a particelle SPRAY, in grado di riprodurre il trasporto e la dispersione di inquinanti inerti in condizioni orografiche e anemologiche complesse. I dati meteorologici in input al modello di dispersione sono stati prodotti dal modello mass-consistent di tipo diagnostico MINERVE, 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. Le variabili che descrivono la turbolenza atmosferica sono state calcolate mediante il pre-processore meteorologico diagnostico SurfPRO, che utilizza in ingresso i campi meteorologici elaborati da MINERVE, la radiazione solare e un dataset di uso del suolo.

La simulazione meteo-dispersiva è stata effettuata su due periodi ritenuti significativi sulla base dell’analisi degli esposti pervenuti ad Arpa Piemonte e rappresentativi di differenti condizioni meteorologiche: dall’8 al 18 febbraio 2011 e dal 2 al 10 agosto 2011. Le simulazioni sono state condotte su due diversi domini, quello meteorologico più esterno avente dimensioni 35x35 km² e risoluzione orizzontale di 250 m e quello dispersivo più interno con estensione pari a 24x22 km² e risoluzione orizzontale di 125 m. Il grigliato verticale del dominio di calcolo per le simulazioni meteorologiche è suddiviso in 20 livelli caratterizzati da spaziatura crescente verso l’alto, in modo tale da permettere una migliore caratterizzazione dell’atmosfera negli strati prossimi al terreno; il primo livello verticale è localizzato a circa 12 m di altezza dalla superficie mentre l’ultimo è posto a 6900 metri, vincolo imposto dalla presenza di rilievi orografici all’interno del dominio di calcolo. Il grigliato verticale nella simulazione dispersiva è rappresentato da 3 livelli, che si estendono fino a 2000 metri di quota, il primo dei quali è collocato a circa 10 m dal suolo. 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.

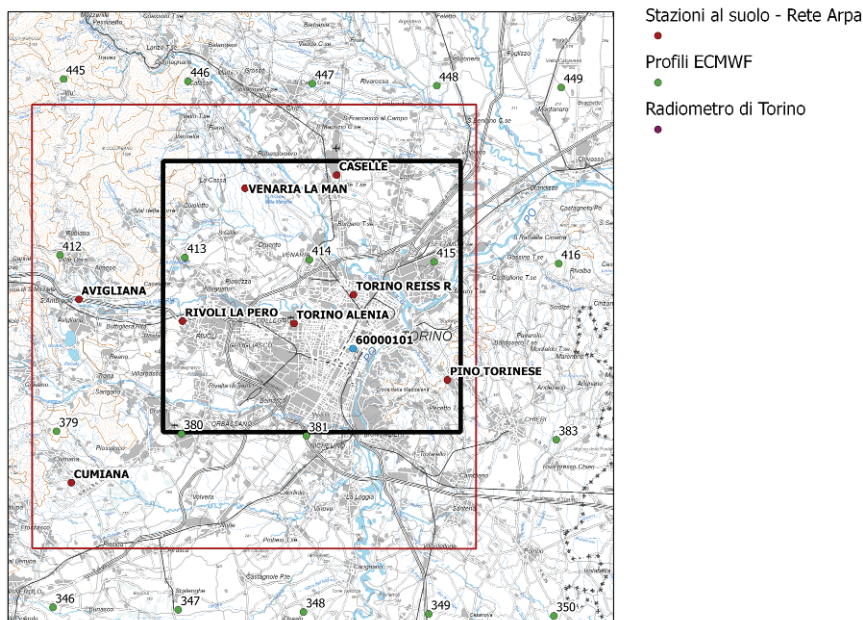
In fig. 1 sono rappresentati i domini di simulazione, dispersivo in nero e meteorologico in rosso, e il posizionamento geografico delle informazioni meteorologiche utilizzate e descritte nel paragrafo seguente.

ANALISI E SELEZIONE DELLE OSSERVAZIONI METEOROLOGICHE DISPONIBILI

I dati di vento e temperatura al suolo sono stati acquisiti dalle stazioni della Rete Meteoidrografica di Arpa, mentre i dati di vento in quota derivano dalle analisi dell’European Centre for Medium range Weather Forecast (ECMWF) con frequenza trioraria.

Un'analisi accurata dei dati meteorologici registrati presso le stazioni al suolo è stata condotta per valutarne la qualità e l'attendibilità ai fini del loro utilizzo nella ricostruzione meteorologica tridimensionale dei campi di vento e di temperatura. Tra le stazioni disponibili sono state scartate quelle che presentavano un alto numero di dati mancanti, incongruenza rispetto alle stazioni vicine e/o una rappresentatività spaziale limitata in quanto legata a caratteristiche orografiche locali.

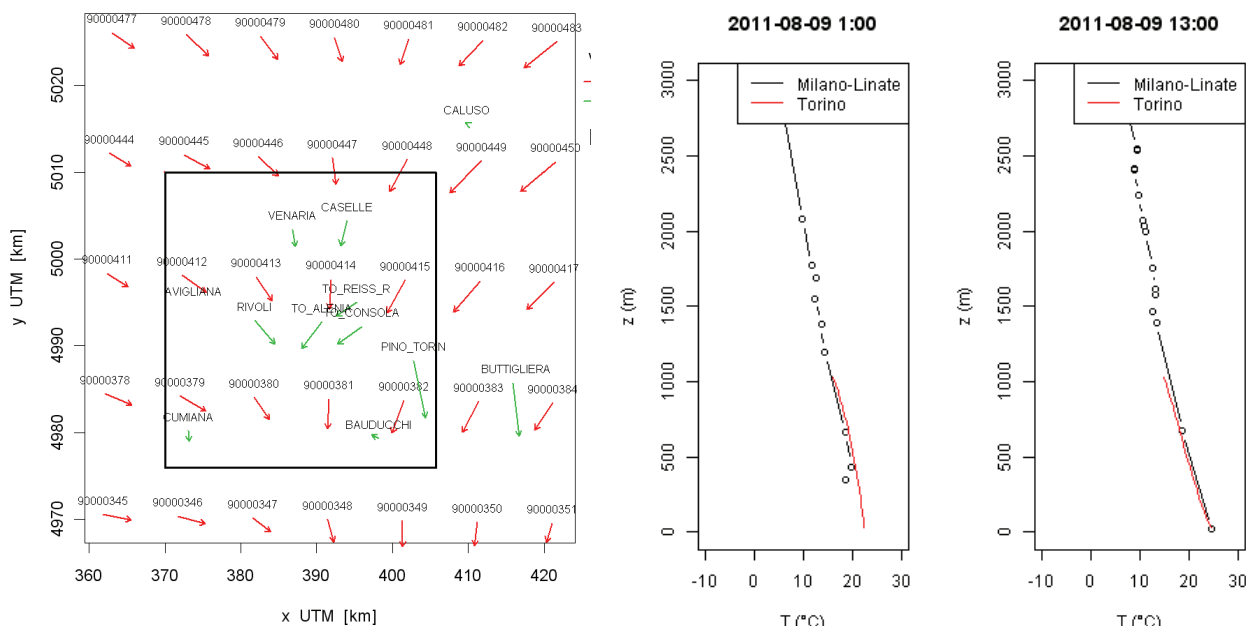
Figura 1 – Posizione geografica delle informazioni meteorologiche utilizzate nelle simulazioni



In figura sono visualizzati, in rosso, il dominio meteorologico e, in nero, quello dispersivo; sono inoltre indicate le posizioni dei profili ECMWF, delle stazioni al suolo della rete Arpa e del radiometro utilizzati.

Uno strumento utile per la selezione delle stazioni al suolo e dei profili ECMWF da utilizzare come input meteorologico di Minerve è stato il confronto di intensità e direzione del vento a 10 m, come mostrato in fig.2.

Figura 2 – Campo di vento al suolo e profili verticali di temperatura
2011-08-05 06:00:00



A sinistra è visualizzato il campo di vento al suolo sulla base delle analisi ECMWF (vettori in rosso) e delle misure della rete ARPA (vettori in verde). A destra è mostrato il confronto tra i profili verticali di temperatura forniti dal radiometro di Torino e dal radiosondaggio di Milano-Linate

I dati di temperatura in quota sono stati forniti dal radiometro della Rete Meteoidrografica Regionale di Arpa Piemonte collocato a Torino, che fornisce misure con frequenza oraria fino ad un'altezza di 1000 m, a completamento del quale sono state utilizzate, per altezze superiori a 1300 m, le misure del radiosondaggio di Milano/Linate effettuato alle 00 e 12 UTC. In fig. 2 è mostrato il buon accordo tra i dati del radiometro e quelli del radiosondaggio di Milano Linate.

CARATTERIZZAZIONE EMISSIVA DELLE SORGENTI

Le sorgenti emissive sono state descritte, ai fini modellistici, tenendo conto delle indicazioni metodologiche presenti nelle Linee Guida della Regione Lombardia (2010), che distinguono tra superfici emissive areali con flusso indotto o attive, come i biofiltri, e senza flusso indotto o passive, come le discariche o i cumuli verdi. Le sorgenti a potenziale impatto odorigeno considerate nello studio sono i biofiltri e l'area di stoccaggio verde di un impianto di compostaggio, i rifiuti freschi e parzialmente coperti di una discarica di rifiuti non pericolosi, i cumuli di un impianto di messa in riserva del legno e quelli di un impianto di produzione di ammendanti organici.

Le fonti utilizzate per la caratterizzazione emissiva sono state misure e osservazioni in situ, i limiti emissivi previsti nelle Autorizzazioni Integrate Ambientali degli impianti e, vista l'estrema variabilità e incertezza dei dati di emissione, il documento delle Linee Guida APAT "Metodi di misura delle emissioni olfattive – Quadro normativo e campagne di misura" (numero 19/2003), che riporta le misure delle emissioni odorigene relative alle lavorazioni presenti in diverse tipologie di impianti, tra cui impianti di compostaggio e discariche. Le informazioni sono state quindi valutate ed elaborate in collaborazione con il personale tecnico del Dipartimento di Torino per assegnare alle sorgenti individuate il flusso specifico di odore (SOER), espresso in unità odorimetriche per unità di tempo e di superficie (OU/s·m²). La tab. 1 riporta le elaborazioni statistiche delle misure effettuate in impianti analoghi a quelli oggetto di studio, in particolare impianti di compostaggio discariche.

Tabella 1 – Valori di emissione (fonte: Linee Guida APAT)

Impianti	Osservaz	C (OU/m ³)				SOER (OU/m ² s)			
		Min	Max	Media	Mediana	Min	Max	Media	Mediana
Biofiltri	16	71	5187	696	340				
Biofiltri ⁽¹⁾	14	71	655	308	291				
Cumuli di verde	7	339	21357	9216	4896	0.18	11.42	4.93	2.62
RU freschi	12	1029	4117	2620	2634	0.55	2.15	1.4	1.41
RU coperto - stoccato da 5 gg	12	302	2997	873	423	0.16	1.6	0.47	0.25
RU coperto - stoccato da 60 gg	7	214	1731	711	339	0.11	0.9	0.38	0.18
RU coperto - stoccato da 5 e 60 gg ⁽¹⁾	17	214	1731	608	440	0.1	0.9	0.3	0.24

(1) Elaborazioni effettuate eliminando gli outliers

In tab. 2 sono descritte le caratteristiche emissive delle sorgenti individuate. Per i biofiltri dell'impianto 1 sono stati utilizzati i limiti emissivi previsti dall'AIA, mentre per il cumulo verde si è fatto riferimento alla mediana dei dati di SOER forniti dall'APAT. Nel caso dell'impianto 2, si sono utilizzati i dati APAT per i cumuli freschi e coperti, fatta eccezione per un piccolo cumulo di rifiuti freschi per il quale si sono adottate misure in situ. Le emissioni odorigene degli impianti 3 e 4 sono state calcolate a partire dai valori di concentrazione misurati in situ, ricavando l'SOER dalle caratteristiche della camera di ventilazione utilizzata.

Nel determinare la portata effettiva di odore delle sorgenti areali passive è necessario considerare che essa dipende dalle condizioni atmosferiche, in particolare dalla velocità dell'aria che lambisce la superficie. Come indicato nell'Allegato 1 alle Linee guida odori che definisce i requisiti degli studi di impatto olfattivo mediante simulazione di dispersione, anziché calcolare l'OER per ciascuna ora del dominio temporale di simulazione in funzione della velocità, si è scelto di simulare l'emissione mediante un valore di OER costante, che è stato cautelativamente definito nelle condizioni di vento corrispondenti al 95° percentile delle velocità del vento orarie. Pertanto i valori di OER delle sorgenti areali prive di flusso proprio forniti nella tabella 1 dovranno essere

moltiplicati per un coefficiente F_v dipendente dalle condizioni anemologiche, pari a 2.11 ad agosto e 2.36 a febbraio. Le sorgenti sono state discretizzate mediante celle di ampiezza 25 m, mentre la modulazione e la spazializzazione delle emissioni su griglia di calcolo sono state effettuate dal pre-processore EMMA.

Tabella 2 – Caratterizzazione emissiva delle sorgenti individuate

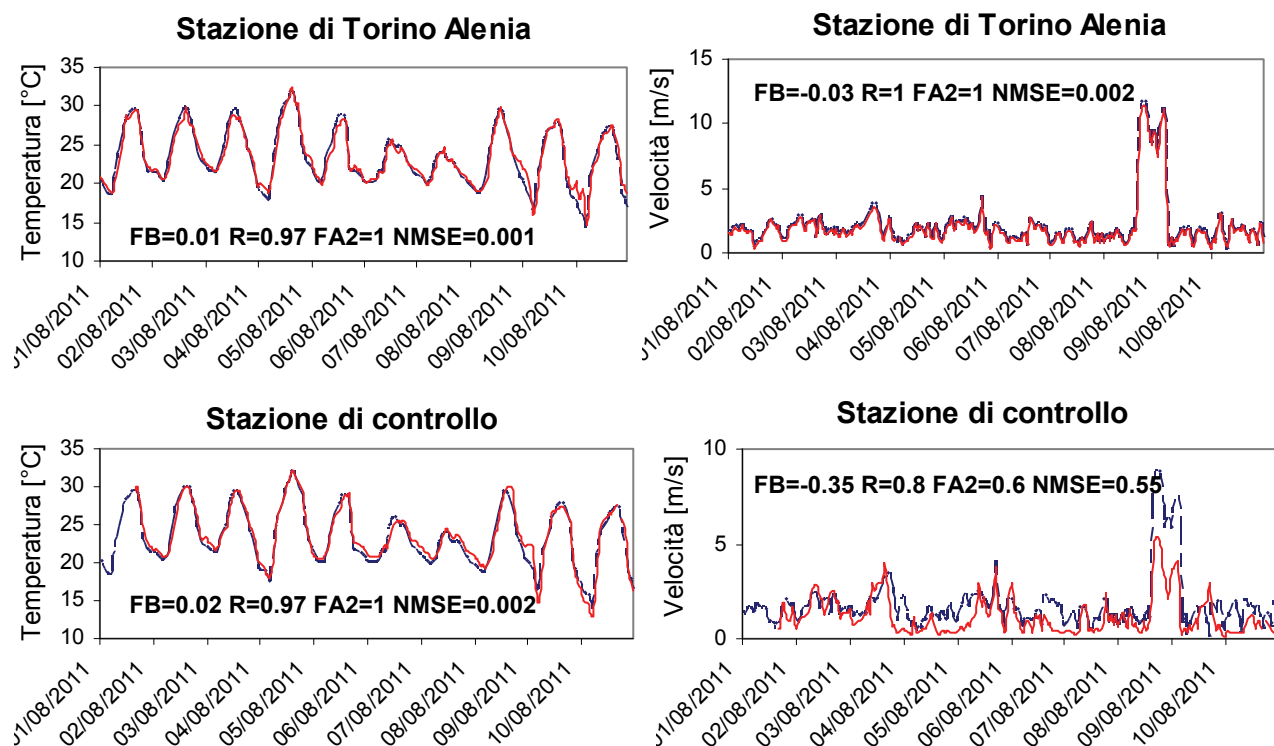
	Area (m ²)	h (m)	C _{ref} (OU/Nm ³)	SOER _{ref} (OU/m ² s)	OER _{ref} (OU/s)	Portata (Nm ³ /h)	Modulazione temporale
Impianto 1							
Biofiltro 1	432	2.84	300	--	4125	49500	costante
Biofiltro 2	1485	7.5	300	--	11833	142000	costante
Cumulo verde	600	3	4896	2.62	1572	--	costante
Impianto 2							
RU freschi	478	4	2634	1.41	674	--	Lun-Sab 6-17
			440	0.24	2955		altrimenti
RU freschi	22	4	212800	134.32	2955	--	Lun-Sab 6-17
			440	0.24	5		altrimenti
RU coperti	14000	3	440	0.24	3360	--	continua
Impianto 3							
Cumulo	3000	4	107	0.07	201.98	--	costante
Impianto 4							
Cumulo	3500	4	163	0.1	358.98	--	costante

RISULTATI

SIMULAZIONE METEOROLOGICA

La ricostruzione meteorologica effettuata da MINERVE è stata analizzata confrontando i risultati del modello con i dati meteorologici misurati presso le stazioni e calcolando opportuni indicatori statistici, tra cui il fractional bias (B), il coefficiente di correlazione (R), la frazione entro il valore 2 (FA2) e l'errore quadratico medio normalizzato (NMSE).

Figura 4 – Confronti tra le misure e i risultati di Minerve per velocità del vento e temperatura



In figura sono confrontate le evoluzioni orarie di temperatura e velocità del vento misurate (linea rossa) e simulate (linea tratteggiata blu) per il periodo di agosto

Al fine di valutare la capacità del codice di riprodurre correttamente la meteorologia nel dominio di studio, in fig. 4 sono mostrati, a titolo di esempio, i confronti di velocità del vento e temperatura presso la stazione di Torino Alenia, utilizzata come input al modello meteorologico, e presso una stazione di controllo situata in prossimità degli impianti ma non inserita nel modello. Gli indicatori statistici evidenziano un ottimo accordo tra dati simulati e misurati presso la stazione Alenia; presso la stazione di controllo si osserva un ottimo accordo per quanto riguarda la temperatura, mentre la sovrastima del modello nei confronti della velocità misurata potrebbe essere attribuita ad una non adeguata rappresentatività del punto di misura rispetto al campo di vento ricostruito.

SIMULAZIONE DI DISPERSIONE

Il codice lagrangiano SPRAY simula la dispersione degli inquinanti in atmosfera riproducendo il moto caotico di particelle virtuali emesse dalle sorgenti considerate, ad ognuna delle quali è associata una massa nota di inquinante. Ad ogni passo temporale, ogni particella si muove nel dominio di calcolo per effetto del vento medio e delle caratteristiche di turbolenza atmosferica presenti in quel punto e in quell'istante; in tal modo la distribuzione spaziale delle particelle, ad un determinato istante, fornisce la concentrazione della sostanza emessa. Il modello, non essendo stazionario, è in grado di tenere conto di quello che è successo nelle ore precedenti a quella considerata; pertanto le particelle contribuiscono al calcolo delle concentrazioni, indipendentemente dall'istante in cui sono state emesse, fino a quando non fuoriescono dal dominio di calcolo. Questo permette di rappresentare in modo più realistico le ricadute al suolo degli inquinanti, in particolare nel caso di condizioni di ristagno o di regimi di brezza che causano rapidi cambi nella direzione del pennacchio.

I campi di concentrazione media oraria al suolo forniti dal modello di dispersione sono stati elaborati per permettere la valutazione degli indicatori statistici per ogni cella del dominio di calcolo. Poiché non esistono a livello nazionale normative specifiche in materia di inquinamento olfattivo né limiti di emissione o standard di qualità dell'aria, si è deciso di fare riferimento alle Linee Guida della Regione Lombardia (2010), che fornisce i criteri di accettabilità per il 98° percentile su base annuale dei valori di concentrazione orarie di picco. Le concentrazioni orarie di picco sono ottenute moltiplicando le concentrazioni medie orarie fornite dalla simulazione per un *peak-to-mean ratio* pari a 2.3, come indicato nell'Allegato 1 alle Linee Guida della Lombardia.

Per i due periodi di simulazione individuati sono quindi state calcolate le mappe del 98° percentile dei valori di concentrazione di picco e confrontate con i limiti di accettabilità citati; oltre all'impatto dei singoli impianti, è stato valutato il contributo delle singole sorgenti. In fig. 6 sono rappresentati l'impatto prodotto dai singoli impianti in termini di 98° percentile delle concentrazioni orarie di picco per il periodo estivo e la localizzazione delle segnalazioni di molestia olfattiva pervenute all'Arpa nello stesso periodo. L'apparente incoerenza tra l'impronta dell'impatto odorigeno e la distribuzione delle segnalazioni è legata al fatto che gli episodi di molestia olfattiva avvenuti nei comuni fuori Torino spesso non vengono segnalati ad Arpa ma se ne ha notizia attraverso gli organi di stampa o tramite gli enti locali. Le informazioni sulla localizzazione spaziale e temporale delle segnalazioni risultano pertanto incomplete e non esaustive ai fini della descrizione degli episodi e di una verifica dei risultati della simulazione. Confrontando i valori di concentrazione simulati nella zona nord-ovest di Torino, dove è localizzata la maggioranza delle segnalazioni, si osserva dalla fig. 6 che essi risultano essere sensibilmente inferiori alla soglia di percezione olfattiva, pari a 1 OU/m^3 ; gli impianti 1 e 2 presentano un impatto più elevato degli impianti 3 e 4, ma nessuno di essi, considerato singolarmente e stante il carico emissivo utilizzato, sembra poter dare origine agli episodi di molestia olfattiva verificatisi ad agosto. E' tuttavia bene notare che i valori di concentrazione della mappa si riferiscono ad una statistica su un periodo di 8 giorni, mentre la percezione di un fenomeno odorigeno può riguardare un periodo molto più limitato nel tempo. Per questo motivo sono state prodotte le mappe giornaliere dei massimi orari delle concentrazioni di picco delle quali in fig. 7 è riportato un esempio per gli impianti più significativi (1 e 2), che allo stesso modo non presentano valori superiori a 1 OU/m^3 nell'area in cui sono presenti le segnalazioni pervenute. I risultati evidenziano come il quadro emissivo considerato non sembri poter dare origine a fenomeni di molestia olfattiva di elevata intensità come quelli segnalati.

Figura 6 – Mappe del 98° percentile delle concentrazioni orarie di picco, 2-11 agosto 2011

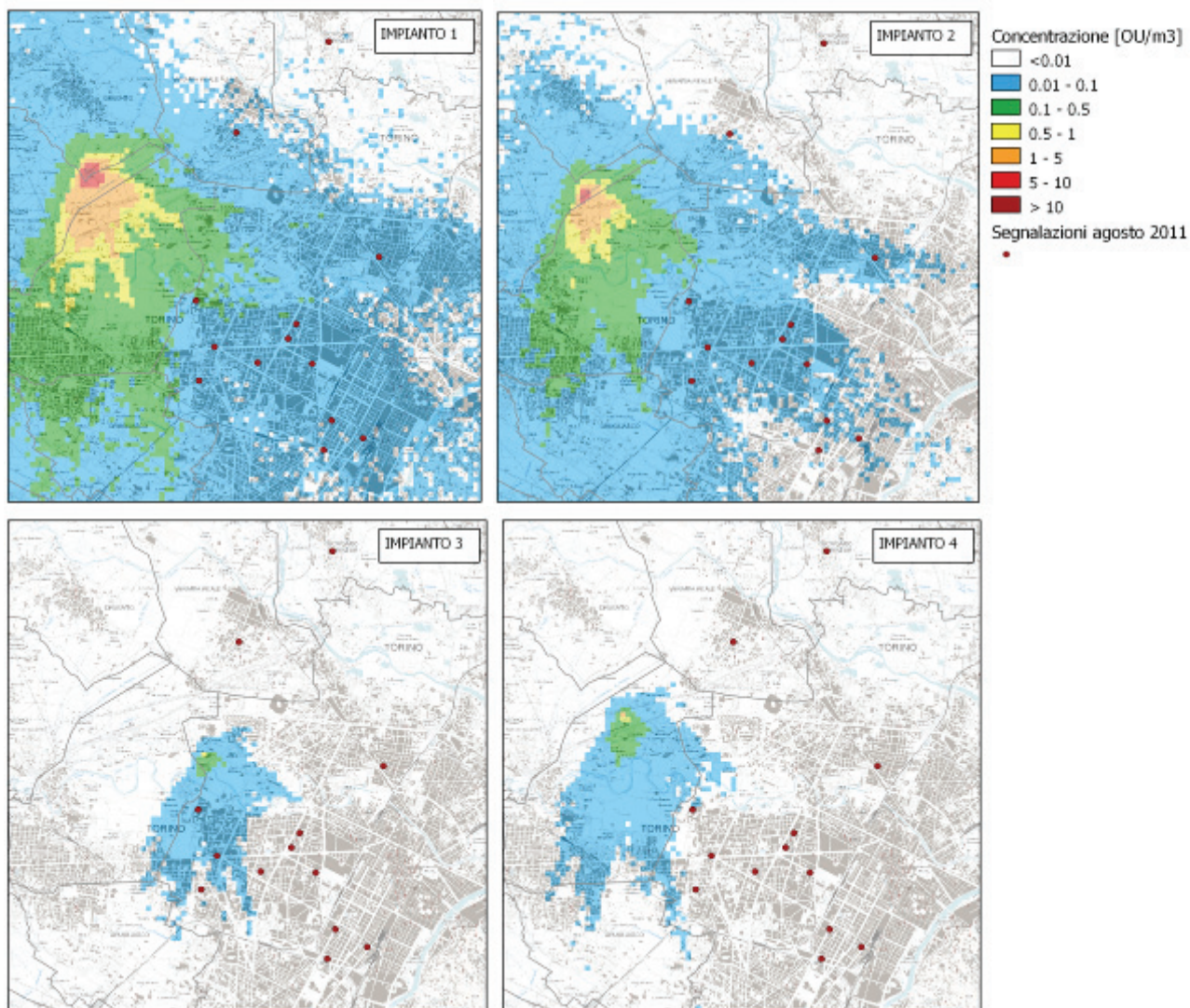
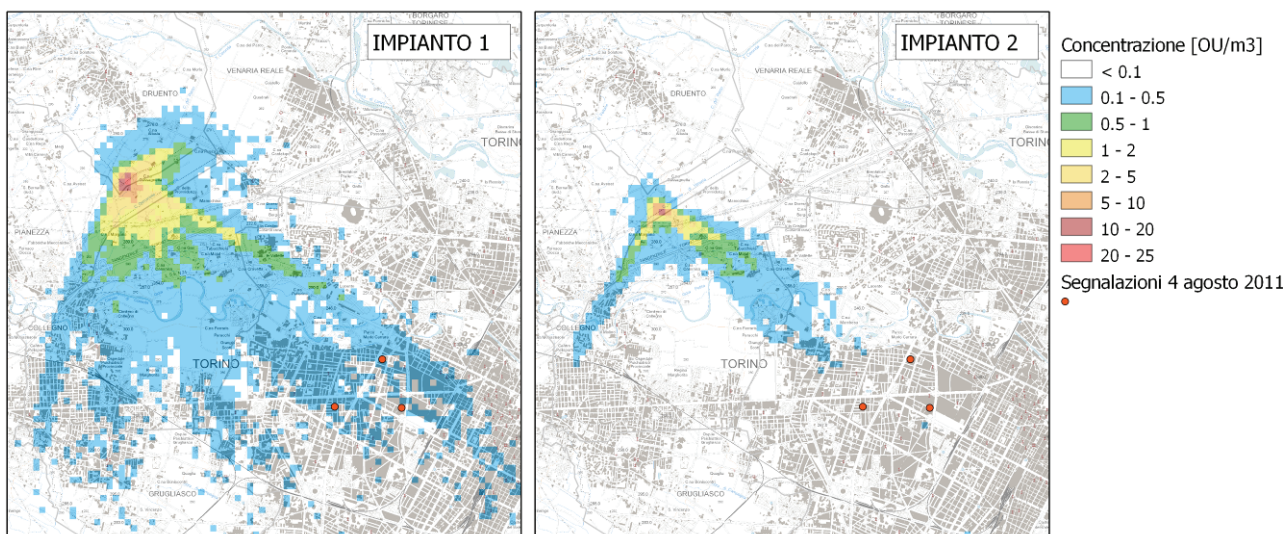


Figura 7 – Mappe del massimo orario giornaliero delle concentrazioni orarie di picco, 4 agosto 2011

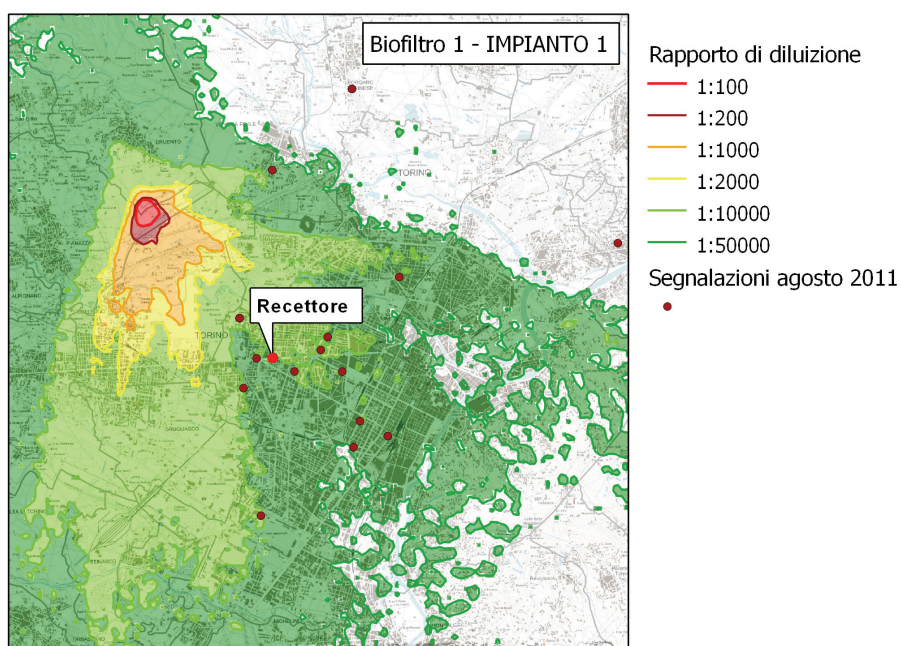


La sottostima del carico emissivo può derivare da una descrizione incompleta delle sorgenti, sia in termini di entità delle emissioni delle sorgenti considerate, sia in termini di sorgenti di odore non contemplate (lotti della discarica non in coltivazione, movimentazione di materiali o altre attività che producono emissioni odorigene difficilmente quantificabili). Viste le forti incertezze relative alla caratterizzazione emissiva delle sorgenti si è pensato di fornire, quale ulteriore strumento di analisi, le mappe di diluizione per singola sorgente, che consentono di stimare i valori concentrazione (C_1) nel dominio spaziale, una volta noti i valori di emissione (OER_1), a partire dal rapporto di diluizione 1:x e dalle condizioni emissive (OER_{ref} e C_{ref} in tab. 2) e meteorologiche (F_v) utilizzate nella simulazione:

$$C_1 = \frac{1}{x} \cdot C_{ref} \cdot \frac{OER_1 \cdot F_v}{OER_{ref}}$$

Con un procedimento a posteriori è quindi possibile, sulla base della distribuzione delle segnalazioni di molestia olfattiva, ipotizzare l'ordine di grandezza delle emissioni in grado di produrre concentrazioni superiori al valore di soglia olfattiva. Questo approccio si applica alle singole sorgenti ma non permette di considerare l'impatto cumulativo, che può essere calcolato solo sulla base dei valori di emissione delle singole sorgenti. In fig. 8 è rappresentata la mappa di diluizione per il biofiltro 1 dell'impianto 1.

Figura 8 – Mappa di diluizione del 98° percentile delle concentrazioni orarie di picco, 2-11 agosto 2011



Al fine di valutare l'entità delle emissioni che possono aver dato origine agli episodi di molestia segnalati, è stato preso in considerazione un secondo quadro emissivo, nel quale alle diverse sorgenti sono stati assegnati i valori di concentrazione (per i biofiltri) o di flusso specifico SOER (per le sorgenti areali passive) più elevati fra quelli reperiti nella documentazione APAT (visualizzati in rosso in tab. 1) o nelle misure in situ (1.89 OU/m²s per i rifiuti coperti). I valori di concentrazione ottenuti presso un recettore collocato nell'area con il maggior numero di segnalazioni (fig.8) sulla base dei due scenari emissivi considerati sono confrontati in tab. 3; si nota che le emissioni del secondo scenario non sono ancora sufficienti a giustificare le segnalazioni pervenute ad Arpa.

Tabella 3 – Valori del 98° percentile di concentrazione presso il recettore individuato per i due scenari emissivi considerati

	C [OU/m ³]	
	Scenario 1	Scenario 2
Impianto 1	0.061	0.931
Impianto 2	0.021	0.159

CONCLUSIONI

Lo studio dell'impatto odorigeno di alcuni impianti nella Provincia di Torino è stato realizzato con un sistema modellistico di tipo tridimensionale basato su un modello meteorologico di tipo diagnostico (MINERVE) e un modello di dispersione lagrangiano a particelle (SPRAY). La capacità del modello meteorologico di riprodurre in modo soddisfacente i campi di vento e di temperatura a scala locale e in condizioni orografiche complesse è stata opportunamente verificata. Dal punto di vista dispersivo, il confronto con la distribuzione delle segnalazioni di molestia olfattiva pervenute nel corso degli episodi studiati ha permesso di individuare alcune criticità, la più significativa delle quali è la caratterizzazione emissiva delle sorgenti, che ha dato origine ad una evidente sottostima delle concentrazioni simulate. E' stata infatti verificata l'assoluta necessità, per una stima verosimile delle concentrazioni reali, di produrre un dataset coerente di dati emissivi, sia per quanto riguarda la descrizione e definizione delle sorgenti da considerare, analizzando tutti i processi potenzialmente in grado di generare impatto odorigeno, sia per quanto riguarda la loro caratterizzazione emissiva, mediante misure in situ da effettuare secondo le prescrizioni della normativa. Un'ulteriore criticità è rappresentata dalla qualità delle informazioni sulla localizzazione spaziale e temporale degli episodi di molestia olfattiva. Al fine di una corretta analisi dei risultati della modellizzazione, sarebbe estremamente utile prevedere l'utilizzo, in occasione di indagini di molestia olfattiva, di questionari per la gestione degli esposti, in modo da acquisire le informazioni necessarie (data e durata dell'episodio, luogo, tipo di odore, etc.) secondo criteri omogenei e organizzarle in un opportuno database.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano la Dott.ssa Irene Davi e il Dott. Massimo Moretto del Dipartimento Provinciale di Torino per il contributo nell'analisi dei dati disponibili e nella valutazione critica nella definizione dell'input emissivo alle simulazioni modellistiche.

BIBLIOGRAFIA

Regione Lombardia, bozze delle *Linee guida per la caratterizzazione e l'autorizzazione delle emissioni gassose in atmosfera delle attività ad impatto odorigeno*, Febbraio 2010
Manuali e Linee Guida APAT, *Metodi di misura delle emissioni olfattive – Quadro normativo e campagne di misura*, numero 19/2003
ARIA Technologies, *MINERVE wind field model – General design manual* – Versione 7.0, 2001, ARIA Tech. Report, Paris.
ARIANET, *EMMA (EMGR/make) – User's guide* – Versione 3.5. Arianet R2005.08, 2005, Milano.
ARIANET, *SURFPRO (SURface-atmosphere interFace PROCessor) - User's guide*, Versione 2.2.10 Arianet R2006.23, 2006, Milano
ARIANET, *SPRAY 3.1 General Description and User's guide*, Arianet R2007.08, Maggio 2007, Milano