

**STRUTTURA COMPLESSA 05 “AREA PREVISIONE E MONITORAGGIO
AMBIENTALE”**

Struttura Semplice 06 “Sistemi elaborativi e modellistica”

**OGGETTO: STUDIO DI CARATTERIZZAZIONE DEL BIANCO
AMBIENTALE CONNESSO ALLA REALIZZAZIONE DEL
TERMOVALORIZZATORE DEL GERBIDO
Analisi modellistica di qualità dell’aria**

Redazione	Funzione: Coll. Tecnico Prof. Esperto Nome: Roberta De Maria	Data:	Firma:
	Funzione: Co.Co.Co. Nome: Elisa Elampe	Data:	Firma:
Verifica	Funzione: Responsabile S.S. 05.06 Nome: Stefano Bovo	Data:	Firma:
Approvazione	Funzione: Responsabile S.C. 05 Nome: Stefano Bovo	Data:	Firma:

INDICE

1	PREMESSA.....	4
2	APPROCCIO METODOLOGICO.....	5
3	DESCRIZIONE DELLA CATENA MODELLISTICA	7
4	DOMINIO DI CALCOLO	10
5	DATI DI INGRESSO AL SISTEMA MODELLISTICO.....	12
5.1	DATI DI INPUT GEOGRAFICO.....	12
5.2	DATI DI INPUT METEOROLOGICO	13
5.3	DATI DI INPUT EMISSIVO	15
5.4	CONDIZIONI INIZIALI E AL CONTORNO.....	18
6	MESSA A PUNTO DELLA CATENA MODELLISTICA	19
6.1	INDIVIDUAZIONE DEGLI EPISODI TEST.....	19
6.2	RICOSTRUZIONE METEOROLOGICA.....	22
6.3	SIMULAZIONE DI DISPERSIONE	26
7	VALUTAZIONE DELLE SIMULAZIONI METEOROLOGICA E DI DISPERSIONE.....	30
7.1	VALUTAZIONE DELLA SIMULAZIONE METEOROLOGICA ANNUALE.....	30
7.2	VALUTAZIONE DELLA SIMULAZIONE DI BIANCO AMBIENTALE.....	31
7.2.1	Biossido di azoto.....	33
7.2.2	Ossidi di azoto	35
7.2.3	Particolato PM ₁₀	37
7.2.4	Monossido di carbonio	38
7.2.5	Benzene	39
7.2.6	Biossido di zolfo	39
7.2.7	Ozono.....	41
8	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI DI DISPERSIONE	43
8.1	SIMULAZIONE DI BIANCO AMBIENTALE.....	43
8.1.1	Biossido di azoto NO ₂	44
8.1.2	Ossidi di azoto NO _x	45
8.1.3	Particolato PM ₁₀	46
8.1.4	Monossido di carbonio CO.....	48
8.1.5	Benzene C ₆ H ₆	48
8.1.6	Biossido di zolfo SO ₂	49
8.1.7	Ozono O ₃	49
8.2	CONTRIBUTO DEL TERMOVALORIZZATORE DEL GERBIDO: STIMA DEGLI INQUINANTI PREVISTI DALLA NORMATIVA SULLA QUALITÀ DELL'ARIA	51
8.2.1	Ossidi di azoto (NO ₂ , NO _x).....	53
8.2.2	Particolato PM ₁₀	55
8.2.3	Monossido di carbonio CO.....	55
8.2.4	Biossido di zolfo SO ₂	56
8.2.5	Ozono O ₃	56
8.2.6	Deposizioni secche e umide di particolato PM ₁₀	56
8.3	CONTRIBUTO DEL TERMOVALORIZZATORE DEL GERBIDO: STIMA DEGLI INQUINANTI NON PRESENTI NEL MECCANISMO CHIMICO SAPRC90.....	57
8.3.1	Acido cloridrico HCl.....	58
8.3.2	Acido fluoridrico HF.....	59
8.3.3	Idrocarburi Policiclici Aromatici IPA	59
8.3.4	Policlorodibenzodiossine e Policlorodibenzofurani PCDD/PCDF.....	59

8.3.5	<i>Cromo Cr, Antimonio Sb, Arsenico As, Piombo Pb, Cobalto Co, Rame Cu, Manganese Mn, Nichel Ni, Vanadio V e Stagno Sn; Zinco Zn</i>	59
8.3.6	<i>Cadmio Cd e Tallio Tl; Mercurio Hg</i>	60
8.3.7	<i>Deposizioni secche</i>	60
8.4	CONTRIBUTO DEL TERMOVALORIZZATORE: CONCLUSIONI	62
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI		64
ALLEGATO 1		65
ALLEGATO 2		99
ALLEGATO 3		127

1 PREMESSA

Arpa Piemonte ha presentato alla Provincia di Torino, nel corso del 2005, il progetto denominato “Studio di caratterizzazione del bianco ambientale connesso alla realizzazione del termovalorizzatore del Gerbido” finalizzato alla descrizione dello stato delle diverse matrici ambientali (aria, suolo, acque superficiali e sotterranee, clima acustico) nella fase antecedente alla costruzione dell’impianto di termovalorizzazione dei rifiuti solidi urbani nella zona sud occidentale del territorio del Comune di Torino. Il progetto è stato positivamente valutato dall’Amministrazione Provinciale e successivamente attivato con Decreto del Direttore Generale di Arpa (D.D.G. n. 128 del 23/03/2006).

Fra i compiti previsti dallo studio, l’Area delle attività regionali per l’indirizzo e il coordinamento in materia di previsione e monitoraggio ambientale di Arpa Piemonte è coinvolta nella realizzazione di simulazioni climatologiche di durata annuale e risoluzione temporale oraria mediante una catena modellistica tridimensionale su un dominio centrato sull’area di installazione dell’impianto.

Una prima simulazione è stata finalizzata alla valutazione della situazione antecedente alla realizzazione dell’impianto (ante-operam o “bianco ambientale”), attraverso la ricostruzione dei campi di concentrazione degli inquinanti definiti dalla legislazione vigente (ossidi di azoto, monossido di carbonio, biossido di zolfo, ozono, particolato PM₁₀) e delle deposizioni al suolo, prodotti dall’insieme delle sorgenti attualmente presenti nel dominio scelto. I campi ottenuti rappresentano inoltre un’integrazione delle informazioni puntuali normalmente disponibili nell’area, rappresentate da un elevato numero di stazioni di monitoraggio della qualità dell’aria.

Le simulazioni successive sono volte invece a rappresentare lo scenario seguente all’entrata in funzione del termovalorizzatore (post-operam), permettendo di stimarne il contributo aggiuntivo rispetto ai livelli precedentemente calcolati.

Le simulazioni sono state condotte ad elevata risoluzione orizzontale (500 metri) in modo da ottenere una stima dettagliata dei livelli di inquinamento presenti nell’area.

I risultati della simulazione di bianco ambientale sono stati validati - secondo quanto previsto dalla normativa vigente per le simulazioni modellistiche – attraverso il confronto con i dati acquisiti da un sottoinsieme di stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria presenti nell'area.

Per quanto riguarda il contributo del termovalorizzatore, i risultati sono stati comparati con quelli relativi alla valutazione modellistica eseguita da TRM ed inserita nello Studio di Impatto Ambientale (Doc. A4-020050-O-00000-GPD640 - Quadro di Riferimento Ambientale – Stima e Valutazione degli Impatti), segnalando ed analizzando eventuali discordanze emerse nei due studi.

2 APPROCCIO METODOLOGICO

Il sistema modellistico utilizzato nello studio, adatto a compiere una simulazione completa sia delle componenti meteorologiche sia di quelle di trasformazione chimica, trasporto e diffusione, è basato su un codice di dispersione Euleriano a griglia in grado di calcolare le concentrazioni degli inquinanti (gassosi e come particolato atmosferico) primari e secondari, nonché di stimare le deposizioni secche ed umide. Tale scelta, dovuta principalmente alla necessità di descrivere correttamente il bianco ambientale, permette inoltre di valutare il contributo dell'inceneritore alla formazione di inquinanti e particolato di origine secondaria, stimando in modo esaustivo la sua interazione con le sorgenti emissive attualmente esistenti.

Il dominio di calcolo per le concentrazioni, avente una dimensione di 40x40 km² e centrato sul camino del termovalorizzatore, è stato scelto in modo da essere coincidente con quello utilizzato da TRM nello Studio di Impatto Ambientale in modo da rendere, per quanto possibile, confrontabili le simulazioni.

La meteorologia ed in particolare la micrometeorologia che caratterizzano gli strati inferiori dell'atmosfera e il Planetary Boundary Layer (PBL) ricoprono un ruolo fondamentale nei processi di trasporto e dispersione degli inquinanti, conseguentemente richiedono di essere riprodotti con grande attenzione. Le componenti meteorologiche sono state ricostruite con un modello di tipo diagnostico attraverso un processo a due stadi: una prima ricostruzione delle variabili termiche e dinamiche (temperatura e vento) ad una

risoluzione di 1 chilometro su un dominio esterno che copre la Provincia di Torino ed una successiva discesa di scala ad una risoluzione pari a 500 metri su un dominio coincidente con quello scelto per il calcolo delle concentrazioni. Tale metodologia consente di rappresentare al meglio le caratteristiche meteodispersive ed orografiche dell'area più interna, tenendo comunque conto dell'influenza dei flussi atmosferici ad una scala superiore. Le variabili relative alla turbolenza degli strati inferiori dell'atmosfera, gli scambi di calore al suolo e le velocità di deposizione secca ed umida necessarie al modello di dispersione sono state stimate in una fase successiva solamente sul dominio più interno.

Per la stima del bianco ambientale il termine emissivo è rappresentato dal contributo di tutte le sorgenti (lineari, areali e puntuali) presenti nell'Inventario Regionale delle Emissioni (IREA) nella sua versione più aggiornata e che ricadono nel dominio di calcolo.

Le condizioni al contorno (BC, concentrazioni orarie ai bordi del dominio di calcolo per gli inquinanti considerati) richieste dal modello sono state ricavate dalla simulazione che Arpa produce annualmente a supporto della Valutazione Regionale della Qualità dell'Aria della Regione Piemonte.

Al fine di valutare il contributo del termovalorizzatore alle concentrazioni di fondo, è stata realizzata - con il modello di dispersione - una seconda simulazione nella quale, alle sorgenti che descrivono lo stato ante-operam, è stato aggiunto il termovalorizzatore. Il contributo netto di quest'ultimo è stato successivamente ottenuto per differenza fra questa simulazione e quella di bianco ambientale; in tal modo si è tenuto conto degli effetti prodotti dall'interazione delle sostanze emesse dal termovalorizzatore con la composizione chimica dell'atmosfera descritta nel bianco ambientale.

Una terza simulazione è stata condotta per la stima dei campi di concentrazione riguardanti una serie di inquinanti emessi dal termovalorizzatore ma non presenti nell'Inventario Regionale delle Emissioni né descritti dal meccanismo chimico utilizzato dal modello di dispersione. Pertanto i metalli pesanti, gli acidi fluoridrico e cloridrico, le diossine (PCDD) e i furani (PCDF) sono stati modellizzati come sostanze inerti.

L'anno meteorologico utilizzato per le simulazioni è il 2005; la scelta è legata sia alla necessità di riprodurre, per il bianco ambientale, la situazione temporalmente più vicina a

quella attuale, sia alla presenza di dati di input alla catena modellistica riferiti allo stesso periodo: l'ultimo aggiornamento dell'Inventario Regionale delle Emissioni per quanto riguarda le sorgenti puntuali e i risultati della più recente simulazione regionale per la Valutazione della Qualità dell'Aria necessari per la creazione delle condizioni al contorno.

Di seguito sono riportate sinteticamente le diverse fasi nel quale si è articolato lo studio modellistico:

- selezione di due episodi critici riferiti al 2005, caratterizzati da elevati valori di concentrazione degli inquinanti e condizioni meteorologiche favorevoli ai fenomeni di accumulo, per l'effettuazione delle simulazioni di prova necessarie alla messa a punto del sistema modellistico;
- individuazione del set di stazioni meteorologiche da utilizzare, attraverso criteri di rappresentatività spaziale delle misure e percentuale dati validi;
- calibrazione della catena modellistica sugli episodi critici attraverso simulazioni di prova e confronto osservato/simulato, sia per le variabili meteorologiche sia per gli inquinanti atmosferici;
- realizzazione delle simulazioni di lungo periodo relative all'anno 2005;
- validazione dei risultati ed elaborazione degli stessi.

3 DESCRIZIONE DELLA CATENA MODELLISTICA

La catena modellistica adottata nell'ambito del progetto è conforme alle indicazioni delle "Linee Guida per la selezione ed applicazione dei modelli di dispersione atmosferica per la valutazione della qualità dell'aria" dell'APAT, che prevede l'utilizzo di sistemi modellistici in grado di trattare situazioni territoriali ad orografia e anemologia complesse come quella in esame. In particolare, dovendo descrivere la situazione di bianco ambientale, si è adottato il sistema tridimensionale "MINERVE/GAP/SurfPRO/EMMA-Emission Manager/FARM" (Arianet S.r.l.) in grado di soddisfare non solo le esigenze di complessità dell'area ma anche di descrivere in modo completo ed accurato i fenomeni che si verificano in atmosfera grazie alla trattazione delle reazioni chimiche fra i diversi inquinanti e la valutazione della deposizione secca ed umida degli stessi al suolo.

La catena modellistica, rappresentata schematicamente nella figura 3.1 è costituita da:

- un modulo per la gestione dei dati di input geografico (topografia e uso del suolo);
- MINERVE (Aria Technologies, 2001), un modello meteorologico 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 in condizioni di orografia complessa a partire da informazioni relative alla topografia del dominio e dalle principali grandezze meteorologiche al suolo ed in quota;
- GAP (Finardi, 2005), un modulo creato per l'adattamento e l'interpolazione nello spazio di dati provenienti da modelli meteorologici, rispettando l'equazione di continuità; nel caso specifico è stato utilizzato per la conversione dei campi meteorologici dal sistema di coordinate σ (usato da MINERVE) al sistema terrain-following (usato da FARM);
- ARPMEAS (ARIANET, 2006), modulo utilizzato per l'interpolazione dei dati di precipitazione;
- SurfPRO (ARIANET, 2004), un pre-processore meteorologico diagnostico, basato su metodi di bilancio energetico superficiale e sulla teoria della similarità di Monin-Obukhov, in grado di ricostruire campi bidimensionali e tridimensionali di parametri geofisici, flussi superficiali, parametri di scala del PBL, diffusività turbolente orizzontali e verticali, velocità di deposizione secca e umida per le diverse specie chimiche e di stimare il contributo eolico (erosione e/o risospensione) e marino alle emissioni di PM_{10} . Gli input necessari al modello sono rappresentati dai campi meteorologici elaborati da MINERVE, dai dati osservati di precipitazione, dai campi di analisi di copertura nuvolosa e da un dataset di uso del suolo nel dominio di calcolo;
- EMMA-Emission Manager (ARIANET, 2005), un pre-processore che, a partire dai dati dell'Inventario Regionale delle Emissioni, produce emissioni spazializzate sulla griglia di calcolo, modulate temporalmente su base oraria e compatibili con il

meccanismo chimico del modello di dispersione (che prevede composti organici volatili speciati e particolato PM_{10} e $PM_{2.5}$);

- BOUNDER e ARCONV (ARIANET, 2006), moduli per la predisposizione delle condizioni iniziali ed al contorno a partire da risultati di simulazioni a scala maggiore;
- FARM (ARIANET, 2006), un modello chimico di dispersione Euleriano tridimensionale a griglia (CTM): i campi orari di concentrazione dei principali inquinanti atmosferici nonché di deposizione secca ed umida vengono stimati a partire dai valori iniziali (IC) ed ai bordi (BC) del dominio di calcolo e dalle emissioni orarie introdotte nei punti griglia, cui vengono applicati meccanismi di trasporto, dispersione e deposizione derivati dalla meteorologia e fenomeni di trasformazione determinati dal meccanismo chimico utilizzato (SAPRC90 con modellazione del benzene esplicita) e dal modulo per la trattazione del particolato (AERO0, derivato dal quello presente nello Unified EMEP Model);
- ARSTAT e ARTPROC (ARIANET, 2006), moduli di post-processamento dei dati orari risultanti dalle simulazioni di dispersione ed il calcolo degli indicatori previsti dalla normativa vigente.

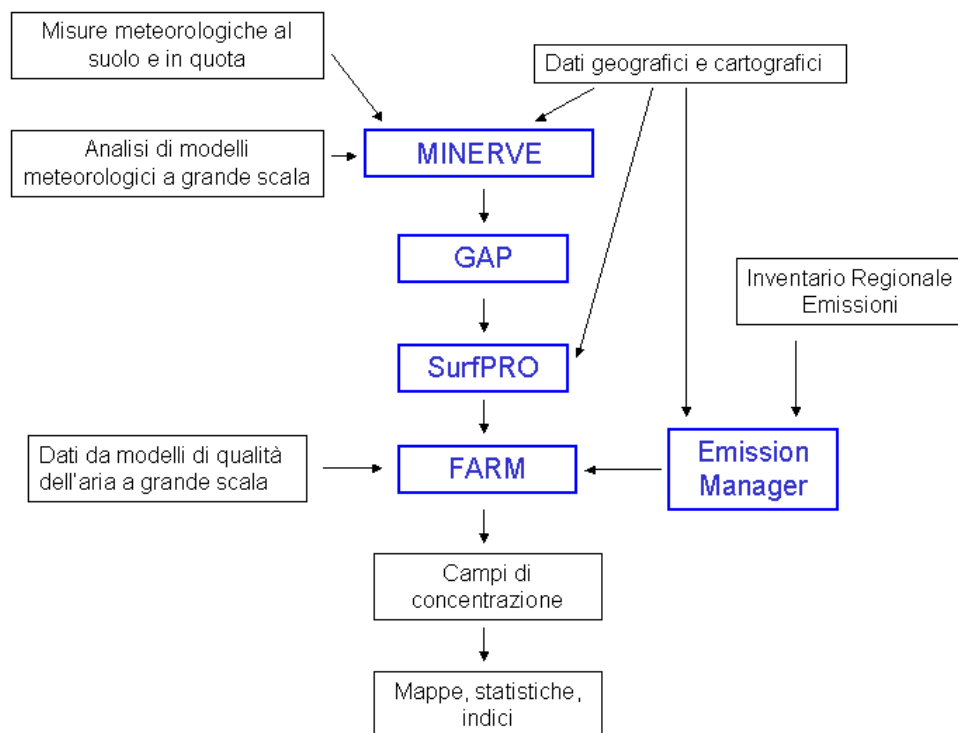


Figura 3.1: Diagramma di flusso della catena modellistica utilizzata

4 DOMINIO DI CALCOLO

I domini di calcolo utilizzati (figura 4.1) sono due:

- uno esterno (di seguito indicato come Dominio 1), comprendente l'intera Provincia di Torino, all'interno del quale sono stati ricostruiti i campi tridimensionali di vento, temperatura ed umidità;
- uno interno al primo (di seguito indicato come Dominio 2) centrato sul camino dell'inceneritore, sul quale si è proceduto ad una nuova ricostruzione dei campi meteorologici e di turbolenza ed è stato modellizzato il fenomeno della dispersione.

Il Dominio 1 ha dimensioni orizzontali pari a $125 \times 105 \text{ km}^2$, una risoluzione orizzontale di 1 km (126×106 punti griglia) ed origine nel punto SW avente coordinate UTM:

Est = 310000 m; Nord = 4950000 m

Il Dominio 2 comprende l'area metropolitana torinese, parte della collina ad est e parte della bassa Val di Susa ad ovest; le dimensioni orizzontali sono pari a $40 \times 40 \text{ km}^2$, ha una

risoluzione orizzontale di 500 m (81x81 punti griglia) ed origine nel punto SW avente coordinate UTM:

Est = 369000 m; Nord = 4968000

Il grigliato verticale del dominio di calcolo per le simulazioni meteorologiche è suddiviso in 25 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 10 m di altezza dalla superficie, il top è posto a 10800 metri, vincolo imposto dalla presenza nel dominio di calcolo di rilievi orografici aventi quote superiori ai 3000 metri. Nel caso delle simulazioni di dispersione il grigliato è rappresentato da 12 livelli verticali che si estendono fino a 4000 metri di quota.

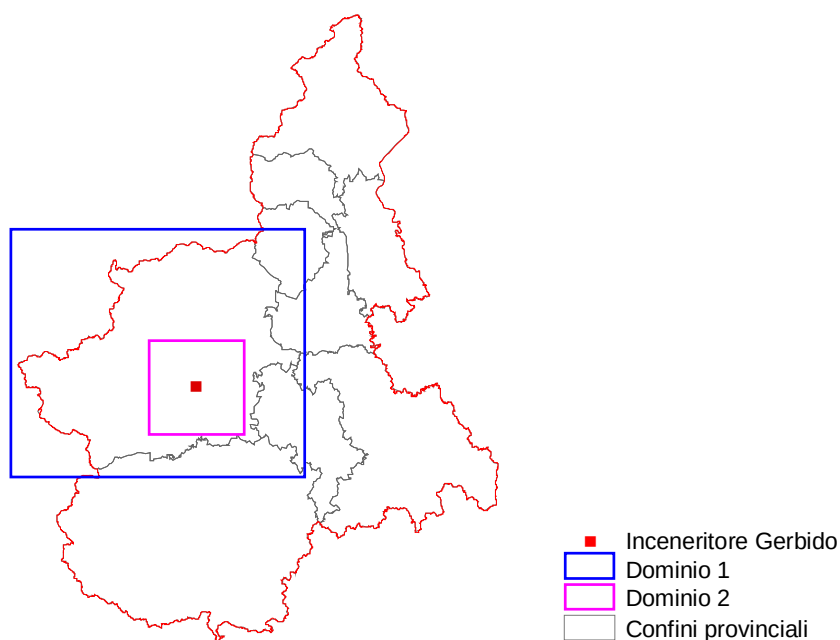


Figura 4.1: Domini di calcolo per le simulazioni

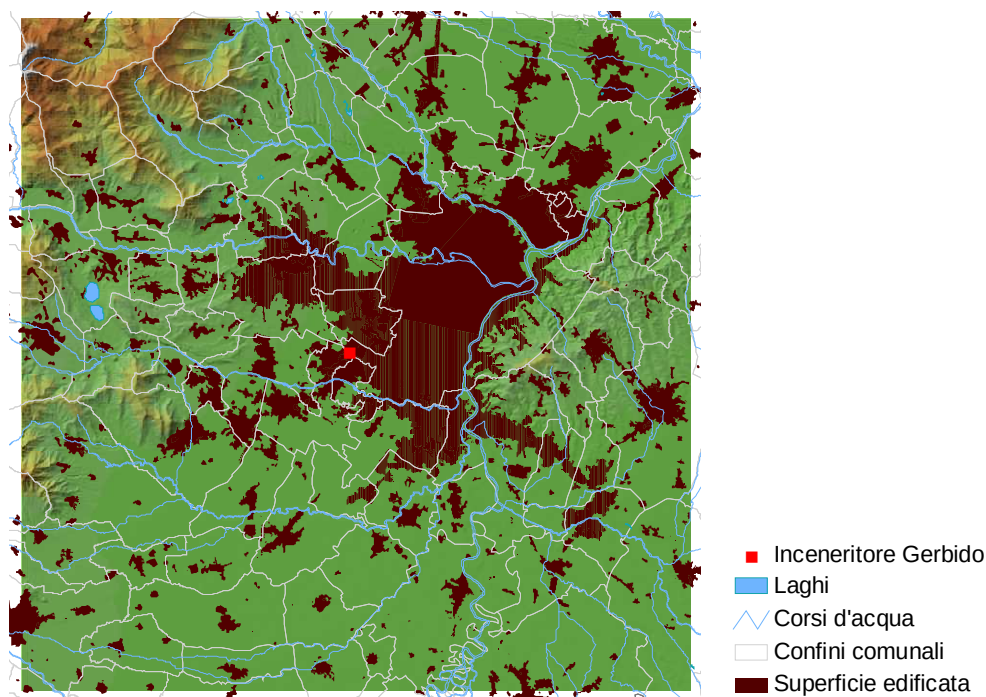


Figura 4.2: Dominio 2, utilizzato per la componente dispersiva, centrato sul termovalorizzatore del Gerbido

5 DATI DI INGRESSO AL SISTEMA MODELLISTICO

5.1 *Dati di input geografico*

L'orografia è stata estratta da un database a risoluzione pari a 250 e filtrata in modo tale da ottenere la risoluzione necessaria, definita dal grigliato del dominio di calcolo della catena modellistica (1000 metri o 500 metri a seconda della simulazione).

Analogamente, l'uso del suolo è stato ricavato dal CORINE LAND COVER a 21 classi – ottenuto aggregando le 44 classi ordinarie in classi prevalenti secondo criteri finalizzati alla modellistica di dispersione di inquinanti in atmosfera – e alla risoluzione di 250 metri, filtrandolo in modo da ottenere la risoluzione richiesta.

Nella figura 5.1 sono riportati la rappresentazione dell'orografia e dell'uso del suolo predisposti per l'utilizzo della catena modellistica nel Dominio 2.

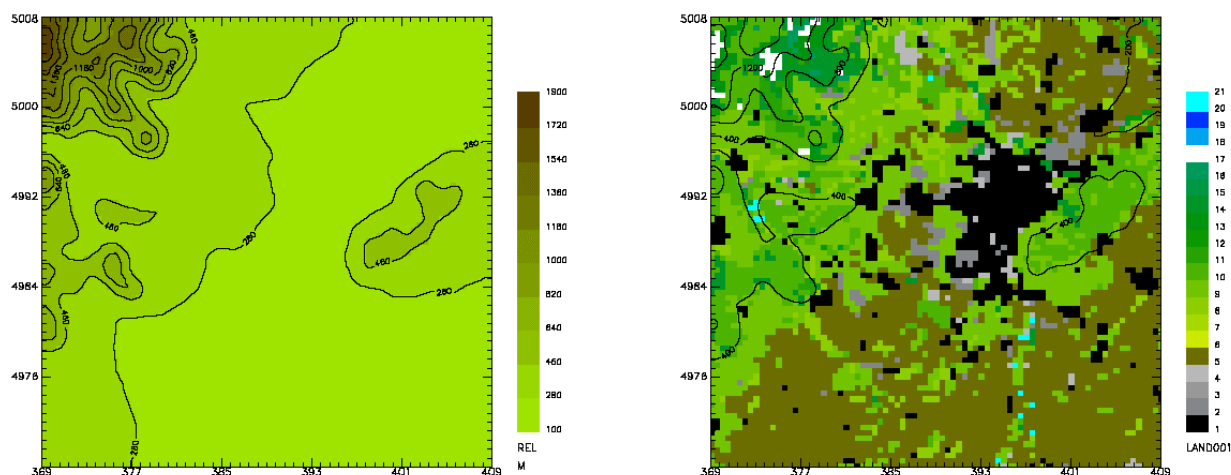


Figura 5.1: Orografia e uso del suolo utilizzati dalla catena modellistica per il Dominio 2.

5.2 Dati di input meteorologico

La ricostruzione dei campi tridimensionali di vento, temperatura e umidità sul Dominio 1 è stata realizzata utilizzando come dati di input:

- misure al suolo dei parametri meteorologici (dati orari di vento, temperatura, pressione, umidità relativa), acquisite presso le stazioni della Rete Meteoidrografica di Arpa e da quella di Monitoraggio Regionale della Qualità dell'Aria (S.R.R.Q.A.);
- dati in quota provenienti dalle analisi del Centro Europeo ECMWF (European Centre for Medium Range Weather Forecast), relativi ai profili verticali di velocità e direzione vento, su griglia regolare con 0.5° di risoluzione in latitudine e longitudine e livelli standard di pressione;
- profili di temperatura e umidità relativa, misurati dal radiosondaggio di Milano Linate;
- profili di temperatura misurati dal radiometro di Torino della rete Meteoidrografica di Arpa Piemonte.

La ricostruzione dei campi meteorologici tridimensionali sul Dominio 2 è stata condotta integrando misure al suolo ed in quota e dati estratti dalla simulazione effettuata sul Dominio 1.

Il set di dati meteorologici con i quali costruire l'input a MINERVE è stato definito a valle delle simulazioni di prova finalizzate ad ottimizzare le prestazioni della catena modellistica in relazione alle caratteristiche del dominio in esame.

Nelle Figure 5.2 e 5.3 è riportata la localizzazione delle stazioni al suolo ed in quota (provenienti da misure o da modelli meteorologici) utilizzate rispettivamente per il Dominio 1 e il Dominio 2.

Per la ricostruzione dei campi di turbolenza, delle diffusività orizzontali e verticali nonché delle velocità di deposizione, i dati di ingresso sono rappresentati dai campi di vento e temperatura 3D generati da MINERVE, dai campi di copertura nuvolosa del modello ECMWF (opportunamente processati e riportati sulla griglia di calcolo di SurfPRO), dai dati di precipitazione della Rete Meteoidrografica di Arpa e dalla matrice di uso del suolo.

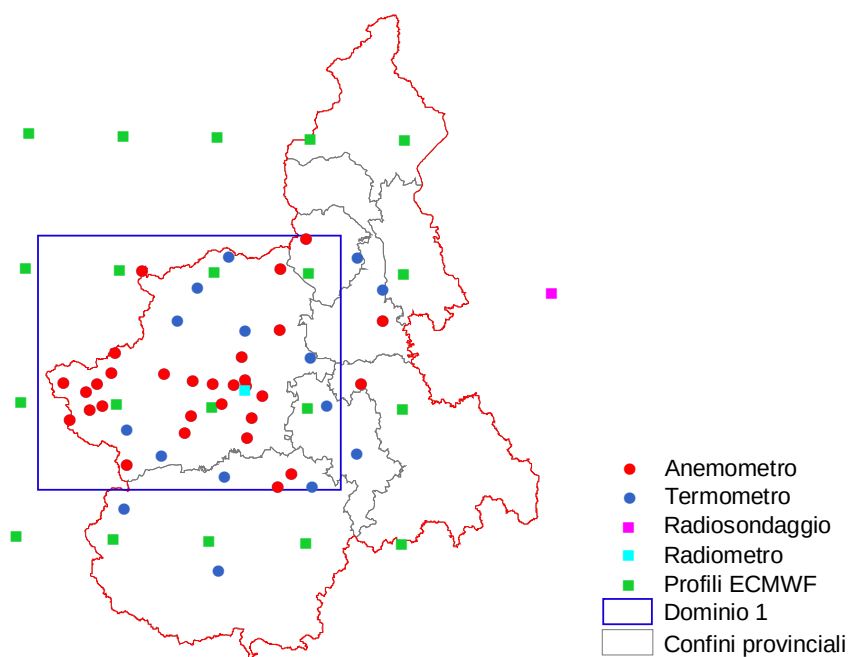


Figura 5.2: Stazioni utilizzate per la ricostruzione di campi meteorologici nel Dominio 1

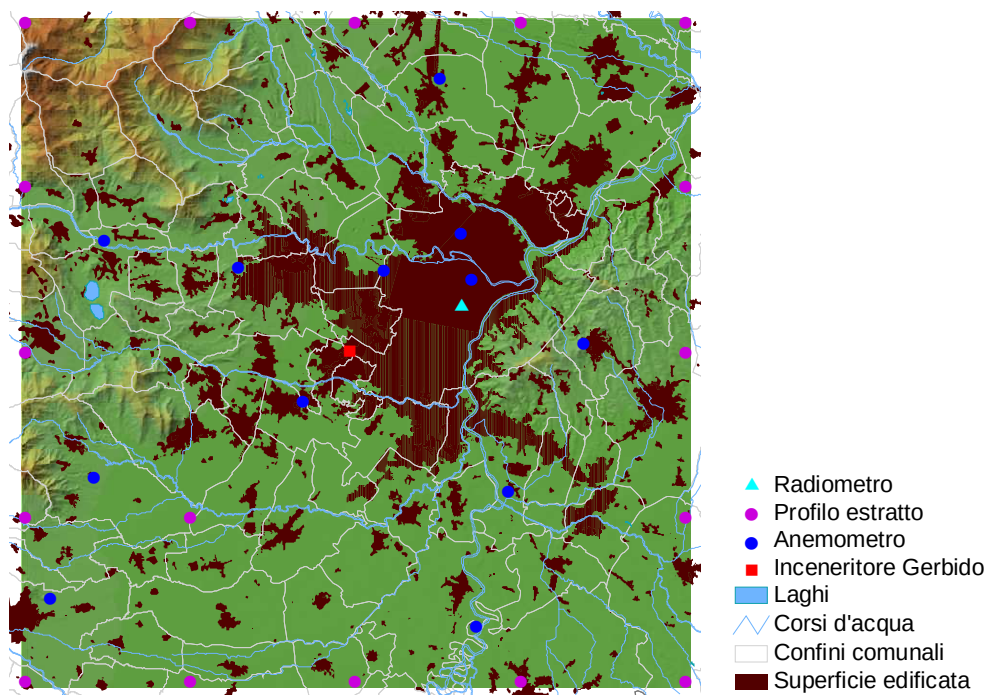


Figura 5.3: Stazioni utilizzate per la ricostruzione dei campi meteorologici nel Dominio 2

5.3 Dati di input emissivo

La base dati emissiva utilizzata per la simulazione di bianco ambientale fa riferimento alla versione dell'Inventario Regionale delle Emissioni della Regione Piemonte disponibile presso Arpa ed aggiornata all'anno 2001, per quanto riguarda le emissioni diffuse, all'anno di riferimento della simulazione (2005), per le principali sorgenti puntuali.

L'Inventario Regionale delle Emissioni è realizzato – su base comunale - nell'ambito del sistema INEMAR (INventario EMissioni in Aria) secondo la meteorologia CORINAIR messa a punto dalla European Environment Agency (EEA).

Nel processo di predisposizione dell'input emissivo necessario per il modello di dispersione, il pre-processore Emission-Manager prevede una spazializzazione delle emissioni associate ad attività antropiche o naturali definite come sorgenti areali e lineari, attraverso l'intersezione dei poligoni di emissione – coincidenti con i territori comunali – con la griglia di calcolo della simulazione. Per ciascun poligono, le emissioni sono ripartite sulle celle ottenute dall'intersezione tra la geometria della griglia e l'area del poligono stesso, sulla base delle informazioni contenute in un layer tematico grigliato (ottenuto da

dati di uso del suolo) o da dati cartografici (layers tematici quali l'edificato, la vegetazione, le aree industriali).

Successivamente il modulo temporale del pre-processore distribuisce il totale emissivo annuale presente nell'Inventario sull'anno solare, frazionandolo su base oraria, tenendo conto di specifici profili temporali (giornalieri, settimanali e mensili) associati ad ogni tipologia di sorgente.

Infine, le specie aggregate presenti nell'Inventario subiscono un processo che permette di stimare il contributo dei diversi composti presenti – per ogni tipologia di attività produttiva – nei corrispondenti profili di speciazione, attraverso la ripartizione dei composti organici non metanici (NMVOC) e del particolato (PM).

Per quanto riguarda l'impianto di termovalorizzazione, l'emissione è rappresentata da un camino di 120 metri di altezza, costituito da 3 canne aventi ciascuna diametro 2.4 metri; ai fini della simulazione è stato considerato un unico camino avente diametro equivalente di 4.6 metri caratterizzato da funzionamento continuo nel tempo.

Il sito di futura costruzione dell'impianto ha le seguenti coordinate UTM:

Est = 388782 m; Nord = 4988210 m

e quota sul livello del mare di 268 m; a tali coordinate è stata fatta corrispondere la posizione del camino.

Nella Tabella 5.1 sono riportate le caratteristiche del termovalorizzatore utilizzate nel corso delle simulazioni modellistiche; la portata fumi anidri coincide con il valore adottato da TRM nelle proprie simulazioni modellistiche climatologiche.

Per quanto riguarda lo scenario emissivo dell'impianto di termovalorizzazione – su indicazione dell'Amministrazione Provinciale – si è cautelativamente fatto riferimento a quanto riportato nell'Autorizzazione Integrata Ambientale ai sensi del D. Lgs. 18 febbraio 2005, n. 59 – Impianto di Incenerimento di Rifiuti Urbani e Rifiuti Speciali non Pericolosi (Determinazione del Dirigente del Servizio Gestione Rifiuti e Bonifiche della Provincia di Torino n. 309-557341/2006) Tabelle D1÷D4, che riportano i valori limite di emissione in atmosfera riferiti alle seguenti condizioni:

- temperatura 273 K;
- pressione 1013 hPa;

- gas secco;
- tenore di ossigeno nell'effluente gassoso secco pari all'11% in volume.

Caratteristiche punto emissione		
Altezza camino	120	m
Diametro camino	4.16	m
Temperatura fumi	115	°C
Velocità fumi	12.3	m/s
Percentuale di vapore nei fumi	14.3	%
Portata fumi anidri	404562	Nm ³ /h

Tabella 5.1: Caratteristiche camino del termovalorizzatore

Le concentrazioni alle emissioni previste dall'autorizzazione insieme con i corrispondenti flussi di massa utilizzati nel corso delle simulazioni per i diversi inquinanti, sono riportate nella Tabella 5.2.

Inquinante		Valore limite di emissione (mg/Nm ³)	Flusso di massa (g/s)
Polveri totali		10	1.124
Sostanze organiche sotto forma di gas e vapori espressi come carbonio organico totale (TOC)		10	1.124
Composti inorganici del cloro sotto forma di gas o vapore, espressi come acido cloridrico (HCl)		10	1.124
Composti inorganici del cloro sotto forma di gas o vapore, espressi come acido fluoridrico (HF)		1	0.112
Ossidi di zolfo espressi come biossido di zolfo (SO ₂)		50	5.619
Ossidi di azoto espressi come biossido di azoto (NO ₂)		200	22.476
Ammoniaca (NH ₃)		5	0.562
Monossido di carbonio (CO)		50	5.619
Cd e i suoi composti, espressi come cadmio (Cd)	(in totale)	0.05	0.0056
Tallio e i suoi composti, espressi come tallio (Tl)			
Mercurio e i suoi composti, espressi come mercurio (Hg)		0.05	0.0056
Zinco e i suoi composti, espressi come zinco (Zn)		0.5	0.0562
Antimonio e suoi composti, espressi come antimonio (Sb)	(in totale)	0.5	0.0562
Arsenico e suoi composti, espressi come arsenico (As)			
Piombo e suoi composti, espressi come piombo (Pb)			
Cromo e suoi composti, espressi come cromo (Cr)			
Cobalto e suoi composti, espressi come cobalto (Co)			
Rame e suoi composti, espressi come rame (Cu)			
Manganese e suoi composti, espressi come manganese (Mn)			
Nichel e suoi composti, espressi come nichel (Ni)			
Vanadio e suoi composti, espressi come vanadio (V)			
Stagno e suoi composti, espressi come stagno (Sn)			
Diossine e furani (PCDD + PCDF)		1 e-07	1.124 e-08
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)		0.01	1.124 e-03

Tabella 5.2: Scenario emissivo considerato per il termovalorizzatore

5.4 Condizioni iniziali e al contorno

Le simulazioni con modelli di dispersione di tipo fotochimico, in grado di riprodurre le reazioni che avvengono in atmosfera fra i diversi inquinanti, necessitano di informazioni riguardanti i valori di concentrazione di fondo (all'istante iniziale) ed ai bordi del dominio (per tutta la durata della simulazione). Nelle simulazioni di dispersione relative alla valutazione del bianco ambientale e del contributo aggiuntivo dovuto al termovalorizzatore tali valori sono stati ricavati dai risultati delle simulazioni realizzate ai fini della Valutazione Regionale della Qualità dell'Aria per l'anno 2005.

Tali simulazioni vengono condotte con lo stesso sistema modellistico utilizzato nel presente studio, ad una risoluzione orizzontale pari a 4 km. I pre-processor ARCONV e BOUNDER permettono quindi di estrarre dalle simulazioni regionali e sul grigliato target del Dominio 2 rispettivamente le concentrazioni dell'istante iniziale di simulazione e quelle al contorno.

Al fine di minimizzare l'influenza del campo corrispondente alle condizioni iniziali – avente originariamente risoluzione inferiore a quella del Dominio 2 – sulle concentrazioni calcolate, si è provveduto ad iniziare la simulazione annuale il 31 dicembre 2004 all'ora 1:00, eliminando successivamente la prima giornata di simulazione; da esperienze precedenti si è verificato infatti che l'influenza delle condizioni iniziali si esaurisce dopo circa 6-12 ore di simulazione, dette di "start-up".

Nel caso della simulazione condotta al fine di stimare i campi di concentrazione relativi agli inquinanti considerati come non reattivi - in quanto non contemplati nel meccanismo chimico SAPRC90 utilizzato da FARM – non è stato necessario predisporre le condizioni iniziali ed al contorno; come nelle altre simulazioni annuali si è invece fatto ricorso all'eliminazione dei risultati corrispondenti al periodo di start-up del modello di dispersione (prima giornata di simulazione).

6 MESSA A PUNTO DELLA CATENA MODELLISTICA

6.1 *Individuazione degli episodi test*

Preliminarmente alla realizzazione delle simulazioni annuali si è provveduto ad eseguire una serie di prove finalizzate all'individuazione dei settaggi ottimali per la catena modellistica.

Il primo passo è consistito nel selezionare, all'interno del 2005, due episodi – uno invernale ed uno estivo, caratterizzati da condizioni meteorologiche tipiche dell'area di studio e concentrazioni elevate - sui quali tarare il sistema.

A tal fine è stato analizzato il trend annuale dei dati di concentrazione degli inquinanti più critici per l'area torinese (NO_2 , PM_{10} e O_3) registrati presso le stazioni di monitoraggio della rete di qualità dell'aria della Regione Piemonte presenti nel Dominio 2 (Figura 6.1), in modo da individuare periodi caratterizzati da fenomeni di accumulo e picchi di concentrazione. Tra questi sono stati scelti gli episodi caratterizzati da:

1. elevata criticità in termini di inquinamento atmosferico e superamenti dei valori limite di legge previsti;
2. rappresentatività dell'episodio, ovvero numero di giornate consecutive caratterizzate da elevate concentrazioni;
3. persistenza delle condizioni atmosferiche che conducono all'accumulo degli inquinanti e successivo ingresso di elementi perturbativi che inducono ad una diminuzione delle concentrazioni misurate.

La scelta di periodi che presentano le caratteristiche riportate al punto 3 permette di verificare la capacità del sistema nel riprodurre correttamente sia i campi meteorologici sia i loro effetti sul trasporto e sulla dispersione degli inquinanti.

Gli episodi selezionati sono quindi stati i seguenti:

- episodio invernale, 7÷14/02/05;
- episodio estivo, 15÷22/07/05.

L'episodio invernale è caratterizzato da concentrazioni medie giornaliere di PM_{10} in Torino che superano i $150 \mu g/m^3$, con significativa diminuzione nelle giornate del 13 e 14 febbraio. Il biossido di azoto presenta un numero limitato di superamenti del valore limite orario per la protezione della salute umana ($200 \mu g/m^3$) in alcune stazioni della città.

L'episodio estivo presenta invece iniziali concentrazioni elevate di ozono con diversi superamenti della soglia di informazione della popolazione ($180 \mu g/m^3$ come media oraria) e dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana ($120 \mu g/m^3$ come media sulle 8 ore) nelle stazioni interne al Dominio 2 ed una successiva diminuzione dei livelli al termine dell'episodio, associata ad un episodio di föhn.

A conferma della scelta degli episodi, sono state valutate le corrispondenti condizioni meteorologiche attraverso l'esame delle misure, delle mappe meteorologiche e dei profili verticali di temperatura del radiometro di Torino (quest'ultimo per l'individuazione della presenza di inversioni termiche che favoriscono l'accumulo di inquinanti).

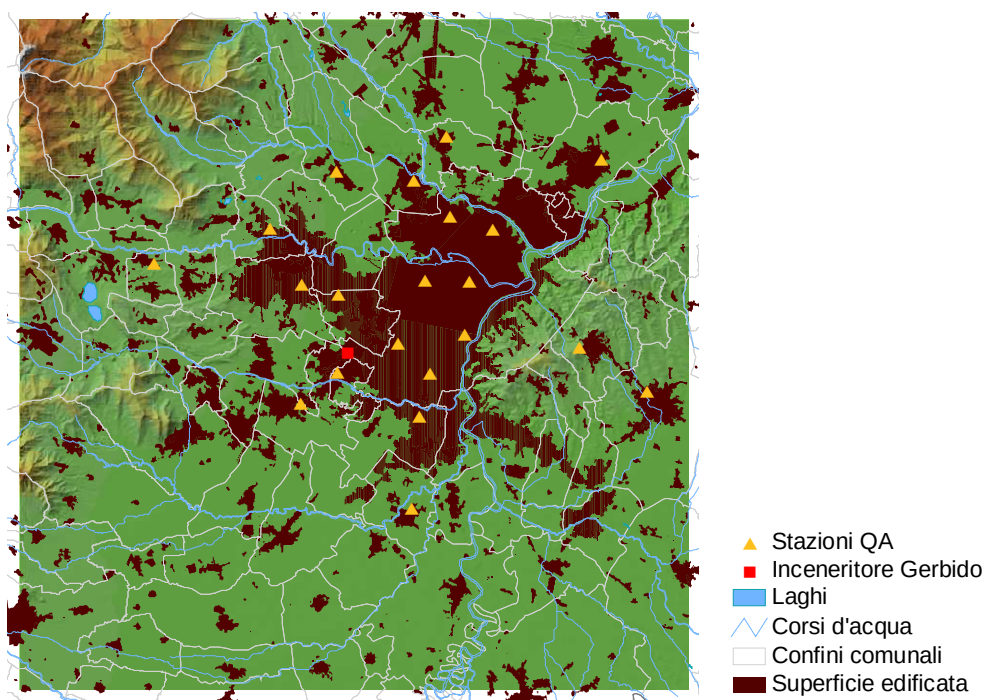


Figura 6.1: Stazioni della rete di qualità dell'aria (S.R.R.Q.A.) interne al Dominio 2.

Le mappe meteorologiche di analisi del Centro Europeo ECMWF relative ai giorni dell'episodio di febbraio descrivono un periodo caratterizzato prevalentemente da condizioni di tempo stabile – determinato da un'area anticiclonica in progressivo consolidamento nelle giornate fra il 7 e l'11 febbraio; a partire dal 12 febbraio una saccatura di origine polare in progressiva estensione sul Tirreno, convoglia correnti settentrionali fredde e asciutte sul Piemonte che mantengono condizioni di bel tempo, accompagnato - nelle giornate del 13 e 14 febbraio – da episodi di föhn in corrispondenza dei rilievi alpini che giungono ad estendere la loro influenza all'area urbana.

L'episodio estivo è invece caratterizzato dalla persistenza di un promontorio anticiclonico nelle giornate dal 15 al 17 luglio, intervallata il giorno 18 dal rapido passaggio di una saccatura atlantica che determina temporali diffusi sul Piemonte. Nei due giorni successivi l'anticiclone delle Azzorre torna a garantire condizioni di tempo stabile e soleggiato sulla regione, cui fa seguito il 22 luglio l'influenza di una depressione centrata sul Mar Baltico che apporta un calo delle temperature e rovesci isolati sul Piemonte.

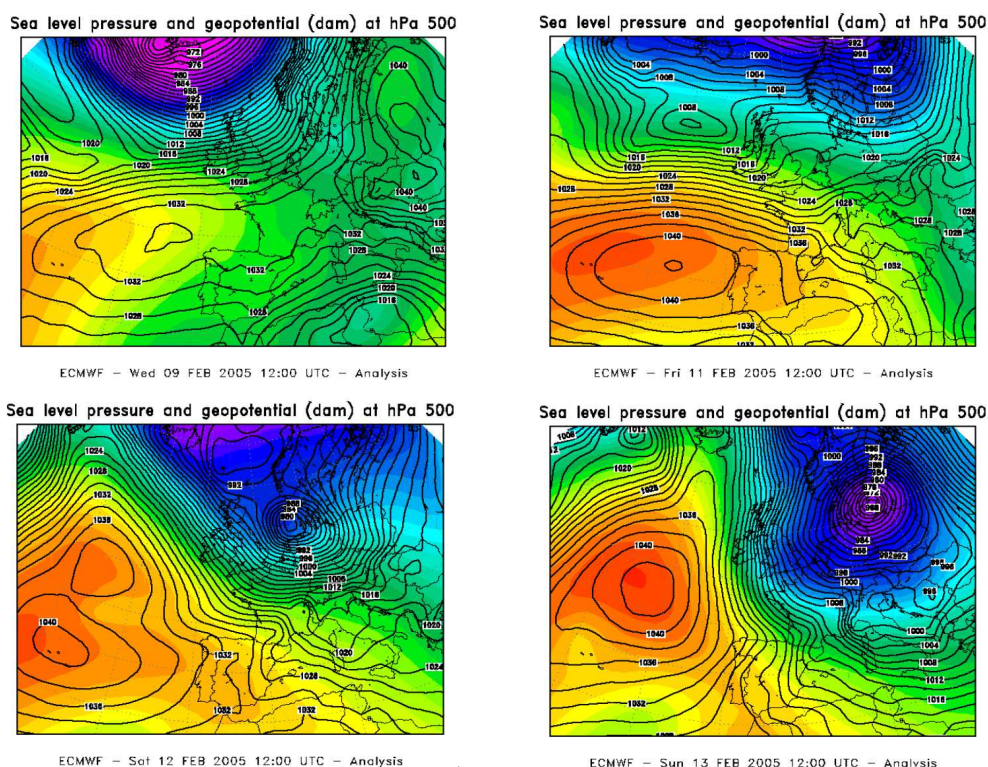


Figura 6.2: Mappe di altezza del geopotenziale nel corso dell'episodio invernale.

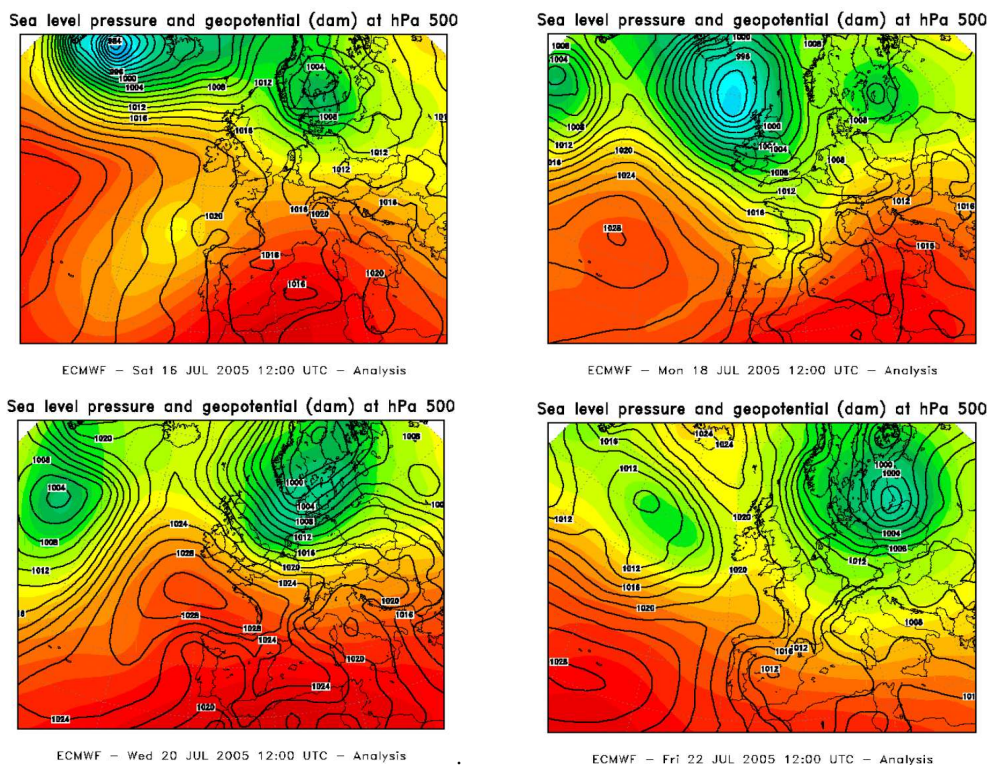


Figura 6.3: Mappe di altezza del geopotenziale nel corso dell'episodio estivo.

A titolo di esempio, le Figure 6.2 e 6.3 riportano le mappe di altezza di geopotenziale a 500 hPa (fonte ECMWF) per alcune giornate, rispettivamente, del periodo invernale ed estivo.

6.2 Ricostruzione meteorologica

Le prove avevano il duplice obiettivo di individuare la configurazione ottimale del dataset di misure da utilizzare - fra i dati meteorologici disponibili per l'anno 2005 - e di condurre prove di sensitività dei parametri che definiscono l'interpolazione del codice MINERVE, al fine di ricostruire al meglio i campi di vento, di temperatura e di umidità su entrambi i domini di simulazione.

Le stazioni al suolo da utilizzare sono state selezionate sia sulla base di esperienze precedenti maturate da Arpa (costruzione della base dati dei campi di vento sulla Provincia di Torino relativa al 1999-2000, simulazioni meteorologiche a supporto della Valutazione della Qualità dell'Aria annuale per la Regione Piemonte e specifici progetti in campo modellistico) sia su criteri di selezione quali:

- numerosità dei dati nell'anno di simulazione (almeno il 75%) e assenza di lunghi periodi caratterizzati da misure mancanti;
- rappresentatività spaziale delle osservazioni;
- eventuale ridondanza di postazioni rispetto alla risoluzione di calcolo;
- risultati delle simulazioni di prova.

A differenza dei lavori precedenti, una significativa innovazione – per quanto riguarda i profili in quota - è rappresentata dalla disponibilità delle misure di temperatura registrate dal radiometro MTP5 di Arpa, installato nella città di Torino presso il Palazzo della Regione; alcune simulazioni di prova sono state pertanto finalizzate a valutare l'opportunità di introdurre tali informazioni, per una migliore descrizione della struttura termica sull'area torinese, a completamento dei profili relativi ai radiosondaggi di Cuneo-Levaldigi e Milano-Linate esterni al dominio di calcolo.

Sui periodi test si è operato inizialmente un confronto dei dati del radiometro con i corrispondenti profili dei due radiosondaggi, in modo da permettere una prima valutazione speditiva della rappresentatività delle misure – acquisite in area urbana - nella ricostruzione del campo di temperatura su un'area più ampia quale quella compresa nel Dominio 1, che interessa l'intera Provincia di Torino. Inoltre, dovendo riportare le misure del radiometro a risoluzione oraria, si è provveduto alla realizzazione di un tool che permettesse di mediare sulla base temporale di interesse i dati originali registrati ogni 10 minuti.

I risultati ottenuti dai test hanno confermato l'opportunità di utilizzo delle misure del radiometro integrati dai dati del radiosondaggio di Milano-Linate nella ricostruzione di campi di temperatura sul Dominio 1.

Ulteriori test hanno permesso di identificare il metodo di interpolazione da utilizzare e i valori da assegnare ai pesi delle singole stazioni, sia al suolo sia in quota, in funzione della grandezza meteorologica e della distribuzione dei punti di misura.

Per la produzione del database annuale di campi meteorologici tridimensionali con risoluzione orizzontale di 1 km (Dominio 1) il numero di stazioni meteorologiche al suolo

dotate di sensore per la misura di temperatura utilizzate è pari a 34, di cui 30 in grado di misurare anche la velocità e la direzione del vento; i dati in quota sono rappresentati dalle misure del radiometro, del radiosondaggio di Milano-Linate e da 20 profili estratti dalle analisi del Centro Europeo ECMWF.

Una procedura analoga a quella sopra descritta per l'individuazione della configurazione ottimale è stata successivamente applicata al Dominio 2; in questo caso il set di input è stato definito a partire dalle misure presenti nel grigliato di calcolo e dai risultati della simulazione a 1 km sul Dominio 1. Questo approccio – analogamente a quanto avviene con l'utilizzo dei dati forniti dal Centro Europeo ECMWF - permette di integrare i dati delle reti di monitoraggio con misure “fittizie” - localizzate nelle aree meno coperte dalle osservazioni - ottenute da un processo che rappresenta comunque in maniera piuttosto dettagliata le caratteristiche meteorologiche dell'area.

Nel caso specifico, al termine delle simulazioni di prova, si è scelto di utilizzare per il run annuale una serie di dati al suolo e profili verticali di vento derivati dalla simulazione condotta sul Dominio 1 estratti a distanza regolare fra loro (4 km), le misure di vento e temperatura di 12 stazioni al suolo, i profili del radiometro e del radiosondaggio di Milano-Linate.

La distribuzione dei dati utilizzati per le simulazioni sui due domini è illustrata nelle precedenti Figure 5.2 e 5.3.

In entrambe le simulazioni, la scelta finale dei parametri di controllo e del dataset di ingresso si è basata – per le diverse prove - su un esame grafico comparato dei campi di vento, temperatura e umidità sia superficiali sia in quota e su un confronto quantitativo delle variabili meteorologiche calcolate con le osservazioni al suolo disponibili in ciascun dominio.

Nei grafici riportati nella Figura 6.4 sono illustrati - a titolo di esempio - per i giorni dell'episodio invernale, i confronti quantitativi tra i risultati di entrambe le simulazioni e i valori osservati delle stazioni più prossime al sito di futura realizzazione del termovalorizzatore: Orbassano (per velocità e direzione vento), Rivoli (per la temperatura, non essendo tale misura disponibile presso la stazione di Orbassano).

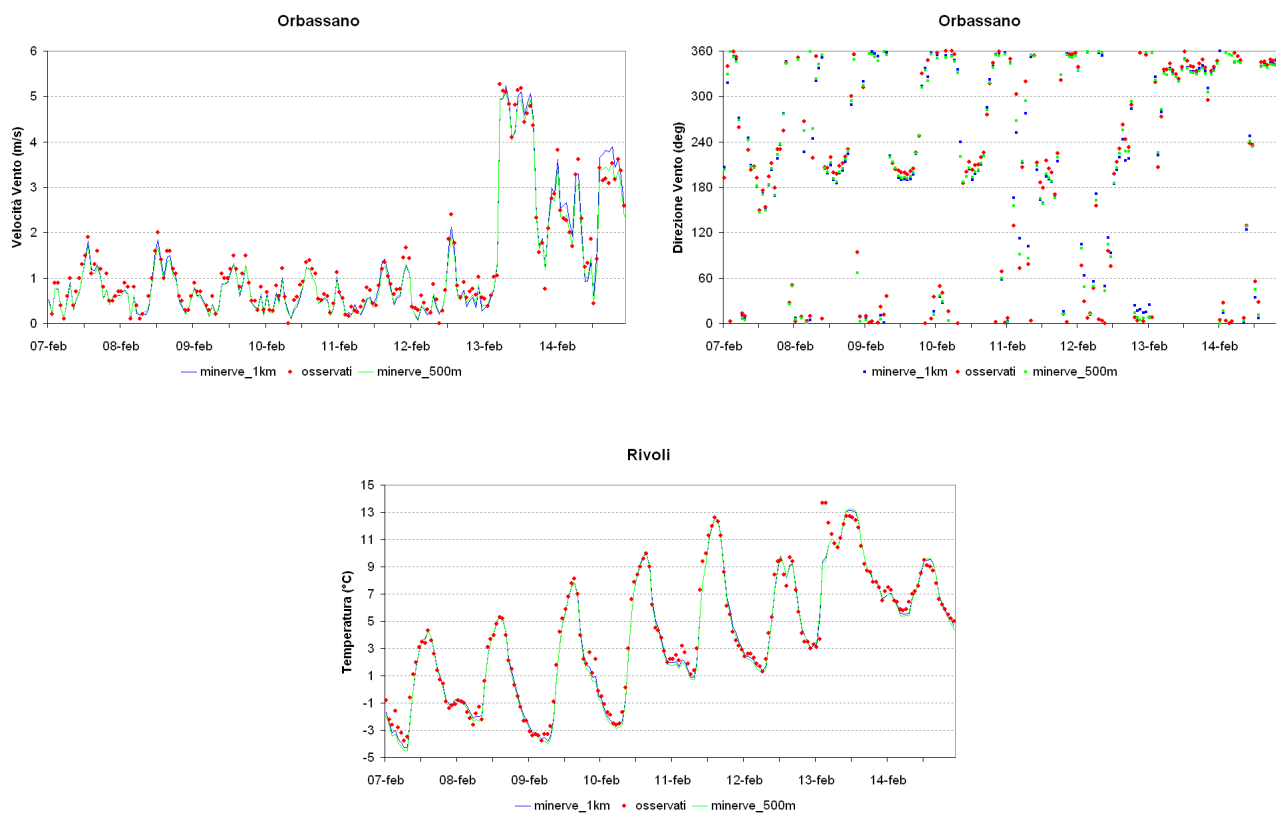
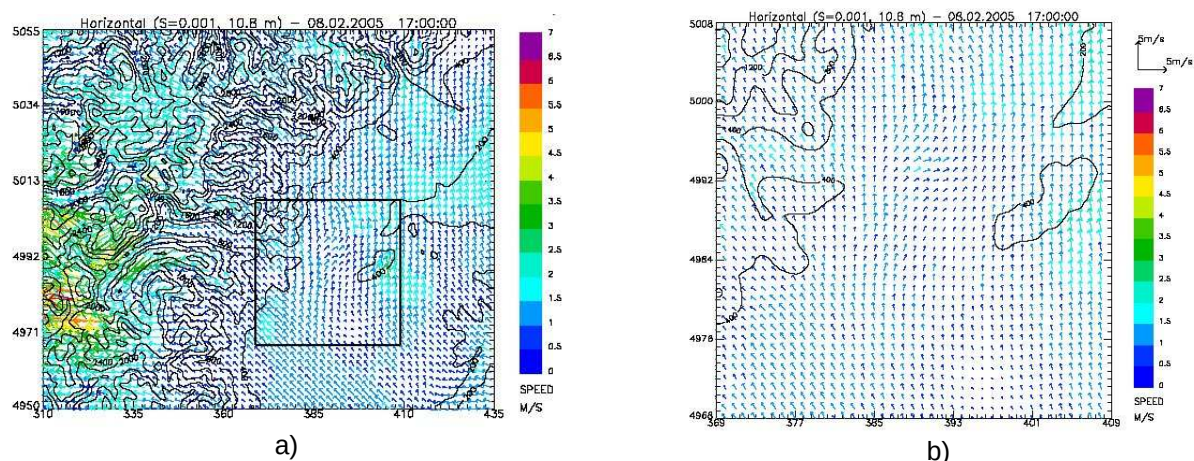


Figura 6.4: Confronto osservato/simulato durante l'episodio invernale: velocità e direzione vento alla stazione di Orbassano, temperatura alla stazione di Rivoli

I risultati evidenziano un buon accordo osservato/simulato nelle simulazioni ad entrambe le risoluzioni con una corretta riproduzione dell'episodio di föhn.

L'esame comparativo dei campi di vento e temperatura al suolo nelle simulazioni alle diverse scale evidenzia una buona coerenza dell'andamento delle grandezze meteorologiche alle due diverse risoluzioni.



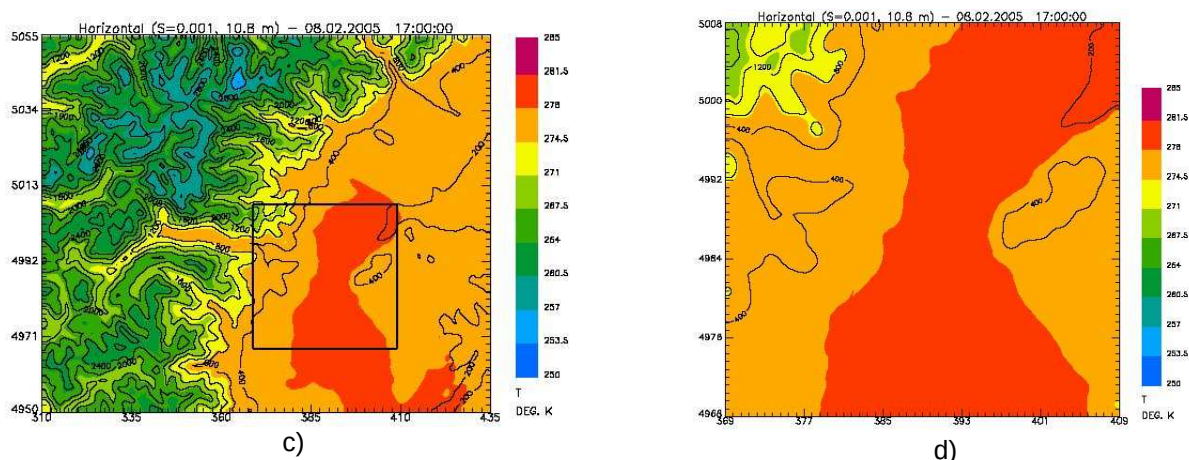


Figura 6.5: 17 febbraio 2005, ore 17:00: le immagini a) e c) mostrano esempi di campo di vento e di temperatura al suolo ricostruiti sul Dominio 1 con, evidenziato in nero, il sottodominio centrato sul termovalorizzatore; a fianco, nelle immagini b) e d) sono riportati i corrispondenti campi relativi alla discesa di scala sul Dominio.

6.3 Simulazione di dispersione

La messa a punto della simulazione di dispersione è stata realizzata principalmente attraverso lo studio delle grandezze calcolate dal pre-processore SurfPRO che influenzano la modalità di dispersione, deposizione e reattività delle specie i cui campi di concentrazione sono stimati da FARM.

Tenendo conto dell'elevata risoluzione spaziale con la quale sono state condotte le simulazioni, particolare cura è stata dedicata alla realizzazione di test di sensitività sui valori assegnati ai coefficienti di diffusività verticali all'interno del PBL. SurfPRO permette infatti di definire valori minimi su base mensile per tali coefficienti, differenziandoli per aree ad uso rurale e urbano, in modo da tenere in considerazione il diverso comportamento – ai fini della dispersione degli inquinanti - delle aree nel periodo notturno (quando appunto la dispersione verticale è minima). Le prove hanno preso in esame entrambi gli episodi e la valutazione dei coefficienti più adatti al caso in esame è stata realizzata attraverso il confronto osservato/simulato sulle diverse stazioni di qualità dell'aria presenti all'interno del dominio di calcolo; fra i criteri di valutazione dei risultati - ai fini dell'individuazione dei valori ottimali per la parametrizzazione - sono stati presi in considerazione:

- la rappresentatività spaziale delle stazioni di monitoraggio;
- il profilo di concentrazione misurato nelle diverse aree;

- la classificazione dei punti di misura, definita – in funzione della tipologia di stazione (traffico, industriale, background), della zona (urbana, suburbana, rurale) e delle caratteristiche della zona (residenziale, commerciale, agricola, naturale, etc.) – in base a quanto stabilito dalla *Decisione 2001/752/CE* e nel documento *Criteria for EUROAIRNET*;
- l'attribuzione dell'uso del suolo alla cella nella quale ricade la singola stazione.

Al fine di fornire indicazioni di carattere qualitativo sulle prestazioni della catena modellistica nel riprodurre le concentrazioni misurate, di seguito sono riportati i risultati ottenuti per alcune stazioni - caratterizzate da diversa classificazione - e per alcuni degli inquinanti più significativi per il periodo in esame.

Per l'episodio invernale, in Figura 6.6 sono illustrati i confronti osservato/simulato per le medie orarie di biossido di azoto (espresso in ppb) presso una stazione urbana da traffico (Grugliasco), una suburbana di fondo (Orbassano) ed una urbana di fondo (Torino-Lingotto). In generale si evidenzia una buona riproduzione degli andamenti, anche se – nelle giornate centrali dell'episodio – si osserva una sottostima delle concentrazioni massime diurne; da notare la corretta diminuzione delle concentrazioni in corrispondenza dell'episodio di föhn. In figura 6.7 sono invece riportati gli analoghi andamenti delle medie giornaliere di particolato PM_{10} (espresso in $\mu g/m^3$) presso una stazione urbana da traffico (Torino-Consolata); l'andamento del periodo è riprodotto, ma viene confermata una difficoltà nella riproduzione dei valori di concentrazione media giornaliera più elevati.

Per l'episodio estivo viene invece illustrato il confronto osservato/simulato relativo all'ozono. La figura 6.8 riporta gli andamenti orari di questo inquinante (espressi in ppb) in due stazioni rispettivamente di fondo urbano (Torino-Lingotto) e fondo rurale (Pino Torinese); i profili delle concentrazioni sono in linea generale correttamente riprodotti, sebbene in alcune giornate si riscontrino problemi nello stimare le concentrazioni massime misurate. Interessanti sono i risultati ottenuti presso la stazione di Pino Torinese, che presenta andamenti nelle concentrazioni di ozono tipiche delle aree di quota, e che la catena modellistica riproduce con discreta approssimazione.

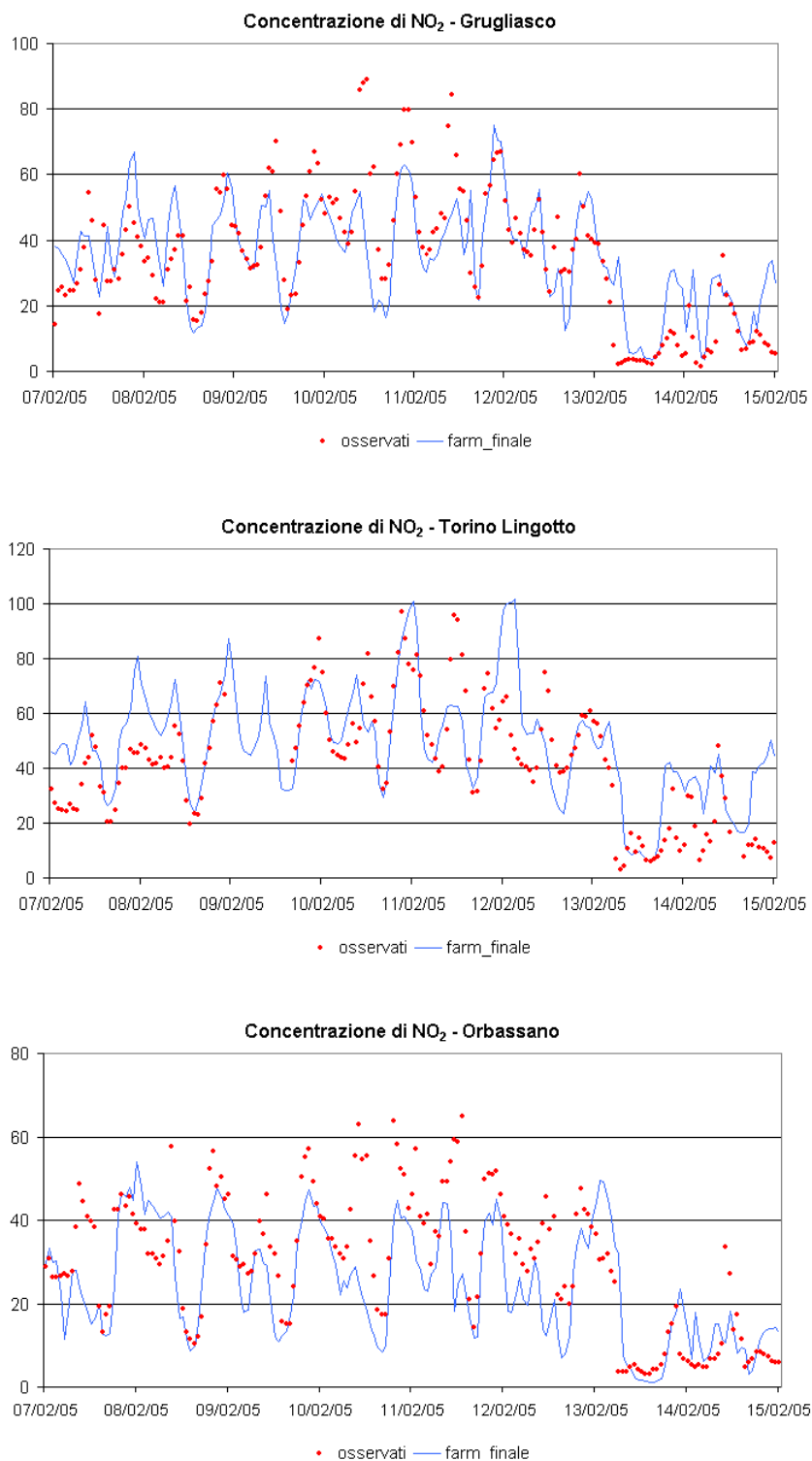


Figura 6.6. Episodio invernale: confronto osservato/simulato per il biossido di azoto presso una stazione urbana da traffico(Grugliasco), una suburbana di fondo (Orbassano) ed una urbana di fondo (Torino-Lingotto).

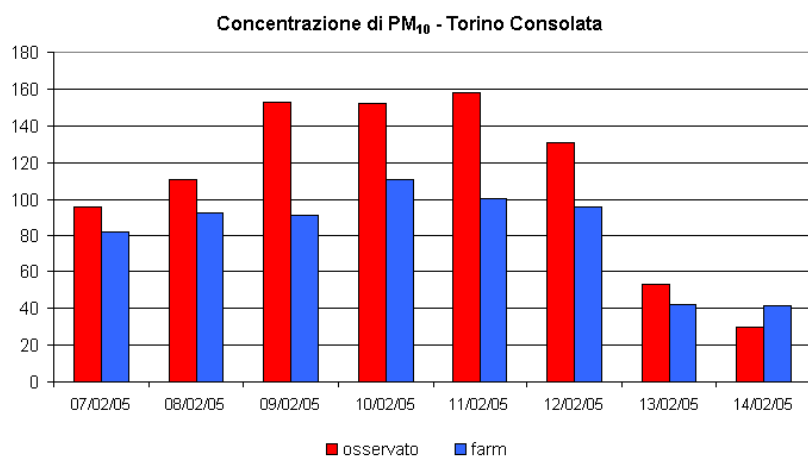


Figura 6.7. Episodio invernale: confronto osservato/simulato per particolato PM10 presso una stazione urbana da traffico (Torino-Consolata).

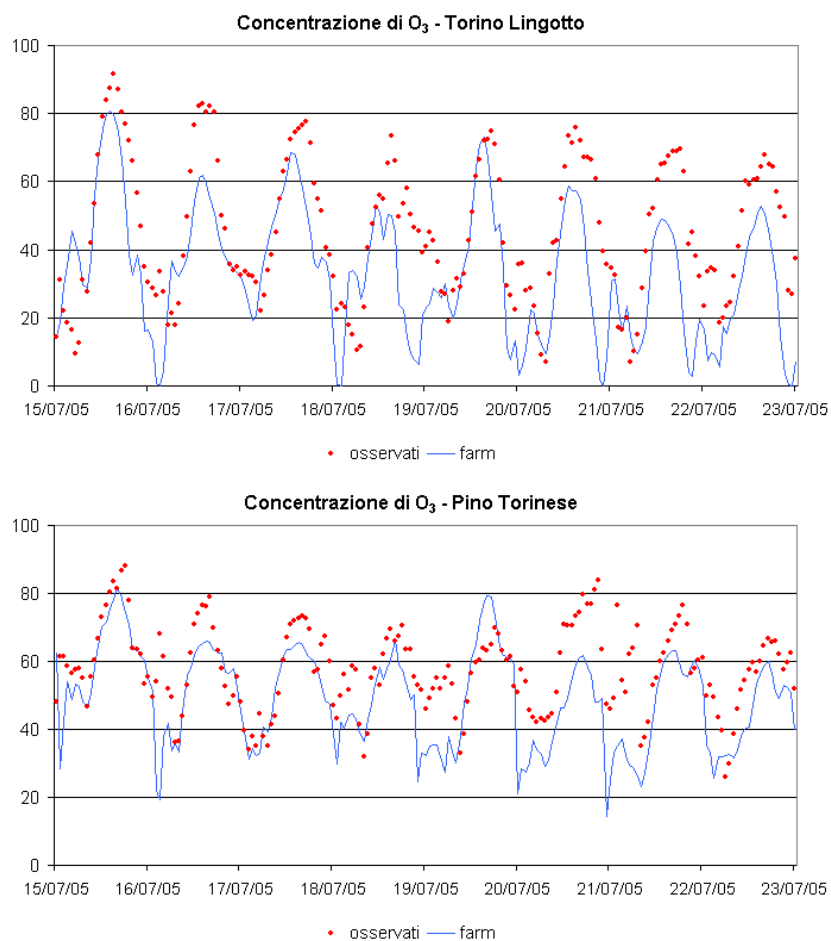


Figura 6.8. Episodio estivo: confronto osservato/simulato per l'ozono presso una stazione di fondo urbana (Torino-Lingotto) ed una di fondo rurale (Pino Torinese).

7 VALUTAZIONE DELLE SIMULAZIONI METEOROLOGICA E DI DISPERSIONE

7.1 Valutazione della simulazione meteorologica annuale

La valutazione complessiva della bontà della ricostruzione anemologica al suolo su base annuale è stata realizzata attraverso l'esame delle distribuzioni in classi di velocità del vento e di direzione di provenienza (rose del vento) simulate e osservate presso le diverse postazioni di misura.

A titolo di esempio si riporta – Figura 7.1 – il confronto osservato/simulato per la stazione di Orbassano, la più vicina rispetto al sito di costruzione del termovalorizzatore. Per l'elaborazione dei dati simulati sono stati utilizzati i campi di vento ricostruiti a risoluzione pari a 500 m. Le rose del vento riportano la suddivisione dei dati anemologici nei periodi diurno e notturno. La distribuzione dei casi nei settori angolari è stata calcolata escludendo le calme di vento - considerati valori di velocità del vento minori o uguali a 0.5 m/s - dal totale dei dati rilevati; sui raggi è riportata la percentuale di accadimento.

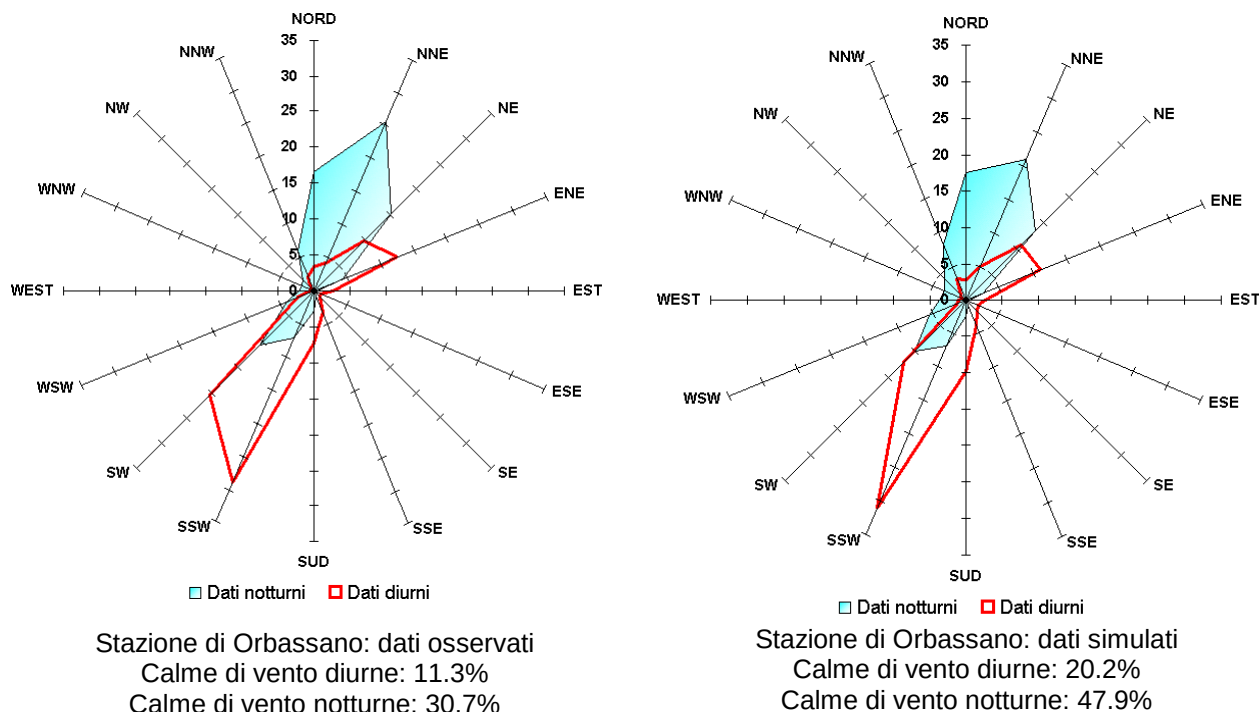


Figura 7.1. Confronto osservato/simulato delle rose del vento, suddivise nei periodi diurno/notturno, calcolate in corrispondenza della stazione di Orbassano.

Il confronto mostra sostanziali analogie fra le elaborazioni, con un decremento – nel simulato – della percentuale di accadimenti in direzione SW. Di maggiore importanza è l'incremento nella percentuale di calme simulate rispetto alle osservate, dovuta all'effetto dell'interpolazione fra le misure presenti nel database in input.

A completamento delle informazioni precedenti, in Figura 7.2 è riportata la rosa del vento calcolata dal modello con risoluzione pari a 500 m in corrispondenza del camino del termovalorizzatore a livello del suolo (10 m) e alla quota di emissione (120 m); si nota la netta diminuzione della percentuale di calme con il crescere della distanza dal terreno.

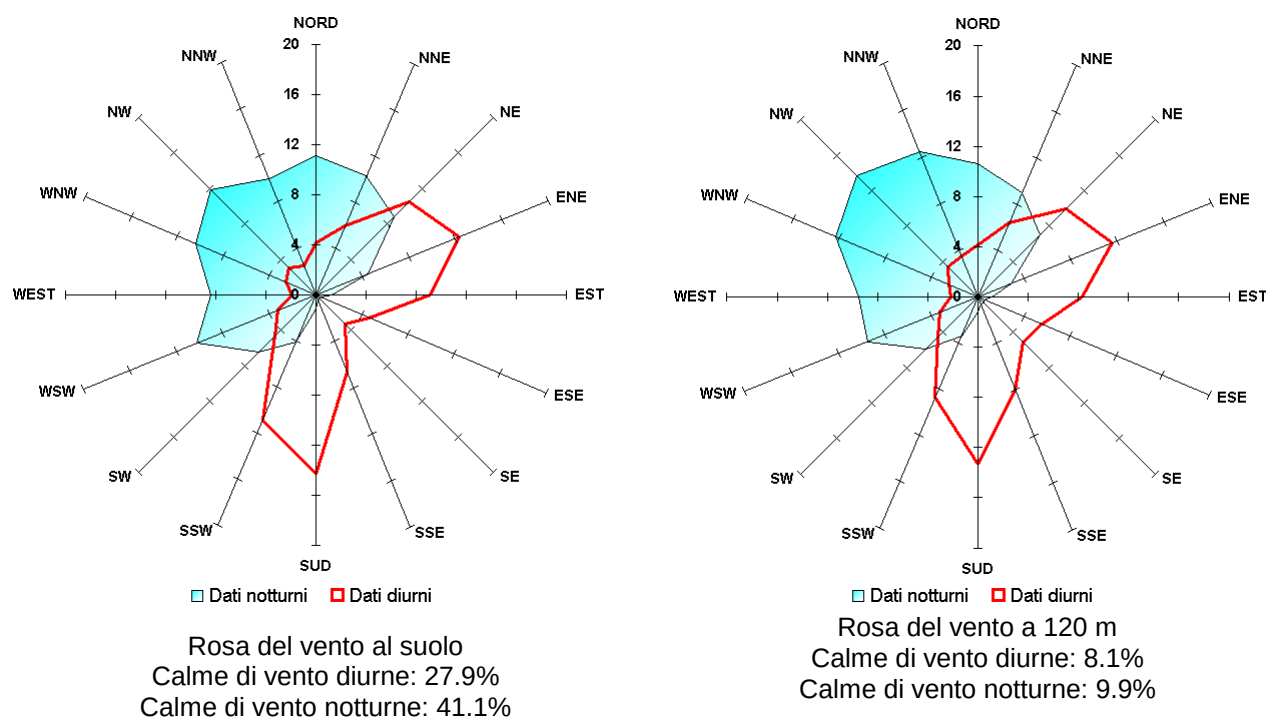


Figura 7.2. Confronto delle rose del vento, suddivise nei periodi diurno/notturno, calcolate in corrispondenza del camino del termovalorizzatore del Gerbido: a livello del suolo (10 m) e alla quota di emissione (120 m).

7.2 Valutazione della simulazione di bianco ambientale

I risultati della simulazione modellistica relativa al bianco ambientale sono stati confrontati con le misure acquisite presso la Rete Regionale di Monitoraggio della Qualità dell'Aria (S.R.R.Q.A.) secondo quanto previsto dalla normativa attualmente vigente in materia di qualità dell'aria (D. M. 60 del 2 Aprile 2002 e D. Lgs. 21 maggio 2004 n. 183). Tale legislazione infatti, oltre a definire i limiti previsti per i diversi inquinanti in atmosfera,

individua i criteri secondo i quali devono essere valutati i risultati delle simulazioni condotte ai fini della valutazione della qualità dell'aria.

In particolare viene definita l'incertezza sui risultati, come il massimo scarto tra il livello di concentrazione misurato e calcolato, sul periodo definito dal valore limite, senza tenere in considerazione la successione degli eventi. Nella Tabella 7.1 sono riportati gli obiettivi di qualità per gli inquinanti e i corrispondenti indicatori con l'indicazione della norma di riferimento.

	D.M. 2 aprile 2002 n. 60				D.Lgs. 21 maggio 2004 n. 183
	SO ₂ , NO ₂ , NO _x	PM ₁₀	benzene	CO	O ₃
Media oraria	50 - 60 %	--	--	--	--
Media giornaliera	--	(*)	--	--	--
Media sulle 8 ore	--	--	--	50%	--
Media annuale	30%	50%	50%	--	--
Media oraria (diurna)	--	--	--	--	50%
Massimo giornaliero su 8 ore	--	--	--	--	50%

(*) da stabilire con successivo decreto in base alla futura normativa comunitaria

Tabella 7.1. Obiettivi di qualità sui risultati della modellizzazione definiti dalla normativa vigente in tema di qualità dell'aria

Il confronto delle concentrazioni simulate è stato effettuato con i valori misurati limitatamente alle stazioni di qualità dell'aria - interne al dominio di calcolo – per le quali era disponibile almeno il 90% di dati validi nell'anno 2005.

	<i>Media annuale</i>	<i>Media giornaliera</i>	<i>Media oraria</i>	<i>Media massima giornaliera su 8 ore</i>	<i>Media massima giornaliera</i>
NO _x	X	X	X	--	X
NO ₂	X	X	X	--	--
O ₃	X	X	X	X	X
PM ₁₀	X	X	X	--	--
CO	X	--	X	X	--
C ₆ H ₆	X	--	--	--	--
SO ₂	X	X	X	--	X

Tabella 7.2. Elenco degli indicatori utilizzati per il confronto simulato/osservato

Per poter ottenere un quadro di verifica più esaustivo sulle prestazioni della modellistica utilizzata, il confronto simulato/osservato è stato effettuato sugli indicatori riportati in tabella 7.2, che risultano in numero superiore a quelli previsti dalla normativa. Nel caso di indicatori per i quali la normativa non prevede un limite e, conseguentemente, un obiettivo

di qualità (ad esempio la media annuale dell'ozono), è stato adottato un valore obiettivo pari al 50%.

Le prestazioni della catena modellistica in relazione agli obiettivi di qualità vengono sinteticamente rappresentati attraverso diagrammi di dispersione (scatter plots) che descrivono – per ogni inquinante ed ogni indicatore - il confronto fra la concentrazione simulata (in ordinata) e quella osservata (in ascissa); le linee oblique tratteggiate in rosso rappresentano l'intervallo di valori all'interno del quale la valutazione modellistica soddisfa gli obiettivi di qualità richiesti dalla normativa. Le linee parallele agli assi rappresentano il limite previsto dalla legislazione per l'inquinante e l'indicatore considerato.

E' necessario tenere presente che i criteri sui quali si basa la valutazione complessiva devono tenere conto sia della rappresentatività spaziale della stazione di misura rispetto alla risoluzione modellistica adottata, sia della tipologia di inquinante considerato.

Di seguito sono riportati, per i diversi inquinanti, i diagrammi di dispersione) più significativi.

7.2.1 Biossido di azoto

La media annuale del biossido di azoto è correttamente riprodotta nella maggioranza delle stazioni considerate (Figura 7.3). La sovrastima nella valutazione della stazione di Torino-Lingotto trova spiegazione nella posizione della cabina – collocata in un parco - e rappresentativa di concentrazioni di fondo urbano; dal punto di vista della simulazione, alla cella di calcolo corrispondente alla stazione è invece attribuito un uso del suolo urbano, con conseguente spazializzazione delle sorgenti emissive senza la possibilità di evidenziare il carattere di fondo della postazione. Una leggera sottostima riguarda invece la stazione di Settimo (classificata come di traffico urbano), a causa di caratteristiche sito-specifiche difficilmente riproducibili.

L'obiettivo di qualità per la media oraria viene generalmente rispettato nei diversi siti di monitoraggio, con conferma delle le criticità evidenziate nella valutazione delle stime medie annuali; in Figura 7.4 sono riportati alcuni esempi di stazioni con diversa caratterizzazione.

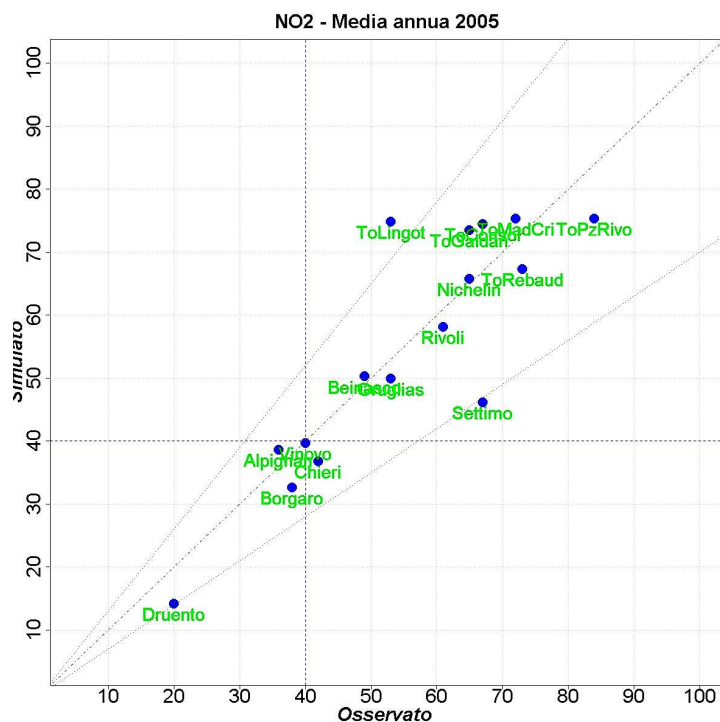
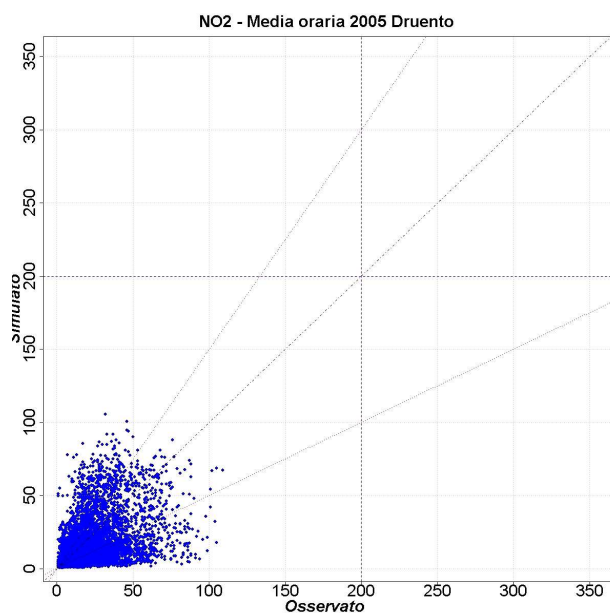
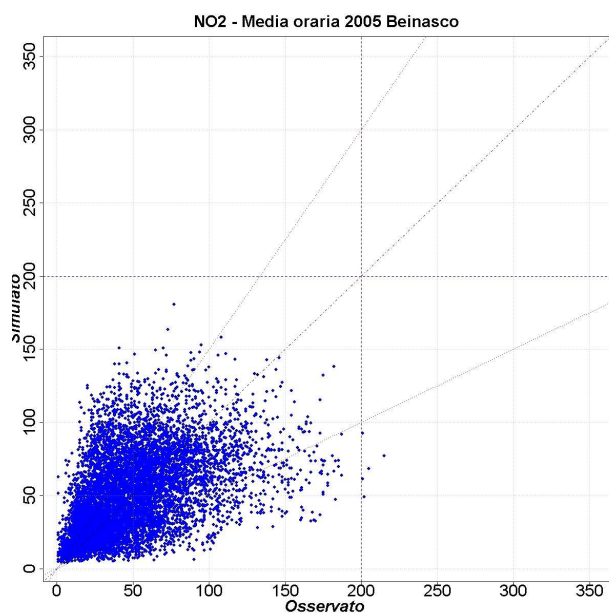


Figura 7.3. Biossido di azoto – media annuale: verifica rispetto dell’obiettivo di qualità secondo D.M. 60/2002



a)



b)

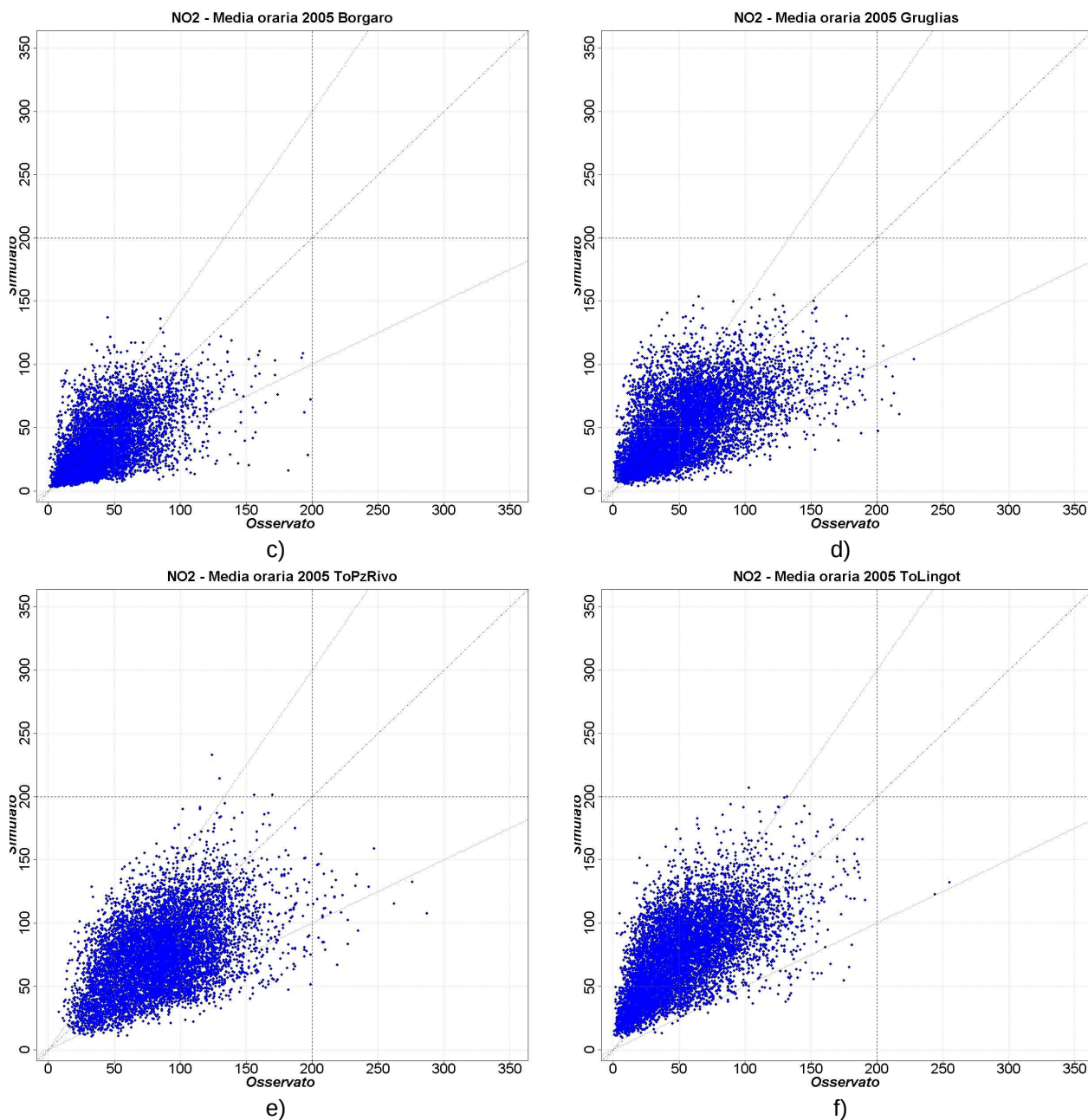


Figura 7.4. Biossido di azoto – media oraria. Stazioni di a) Druento (rurale fondo), b) Beinasco (urbana fondo), c) Borgaro (suburbana fondo), d) Grugliasco (urbana traffico), e) Torino-Pzza Rivoli (urbana traffico), f) Torino-Lingotto (urbana fondo): verifica rispetto dell’obiettivo di qualità secondo D.M. 60/2002

7.2.2 Ossidi di azoto

L’obiettivo di qualità per la media annuale è rispettato nella maggior parte delle stazioni di misura (Figura 7.5); fanno eccezione quelle che – come già evidenziato nel caso del biossido di azoto – presentano caratteristiche locali sito-specifiche che la catena

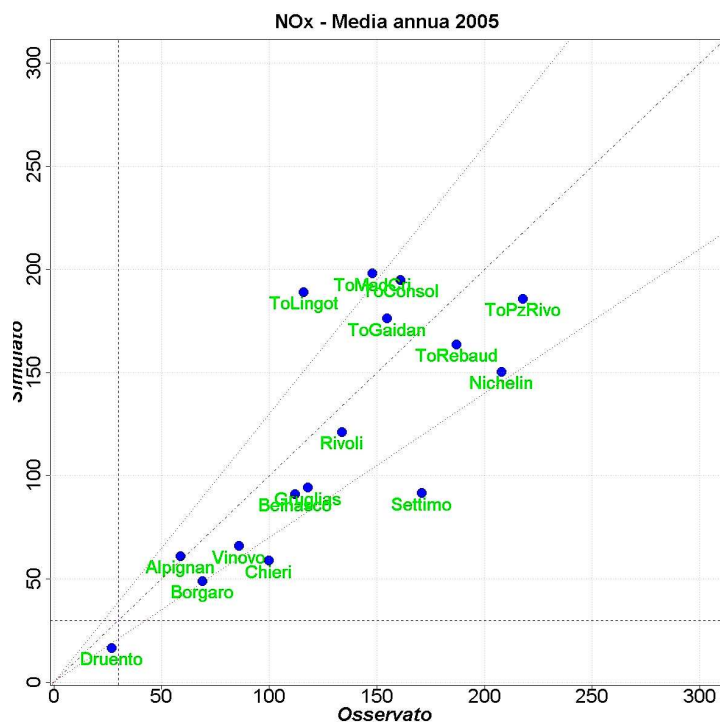


Figura 7.5. Ossidi di azoto – media annuale: verifica rispetto dell'obiettivo di qualità secondo D.M. 60/2002

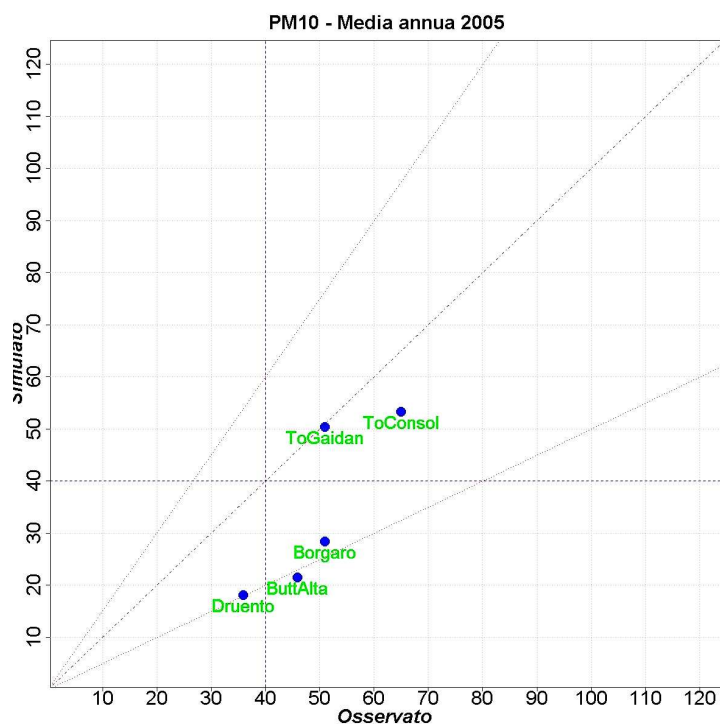


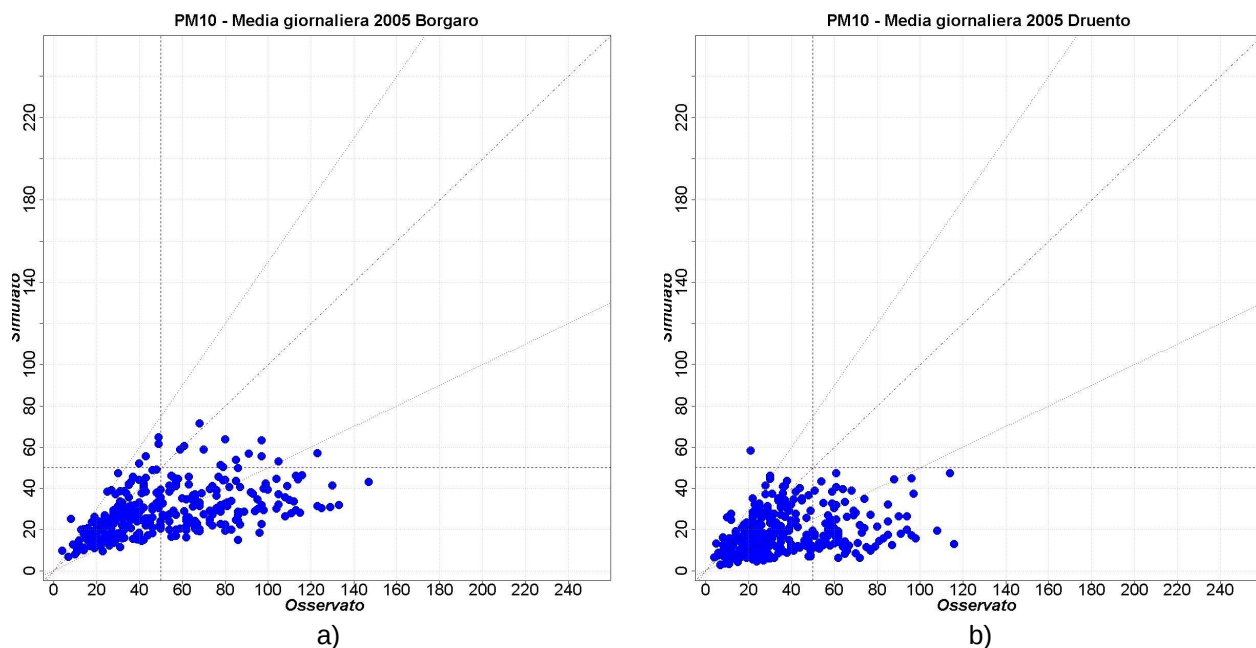
Figura 7.6. Particolato PM₁₀ – media annuale: verifica rispetto dell'obiettivo di qualità secondo D.M. 60/2002

modellistica non è in grado di riprodurre correttamente.

7.2.3 Particolato PM₁₀

L'obiettivo di qualità per la media annuale (Figura 7.6) viene generalmente rispettato, con prestazioni della catena modellistica buone nell'area torinese e una tendenza alla sottostima nelle rimanenti stazioni. Le differenze sono spiegabili con una insufficiente descrizione delle fonti emissive di PM₁₀ accompagnata da una non adeguata modellazione dei processi chimico-fisici che portano alla formazione del particolato secondario.

Analogamente si verifica una riproduzione soddisfacente delle medie giornaliere per le stazioni localizzate nella città di Torino, ed una sottostima – in particolare nei valori massimi – nelle stazioni esterne al capoluogo (Figura 7.7).



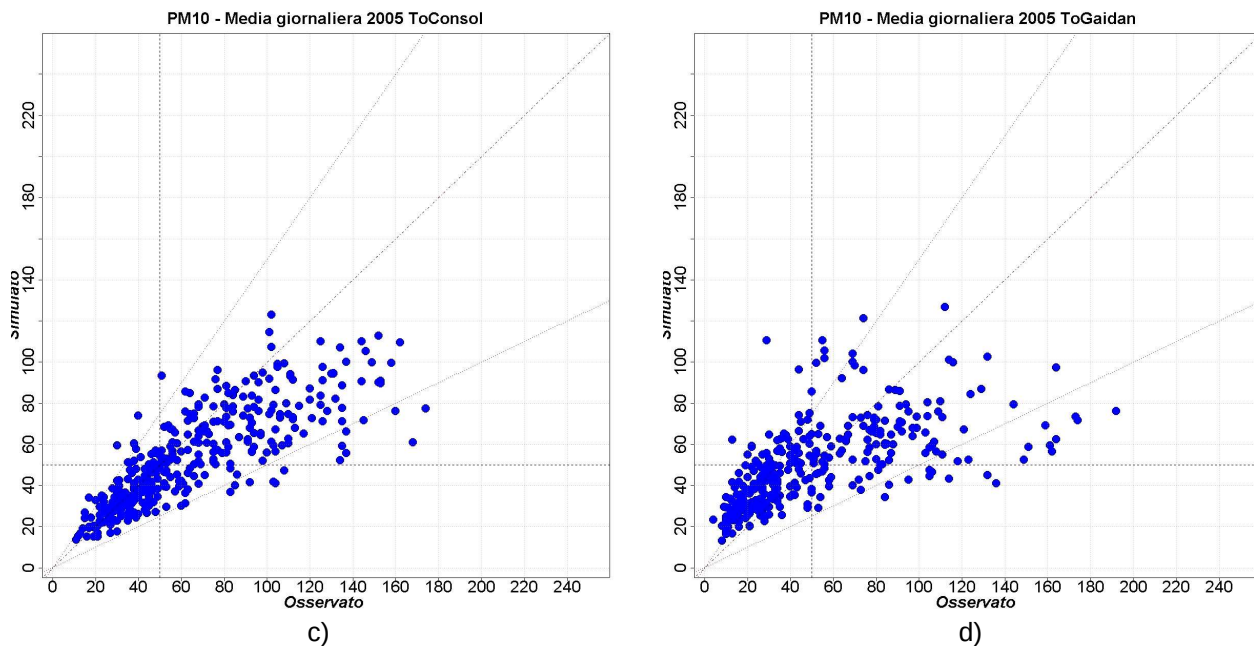
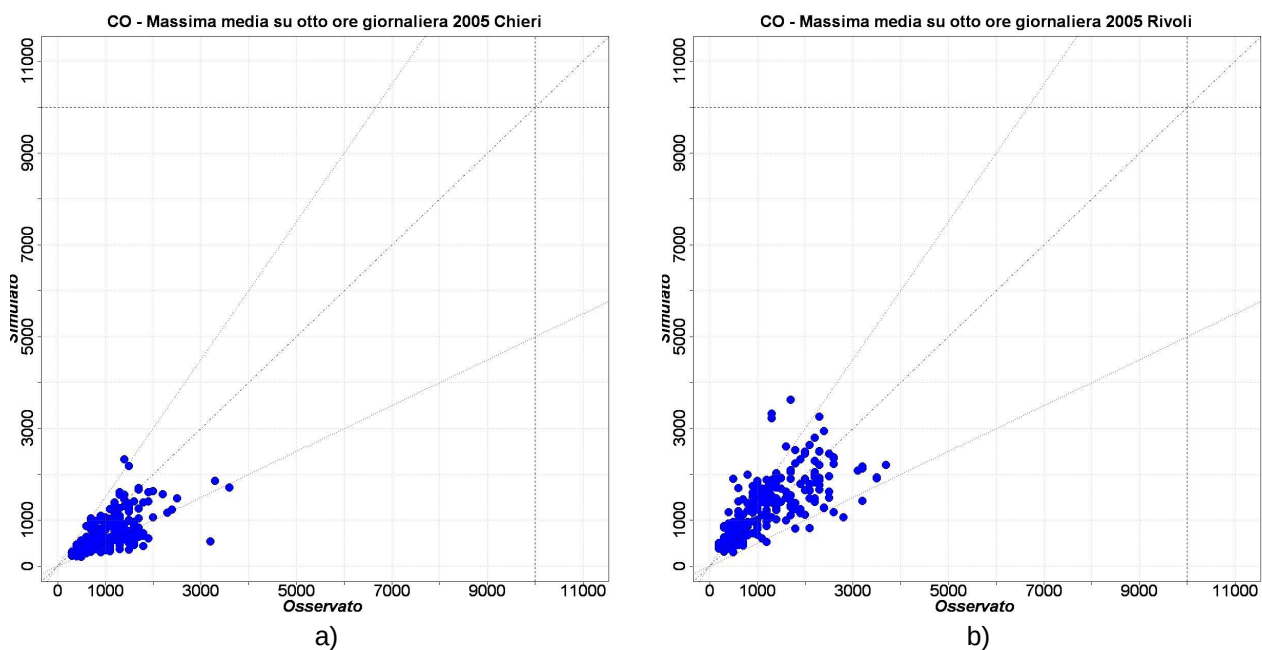


Figura 7.7. Particolato PM₁₀ – media giornaliera. Stazioni di: a) Borgaro (suburbana fondo), b) Druento (rurale fondo), c) Torino-Consolata (urbana traffico), d) Torino-Gaidano (urbana fondo): verifica rispetto dell’obiettivo di qualità secondo D.M. 60/2002

7.2.4 Monossido di carbonio

L’obiettivo di qualità per il massimo della media su 8 ore è in generale rispettato nel dominio di studio con un discreto accordo fra concentrazioni osservate e simulate; le differenze evidenziabili fra le varie stazioni (Figura 7.8) rispecchiano le caratteristiche dei siti considerati e la rappresentatività spaziale dell’inquinante in esame.



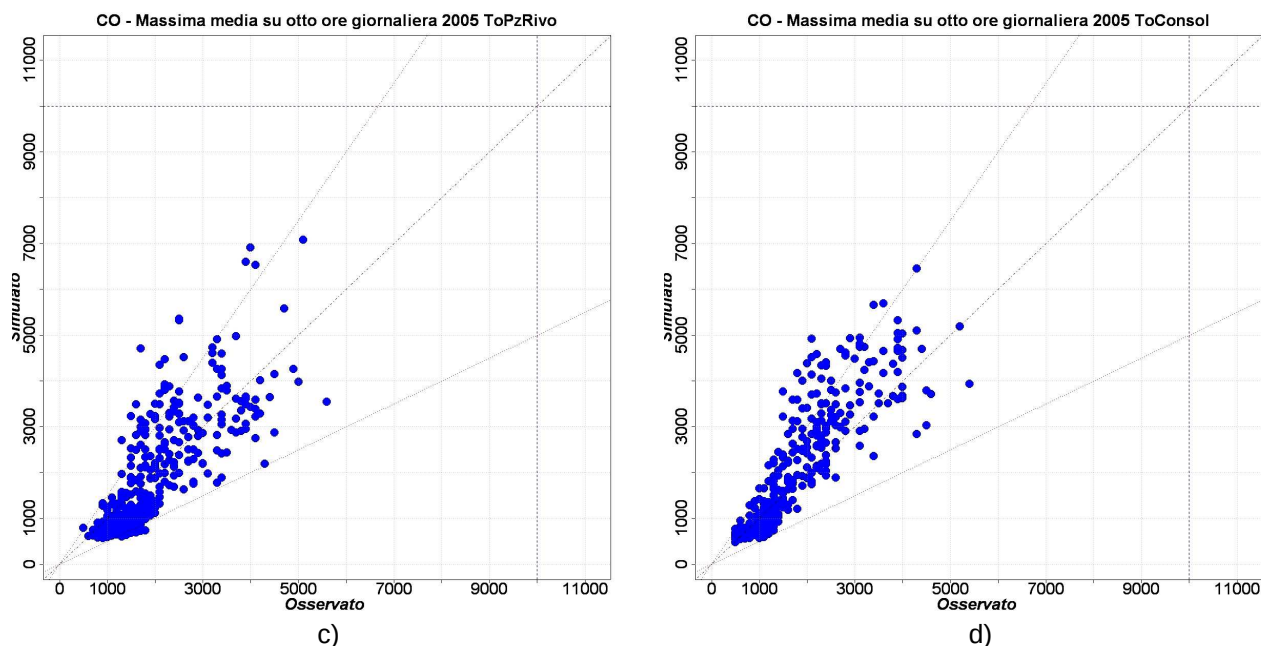


Figura 7.8. Monossido di carbonio – massima media su 8 ore giornaliera. Stazioni di: a)Chieri (suburbana traffico), b) Rivoli (urbana traffico), c) Torino-Pzza Rivoli urbana traffico), d) Torino-Consolata (urbana traffico): verifica rispetto dell'obiettivo di qualità secondo D.M. 60/2002

7.2.5 Benzene

Nell'unica stazione di monitoraggio interna al dominio per la quale siano disponibili misure in continuo di benzene (Torino-Consolata), la simulazione modellistica non rispetta l'obiettivo di qualità per la media annua, stimando un superamento del valore limite per la protezione della salute umana a fronte di una misura inferiore al limite stesso. L'assenza di ulteriori stazioni di confronto non permette di valutare le prestazioni della catena modellistica in altre aree del dominio; è comunque da ricordare che, a valle di simulazioni su base annuale effettuate sull'intera Regione, seppure ad una diversa risoluzione, si è verificata la capacità del sistema di riprodurre con buona approssimazione e rispettando gli obiettivi di qualità la maggior parte delle stazioni presenti nel territorio piemontese, esterne all'area torinese.

7.2.6 Biossido di zolfo

L'obiettivo di qualità per la modellizzazione della media annuale è rispettato solamente nella stazione di Grugliasco; le concentrazioni di Beinasco e – in misura maggiore - di Torino (Rebaudengo e Consolata) sono invece sovrastimate, pur rimanendo al di sotto dei limiti di legge.

Analoghe considerazioni valgono la stima delle concentrazioni medie giornaliere, comunque caratterizzate da valori ampiamente al di sotto dei limiti di legge.

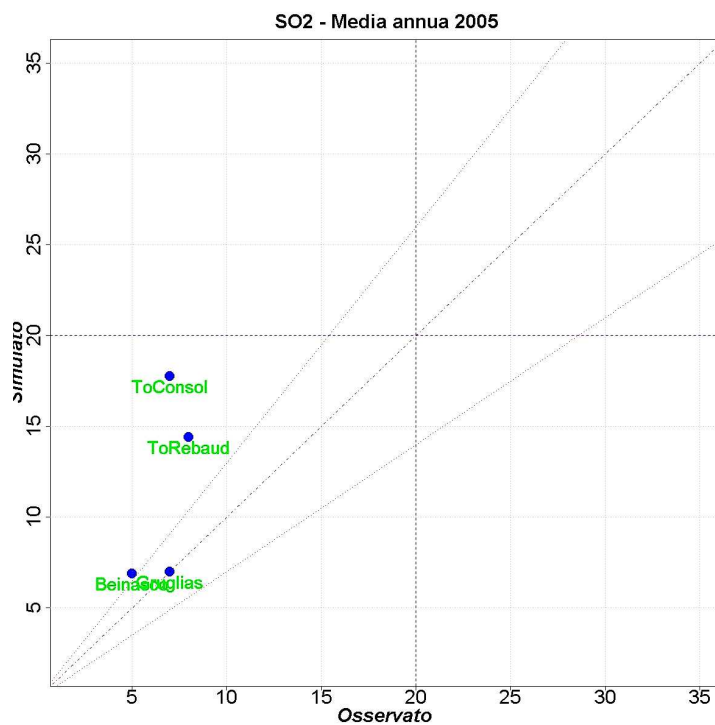
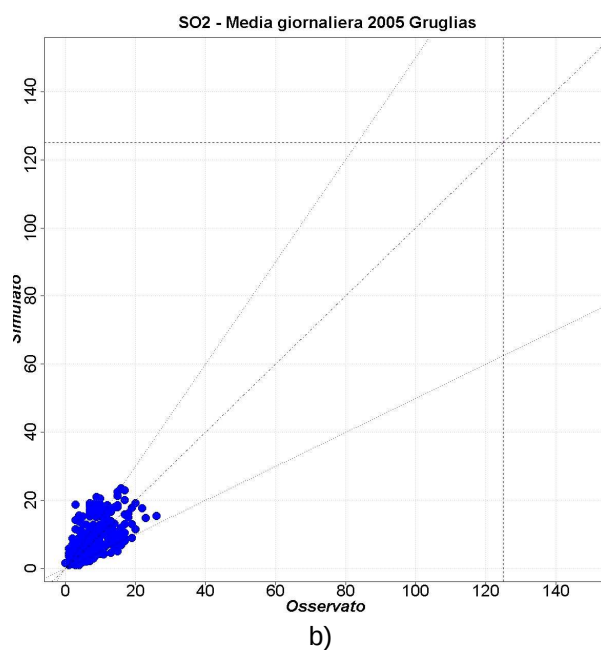
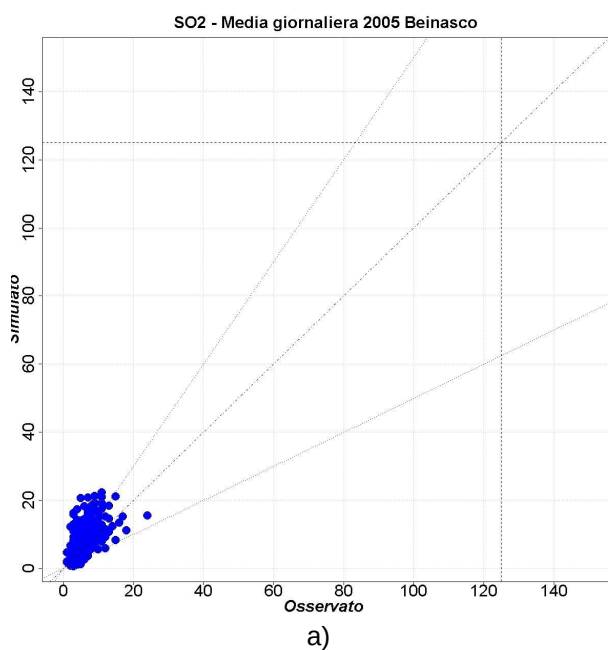


Figura 7.9. Biossido di zolfo – media annuale: verifica rispetto dell'obiettivo di qualità secondo D.M. 60/2002



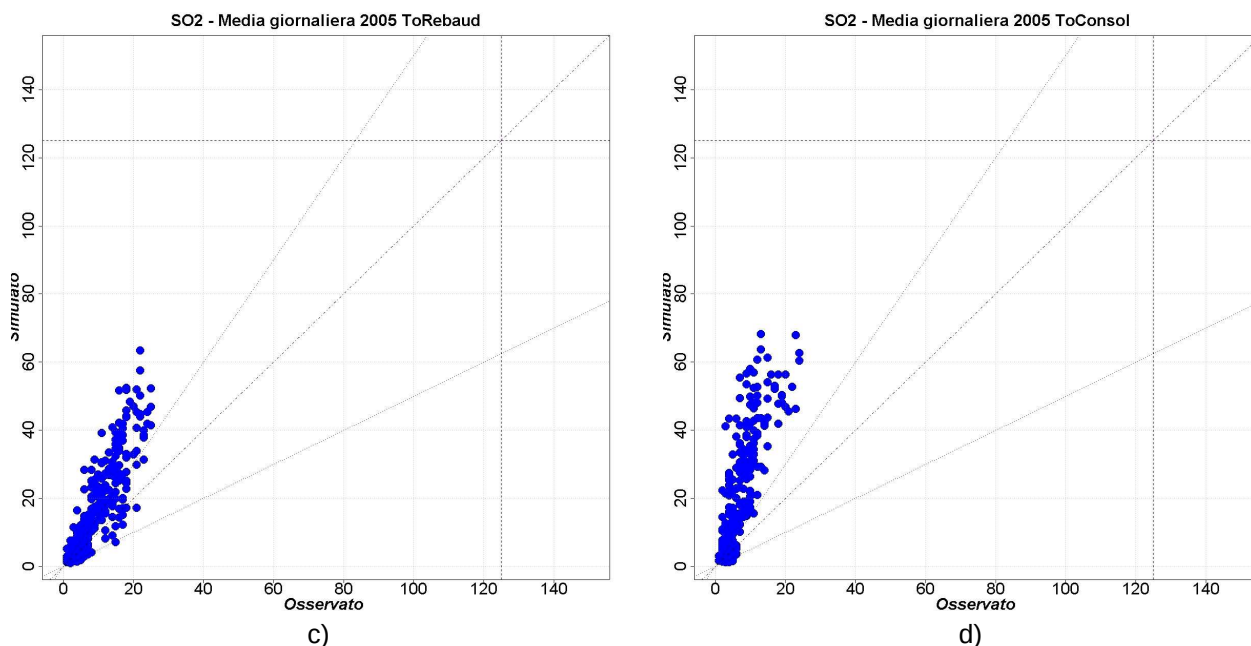


Figura 7.10. Biossido di zolfo – media giornaliera. Stazioni di: a) Beinasco (urbana fondo), b) Grugliasco (urbana traffico), c) Torino-Rebaudengo (urbana traffico), d) Torino-Consolata (urbana traffico): verifica rispetto dell'obiettivo di qualità secondo D.M. 60/2002

7.2.7 Ozono

La massima media su otto ore giornaliere stimata dalla catena modellistica in generale rispetta gli obiettivi di qualità previsti dalla normativa sull'ozono, con una tendenza alla sovrastima dei valori minimi per le stazioni in pianura, pur rimanendo al di sotto del valore definito per l'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (Figura 7.11). Si nota a Torino-Lingotto una sottostima di alcuni superamenti, attribuibile ad un eccesso di ossidi di azoto stimati presso la stazione stessa. Fra le altre si cita la stazione di Pino Torinese che - grazie al posizionamento in area collinare - presenta caratteristiche più tipiche di una stazione di quota; qui si rilevano concentrazioni di fondo di ozono superiori a quelle riscontrate nelle aree pianeggianti, che il modello riproduce seppur con lieve sottostima.

Qualche difficoltà in più si riscontra nella corretta riproduzione delle concentrazioni orarie diurne, con una distribuzione delle concentrazioni meno corretta, soprattutto in corrispondenza di basse concentrazioni.

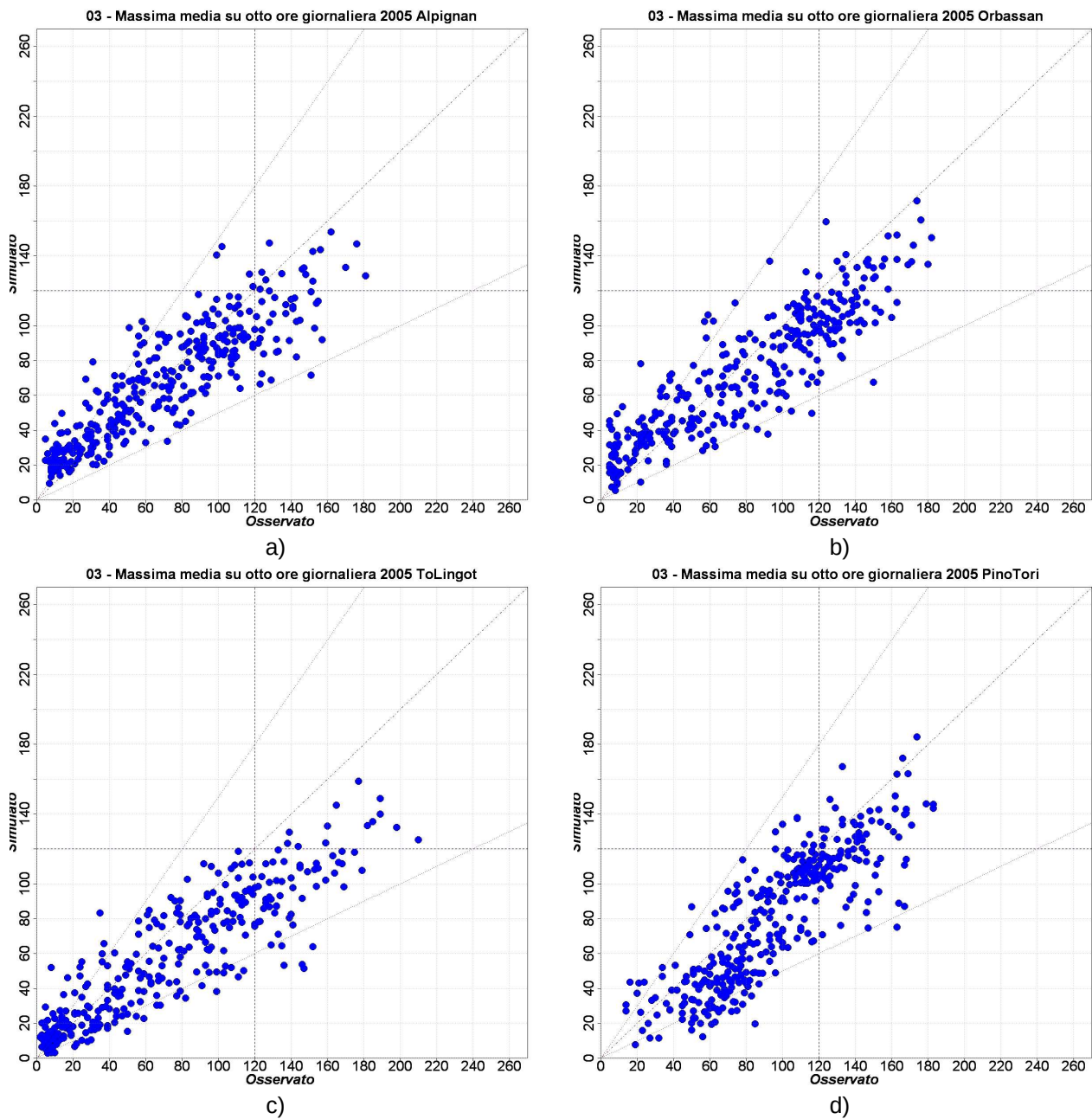


Figura 7.11. Ozono – massima media su 8 ore giornaliera. Stazioni di: a) Alpignano (urbana fondo), b) Orbassano (suburbana fondo), c) Torino-Lingotto (urbana fondo), d) Pino Torinese (rurale fondo): verifica rispetto dell'obiettivo di qualità secondo D. Lgs 183/2004

8 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI DI DISPERSIONE

8.1 Simulazione di bianco ambientale

I risultati delle simulazioni modellistiche sono solitamente espressi come campi di concentrazione ovvero una rappresentazione grafica della distribuzione nello spazio del livello di un determinato inquinante in atmosfera riferito ad un certo intervallo temporale.

Al termine delle elaborazioni modellistiche i campi simulati sono stati sottoposti ad opportune procedure di calcolo che - a partire dai valori di concentrazione media oraria al suolo, eventualmente aggregati su intervalli temporali più estesi – permettono la valutazione degli indicatori di legge per ogni cella del dominio di calcolo. Sono quindi state create le mappe di concentrazione relative ai diversi indicatori, sfruttando le proprietà GIS del software ArcView; in modo analogo sono state prodotte le mappe raffiguranti il numero dei superamenti di specifici valori soglia definiti dalla legislazione vigente.

		<i>PM₁₀</i>	<i>NO₂</i>	<i>NO_x</i>	<i>SO₂</i>	<i>CO</i>	<i>Benzene</i>	<i>O₃</i>
<i>Media annuale</i>	<i>Valore limite</i>	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Superamenti</i>	X	X	X	X	--	X	--
	<i>Valore limite + MOT</i>	--	X	--	--	--	X	--
	<i>SVI</i>	X	X	X	X	--	X	--
	<i>SVS</i>	X	X	X	X		X	--
<i>Media giornaliera</i>	<i>Valore limite</i>	--	--	--	--	--	--	--
	<i>Superamenti</i>	X	--	--	X	--	--	--
	<i>SVI</i>	X	--	--	X	--	--	--
	<i>SVS</i>	X	--	--	X	--	--	--
<i>Massimo giornaliero su 8 ore</i>	<i>Valore limite</i>	--	--	--	--	--	--	(1)
	<i>Superamenti</i>					X		X
	<i>Valore limite + MOT</i>					X		
	<i>SVI</i>					X		
<i>Media oraria</i>	<i>Valore limite</i>	--	--	--	--	--	--	(2)
	<i>Superamenti</i>		X		X			X
	<i>Valore limite + MOT</i>		X					
	<i>SVI</i>		X					
	<i>SVS</i>		X					

(1) Protezione salute umana

(2) Soglia informazione e soglia allarme

Tabella 8.1. Elenco degli indicatori per i quali sono state prodotte le mappe di concentrazione relative al bianco ambientale; in rosso quelli non previsti dalla normativa

Oltre agli indicatori previsti dalla normativa sulla qualità dell'aria si è provveduto ad elaborare anche quelli ritenuti utili a completare la descrizione i livelli di inquinamento

nell'area; nella Tabella 8.1 è riportato l'elenco degli indicatori per i quali sono state preparate le mappe.

Le carte tematiche prodotte per la descrizione del bianco ambientale nell'area circostante il termovalorizzatore del Gerbido sono inserite nell'Allegato 1; nel caso di assenza di superamenti del valore limite previsto per un dato inquinante, non è stata fornita l'immagine corrispondente alla rappresentazione cartografica.

Le scale cromatiche adottate nelle legende utilizzano convenzionalmente tonalità di colore verde nelle aree di rispetto dei limiti, di colore dal giallo al rosso scuro nelle aree di superamento del limite previsto dalla normativa; nelle cartografie che riportano le zone di superamento del valore limite, del valore limite aumentato del margine di tolleranza, della soglia di valutazione superiore e della soglia di valutazione inferiore di un certo indicatore calcolato su base annuale si sono utilizzati rispettivamente i colori rosso, viola, giallo e verde. Nelle carte tematiche relative ad indicatori non contemplati dalla normativa sono state utilizzate scale monocromatiche.

Al fine di agevolare l'interpretazione delle mappe, di seguito si riporta – per ogni inquinante – una tabella che riassume i valori limite previsti dalla normativa vigente ed un breve commento sui valori stimati con riferimento alle corrispondenti figure dell'Allegato 1.

8.1.1 Biossido di azoto NO₂

La distribuzione delle concentrazioni medie annuali di biossido di azoto (Figura 1) mostra superamenti del valore limite annuale per la protezione della salute umana (40 µg/m³) prevalentemente nell'area metropolitana, con un valore massimo a Torino in corrispondenza delle emissioni da sorgenti puntuali dell'area industriale di Mirafiori; le immagini evidenziano chiaramente la presenza delle principali vie di comunicazione che si dipartono dall'area maggiormente urbanizzata, alle quali corrispondono valori di concentrazione più elevati. Le Figure 2÷4 illustrano, in modo più schematico, le aree di superamento del valore limite annuale senza e con il margine di tolleranza e quelle nelle quali si ha superamento delle soglie di valutazione inferiore e superiore del valore limite annuale.

LIMITE	PERIODO DI RIFERIMENTO	INDICATORE STATISTICO	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE	MARGINE DI TOLLERANZA	SOGLIA DI VALUTAZIONE		
							superiore	Inferiore	superamenti concessi
Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	media	200 µg/m³	18 volte/anno civile	01-gen-10	100 µg/m³ (50%)	140 µg/m³	100 µg/m³	18 volte/anno civile
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	media	40 µg/m³	--	01-gen-10	20 µg/m³ (50%)	32 µg/m³	26 µg/m³	--
Soglia di allarme	3 ore consecutive	media oraria	400 µg/m³	--	--	--	--	--	--

Tabella 8.2. Limiti previsti dal D.M. 60/2002 per il biossido di azoto

La modellizzazione indica superamenti del valore limite orario – aumentato o no del margine di tolleranza - per la protezione della salute umana per un numero di ore che eccede quanto previsto dalla normativa limitatamente alle sole celle di calcolo che coincidono con l'area industriale di Mirafiori (Figure 5 e 6). A conferma del fatto che il problema è limitato ad un numero esiguo di celle, la cartografia di Figura 8 mostra che il superamento della soglia di valutazione superiore è limitato alla sola area torinese e ad alcuni centri della prima cintura.

L'analisi degli scatter plots relativi agli indicatori riguardanti il biossido di azoto, sebbene evidenzi una leggera tendenza alla sovrastima presso alcune delle stazioni di monitoraggio localizzate in Torino sugli indicatori di breve periodo, permette di ritenere i risultati relativi alla modellizzazione di questo inquinante generalmente buoni; per quanto riguarda invece la zona indicata come maggiormente critica – comunque piuttosto circoscritta dal punto di vista spaziale - la mancanza di stazioni di monitoraggio non permette una valutazione completa del dato.

8.1.2 Ossidi di azoto NO_x

La concentrazione media annuale degli ossidi di azoto (Figure 9 e 10), evidenzia una situazione di superamento del valore di riferimento indicato dalla normativa nella maggior parte del dominio di simulazione. E' da ricordare tuttavia, che il valore limite annuale per la protezione della vegetazione fa riferimento (secondo quanto previsto al punto 1.b dell'Allegato VIII del D.M. 2 aprile 2002, n. 60) a punti di campionamento ubicati a più di 20

km dagli agglomerati o a più di 5 km da aree edificate diverse dalle precedenti, o da impianti o autostrade. Nella valutazione dei risultati relativi agli ossidi di azoto è pertanto necessario considerare sia le condizioni di urbanizzazione dell'area coincidente con il dominio di calcolo sia la distribuzione spaziale delle celle nelle quali si verifica superamento del valore limite annuale per la protezione della vegetazione.

La Figura 11 riporta la distribuzione dei superamenti della soglia di valutazione superiore ed inferiore per gli ossidi di azoto.

LIMITE	PERIODO DI RIFERIMENTO	INDICATORE STATISTICO	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE	MARGINE DI TOLLERANZA	SOGLIA DI VALUTAZIONE		
							superiore	inferiore	superamenti concessi
Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	anno civile	media	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	--	19-lug-01	--	24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	19.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	--

Tabella 8.3. Limiti previsti dal D.M. 60/2002 per gli ossidi di azoto

8.1.3 Particolato PM₁₀

Le concentrazioni medie annuali del particolato PM₁₀ (Figure 12 e 13) evidenziano superamenti del valore limite annuale per la protezione della salute umana prevalentemente nell'area torinese, con un massimo localizzato nell'area industriale di Mirafiori ove sono presenti sorgenti puntuali che contribuiscono alle emissioni di particolato.

LIMITE	PERIODO DI RIFERIMENTO	INDICATORE STATISTICO	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE	MARGINE DI TOLLERANZA	SOGLIA DI VALUTAZIONE		
							superiore	inferiore	superamenti concessi
Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	media	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	35 volte/anno civile	01-gen-05	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (50%)	--	--	--
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	media	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	--	01-gen-05	8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (50%)	--	--	--

a)

LIMITE ⁽¹⁾	PERIODO DI RIFERIMENTO	INDICATORE STATISTICO	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE	MARGINE DI TOLLERANZA	SOGLIA DI VALUTAZIONE		
							superiore	inferiore	superamenti concessi
Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	media	50 µg/m³	7 volte/anno civile	01-gen-10	in base ai dati	30 µg/m³	20 µg/m³	7 volte/anno civile
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	media	20 µg/m³	--	01-gen-10	10 µg/m³ (50%)	14 µg/m³	10 µg/m³	--

⁽¹⁾ Valori limite indicativi da rivedere con successivo decreto sulla base della futura normativa comunitaria

b)

Tabella 8.4. Limiti previsti dal D.M. 60/2002 per il particolato PM₁₀: a) nella fase 1, b) nella fase 2

La Figura 14 descrive l'area di superamento della soglia di valutazione superiore (14 µg/m³) prevista dalla fase 2 della normativa per il valore limite annuale per la protezione della salute; non è stata riportata la cartografia relativa al superamento della corrispondente soglia di valutazione inferiore (10 µg/m³) in quanto tutto il dominio di calcolo presenta concentrazioni superiori a tale limite.

La cartografia relativa ai superamenti del valore limite giornaliero per la protezione della salute umana (Figura 15) evidenzia un numero di accadimenti significativamente superiore a quanto previsto dalla normativa nell'area torinese e in alcune zone del dominio di calcolo; fra queste emergono i territori comunali di Frossasco e di Rivalta di Torino, ove sono localizzate – secondo quanto presente nell'Inventario Regionale delle Emissioni utilizzato nelle simulazioni - significative emissioni di particolato presso alcune sorgenti identificate come puntuali. E' da precisare che l'aggiornamento dell'Inventario Regionale delle Emissioni effettuato annualmente dalla SC05 di Arpa riguarda solamente le sorgenti definite come puntuali nell'inventario stesso (ovvero entità produttive di una certa rilevanza), limitandosi alla verifica dell'introduzione o la dismissione degli stabilimenti industriali - o di linee produttive – e non ne considera pertanto le eventuali variazioni dell'assetto emissivo. Nel caso del valore limite giornaliero, la sottostima evidenziata nell'analisi degli scatter plot in corrispondenza delle aree esterne alla città di Torino fa ipotizzare – al di là dell'influenza delle sorgenti puntuali di cui sopra - una situazione di criticità superiore a quanto rappresentato dalla simulazione modellistica.

Il numero di superamenti della soglia di valutazione superiore ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) del limite giornaliero per la protezione della salute umana, secondo quanto previsto dalla fase 2 della normativa, è riportato in Figura 16.

8.1.4 Monossido di carbonio CO

La distribuzione delle concentrazioni medie annuali del monossido di carbonio è illustrata in Figura 17. All'interno del dominio di calcolo non si sono verificati, nell'anno di simulazione, superamenti del valore limite per la protezione della salute umana; pertanto l'unica cartografia presente in Allegato 1 in relazione ai limiti previsti dalla normativa vigente è quella riportante il numero di superamenti della soglia di valutazione inferiore. (Figura 18).

LIMITE	PERIODO DI RIFERIMENTO	INDICATORE STATISTICO	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE	MARGINE DI TOLLERANZA	SOGLIA DI VALUTAZIONE		
							superiore	inferiore	superamenti concessi
Valore limite per la protezione della salute umana	8 ore	media mobile	$10 \text{ mg}/\text{m}^3$	--	01-gen-05	$6 \text{ mg}/\text{m}^3$ (50%)	$7 \text{ mg}/\text{m}^3$	$5 \text{ mg}/\text{m}^3$	--

Tabella 8.5. Limiti previsti dal D.M. 60/2002 per il monossido di carbonio

8.1.5 Benzene C_6H_6

A seguito della valutazione del confronto osservato/simulato sulla media annuale della stazione di Torino-Consolata, non è possibile effettuare considerazioni riguardanti la stima delle medie annuali di benzene. Le cartografie riportate in Figura 19 e 20 mostrano un'ampia area di superamento del valore limite annuale per la protezione della salute umana, che – in base alle informazioni disponibili – potrebbero essere sovrastimate. D'altro canto i risultati di simulazioni condotte a diversa scala sul dominio regionale mostrano che il sistema modellistico riproduce correttamente le concentrazioni medie annuali di benzene in gran parte delle rimanenti stazioni della Rete di Rilevamento Regionale della Qualità dell'Aria, facendo ipotizzare – sull'area torinese – la necessità di un approfondimento riguardante le stime del carico emissivo di NMVOC (Idrocarburi Volatili Non Metanici).

LIMITE	PERIODO DI RIFERIMENTO	INDICATORE STATISTICO	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE	MARGINE DI TOLLERANZA	SOGLIA DI VALUTAZIONE		
							superiore	inferiore	superamenti concessi
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	media	5 µg/m³	--	01-gen-10	5 µg/m³ (100%)	3.5 µg/m³	2 µg/m³	--

Tabella 8.6. Limiti previsti dal D.M. 60/2002 per il benzene

8.1.6 Biossido di zolfo SO₂

La mappa delle concentrazioni medie annuali (Figura 23) per il biossido di zolfo evidenzia il rispetto dei limiti imposti dalla normativa in tutto il dominio fatta eccezione per un'unica cella di calcolo interna al territorio comunale di Torino - localizzata in corrispondenza di una sorgente puntuale - dove, comunque, il superamento è molto contenuto. Trattandosi del valore limite per la protezione degli ecosistemi, come nel caso degli ossidi di azoto, la normativa indica le caratteristiche dei punti di monitoraggio per i quali il limite può essere applicato (punto 1.b dell'Allegato VIII del D.M. 2 aprile 2002, n. 60); è immediato che la cella dove il sistema modellistico individua un superamento non rispetta i criteri di applicabilità previsti dalla legislazione.

A conferma dei livelli di concentrazione ampiamente al di sotto dei livelli previsti dalla normativa è il fatto che non vengano riscontrati nella simulazione superamenti del valore limite giornaliero per la protezione della salute umana. Nelle Figure 25 e 26 vengono riportati quindi il numero di superamenti rispettivamente della soglia di valutazione inferiore e superiore per il valore limite giornaliero per la protezione della salute umana. Per quanto riguarda invece le concentrazioni medie orarie si riscontra (Figura 27) un unico superamento del valore di 350 µg/m³ che, comunque, non comporta il superamento del valore limite orario per la protezione della salute umana.

8.1.7 Ozono O₃

La mappa delle concentrazioni medie annuali di ozono nel dominio di calcolo è illustrata in Figura 28.

LIMITE	PERIODO DI RIFERIMENTO	INDICATORE STATISTICO	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE	MARGINE DI TOLLERANZA	SOGLIA DI VALUTAZIONE		
							superiore	inferiore	superamenti concessi
Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	media	350 µg/m³	24 volte/anno civile	01-gen-05	150 µg/m³ (43%)	--	--	--
Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	media	125 µg/m³	3 volte/anno civile	01-gen-05	--	75 µg/m³	50 µg/m³	3 volte/anno civile
Valore limite per la protezione degli ecosistemi	anno civile	media	20 µg/m³	--	19-lug-01	--	--	--	--
	inverno (1 ott + 31 mar)	media					12 µg/m³	8 µg/m³	--
Soglia di allarme	3 ore consecutive	media oraria	500 µg/m³	--	--	--	--	--	--

Tabella 8.7. Limiti previsti dal D.M. 60/2002 per il biossido di zolfo

La distribuzione del numero di superamenti del valore bersaglio per la protezione della salute umana è riportata in Figura 29, nella quale appaiono evidenti sia le aree caratterizzate da concentrazioni più elevate di ozono - localizzate all'esterno delle zone di intensa urbanizzazione – sia le principali arterie stradali, dove la presenza di monossido di azoto in concentrazione più elevata agisce da limitante alla crescita dei livelli di O₃.

Il maggior numero di superamenti della soglia di informazione (Figura 30) e la quasi totalità di superamenti della soglia di allarme (Figura 31) sono confinati nelle aree meno urbanizzate ed in particolare nell'area montuosa presente nelle zone nord e nord-ovest del dominio di calcolo; il fenomeno è spiegabile con l'assenza di significative sorgenti di ossido di azoto in grado di rimuovere l'ozono e, contemporaneamente, il possibile accumulo dei precursori della formazione di questo inquinante di origine fotochimica.

LIMITE	PERIODO DI RIFERIMENTO	INDICATORE STATISTICO	VALORE DI RIFERIMENTO	MODALITA' PER IL RISPETTO DEL LIMITE	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE
Valore bersaglio per la protezione della salute umana	8 ore	massima media mobile su 8 ore giornaliera	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	da non superare più di 25 giorni per anno civile (media di 3 anni)	2010
Valore bersaglio per la protezione della vegetazione	da Maggio a Luglio	AOT40 calcolato sulla base di valori orari diurni	18000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$	media degli ultimi 5 anni	2010
Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	8 ore	massima media mobile giornaliera	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	--	--
Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione	da Maggio a Luglio	AOT40 calcolato sulla base di valori orari diurni	6000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$	--	--
Protezione delle foreste	da Aprile a Settembre	AOT40 calcolato sulla base di valori orari diurni	20000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$	--	--
Soglia di allarme	3 ore consecutive	media oraria	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	--	--
Soglia di informazione	1 ora	media oraria	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	--	--

Tabella 8.8. Limiti previsti dal D.Lgs 183/2004 per l'ozono

8.2 Contributo del termovalorizzatore del Gerbido: stima degli inquinanti previsti dalla normativa sulla qualità dell'aria

La seconda simulazione di dispersione è stata condotta ipotizzando lo scenario post-operam nel quale ai contributi di tutte le sorgenti presenti nell'Inventario Regionale delle Emissioni ed impiegate nella descrizione dello stato all'anno 2005 è stata aggiunta l'emissione del termovalorizzatore. Quest'ultimo è stato considerato nella configurazione emissiva più cautelativa ai fini della valutazione delle ricadute al suolo, ovvero quella individuata nell'Autorizzazione Integrata Ambientale concessa dalla Provincia di Torino e coincidente con quanto previsto dal D. Lgs. 133/2005.

Ai campi di concentrazione orari risultanti da questo scenario - elaborati opportunamente - sono stati quindi sottratti i corrispondenti campi che descrivono il bianco ambientale, ottenendo le matrici che rappresentano il contributo del termovalorizzatore. In tal modo è stato possibile determinare le concentrazioni al suolo degli inquinanti direttamente o indirettamente originati dal processo di incenerimento tenendo conto dei processi non lineari che accompagnano le reazioni chimiche in atmosfera. Applicando opportune procedure di calcolo si sono successivamente ricavati gli indicatori statistici le cui mappe – generate con l'applicativo GIS ArcView - sono state riportate in Allegato 2.

Gli inquinanti modellizzati sono pertanto quelli presenti all'interno dello schema chimico SAPRC90 utilizzato dal modello di dispersione FARM, già stimati nella simulazione di bianco ambientale e coincidenti con le sostanze previste dalla normativa sulla qualità dell'aria (D. M. 60/2002 e D. Lgs. 183/2004).

Le elaborazioni statistiche operate – in funzione dell'inquinante - sui risultati della simulazione sono rappresentate da:

- medie annuali;
- percentili delle medie orarie, che permettono di descrivere la distribuzione degli eventi estremi attraverso il superamento di una certa soglia;
- massimi degli indicatori di breve periodo (medie orarie, medie sulle 8 ore, medie giornaliere);
- numero di superamenti di un valore soglia;
- valore cumulato (per le deposizioni al suolo).

Di seguito viene analizzata la cartografia prodotta dall'elaborazione dei risultati della simulazione, illustrando eventuali analogie e differenze rispetto ai risultati prodotti da TRM nello Studio di Impatto Ambientale.

A tal proposito è opportuno ricordare come, oltre ai codici di calcolo impiegati, anche la metodologia modellistica e i dati di input utilizzati nei due studi non coincidano; in particolare le principali differenze delle quali tenere conto nella valutazione dei risultati sono le seguenti:

- anno meteorologico di riferimento;
- ricostruzione dei campi meteorologici sul dominio di simulazione delle concentrazioni realizzata secondo criteri differenti nella scelta dei dati di input;
- diversa tipologia dei modelli di trasporto e dispersione degli inquinanti adottati nelle due catene (euleriano a griglia nel caso di FARM e a puff gaussiani nello studio presentato da TRM);
- trattazione della chimica dell'atmosfera, nel caso della simulazione prodotta da Arpa, che rende non lineari le concentrazioni calcolate in immissione rispetto alle emissioni a camino e che permette la stima delle concentrazioni sia degli inquinanti primari sia dei secondari.

Per agevolare il confronto fra le mappe relative a questa simulazione e quelle prodotte da TRM, alcune rappresentazioni cartografiche sono presentate in doppio, utilizzando anche la scala di riferimento adottata dalla SC06 di Arpa nella rielaborazione delle mappe del proponente finalizzata all'individuazione dei punti di massima ricaduta.

8.2.1 Ossidi di azoto (NO_2 , NO_x)

La mappa delle concentrazioni medie annuali di biossido di azoto (Figura 1) evidenzia una concentrazione massima al suolo pari a $1.28 \mu\text{g}/\text{m}^3$, localizzata nelle immediate vicinanze dell'impianto di termovalorizzazione.

La mappa successiva (Figura 2) mostra il 99.8° perc entile delle medie orarie; il massimo ottenuto in questo caso è pari a $37.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ovvero il valore che – in quella cella e nell'anno di simulazione – il modello calcola sia superato al più per 18 ore (su un totale di 8760); tale riferimento deriva dalla richiesta della normativa vigente (D. M. 60/2002) secondo la quale il limite orario per la protezione della salute umana non deve essere superato per più di 18 volte all'anno.

Per completezza di informazione in relazione agli eventi estremi, in Figura 3 sono riportati i massimi delle medie orarie, ovvero la concentrazione più elevata calcolata per ogni cella sull'intero anno; tale informazione descrive, per ogni cella, la condizione meteorologica e/o dispersiva peggiore di tutto l'anno. Il massimo assoluto nel dominio è pari a $104.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di

NO₂. Infine sono state prodotte due cartografie tematiche che illustrano il numero di ore nelle quali si verifica il superamento rispettivamente di 50 e 100 µg/m³ (Figure 4 e 5); in particolare quest'ultima elaborazione conferma che valori superiori a 100 µg/m³ sono stati calcolati in due celle del dominio solamente per un'ora all'anno.

Per un confronto con i risultati prodotti da TRM nello Studio di Impatto è necessario fare riferimento agli ossidi di azoto (NO_x espressi come NO₂); le concentrazioni medie annuali sono riportate nelle Figure 6 e 7, con un valore massimo pari a 2.26 µg/m³, a fronte di un valore massimo stimato dal proponente pari a 3.71 µg/m³.

Il 99.8° percentile delle concentrazioni di NO_x (Figure 8 e 9) corrisponde a 58.51 µg/m³, mentre nella simulazione del proponente il valore è pari a 92.07 µg/m³. La successiva mappa (Figura 10) rappresenta il massimo delle medie orarie nell'anno di simulazione; il contributo massimo stimato è pari a 212.5 µg/m³. La valutazione del numero di eventi estremi è rappresentata attraverso il numero di accadimenti relativi ai superamenti delle soglie di 50, 100 e 150 µg/m³, illustrate rispettivamente nelle Figure 11, 12 e 13.

Il confronto fra gli ossidi di azoto stimati nelle due simulazioni mostra valori inferiori stimati dal modello fotochimico, pur rimanendo con dati caratterizzati dallo stesso ordine di grandezza; è da tenere presente però che nella simulazione con il modello FARM gli ossidi di azoto entrano sia nelle reazioni del ciclo fotochimico sia nella produzione del particolato secondario. L'esame delle aree ricaduta evidenzia per le medie annuali nel caso delle concentrazioni più elevate un'area più ristretta nella simulazione con FARM, limitata alle immediate vicinanze del termovalorizzatore, e l'assenza di un'area di impatto relativamente più elevato sull'area collinare torinese; l'analisi del 99.8° percentile mostra invece un ampliamento dell'area corrispondente alle ricadute di classi medie e medio-alte simulata da FARM rispetto alla catena utilizzata nel SIA. Tenuto conto delle diverse caratteristiche dei due studi e del fatto che la meteorologia descrive anni diversi, le differenze riscontrabili sono ampiamente giustificate e gli studi forniscono risultati complessivamente confrontabili.

8.2.2 Particolato PM₁₀

La media annuale del particolato PM₁₀ calcolata dal modello CTM FARM (Figure 14 e 15), comprendente sia la frazione primaria sia la secondaria, presenta un massimo pari a 0.18 µg/m³, localizzato in prossimità del termovalorizzatore. Tale valore è molto vicino a quanto stimato da TRM (0.20 µg/m³); è da ricordare però che il modello utilizzato dal proponente considera i diversi inquinanti come traccianti inerti e non dispone di un modulo in grado di stimare la formazione del particolato secondario, pertanto tale quantità è solamente riferita alla frazione primaria.

L'altro indicatore considerato è la massima delle medie giornaliere (Figure 16 e 17); in tal caso la simulazione eseguita da Arpa presenta un massimo assoluto nel dominio pari a 3.50 µg/m³, mentre nel caso di TRM il massimo risulta pari a 1.43 µg/m³.

Il confronto fra le medie annuali delle due simulazioni mostra differenze significative in particolare nell'estensione delle aree di maggior impatto evidenziate dalla simulazione con il modello fotochimico, spiegate dal fatto che queste ultime esprimono la somma del particolato primario e secondario (solfati e nitrati di ammonio).

8.2.3 Monossido di carbonio CO

La mappa di concentrazione media annuale del monossido di carbonio (Figura 18) riporta un valore massimo di 0.62 µg/m³ a confronto con un valore di 1 µg/m³ del proponente.

I massimi delle medie di 8 ore (Figura 19) corrispondono a 107 µg/m³, mentre il massimo assoluto delle medie orarie (Figura 20) è pari a 388 µg/m³, contro un valore di 65 µg/m³ calcolato da TRM per quest'ultimo indicatore.

L'area di massima ricaduta delle concentrazioni medie annuali per la simulazione con il modello FARM – come nel caso degli ossidi di azoto - ha estensione più limitata rispetto a quella prevista nella simulazione di TRM interessando le immediate vicinanze dell'impianto di termovalorizzazione. Nel caso della massima media oraria il modello fotochimico stima un valore di un ordine di grandezza superiore rispetto a quanto indicato nel SIA; nella valutazione comparativa è comunque necessario tenere conto – nel caso dei risultati prodotti da Arpa – anche dell'influenza dovuta alla diversa reattività degli inquinanti in atmosfera, fattore che non può essere espresso nella simulazione che considera gli stessi

come sostanze inerti. E' bene infine ricordare che le concentrazioni di cui si sta trattando sono piuttosto modeste in riferimento ai limiti previsti dalla normativa, espressi in mg/m^3 .

8.2.4 Biossido di zolfo SO_2

La mappa delle concentrazioni medie annuali di biossido di zolfo (Figura 21) evidenzia una concentrazione massima al suolo pari a $0.51 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre la simulazione di TRM individua un massimo pari a $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La mappa successiva (Figura 22) mostra il 99.73° percentile delle medie orarie; il massimo ottenuto in questo caso è pari a $11.37 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ovvero il valore che il modello calcola sia superato al più per 24 ore sull'intero anno; tale riferimento orario deriva dalla richiesta della normativa vigente (D. M. 60/2002) che prevede che il limite orario per la protezione della salute umana non venga superato per più di 24 volte all'anno. Lo stesso indicatore nella simulazione di TRM assume un valore di $22.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La simulazione con FARM conferma come le massime ricadute nel caso delle medie annuali interessino prevalentemente le immediate vicinanze del termovalorizzatore. Anche nella valutazione delle differenze fra le concentrazioni stimate nelle due simulazioni è necessario ricordare che il biossido di zolfo viene coinvolto – nel caso del modello fotochimico – in reazioni che portano alla produzione di solfati.

8.2.5 Ozono O_3

Il contributo del termovalorizzatore in relazione a questo inquinante di origine fotochimica, secondo quanto simulato dalla catena modellistica, corrisponde ad una lieve diminuzione delle concentrazioni rispetto al bianco ambientale (Figura 23). Il fenomeno è spiegabile a causa dell'introduzione nell'atmosfera di sostanze, in particolare gli ossidi di azoto, che entrano nel ciclo di produzione dell'ozono. Il decremento massimo medio annuale riscontrato è pari a $1.27 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

8.2.6 Deposizioni secche e umide di particolato PM_{10}

Le deposizioni secche e umide relative al particolato PM_{10} sono illustrate rispettivamente nelle Figure 24 e 25; i valori massimi annuali corrispondono a $40.4 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{anno}$ (secche) e

79.3 mg/m²/anno (umide). I corrispondenti valori calcolati da TRM sono pari a 2.3 (secche) e 10 mg/m²/anno (umide).

La valutazione delle differenze fra i risultati prodotti nelle due simulazioni deve tenere conto – oltre alle considerazioni espresse nel paragrafo 8.2.2 relativo al PM₁₀ e riguardanti la formazione del particolato secondario – dell'influenza delle diverse meteorologie sui processi di deposizione e, nel caso delle deposizioni umide, dei diversi approcci utilizzati nella stima: mentre nel caso della catena modellistica con FARM si tiene conto in modo integrato – nel corso della simulazione - delle reali precipitazioni attraverso l'uso di dati orari di pioggia rilevati dalla Rete di Monitoraggio Meteoidrografica di Arpa, nella simulazione condotta da TRM si è effettuata una valutazione a posteriori - sui risultati del modello di dispersione relativi al particolato - che tiene conto di una piovosità media annuale e di una intensità di precipitazione media oraria costante.

8.3 Contributo del termovalorizzatore del Gerbido: stima degli inquinanti non presenti nel meccanismo chimico SAPRC90

Il meccanismo chimico SAPRC90 usato dal codice FARM non comprende sostanze quali le policlorodibenzodiossine (PCDD) e i policlorodibenzofurani (PCDF), gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), i metalli, gli acidi cloridrico e fluoridrico. E' stata pertanto necessaria la loro trattazione come traccianti inerti.

Dalla letteratura sono stati dedotti ed inseriti in SurfPRO i coefficienti della legge di Henry per i composti gassosi al fine del calcolo delle velocità di deposizione; diossine, idrocarburi policiclici aromatici e metalli sono stati trattati come particolato.

Successivamente è stata eseguita la terza simulazione di dispersione nella quale l'unica sorgente considerata è rappresentata dal termovalorizzatore; i risultati pertanto rappresentano il contributo netto dell'impianto, a partire dalle concentrazioni alle emissioni previste in fase autorizzativa.

Infine sono state calcolate le deposizioni secche per gli inquinanti considerati come particolato; non è stato invece possibile stimare con il modello di dispersione le deposizioni umide a causa della mancanza di informazioni dettagliate relative ai coefficienti di scavenging per queste sostanze.

Anche in questo caso sono state prodotte le mappe di concentrazione per i diversi inquinanti riportate in Allegato 3. Gli indicatori considerati sono le medie annuali, le massime medie giornaliere e le massime medie orarie. Di seguito sono illustrati i risultati, riportando – per ogni indicatore - anche da quelli proposti da TRM.

L'esame comparativo delle mappe di concentrazione non viene effettuato – a differenza del precedente paragrafo 8.2 – per singolo inquinante a causa della trattazione, per entrambi i sistemi, delle varie sostanze emesse dall'impianto come inerti; questo produce mappe caratterizzate da rapporto costante fra le concentrazioni in immissione e quelle emesse a camino e, pertanto, analoga distribuzione spaziale; si riportano quindi di seguito le considerazioni valide per tutto il gruppo di sostanze considerate.

In generale si confermano – nella simulazione condotta con il modello FARM - valori leggermente inferiori relativamente alle medie annuali e alle massime medie giornaliere, e valori più elevati nel caso delle massime medie orarie, associabili a differente criticità delle condizioni meteorodispersive nell'anno di simulazione.

Si conferma un ordine di grandezza di differenza fra le simulazioni con il modello fotochimico e quelle prodotte da TRM nella valutazione delle deposizioni secche; le motivazioni dovrebbero essere ricercate – oltre nella diversa meteorologia – nelle modalità di stima dei parametri che influenzano la deposizione. Al fine di valutare il possibile accumulo nei suoli, sono state applicate ipotesi che ricalcano la procedura adottata da TRM nella stima delle concentrazioni nel suolo dei microinquinanti e dei metalli; le osservazioni sono riportate nel paragrafo 8.3.7.

8.3.1 Acido cloridrico HCl

Sono state prodotte le mappe di concentrazione relative alla media annuale (Figura 1), la massima media giornaliera (Figura 2) e la massima delle medie orarie (Figura 3). I corrispondenti massimi sono rispettivamente: $0.12 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $8.89 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $77.58 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Il proponente ha prodotto le mappe relative alla media annuale (valore massimo pari a $0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e al massimo delle medie orarie (massimo assoluto $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

8.3.2 Acido fluoridrico HF

Mappe analoghe sono state realizzate per l'acido fluoridrico: concentrazione media annuale (Figura 4) con un valore massimo di $0.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$, massime concentrazioni medie giornaliere (Figura 5) con un massimo di $0.77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ed infine massime concentrazioni medie orarie (Figura 6) con un massimo di $7.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Le simulazioni di TRM hanno evidenziato per le concentrazioni medie annuali un massimo di $0.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e per il massimo delle medie orarie un valore di $1.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

8.3.3 Idrocarburi Policiclici Aromatici IPA

Le mappe relative agli IPA corrispondono alle concentrazioni medie annuali (Figura 7) e ai massimi delle medie giornaliere (Figura 8), con valori massimi rispettivamente di $0.092 \text{ ng}/\text{m}^3$ e $0.907 \text{ ng}/\text{m}^3$.

Per gli analoghi indicatori TRM ha stimato $0.199 \text{ ng}/\text{m}^3$ (massima media annuale) e $1.43 \text{ ng}/\text{m}^3$ (massima media giornaliera).

8.3.4 Policlorodibenzodiossine e Policlorodibenzofurani PCDD/PCDF

La mappa delle concentrazioni medie annuali (Figura 9) evidenzia una ricaduta media massima di $9.24 \cdot 10^{-7} \text{ ng}/\text{m}^3$, mentre quella relativa alle massime concentrazioni medie giornaliere un valore di $9.07 \cdot 10^{-6} \text{ ng}/\text{m}^3$.

Le elaborazioni dei risultati ottenuti nelle simulazioni del proponente mostrano una massima media annuale di $2 \cdot 10^{-6} \text{ ng}/\text{m}^3$ ed una massima media giornaliera di $1.40 \cdot 10^{-5} \text{ ng}/\text{m}^3$.

8.3.5 Cromo Cr, Antimonio Sb, Arsenico As, Piombo Pb, Cobalto Co, Rame Cu, Manganese Mn, Nichel Ni, Vanadio V e Stagno Sn; Zinco Zn

Le mappe riportate in Figura 11 (media annuale) e Figura 12 (massima media giornaliera) esprimono la sommatoria dei contributi dei seguenti metalli (secondo quanto previsto nell'Autorizzazione Integrata Ambientale): antimonio, arsenico, piombo, cromo, cobalto, rame, manganese, nichel, vanadio e stagno.

Le mappe di concentrazione per gli stessi indicatori ma riferite allo zinco sono riportate invece nelle seguenti Figure 13 e 14.

I valori massimi ottenuti per i due set di mappe corrispondono a 4.62 ng/m^3 per la media annuale e 45.37 ng/m^3 per la massima media giornaliera.

Le simulazioni del proponente mostrano 9.95 ng/m^3 per la media annuale e 71.5 ng/m^3 per la massima media giornaliera.

8.3.6 Cadmio Cd e Tallio Tl; Mercurio Hg

Le mappe riportate nelle Figure 15 e 16 corrispondono alla sommatoria dei contributi di cadmio e tallio, relativamente alle concentrazioni medie annuali e massima media giornaliera.

Le mappe di concentrazione per gli stessi indicatori ma riferite al mercurio sono riportate invece nelle seguenti Figure 17 e 18.

I valori di concentrazione massima della media annuale sono, per entrambe le mappe relative a questo indicatore, pari a 0.46 ng/m^3 , mentre per le massime delle medie giornaliere 4.54 ng/m^3 .

Nelle simulazioni di TRM i valori per queste sostanze corrispondono a 0.99 ng/m^3 per le medie annuali e 7.15 ng/m^3 per le massime medie giornaliere.

8.3.7 Deposizioni secche

Le mappe relative alle deposizioni secche cumulate sul periodo di simulazione sono riportate nelle Figure 19÷22. I livelli massimi stimati sono pari a $43.9 \text{ } \mu\text{g/m}^2/\text{anno}$ per gli IPA, $439 \text{ pg/m}^2/\text{anno}$ per PCDD/PCDF, $2196 \text{ } \mu\text{g/m}^2/\text{anno}$ per il contributo totale di cromo, antimonio, arsenico, piombo, cobalto, rame, manganese, nichel, vanadio e stagno, $219.6 \text{ } \mu\text{g/m}^2/\text{anno}$ per il contributo totale di cadmio e tallio. La mappa relativa al gruppo di metalli comprendente il cromo illustra anche la distribuzione e le deposizioni stimate per lo zinco, mentre quella del gruppo del cadmio è valida anche per le deposizioni del mercurio.

Nella simulazione di TRM le corrispondenti ricadute massime valgono: $2.3 \text{ } \mu\text{g/m}^2/\text{anno}$ per gli IPA, $23 \text{ pg/m}^2/\text{anno}$ per PCDD/PCDF, $110 \text{ } \mu\text{g/m}^2/\text{anno}$ per i metalli cumulati con il cromo (e per lo zinco), $11 \text{ } \mu\text{g/m}^2/\text{anno}$ per cadmio e tallio (e per il mercurio).

Al fine di stimare il contributo dell'impianto alla concentrazione nel suolo di questi inquinanti, i valori di deposizione calcolati dalla catena modellistica sono stati trasformati in

concentrazioni di inquinante nel suolo secco, espressi come mg/kg_{ss} , sulla base delle ipotesi adottate da TRM nello Studio di Impatto Ambientale.

Secondo tale approccio e in base al range di variabilità dei parametri che determinano il valore di concentrazione finale di inquinante nel suolo (periodo di funzionamento dell'impianto, strato di suolo interessato dal fenomeno e densità dello stesso) si sono ipotizzati due casi che minimizzano e massimizzano l'accumulo, denominati rispettivamente Best Case e Worst Case.

Il tempo di accumulo per entrambi i casi è stato assunto pari a 30 anni, superiore alla durata di esercizio prevista per l'impianto; lo spessore nel suolo interessato all'accumulo dei microinquinanti e dei metalli è stato considerato variabile fra un valore minimo di 10 cm ed un massimo di 30 cm, mentre la densità del suolo è pari, rispettivamente, a 1700 kg/m^3 e 2000 kg/m^3 ; nella Tabella 8.9 sono riassunti i dati utilizzati nelle due ipotesi.

	Tempo di accumulo (anni)	Spessore suolo (m)	Densità suolo secco (kg/m^3)
Best case	30	0.1	1700
Worst case	30	0.3	2000

Tabella 8.9. Ipotesi adottate nel calcolo delle concentrazioni accumulate nel suolo

Come riportato nel paragrafo 8.3, la catena modellistica utilizzata nello studio condotto da Arpa non è in grado di fornire in output le deposizioni umide al suolo; queste sono state quindi stimate ipotizzando per i microinquinanti ed i metalli un comportamento - nei confronti del fenomeno della rimozione umida - analogo a quello del particolato PM_{10} . Pertanto, tenendo conto del rapporto fra deposizioni secche e umide di PM_{10} si sono calcolate le deposizioni umide di PCDD/PCDF, IPA e metalli a partire dai valori massimi di deposizione secca calcolati dal modello nel dominio di studio; la stima delle concentrazioni nel suolo è stata quindi ricavata considerando il totale delle deposizioni.

I risultati ottenuti nei due scenari (Tabella 8.10) sono stati confrontati con quanto previsto nell'Allegato 5 del D. Lgs. 152/2006 relativamente alle concentrazioni soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo previste per i siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale; nel caso dei metalli, quando l'Autorizzazione Integrata Ambientale ne

prevede il contributo emissivo come sommatoria di più inquinanti, la soglia di contaminazione è stata calcolata sommando le soglie previste dalla normativa per i singoli composti.

Inquinante	Deposizioni secche (mg/m ² /anno)	Deposizioni umide (mg/m ² /anno)	Deposizioni umide totali (mg/m ² /anno)	Best case Concentrazione finale totale (mg/kg _{ss})	Worst case Concentrazione finale totale (mg/kg _{ss})	Limiti All. V D. Lgs 152/2006 (mg/kg _{ss}) ⁽¹⁾
PCDD/PCDF	4.39E-07	8.62E-07	1.30E-06	6.51E-08	2.30E-07	1.00E-05
IPA	4.39E-02	8.62E-02	1.30E-01	6.51E-03	2.30E-02	10
Cd+TI	2.20E-01	4.31E-01	6.51E-01	3.25E-02	1.15E-01	3 ^(*)
Hg	2.20E-01	4.31E-01	6.51E-01	3.25E-02	1.15E-01	1
Metalli pesanti	2.20E+00	4.31E+00	6.51E+00	3.25E-01	1.15E+00	631 ^(*)
Zn	2.20E+00	4.31E+00	6.51E+00	3.25E-01	1.15E+00	150

⁽¹⁾ Valori relativi a siti adibiti ad uso verde pubblico, privato e residenziale

^(*) Il valore esprime la somma delle soglie di contaminazione dei metalli compresi nel gruppo

Tabella 8.10. Concentrazioni massime nel suolo nei due casi ipotizzati

I risultati evidenziano come, nella peggiore ipotesi, le concentrazioni nel suolo stimate per PCDD/PCDF e IPA siano, rispettivamente, di due e tre ordini di grandezza inferiori a quanto previsto dalla normativa; nel caso dello zinco si osservano due ordini di grandezza fra simulato e valore limite, mentre per cadmio e tallio (considerati come somma) e mercurio tale margine si riduce di un fattore 10.

Per quanto riguarda i metalli pesanti, la concentrazione nel suolo riferita al Worst Case risulta essere di due ordini di grandezza inferiore al valore di 631 mg/kg_{ss} ottenuto, come precedentemente espresso, dalla sommatoria delle singole soglie dei diversi composti. E' da notare che, con un approccio molto cautelativo, si potrebbe utilizzare come riferimento la concentrazione nel suolo della sostanza che, nel gruppo dei metalli pesanti, ha la soglia minima (lo stagno con concentrazione pari a 1 mg/kg_{ss}); praticamente, ipotizzando che il termovalorizzatore emetta – fra tutti i metalli pesanti - solamente questa sostanza con concentrazione in aria pari a 0.5 mg/m³, il valore di concentrazione nel suolo nelle condizioni peggiori avrebbe lo stesso ordine di grandezza del limite previsto per la soglia di contaminazione del suolo.

8.4 Contributo del termovalorizzatore: conclusioni

Lo studio degli impatti generati dal termovalorizzatore del Gerbido ha seguito un approccio di tipo cautelativo, ipotizzando il funzionamento in continuo e le concentrazioni alle

emissioni previste dall'Autorizzazione Integrata Ambientale e coincidenti con quanto presente nel D. Lgs. 133/2005.

L'analisi dei risultati emersi dalla simulazione conferma, in termini generali, quanto emerso nello Studio di Impatto Ambientale prodotto da TRM a parità di scenario emissivo.

L'analisi di dettaglio nelle differenze fra i due studi è descritta nei paragrafi precedenti; le variazioni sono in generale riconducibili al differente anno di simulazione e alle differenze implicite nella trattazione/non trattazione della chimica dell'atmosfera. A causa di quest'ultimo fattore, nell'analisi della distribuzione degli inquinanti coinvolti nel meccanismo di reazione del modello fotochimico si deve tenere conto anche del mix di composti presenti nel bianco ambientale che interagiscono con le sostanze emesse dal termovalorizzatore, fattore del quale non si valuta l'influenza nel caso della simulazione condotta da TRM.

Gli ordini di grandezza delle concentrazioni riprodotte sono generalmente coincidenti; più in dettaglio, la simulazione condotta con il modello fotochimico presenta concentrazioni medie annuali e giornaliere inferiori e massime orarie superiori rispetto a quanto indicato nella simulazione del proponente. La presenza di massimi orari più elevati e medie annuali inferiori rispetto a quanto evidenziato da TRM è attribuibile al verificarsi di condizioni meteorologiche particolarmente critiche ma limitate dal punto di vista del numero di occorrenze.

Nel caso delle deposizioni secche e umide la quantità stimata da FARM risulta sempre di un ordine di grandezza superiore a quelle prodotte da TRM; le motivazioni sono ricercabili nella modalità di stima delle grandezze che definiscono la deposizione nei due modelli, oltre che nella diversa meteorologia. La stima delle concentrazioni nel suolo dei microinquinanti e dei metalli, confrontata con i limiti previsti dalla normativa vigente, evidenzia che i livelli di contaminazione – calcolati su un arco temporale di 30 anni nelle condizioni peggiori - non raggiungono le concentrazioni di soglia di contaminazione del suolo.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

APAT, 2001: *Linee Guida per la selezione ed applicazione dei modelli di dispersione atmosferica per la valutazione della qualità dell'aria* - RTI CTN_ACE 4/2001

ARIA Technologies, 2001: *MINERVE wind field model – General design manual – Versione 7.0*, ARIA Tech. Report, Paris

ARIANET, 2004: *SURFPRO (SURrface-atmosphere interFace PROcessor) User's guide*, Milano

ARIANET, 2005: *EMMA (EMGR/make) – User's guide – Version 3.5*. Arianet R2005.08, Milano

ARIANET, 2006: *ARIA suites tools - Reference guide – Release 1.1*. Arianet R2006.22, Milano

ARIANET, 2006: *FARM (Flexible Air quality Regional Model) – Model formulation and user manual – Version 2.6*. Arianet R2006.36, Milano

Finardi S. (Editor), Baklanov, A., Clappier, A., Fay, B., Joffre, S., Karppinen, A., Ødegård, V., Slørdal, L. H., Sofiev, M., Sokhi, R. S., and Stein A., (2005): *Improved interfaces and meteorological pre-processors for urban air pollution models*. Deliverable 5.2-3 of the EC FUMAPEX project, Milan, Italy, 55 pp.