



ATTIVITÀ DI RICERCA E SVILUPPO NELL'AMBITO DELLA MODELLISTICA INTEGRATA PER LA VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA (AERA/ALCOTRA) - C.I.G. 2380688DDF - SINTESI ITALIANO/FRANCESE

G. Calori, L. Pallavidino, R. Prandi, P. Radice

Riferimento: SIMULARIA.R2013.07

10 maggio 2013





Committente: Servizio Qualità dell'Aria e Risorse Energetiche, Provincia di Torino
C.so Inghilterra 7, 10123 Torino

Relazione: SIMULARIA.R2013.07

Versione: 10 maggio 2013

Autori: G. Calori, L. Pallavidino, R. Prandi, P. Radice

Indice

PARTE I (Italiano)	5
1 Premessa	6
2 Approfondimento dell’inventario delle emissioni (A1)	7
2.1 Sorgenti industriali	7
2.2 Trasporto su strada	8
2.3 Combustione non industriale	10
2.4 Agricoltura: gestione dei reflui zootecnici	11
2.5 Sintesi delle emissioni della Provincia di Torino	11
3 Simulazioni con discesa di scala con catena diagnostica (A2)	13
3.1 Aspetti metodologici	13
3.2 Simulazione annuale con input emissivo ottimale (AERA) e confronti	14
4 Implementazioni alla catena operativa previsionale (A3)	17
4.1 Modellazione dinamica delle emissioni da riscaldamento civile in risposta alle anomalie termiche rispetto alla media climatologica	17
4.2 Proposta metodologica per la predisposizione di servizi di previsione della qualità dell’aria al di fuori dell’area metropolitana torinese.....	19
5 Conclusioni e prospettive	22
PARTE II (Francese)	24
6 Introduction	25
7 Approfondissements sur l'inventaire des émissions (A1)	26
7.1 Sources industrielles	26
7.2 Trafic routier	27
7.3 Combustion hors industrie	28
7.4 Gestion des déchets d'élevage.....	28
7.5 Les émissions totales de la province de Turin.....	29

8 Simulations avec descentes d'échelle par modèle diagnostique tridimensionnel (A2)	31
8.1 Méthodologie	31
8.2 Simulation AERA annuel et comparaisons.....	32
9 Intégrations sur la chaîne prévision opérationnelle (A3)	35
9.1 La modélisation dynamique des émissions du chauffage domestique en réponse aux anomalies thermiques par rapport à la climatologie	35
9.2 Proposition d'une méthodologie pour la préparation des services de prévision de la qualité de l'air à l'extérieur de la région métropolitaine de Turin.....	37
10 Conclusions et perspectives	40
11 Bibliografia/Bibliographie	42

PARTE I (Italiano)

1 Premessa

La Provincia di Torino, con D.D. 132-40251 del 28/11/2011 diventata efficace il 2/12/2011, ha aggiudicato alle società SIMULARIA Srl e ARIANET Srl (costituite in R.T.I. nelle proporzioni 55% e 45% rispettivamente) l'incarico di realizzare un'attività di ricerca e sviluppo nell'ambito della modellistica integrata per la valutazione della qualità dell'aria a supporto del Progetto Strategico "Aera – Air Environnement Regions ALCOTRA".

Come stabilito dalla stazione appaltante nel Capitolato d'Oneri, l'appalto riguarda la fornitura di servizi per le seguenti attività:

1. approfondimento su scala provinciale dell'inventario delle emissioni redatto dalla Regione Piemonte (IREA 2007) per quanto riguarda i principali comparti emissivi (sorgenti industriali, traffico veicolare, riscaldamento domestico);
2. realizzazione di simulazioni con discesa di scala a livello della Provincia di Torino, con il modello diagnostico tridimensionale attualmente in uso in Regione Piemonte;
3. predisposizione di servizi di previsione delle concentrazioni e dell'Indice di Qualità dell' Aria, con l'utilizzo di modelli prognostici sul territorio della Provincia di Torino.

Il documento descrive in maniera sintetica le attività svolte per il conseguimento degli obiettivi descritti (indicati con A1, A2 e A3), seguendo la suddivisione in specifiche sotto-azioni, nelle due lingue di riferimento (italiano e francese).

Per una descrizione più approfondita dei risultati raggiunti si rimanda alla relazione finale consegnata a gennaio 2013 (G. Calori et al., 2012b, Rif. SIMULARIA.R2012.17), che contiene anche i risultati relativi ai test di periodo effettuati separatamente con l'aggiornamento delle informazioni sui singoli comparti emissivi: le emissioni industriali, le emissioni del traffico stradale (in due varianti, incrementando anche la frazione di NO₂ emesso direttamente), il riscaldamento e l'agricoltura.

A supporto del servizio di previsione delle concentrazioni nell'area metropolitana svolto da Arpa Piemonte sono anche presentate le proposte di lavoro finalizzate a migliorare, in un'ottica 'dinamica', la trattazione delle emissioni predisposte, a partire dai dati di inventario, per la catena prognostica, in maniera da rendere più realistica la stima dell'inquinamento almeno in quelle parti che vengono a dipendere dalle variabili meteorologiche (riscaldamento vs. temperatura ambiente, risospensione vs. precipitazioni). Infine, è stata elaborata una proposta di estensione dell'Indice Previsionale di Qualità dell'Aria su tutto il territorio provinciale, attraverso l'accorpamento di comuni ricadenti in zone omogenee, sia dal punto di vista territoriale che emissivo.

2 Approfondimento dell’inventario delle emissioni (A1)

Lo scopo principale di questa attività è la raccolta di informazioni aggiornate e di dettaglio, utili a migliorare l’attribuzione delle emissioni di inquinanti atmosferici alla realtà del territorio provinciale dal punto di vista della modellistica della qualità dell’aria.

Nel corso di questo lavoro è stata prestata una particolare attenzione alla definizione di fattori di emissione specifici di alcuni impianti utilizzabili per l’aggiornamento annuale dell’inventario e di una base emissiva più adatta all’analisi di scenari evolutivi della qualità dell’aria (traffico, riscaldamento) che possa essere impiegata dagli enti preposti non solo per le attività di valutazione ma anche per quelle di pianificazione.

2.1 Sorgenti industriali

Per aggiornare ed incrementare le informazioni sulle sorgenti puntuali si è deciso di fare riferimento principalmente agli impianti soggetti ad Autorizzazione Integrata Ambientale, procedimento autorizzativo in capo alla Provincia di Torino. L’AIA, infatti, essendo autorizzazione suscettibile di rinnovo con una frequenza tra i cinque e gli otto anni, fornisce una base dati rinnovata con regolarità, eventualmente integrabile con informazioni relative ai cicli temporali di lavorazione (modulazioni), essenziali per una corretta modellazione della dispersione degli inquinanti in atmosfera.

L’attività ha richiesto l’analisi delle informazioni disponibili, la selezione degli impianti più rilevanti, la caratterizzazione emissiva degli stessi (numero e caratteristiche fisiche dei punti di emissione, flussi di massa e modulazioni temporali), l’assegnazione di codici SNAP¹ di attività (in sostituzione dei codici IPPC², NOSE-P³ e NACE⁴), il confronto con i dati preesistenti per la modifica dei dati contenuti in IREA e l’eventuale eliminazione, anche parziale, di emissioni diffuse imputabili alla stessa attività produttiva.

Gli impianti IPPC censiti su tutto il territorio provinciale sono 185, ma molte aziende non hanno emissioni in atmosfera rilevanti e invece impatti consistenti su altre matrici ambientali. Sono stati considerati in definitiva 57 impianti industriali al di sopra della soglia di 20 t/a di NOx o 10 t/a di PM10, aggiornando al 2008 le loro caratteristiche emissive, sia introducendo nuove sorgenti sia revisionando quelli già esistenti nell’inventario regionale.

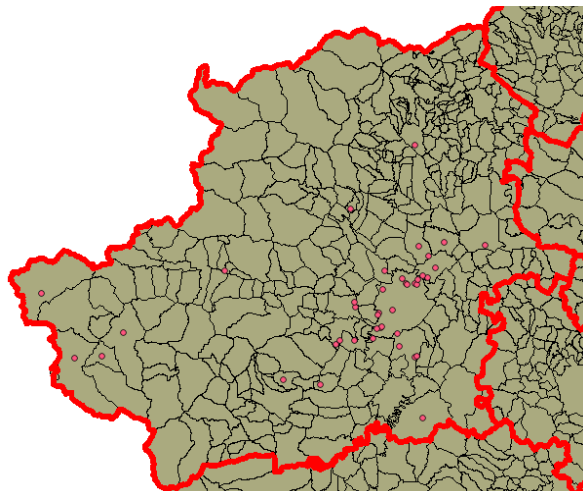


Fig. 1 Sorgenti puntuali presenti nel nuovo inventario provinciale.

¹ Selected Nomenclature for Air Pollution

² Integrated Pollution Prevention and Control

³ Standard Nomenclature for Sources of Emission

⁴ Nomenclature statistique des Activités économiques dans la Communauté Européenne

Su ogni impianto analizzato sono state prodotte delle schede conoscitive, raccolte in un documento indipendente (G. Calori et al., 2012, Ref. SIMULARIA.R2012.08) che contiene dati sensibili.

Rispetto all’inventario 2007, l’aggiornamento ha comportato una riduzione di tutti gli inquinanti, eccetto il biossido di zolfo. Le riduzioni più consistenti riguardano le emissioni di particolato primario (-10% del totale provinciale).

Tab. 1. Bilancio emissivo a valle delle modifiche apportate alle sorgenti industriali.

-2947	-12	-359	-1585	113	-660	AERA – IREA07
CO (t/a)	NH₃ (t/a)	NMVOC (t/a)	NO_x (t/a)	SO₂ (t/a)	PM₁₀ (t/a)	
82606	11484	39879	33058	2217	6537	TOTALE IREA07
-3.6%	-0.1%	-0.9%	-4.8%	5.1%	-10.1%	

Nel corso degli anni passati la Provincia ha realizzato una piattaforma informatica appositamente progettata per inserire, consultare e aggiornare i dati relativi ad ogni impianto autorizzato, compresi i report ambientali di controllo e autocontrollo che periodicamente le aziende IPPC devono trasmettere all’Ente. Entro la fine di aprile di ogni anno è previsto che le aziende carichino i dati richiesti in maniera autonoma.

Per facilitare l’aggiornamento dell’inventario anche negli anni futuri, i dati necessari per il dimensionamento emissivo degli impianti sono stati inseriti in un database MS-ACCESS, che contiene i fattori di emissione definiti specificatamente per ogni azienda considerata. Per i dettagli sulle caratteristiche e sulle funzionalità del database si rimanda alla relazione di accompagnamento (Prandi R. e Pallavidino L., 2013, Ref. SIMULARIA.R2013.02).

2.2 Trasporto su strada

La stima delle emissioni del trasporto stradale con metodologia bottom-up è basata sulla conoscenza dei flussi veicolari ricostruiti dal modello di traffico in uso presso la Provincia di Torino, che estende al di fuori dell’area metropolitana torinese i dati di flusso associati al grafo della società 5T (Pallavidino et al., 2011).

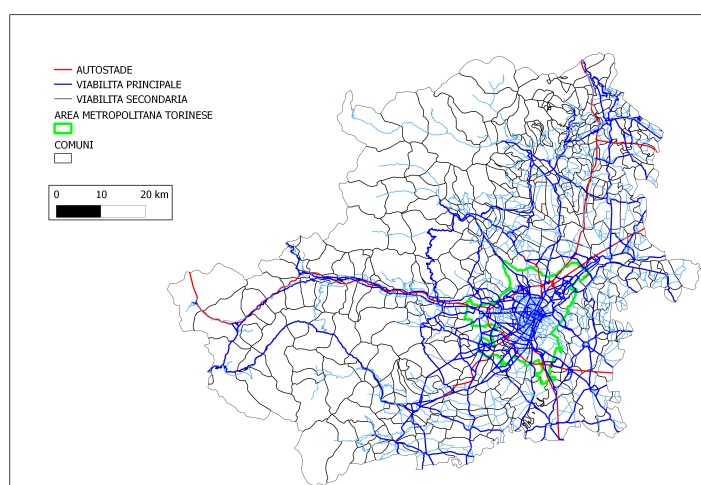


Fig. 2 Grafo della mobilità privata nella provincia di Torino.

Tale modello, calibrato nel 2006, è stato recentemente aggiornato dalla società milanese Polinomia Srl su incarico della Provincia di Torino (Torriani L. et al., 2012) e restituisce i flussi relativi alla mobilità privata in un

giorno feriale. Per la stima delle emissioni complessive del trasporto su strada con metodologia COPERT IV (Ntziachristos L. et al., 2009) è stato applicato il modello TREFIC (Nanni A. et al., 2009), ma le informazioni relative alla mobilità delle persone hanno dovuto essere integrate con i rilievi di traffico per includere il trasporto delle merci ed estendere l'analisi a giorni festivi e prefestivi. Le emissioni del TPL (bus urbani di GTT) sono state trattate separatamente e associate alle linee di trasporto pubblico.

Seguendo l'approccio adottato dal CSI Piemonte per la compilazione dell'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera del 2008, la ripartizione in classi COPERT dei veicoli è basata sulla definizione di un parco circolante, in cui i veicoli immatricolati in provincia di Torino nel 2008 sono 'pesati' con dei fattori d'uso indicativi di percorrenze medie (Caserini et al., 2011).

Infine, è stata stimata la risospensione di polveri applicando la metodologia più recente suggerita dall' EPA (EPA, 2011).

La stima dei consumi ricostruita a partire dal grafo costituisce il 63% dei consumi attribuibili alla provincia sulla base dei dati di vendita di combustibili per autotrazione pubblicati sul Bollettino Petrolifero. Il residuo è stato attribuito a traffico urbano diffuso, ripartito tra i comuni in base alla popolazione residente.

Tab. 2. Nuova stima delle emissioni del Macrosettore 07

	CO [t/a]	CO ₂ [kt/a]	NMVOC [t/a]	NH ₃ [t/a]	NO _x [t/a]	PM10 [t/a]	SO ₂ [t/a]
Trasporto su strada – lineare	16287	2440	1514	294	9009	630	59.6
Emissioni di GTT	176	64.9	89		626	23	0.1
Trasporto urbano su strada – emissioni diffuse	16042	1373	1734	210	4089	328	33.6
TOTALE TRASPORTO SU STRADA ALCOTRA	32505	3878	3337	504	13724	981	93.3
RISOSPENSIONE						2218	

Rispetto alla stima delle emissioni del Macrosettore 07 contenuta nell'inventario regionale, la nuova stima comporta una riduzione di tutti gli inquinanti (tra il -86% del SO₂ al -5% del PM10), ad eccezione dell'ammoniaca (+21%).

2.3 Combustione non industriale

Le emissioni del Macrosettore 02 sono state ottenute a partire dai consumi di combustibile su base comunale raccolti nel Bollettino Energetico Provinciale (Provincia di Torino, 2010).

Per la legna, si è fatto uso della stima dei consumi e delle informazioni relative ai dispositivi termici raccolti in RENERFOR per la Provincia di Torino (Fracastoro-Crocetta, 2012), mentre sono stati usati i fattori di emissione concordati in AERA (AERA/ALCOTRA, 2012). Rispetto alle categorie SNAP presenti nell’inventario regionale, lo studio RENERFOR attribuisce un maggior consumo di legna al territorio provinciale e una maggior penetrazione di dispositivi più innovativi.

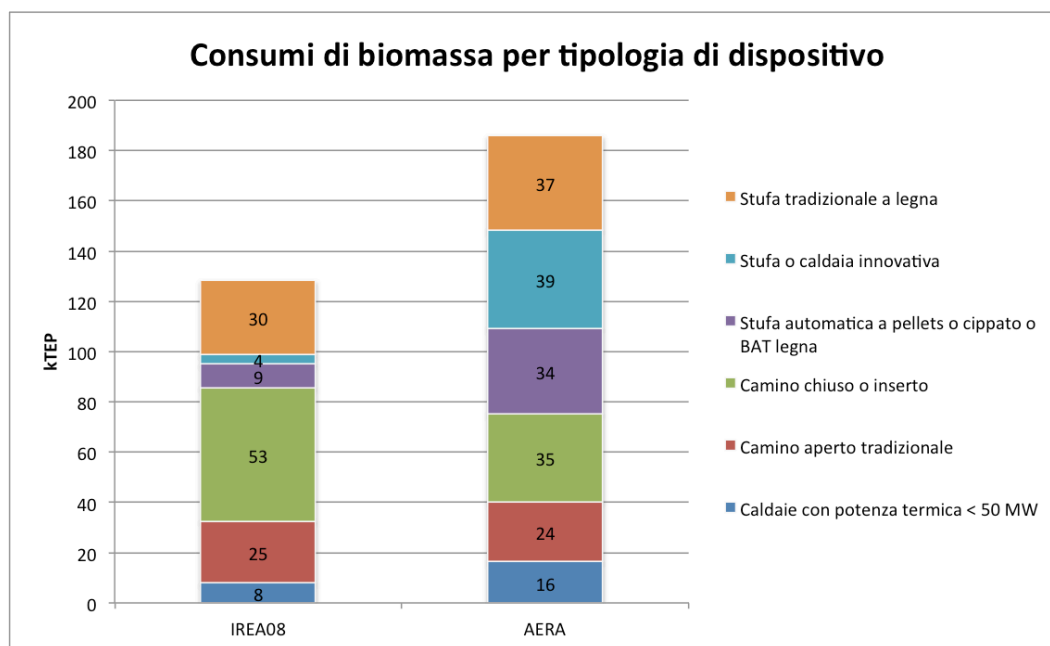


Fig. 3: Ripartizione dei consumi a biomassa nel territorio provinciale in classi SNAP: stima IREA e stima RENERFOR/AERA - Anno 2008.

Le emissioni complessive del riscaldamento sono riportate nella tabella seguente.

Tab. 3: Stima delle emissioni degli impianti da riscaldamento domestico e terziario (t/anno)

IMPIANTO	COMBUSTIBILE	CO	NMVO	NOx	PM10	PM2.5	SO2
Cal.pot.termica<50MW	gasolio	20	3	59	3	3	99
	metano	1215	243	1847	10	10	24
	Olio combustibile	12	7	108	20	18	108
Cald.pot.termica<50MW	GPL	29	6	175	1	1	0
Caldaie con potenza termica < 50 MW	legna	3044	482	46	120	118	10
Camino aperto tradizionale	legna	6934	2229	59	852	834	11
Camino chiuso o inserto	legna	7665	1375	91	777	761	17
Stufa automatica a pellets o cippato o BAT legna	legna	1701	121	128	137	134	16
Stufa o caldaia innovativa	legna	6072	572	98	448	438	19
Stufa tradizionale a legna	legna	10192	2195	94	1156	1132	18
TOTALE		36883	7232	2706	3524	3449	323

In questo Macrosettore sono state inserite anche le emissioni delle centrali a biomasse a servizio di piccole reti di teleriscaldamento (Politecnico di Torino/Enea, 2012) ed una stima delle emissioni delle pizzerie con forno a legna.

Per migliorare la spazializzazione delle emissioni, sono state inoltre georeferite le aree servite da reti di teleriscaldamento in modo da allocare più correttamente le emissioni alle aree non raggiunte dal servizio.

La nuova stima comporta un aumento consistente di emissioni di tutti gli inquinanti rispetto al Macrosettore 02 presente in IREA07, ad eccezione di ossidi di azoto (-10%) e di biossido di zolfo (-43%).

2.4 Agricoltura: gestione dei reflui zootecnici

L'agricoltura ha un impatto predominante sulle emissioni di ammoniaca, la quale costituisce uno dei precursori del particolato secondario. L'ammoniaca gassosa reagisce in atmosfera con acido nitrico e acido solforico, a loro volta prodotti secondari delle emissioni di ossidi di azoto e di zolfo, con la formazione di sali (nitrato e solfato di ammonio), che costituiscono la frazione inorganica preponderante del PM10.

A partire dai dati presenti in Anagrafe Agricola su base comunale, è stata effettuata una stima delle emissioni di ammoniaca legate alla gestione dei reflui zootecnici, aggiornata al 2008, ed un controllo del bilancio dell'azoto su base comunale, confrontando l'azoto prodotto e la Superficie Agricola Utilizzabile (SAU), tenuto conto dei vincoli imposti allo spandimento nelle Zone Vulnerabili a Nitrati.

Nei comuni in cui risultavano presenti allevamenti con AIA (indicati in giallo nella figura seguente), sono state georeferite le emissioni corrispondenti, stimate considerando le tecnologie di abbattimento impiegate (BAT), e i capi allevati scorporati dal totale comunale.

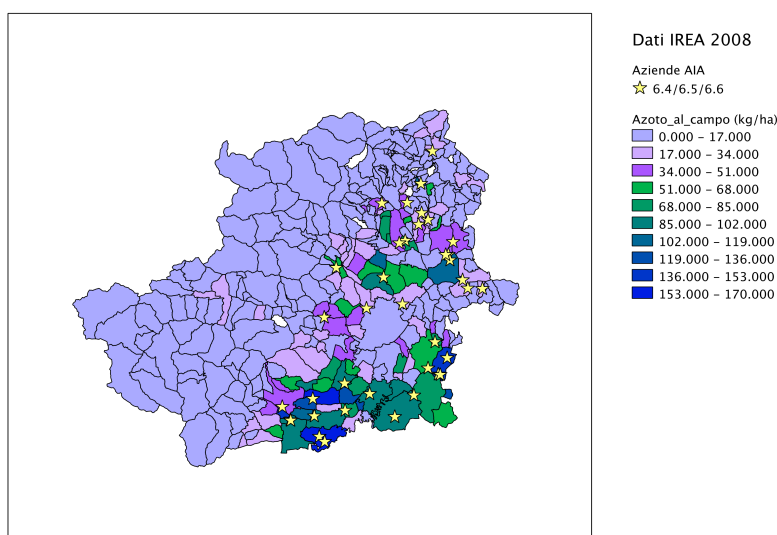


Fig. 4: Quantità di azoto al campo e localizzazione degli allevamenti in possesso di AIA.

Complessivamente, la nuova stima riduce di circa il 3% le emissioni di ammoniaca del Macrosettore 10.

L'analisi delle informazioni delle aziende in AIA ha mostrato che il 47% delle emissioni da reflui sono associate a stabulazione, il 26% e 27% rispettivamente a stoccaggio e spandimento.

Sulle base delle pratiche agricole locali e dei vincoli normativi, sono stati definiti dei profili di modulazione più realistici per distribuire le emissioni nel corso dell'anno.

2.5 Sintesi delle emissioni della Provincia di Torino

Nelle figure seguenti è rappresentato, inquinante per inquinante, il confronto tra la stima AERA e gli inventari IREA07 e IREA08 per le emissioni della Provincia di Torino.

La nuova stima del fabbisogno termico soddisfatta con legna, di fonte RENERFOR, comporta un incremento di emissioni di PM10 e CO, compensando la riduzione delle emissioni da traffico, con ripartizione simile al nuovo inventario regionale IREA08. Anche per i COVNM, rispetto ad IREA07, la nuova stima vede un incremento del contributo del Macrosettore 2 ed un decremento del 7. Nella versione IREA08 invece aumentano i COV di origine naturale, probabilmente per una variazione dei fattori di emissione utilizzati.

Gli ossidi di azoto risultano invece complessivamente ridotti (del 16% rispetto ad IREA07 e del 7% rispetto a IREA08), principalmente a causa della contrazione del Macrosettore 07 nell'approccio bottom-up.

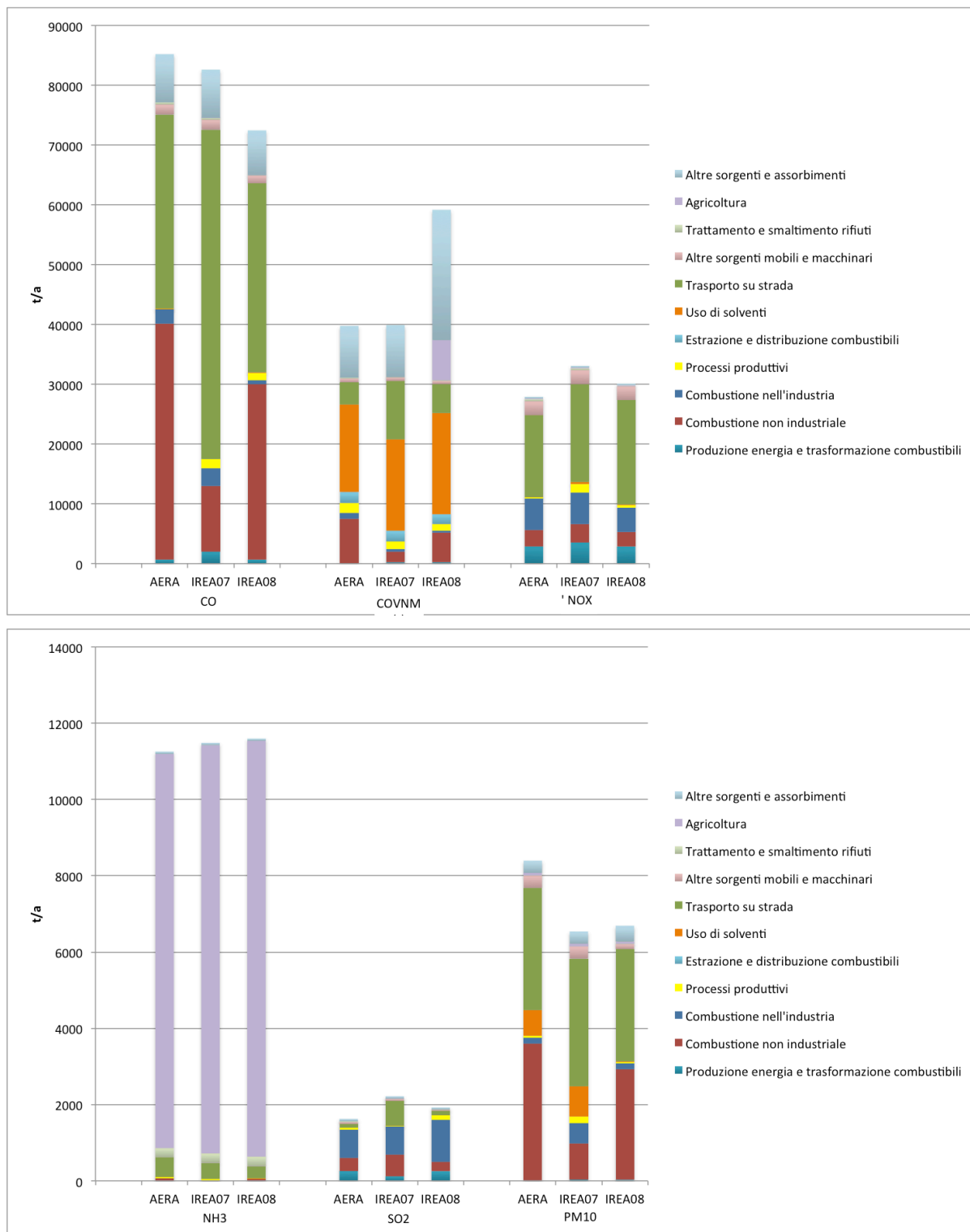


Fig. 5 Ripartizione delle emissioni totali provinciali per macrosettore SNAP: confronto tra la stima effettuata in questo studio (AERA) e le stime presenti nell'inventario regionale per l'anno 2007 (IREA07) e 2008 (IREA08).

3 Simulazioni con discesa di scala con catena diagnostica (A2)

Lo scopo principale di questa attività è stata:

- la traduzione delle informazioni raccolte e organizzate nel corso dell'attività A1 in un set di dati di input alla catena modellistica utilizzata da Arpa Piemonte per la valutazione e la previsione della qualità dell'aria,
- la verifica degli effetti delle modifiche emissive sulla simulazione delle concentrazioni, espressi quantitativamente in termini di indicatori statistici e indicatori di qualità, sia puntuali (confronto con i dati delle centraline di monitoraggio) che spaziali (mappe di concentrazione).

Per i confronti, Arpa Piemonte ha messo a disposizione i dati di input e i risultati orari di due simulazioni annuali relative all'anno 2008, la simulazione a scala regionale sulla griglia a 4 km (VAQ08) e la discesa di scala ad 1 km con stesso input emissivo da inventario regionale ad 1 km (DVQ08).

3.1 Aspetti metodologici

L'area su cui sono condotte le simulazioni con inventario 'ottimizzato' (AERA) copre il territorio della Provincia di Torino e ha le seguenti proprietà:

- Coordinata UTM32 del punto SW: (310000, 4950000)
- Risoluzione orizzontale: 1000 m
- Estensione lungo x: 126 km
- Estensione lungo y: 106 km

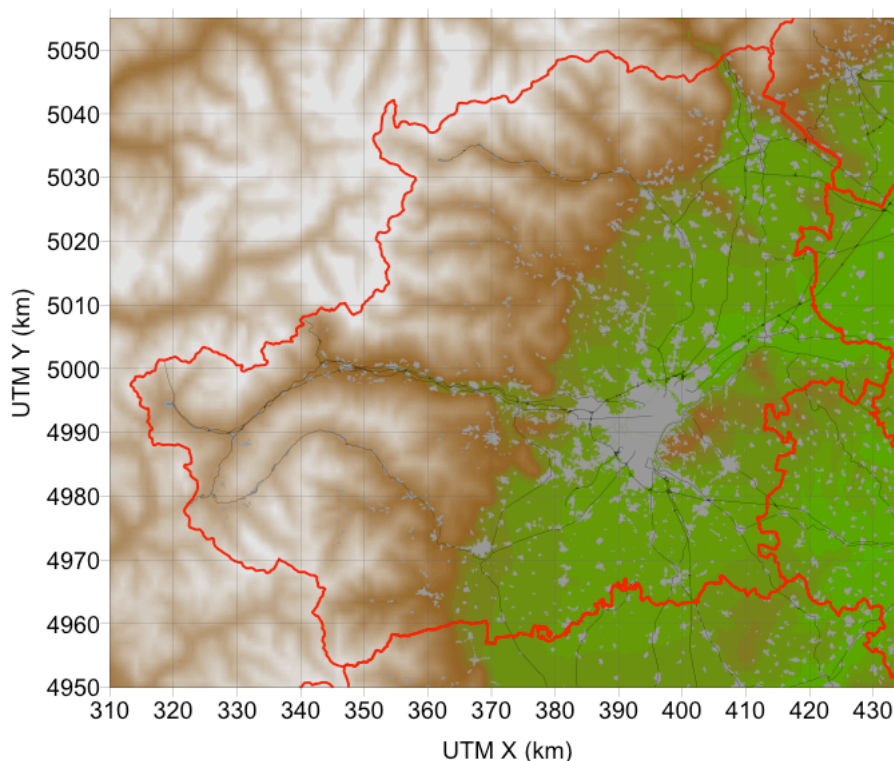


Fig. 6: Dominio di calcolo: nella mappa sono indicati in rosso i confini provinciali, in nero le principali arterie di comunicazione viaria, in grigio l'estensione delle aree urbanizzate.

Le caratteristiche verticali del dominio sono mutuare dalle simulazioni condotte da Arpa Piemonte: la griglia di calcolo si estende su 16 livelli fino a circa 8000 m di quota, con le altezze di centro cella distribuite rispettivamente a 10, 25, 48, 81, 132, 208, 322, 493, 749, 1133, 1710, 25745, 3872, 5072, 6272, 7472 m rispetto al suolo.

Il codice di calcolo utilizzato è FARM (Flexible Air quality Regional Model) v. 3.1.5, un modello fotochimico euleriano tridimensionale (Silibello et al.,), con trasformazioni delle specie chimiche in fase gassosa secondo lo schema SAPRC99 e modulo AERO3 per la trattazione della chimica dell'aerosol (parte inorganica ed organica). La rimozione degli inquinanti avviene per deposizione secca, che dipende dalla meteorologia locale e dall'uso del suolo, e deposizione umida attraverso i meccanismi di scavenging. Il modello, che permette one- o two-way nesting con un numero arbitrario di griglie computazionali, è stato applicato in configurazione one-way e alimentato con le condizioni al contorno provenienti dalla simulazione a 4 km realizzata da Arpa Piemonte.

Le emissioni sono state fornite in input come campi orari di SO₂, NO_x, NMVOC (speciati a seconda dell'attività SNAP nelle classi previste dal meccanismo chimico SAPRC99), NH₃, CO, PM₁₀ (speciato e suddiviso nelle classi dimensionali previste dallo schema AERO3), proiettati sulla griglia di calcolo e modulati nel tempo attraverso il pre-processore Emission Manager.

Il modello è alimentato da campi meteorologici orari 2D/3D relativi al 2008 di vento, temperatura, pressione, copertura nuvolosa ed altezza, precipitazioni, diffusività orizzontali e verticali, velocità di deposizione ottenuti alla risoluzione orizzontale di 1 km con applicazione del modello diagnostico MINERVE/SWIFT e dal modello di turbolenza SURFPRO.

I campi orari di concentrazione ai bordi e al top del dominio tridimensionale (condizioni al contorno) sono stati preparati, a partire dai risultati della simulazione a scala regionale su griglia a 4 km di risoluzione realizzata da Arpa Piemonte (DVQ08).

3.2 Simulazione annuale con input emissivo ottimale (AERA) e confronti

Il progetto si proponeva di valutare i benefici che si possono ottenere nella simulazione modellistica della qualità a scala locale (1 km) accompagnando la discesa di scala con un'ottimizzazione dell'input emissivo, in una prospettiva di inventario delle emissioni provinciale.

Sono stati quindi analizzate tre simulazioni di durata annuale: la simulazione a scala regionale di Arpa Piemonte (4 km, VAQ08), la discesa di scala ad 1 km con stesso input emissivo da inventario regionale (DVQ08) e la simulazione ad 1 km con inventario 'ottimizzato' su scala provinciale (AERA). Per evidenziare separatamente l'effetto delle modifiche ai singoli comparti emissivi (industria, combustione non industriale, traffico ed agricoltura) sono stati preliminarmente effettuati dei test di durata mensile (uno estivo ed uno invernale).

I risultati dei test sui diversi comparti emissivi mostrano in sintesi come la nuova stima delle emissioni della combustione non industriale porti ad un miglioramento nella riproduzione dei valori misurati, generalizzata all'intero territorio provinciale, mentre la revisione delle sorgenti industriali ha effetti circoscritti a pochi siti di misura (es. Torino Lingotto), posti più in prossimità delle sorgenti localizzate su cui si è agito. Per quanto riguarda il traffico, la trattazione delle emissioni a partire dal grafo lineare evidenzia un generale peggioramento, particolarmente evidente proprio nei siti di misura di traffico della città di Torino, mentre appaiono limitati miglioramenti nelle stazioni della prima cintura. Il test specifico condotto sulla frazione di NO₂ direttamente emesso dai veicoli mostra una più realistica riproduzione dei picchi orari di concentrazione nelle ore di punta dei mesi invernali. La revisione delle emissioni di ammoniaca associate alla gestione dei reflui zootecnici, con una definizione più puntuale delle aziende più impattanti sul territorio provinciale, una migliore definizione dei profili temporali delle attività di stabulazione, spandimento e stoccaggio e una più precisa attribuzione alle superfici agricole, non conduce a variazioni apprezzabili nelle concentrazioni di PM₁₀ nei periodi di test.

Per quanto riguarda invece i run annuali, il confronto con i dati rilevati dalle centraline di monitoraggio (cfr. Fig. 7) indica come, seppur in presenza di una generale sottostima, in particolare per il parametro PM₁₀, la sola discesa di scala non porti necessariamente ad un miglioramento univoco della descrizione modellistica, in particolare all'estremità dell'area metropolitana, dove a risoluzione più lasca sono presenti in parte le emissioni di Torino. Complessivamente, l'insieme delle modifiche apportate alle emissioni conduce ad una migliore descrizione delle concentrazioni nei siti di fondo, urbano e suburbano rispetto alla sola discesa di scala, in particolare nei siti esterni all'area metropolitana.

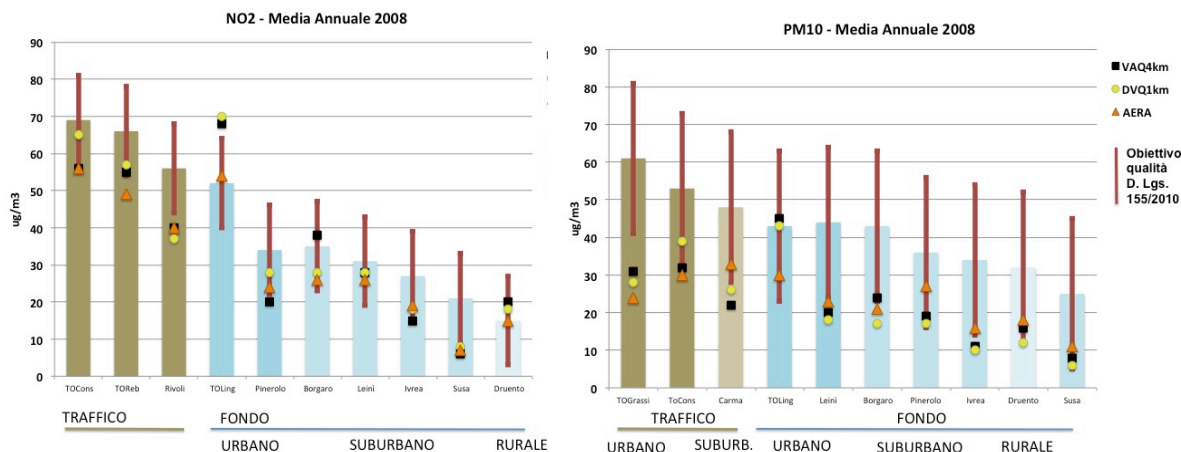


Fig. 7: Confronto tra i valori misurati e i valori simulati presso le centraline della rete di monitoraggio – Anno 2008.

Nei siti di traffico urbano, invece, si evidenzia un peggioramento rispetto alla semplice discesa di scala, dovuto al ridimensionamento notevole delle emissioni di tutti gli inquinanti derivante dalla stima del traffico a partire dal grafo disponibile presso la Provincia, già evidenziata nelle simulazioni di test; si sottolinea tuttavia l'importanza di una descrizione di dettaglio di tale settore, per correlare in modo verosimile la distribuzione delle concentrazioni nello spazio con i cambiamenti legati alle politiche e alle misure sulla mobilità.

Anche a livello di distribuzione spaziale, la simulazione AERA08 mostra al di fuori dell'area metropolitana valori generalmente più alti, in particolare lungo le arterie di comunicazione per l'NO₂ (Fig. 8) e nei centri abitati per il PM10 (Fig. 9). A Torino si ha un ridimensionamento dei valori massimi, principalmente legati ad emissioni industriali. Nel caso del biossido di azoto, l'area di superamento del valore limite annuale assume una forma più realistica.

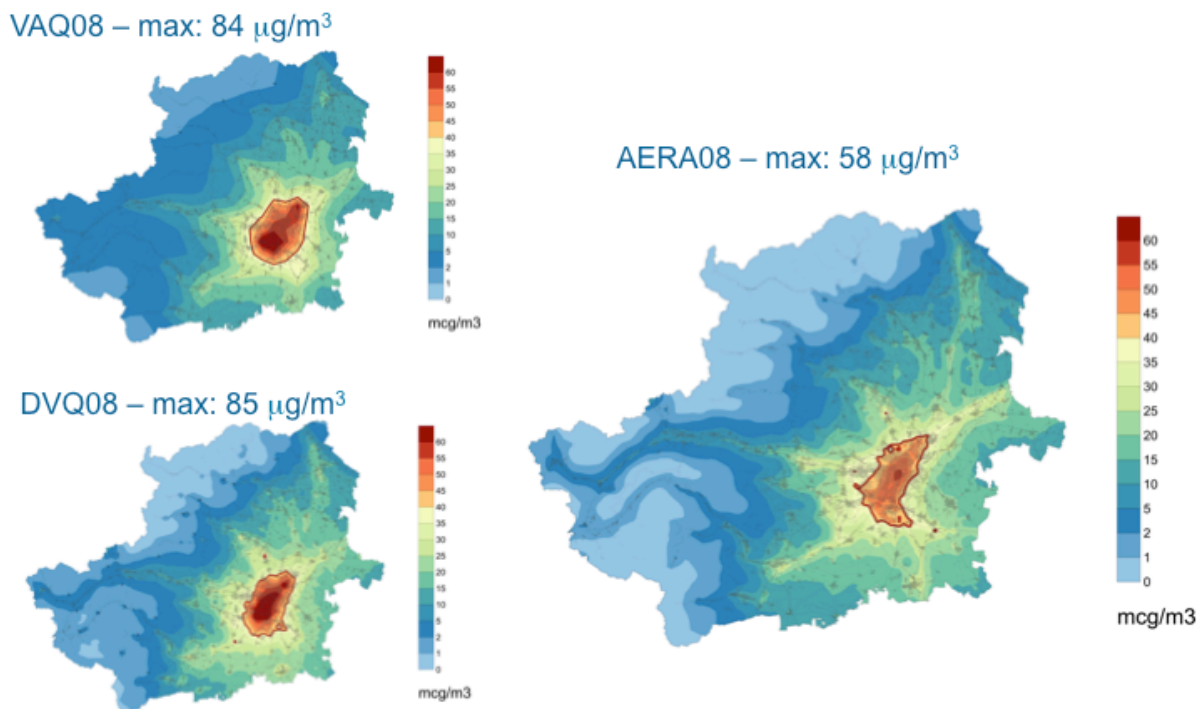


Fig. 8: Concentrazione media annuale di biossido di azoto – Anno 2008.

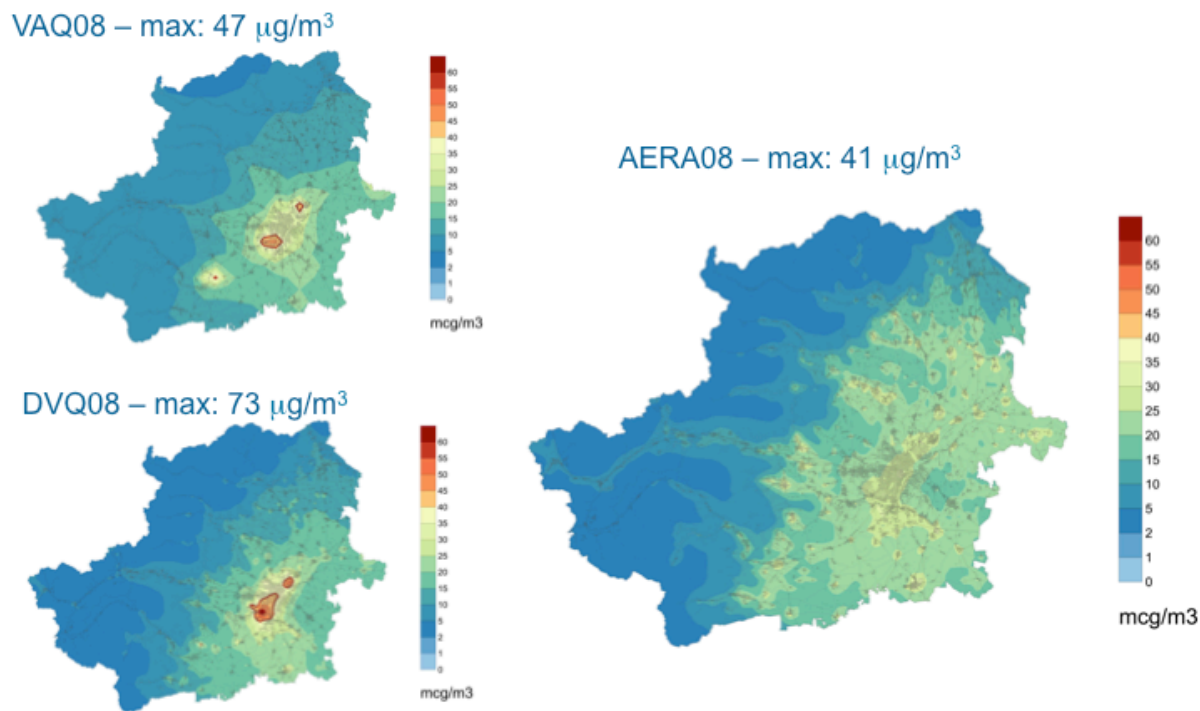


Fig. 9: Concentrazione media annuale di PM10 – Anno 2008.

Oltre alla riproducibilità dei parametri statistici di lungo periodo, la simulazione ‘ottimizzata’ mostra una migliore aderenza alla misura in termini della variabilità temporale, sia in termini di distribuzione oraria che mensile nei siti di fondo, come mostrato nella figura seguente.

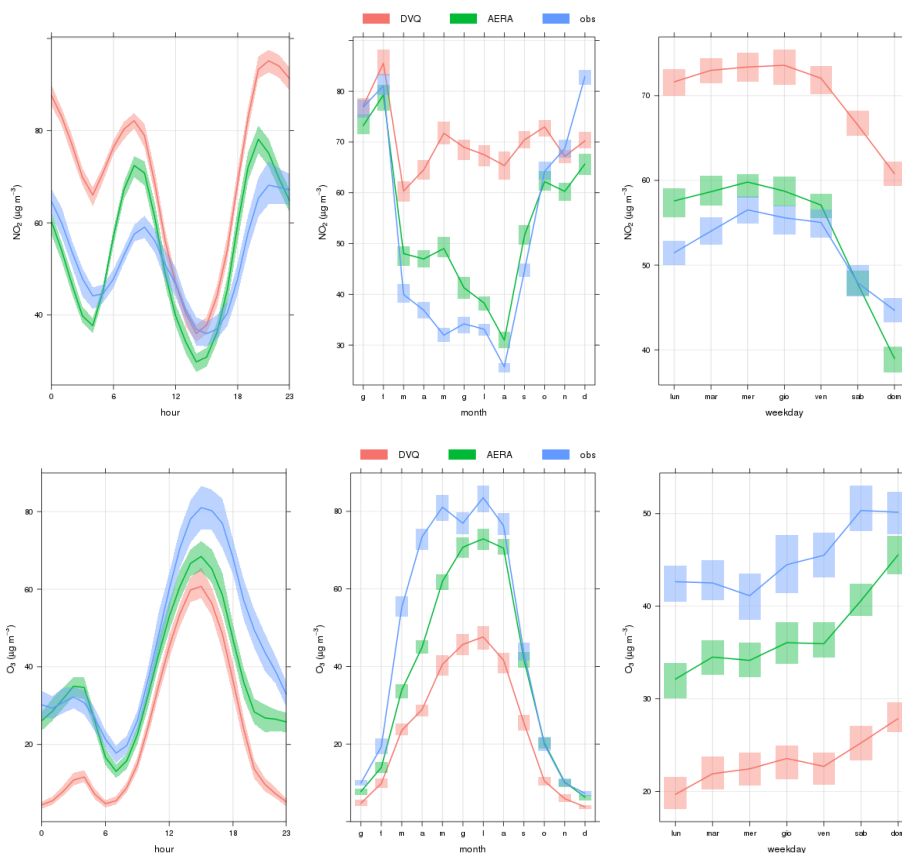


Fig. 10: Confronto tra le concentrazioni di NO₂ e O₃ misurate (in blu), ottenute a 1 km con l’inventario standard (in rosso) e con l’inventario ‘ottimizzato’ (in verde) presso il sito di fondo urbano di Torino Lingotto. Da sinistra a destra: giorno medio, medie mensili e settimana media.

4 Implementazioni alla catena operativa previsionale (A3)

In collaborazione con Arpa Piemonte, responsabile di una catena prognostica operativa sull'area metropolitana torinese, sono state esplorate alcune possibili integrazioni all'attuale sistema di previsione della qualità dell'aria.

4.1 Modellazione dinamica delle emissioni da riscaldamento civile in risposta alle anomalie termiche rispetto alla media climatologica

Nelle simulazioni VAQ e previsionali le emissioni da riscaldamento sono attualmente modulate su base oraria con profili diversificati per fasce altimetriche e basati sull'analisi delle temperature dell'anno tipo. Su base annuale invece, l'emissione dipende dai consumi di combustibili (stimati attraverso i dati di vendita o il fabbisogno energetico) dell'anno rispetto al quale si riferisce l'inventario in uso.

La variabilità meteorologica (interannuale e di breve periodo) può provocare invece differenze anche sensibili sia nella distribuzione temporale dei giorni più freddi, sia nella estensione e intensità dei periodi freddi.

In una catena prognostica, che è basata sulla conoscenza anticipata delle condizioni meteorologiche che si presenteranno nei giorni a seguire, è ragionevole cercare di definire una rimodulazione dell'emissione in funzione della temperatura prevista rispetto alla temperatura dell'anno di inventario di base, senza conservazione dell'emissione annuale totale. In questo modo si potrebbe tenere conto del maggiore carico emissivo che si verifica in inverni molto freddi o, al contrario, delle emissioni più contenute durante periodi più caldi della media.

In tale contesto è stata dunque messa a punto e sperimentata una possibile metodologia per la modellazione dinamica delle emissioni in funzione delle anomalie termiche in corso. Il metodo si basa sul calcolo dei gradi-giorno, effettuato su temperature "climatologiche" relative ad un periodo o anno di riferimento, poi corretto per il periodo in corso sulla base delle temperature giornaliere correnti; le temperature "climatologiche" e "correnti" vengono entrambe assegnate sotto forma di campi al suolo su griglia, per omogeneità nel confronto.

La modulazione lungo l'anno delle emissioni da riscaldamento secondo un profilo di temperature di riferimento risulta in tal modo corretta sulla base degli scostamenti delle temperature attuali da quelle di riferimento; le peculiarità climatiche del territorio vengono veicolate attraverso i campi di temperatura. E' preferibile che l'archivio di campi di temperature utilizzato per il calcolo dei profili di modulazione "a priori" si riferisca all'anno di riferimento dell'inventario, in modo da legare più strettamente e coerentemente l'andamento delle temperature ai consumi alla base della stima delle emissioni.

Nel calcolo viene considerato l'ulteriore vincolo relativo al periodo di accensione del riscaldamento, dettato dall'appartenenza di ciascun comune ad una determinata fascia climatica, secondo quanto stabilito dalla normativa italiana.

La metodologia è stata sottoposta ad un test funzionale preliminare sul dominio della DVQ08, considerando le emissioni da riscaldamento dell'inventario IREA 2008, come temperature orarie correnti l'archivio messo a punto per la DVQ08 e come temperature 'di riferimento' i dati dell'archivio del Progetto nazionale MINNI relativi al 2005. Le figure successive mostrano l'effetto complessivo per il mese di gennaio: le emissioni medie di ossidi di azoto risultanti dall'applicazione dei profili di modulazioni predefiniti utilizzati finora, associati alle fasce altimetriche, le differenze tra la modulazione 'dinamica' e quella 'a priori', e la differenza tra i valori di temperatura medi 'attuali' e 'di riferimento'. Nel caso mostrato la differenza risulta positiva nella parte inferiore del dominio (emissioni 'dinamiche' superiori a quelle 'a priori') e negativa nelle altre aree, concordemente alle differenze tra le temperature 'attuali' e 'di riferimento', che mostrano la parte inferiore del dominio più fredda nel periodo in esame rispetto al riferimento preso, e più calde le altre aree.

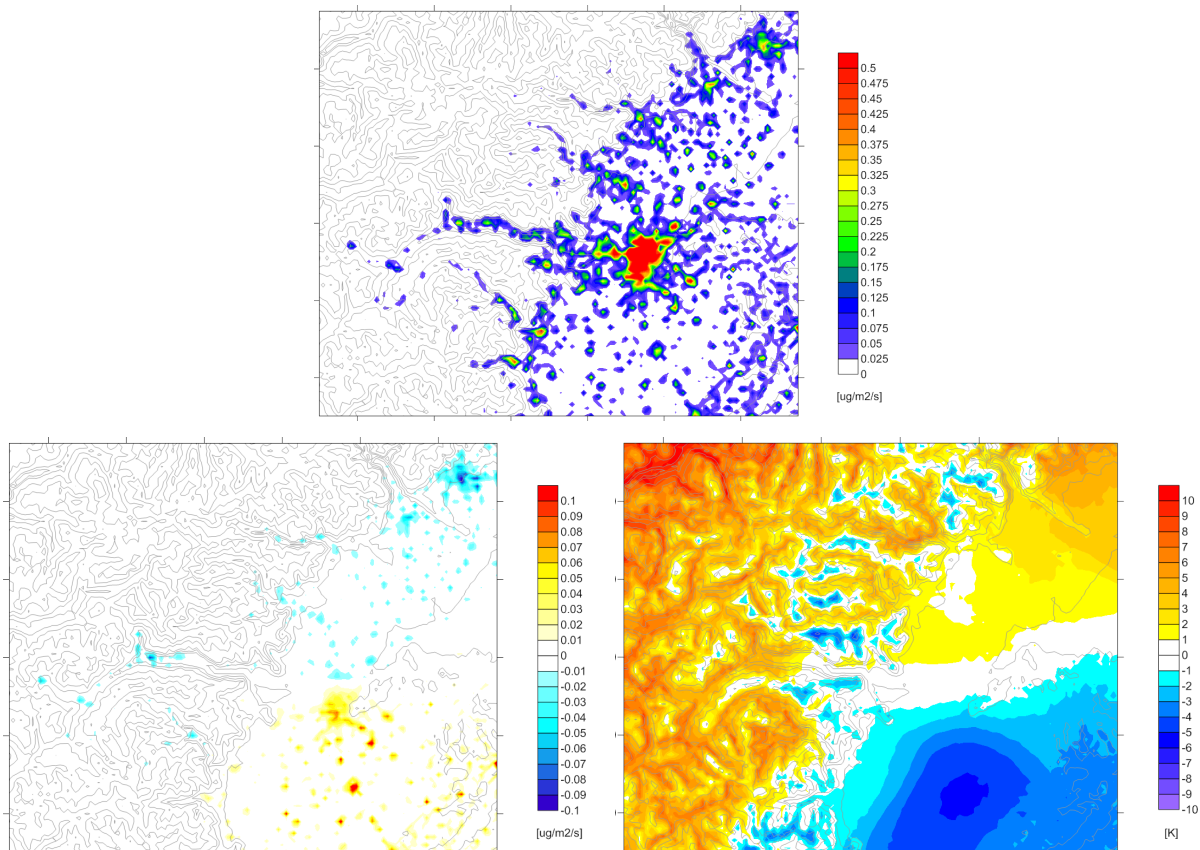


Fig. 11: In alto: emissioni di NOx dal riscaldamento civile: medie per il mese di gennaio con modulazione 'a priori'. In basso: a sinistra, differenza media per il mese di gennaio tra le emissioni modulate in modo 'dinamico' e 'a priori'; a destra, differenza tra valori 'attuali' e 'di riferimento' per le temperature medie al suolo per il mese di gennaio.

Su periodi specifici le differenze possono risultare consistenti, come mostra il confronto tra le serie temporali delle emissioni complessive giornaliere per l'intero dominio calcolate con il metodo 'a priori' e con quello 'dinamico' (figura successiva).

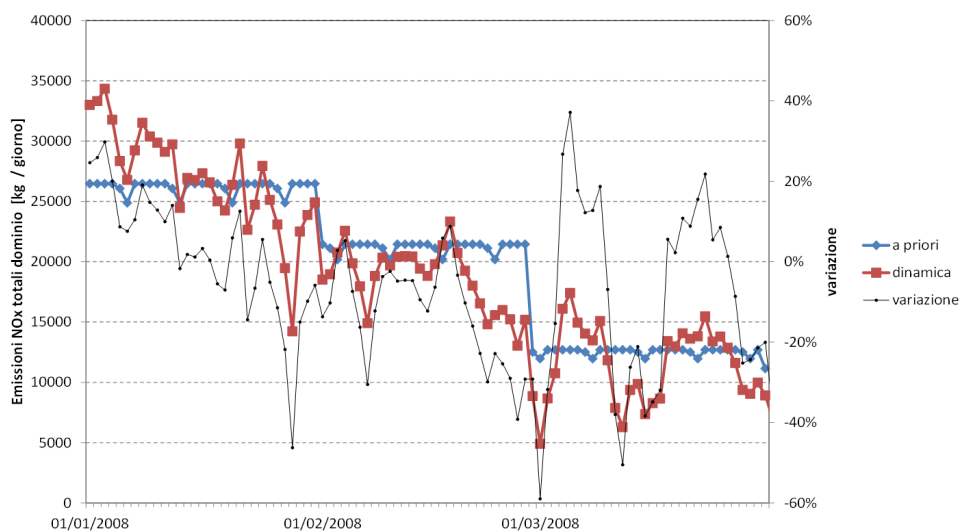


Fig. 12: Emissioni totali giornaliere di NOx da riscaldamento per l'intero dominio: confronto tra emissioni modulate con i profili mensili 'a priori' e con la correzione 'dinamica' basata sulle temperature.

Un analogo confronto tra i due metodi in punti specifici del territorio mostra come localmente le differenze possono essere anche superiori. Tuttavia nel caso considerato l'applicazione del metodo 'dinamico' non porta ad una deriva sistematica delle emissioni complessive: la variazione tra le emissioni totali per l'intero

dominio calcolate con il metodo dinamico e quelle 'a priori' è pari al +3% per il mese di gennaio -5% per l'intero trimestre.

Dal test preliminare condotto appare dunque come la metodologia delineata possa descrivere in modo coerente nello spazio e nel tempo la dipendenza delle emissioni da riscaldamento civile dalle anomalie termiche, senza produrre tuttavia derive irrealistiche della massa complessiva emessa su tutto il dominio su periodi lunghi. Risulta dunque potenzialmente utilizzabile nel sistema modellistico previsionale sulla base dei dati routinariamente disponibili al suo interno, nonché nelle simulazioni annuali per la valutazione della qualità dell'aria.

4.2 Proposta metodologica per la predisposizione di servizi di previsione della qualità dell'aria al di fuori dell'area metropolitana torinese

L'articolo 26 "Informazioni al pubblico" della direttiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa prevede che siano rese disponibili previsioni relative alle aree territoriali potenzialmente interessate dal superamento delle soglie previste per gli inquinanti coperti dalla normativa, nonché la tendenza dei livelli di concentrazione per i giorni a venire (miglioramento, stabilizzazione o peggioramento), il motivo del cambiamento previsto, nonché informazioni relative all'esposizione ed ai possibili effetti sulla salute dei gruppi di popolazione a rischio.

L'attuale Indice di Qualità dell'Aria (IQA) per l'Area Metropolitana di Torino è calcolato a partire dalle concentrazioni grigliate prodotte dalla catena modellistica prognostica sul sottodominio di Torino, con un algoritmo analogo a quello utilizzato per il calcolo a partire dai dati osservati, pesando i valori dei diversi punti griglia con una pesatura che privilegia le aree residenziali o produttive.

La possibilità di rendere operativa la catena prognostica su tutto il territorio provinciale e di disporre di uno strumento di comunicazione sullo stato della qualità dell'aria su area vasta fa sorgere la necessità di definire degli indicatori sintetici per aree al di fuori dell'area metropolitana. L'estensione della metodologia all'intero territorio provinciale necessita peraltro di un'analisi preliminare congiunta dell'IQA desunto sia dalle osservazioni alle stazioni della rete di monitoraggio, sia dai valori forniti dalla catena modellistica. L'analisi, svolta su un periodo di un anno, è volta ad evidenziare da un lato l'aderenza dell'indice calcolato in prossimità dei punti di misura, dall'altro la sua articolazione sul territorio.

In tale contesto è stata dunque dapprima elaborata un'ipotesi di estensione alla provincia di Torino dell'IQA, calcolato a partire dai campi di concentrazione prodotti con la simulazione a 1 km. L'approccio utilizzato è stato mutuato da quello utilizzato per l'indice attualmente in uso sull'area metropolitana torinese, valutandone l'applicabilità a realtà diverse dall'agglomerato urbano esteso su cui esso è stato definito, al fine di mantenerne l'utilità informativa al pubblico.

La prima considerazione in questo senso è che il territorio provinciale copre aree diverse fra loro, sia in termini di densità emissiva (dall'area metropolitana ai piccoli centri alpini), sia in termini di meteorologia e qualità dell'aria (zone di pianura o fondovalle con frequenti inversioni termiche invernali e conseguente aumento delle concentrazioni e superamento dei limiti, aree collinari sottovento rispetto alle emissioni, aree remote con insolazione estiva e formazione di ozono, eccetera), sia per identità socioeconomica (comunità montane, aree non direttamente gravitanti su Torino).

In via preliminare si è quindi deciso di suddividere la provincia in zone che avessero caratteristiche di maggiore omogeneità rispetto alla qualità dell'aria, e significative per i destinatari dell'informazione che si intende fornire. Come punto di partenza è stata utilizzata la proposta di nuova zonizzazione regionale elaborata da ARPA Piemonte nel 2011, che si articola nell'agglomerato torinese esteso a tutti i comuni serviti dall'azienda di trasporto GTT, una fascia di pianura, una collinare e una montana. Tali fasce sono poi state ulteriormente divise seguendo un criterio geografico, per ottenere zone più circoscritte e con un'identità riconoscibile. Tali zone sono state infine in parte accorpate (fig. seguente), mantenendo la divisione fra le aree montane e il resto del territorio, ma unendo le aree collinari alle adiacenti porzioni di pianura e ai comuni dell'agglomerato torinese esteso (area GTT) che non ricadono nell'agglomerato ristretto su cui è calcolato l'IQA di Torino. Ne risultano tre zone montane (valli di Lanzo, Orco, Soana e Chiusella; alta Valsusa; valli Chisone, Germanasca e Pellice), la zona collinare a est di Torino (con l'aggiunta dei comuni collinari

dell'agglomerato esteso), tutto il nord torinese unito al Canavese ed Eporediese, il sud unito al Pinerolese, la bassa Valsusa unita ai comuni occidentali dell'agglomerato esteso, oltre alla zona dell'IPQA torinese attuale.

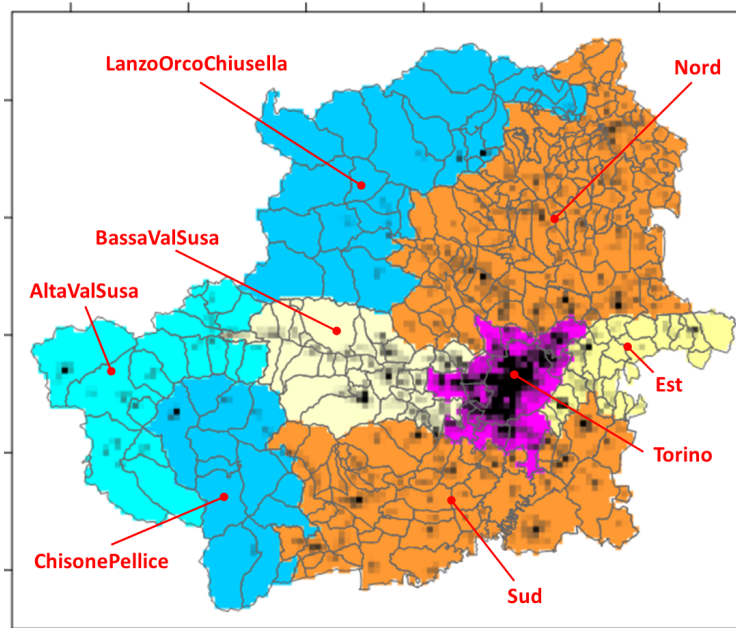


Fig. 1: Suddivisione in zone proposta per l'indice di qualità dell'aria (in grigio le celle urbanizzate su maglie di 1 km, con gradazione tanto più scura quanto più la percentuale di uso del suolo si avvicina al 100% di urbanizzato).

Oltre alla ridefinizione delle zone, anche il procedimento di calcolo dell'indice di qualità dell'aria subisce una modifica. Il calcolo dell'IQA attuale sulla città di Torino prevede che dei campi di concentrazione calcolati si considerino solamente i valori nei punti griglia che ricadono sulle aree urbanizzate, individuate a partire da mappe di uso del suolo: solo le celle del dominio di calcolo in cui prevale l'edificato sono utilizzate per determinare l'indice, mentre le altre sono scartate. Ciò deriva dall'esigenza di fornire un'informazione che caratterizzi i luoghi dove la maggior parte della popolazione vive e lavora, ma risulta limitante nel caso delle zone esterne alla città, caratterizzate da maggiori disomogeneità fra urbanizzato ed il resto del territorio, ed a maggior ragione nelle valli alpine, dove la superficie antropizzata è una parte minima del territorio complessivo. Per tenere conto di ciò, l'IQA complessivo per le nuove zone proposte viene dunque calcolato pesando le concentrazioni di tutte le celle comprese nella zona di interesse secondo la frazione di uso del suolo edificato di ciascuna cella.

Una volta calcolati gli IQA sulle diverse zone con il metodo descritto, per valutare quanto gli indici siano rappresentativi nei singoli comuni, è stata confrontata la distribuzione annuale dell'indice di ciascuna zona con quella di ciascuno dei comuni che la compongono. Come termine di paragone sono stati utilizzati i dati di IQA comunale prodotti da ARPA Piemonte, che giornalmente li stima a partire dalla simulazione a 4 km di risoluzione sull'intera regione, con assimilazione dei dati misurati nelle stazioni di monitoraggio (si considera dunque che i campi in questione rappresentino quanto sia attualmente disponibile di più aderente alla realtà riguardo alla qualità dell'aria in provincia di Torino). Il confronto ha evidenziato come nonostante le discrepanze presenti in diverse zone della provincia, le medie annuali degli IQA e delle classi calcolate basandosi sulle due fonti siano coerenti, in particolare nella zona collinare dove non differiscono per più del 20% del limite di legge, corrispondente a circa mezza classe.

Come ulteriore riscontro gli IQA di ciascuna zona sono stati inoltre confrontati con gli analoghi indici calcolati puntualmente a partire dai dati misurati nelle centraline di monitoraggio di ARPA Piemonte in essa situate. Ciò ha confermato la diversa rappresentatività dei due approcci, quello di zona portatore di un'informazione media su un'area vasta, mentre quello relativo ai punti di monitoraggio potenzialmente sempre meno rappresentativi della realtà man mano che ci si allontana dal punto di campionamento.

Nel loro complesso le analisi effettuate mostrano come, al fine della definizione di un indice per la comunicazione sintetica della qualità dell'aria sulle rimanenti aree del territorio provinciale, gli accorpamenti esplorati dei comuni in zone costituiscano insieme non meno omogenei al loro interno di quanto sia

l'agglomerato torinese attualmente impiegato. Ciò accade in particolar modo per le aree di pianura e collina; sulla fascia montana le differenze all'interno delle zone risultano invece superiori. Queste aree peraltro sono in genere meno affette da episodi critici di inquinamento, se si escludono casi circoscritti a realtà specifiche (es. Susa).

5 Conclusioni e prospettive

Il progetto si proponeva di valutare i benefici che si possono ottenere nella simulazione modellistica della qualità a scala locale (1 km) accompagnando la discesa di scala con un'ottimizzazione dell'input emissivo, in una prospettiva di inventario provinciale.

L'attività di aggiornamento sulle **sorgenti industriali**, con la definizione di fattori di emissione specifici per ogni impianto analizzato, è confluita nella definizione di un database MS-ACCESS che permette la consultazione delle caratteristiche di impianto e un dimensionamento immediato delle sorgenti negli anni successivi al 2008, sulla base di dati di produzione o di consumo. Su questo fronte, sarebbe auspicabile, da una parte, una piena integrazione con il database che attualmente gestisce l'iter e gli adempimenti autorizzativi presso la Provincia e, dall'altra, l'evoluzione verso uno strumento che consenta la definizione di scenari e l'esportazione di file di input emissivi utilizzabili direttamente dal sistema modellistico.

La nuova stima delle emissioni della **combustione non industriale** ha messo in luce differenze notevoli a livello comunale per il gas naturale, dovute all'utilizzo del combustibile erogato e non ripartito con variabili proxy (superfici riscaldate, popolazione residente). La disponibilità di nuove informazioni regolarmente raccolte dai comuni più popolosi aderenti al Patto dei Sindaci suggerisce la transizione verso un metodo misto per la stima delle emissioni di questo comparto, limitando l'uso di variabili proxy ai comuni più piccoli che rappresentano quote di consumo residuale. Sul fronte della biomassa, l'utilizzo di informazioni sul parco di impianti di combustione ha restituito una stima più attendibile e più adatta alla definizione di scenari energetici futuri. Anche in questo caso, resta cruciale la scelta della variabile proxy da utilizzare per la ripartizione del consumo provinciale, che al momento è rappresentata dalle superfici riscaldate mutate dal censimento ISTAT 2001. Indagini specifiche, anche attraverso il canale scolastico, potrebbero consentire una definizione più realistica dei fattori di utilizzo dei dispositivi nelle diverse zone (area metropolitana, pianura, collina, montagna) e anche della penetrazione della legna in aree tradizionalmente escluse.

L'approccio bottom-up ha restituito emissioni probabilmente sottostimate del **traffico**, evidenziando una notevole sensibilità di questo metodo alla scelta dei parametri quali la velocità di percorrenza sugli archi e le caratteristiche del parco circolante. La possibilità di disporre di informazioni relative alla sola mobilità privata, quali quelle contenute nel grafo provinciale, ha introdotto una certa arbitrarietà nella stima delle emissioni della mobilità commerciale, che costituiscono una percentuale importante delle emissioni complessive. In particolare, riguardo alla stima delle emissioni del traffico urbano diffuso in un territorio così vasto e con caratteristiche di spostamenti non sistematici così diverse, sarebbe opportuno disporre di un grafo multi-modale per differenziare le aree in cui è grande l'offerta di mezzi pubblici. Stante la rilevanza delle emissioni da traffico, anche nella prospettiva dell'utilizzo di modelli di dispersione a risoluzione maggiore o ibridi, è necessario uno sforzo maggiore nella direzione di fonti di informazione più solide e specifiche, quale il ricorso ai dati acquisiti da telecamere in città e tutor fuori città per la conoscenza dei parchi circolanti e delle velocità medie.

Una stima più dettagliata delle emissioni di ammoniaca dal **settore zootecnico** non sembra invece portare apprezzabili benefici nella ricostruzione della qualità dell'aria a scala locale. Per la rilevanza nella formazione della frazione secondaria del particolato, sarebbe opportuno però affinare la stima delle emissioni di ammoniaca non legate all'agricoltura, sia per quanto riguarda le attività suscettibili di politiche di riduzione (trasporti, industria, rifiuti, ecc.) che per quelle umane o naturali, che si concentrano in aree diverse da quelle agricole, dove nella descrizione attuale le emissioni di ammoniaca sono quasi assenti.

Sebbene sia stata prestata una grande attenzione alla spazializzazione e alla modulazione delle emissioni considerate, dal punto di vista del pre-processamento delle emissioni da fornire in input al modello sono auspicabili i seguenti ulteriori miglioramenti nel prossimo futuro:

- trattazione dinamica del plume rise delle sorgenti puntuali tenendo in considerazione temperatura e direzione del vento istantanea;
- predisposizione degli input emissivi di tutte le sorgenti (dunque anche diffuse e lineari) su griglia tridimensionale, per permettere la differenziazione delle diverse tipologie di emissioni (es. riscaldamento, traffico, attività produttive) in termini di altezza media del punto di emissione in atmosfera;

- trattazione dinamica del riscaldamento (in funzione del campo di temperatura) e della risospensione (in funzione del campo di precipitazione), in questo progetto elaborati solo in termini metodologici.

Per valutare l'effetto delle modifiche sulla simulazione modellistica, sono state analizzate tre simulazioni di durata annuale: la simulazione a scala regionale di Arpa Piemonte (4 km, VAQ08), la discesa di scala ad 1 km con stesso input emissivo da inventario regionale (DVQ08 di Arpa Piemonte) e la simulazione ad 1 km con inventario 'ottimizzato' su scala provinciale (AERA). Per evidenziare separatamente l'effetto delle modifiche ai singoli comparti emissivi sono stati preliminarmente effettuati dei test di durata mensile (uno estivo ed uno invernale).

Complessivamente, l'insieme delle modifiche apportate alle emissioni conduce ad una migliore descrizione delle concentrazioni nei siti di fondo, urbano e suburbano rispetto alla sola discesa di scala, in particolare nei siti esterni all'area metropolitana. Nei siti di traffico urbano, invece, si evidenzia un peggioramento rispetto alla semplice discesa di scala, dovuto al ridimensionamento notevole delle emissioni di tutti gli inquinanti derivante dalla stima del traffico a partire dal grafo disponibile presso la Provincia, evidenziata anche nelle simulazioni di test. Si ritiene tuttavia che l'integrazione delle informazioni legate ad un grafo dettagliato nell'inventario delle emissioni sia fondamentale per correlare in modo verosimile la distribuzione delle concentrazioni nello spazio con i cambiamenti legati alle politiche e alle misure sulla mobilità.

La riproduzione modellistica nelle concentrazioni orarie di biossido di azoto mostra una sottostima dei valori di picco collegati ai flussi di traffico e in generale nelle concentrazioni diurne. Su questo fronte è auspicabile una migliore trattazione delle reazioni fotolitiche, sia utilizzando degli schemi di calcolo dei ratei di fotolisi che tengano conto degli effetti delle particelle di aerosol e gassose presenti in atmosfera, come per esempio il modulo TUV già implementato nel modello FARM ma non utilizzato per questo studio, sia tenendo conto degli effetti 'medi' della canopy urbana (presenza di edifici di varia altezza, rispetto alla larghezza delle strade) sulla radiazione solare rispetto al caso di campo libero.

La tipologia di modello adottata, pur consentendo una completa trattazione della chimica non consente di spingersi alle scale richieste per la riproduzione delle concentrazioni registrate in un sito da traffico, che sono invece rappresentative delle concentrazioni presenti a qualche decina di metri dall'asse stradale. Nell'ottica di integrazione tra misura e modelli delineata dalla Direttiva Europea 2008/50/EU, anche ai fini della progressiva riduzione delle centraline di monitoraggio e dell'ottimizzazione delle reti, è auspicabile l'evoluzione verso un sistema modellistico a multiscala di tipo ibrido che permetta l'individuazione di criticità di tipo hot-spot di traffico.

L'evoluzione verso un sistema di questo tipo non può però prescindere da una trattazione delle emissioni da traffico del tipo 'bottom-up', su grafo lineare anche in ambito urbano, e quindi dall'integrazione di questo approccio di stima delle emissioni con la tradizionale stima 'top-down' degli inventari utilizzati per la valutazione modellistica della qualità dell'aria su scala regionale.

PARTE II (Francese)

6 Introduction

La Province de Turin, avec D.D. 132-40251 du 28/11/2011 entrée en vigueur le 2/12/2011, a attribué aux entreprises Simularia Srl et ARIANET Srl (incorporé dans RTI dans les proportions de 55% et 45%, respectivement) la charge d'effectuer une activité de recherche et le développement dans le contexte de la modélisation intégrée d'analyse de la qualité de l'air à l'appui du projet stratégique «Aera -. Air Environnement Régions ALCOTRA»

Comme indiqué par le pouvoir adjudicateur dans les documents d'appel d'offres, le contrat concerne la fourniture de services pour les activités suivantes:

1. l'approfondissement à l'échelle provinciale de l'inventaire des émissions préparé par la Région du Piémont (IREA 2007) en ce qui concerne les secteurs d'émission principaux (sources industrielles, le trafic, le chauffage domestique);
2. réalisation de simulations avec descente d'échelle sur la province de Turin, avec le modèle diagnostique tridimensionnel actuellement en usage dans la Région du Piémont;
3. préparation de services de prévision des concentrations et de l'Indice de la Qualité de l'Air, avec l'utilisation de modèles pronostiques dans la Province de Turin.

Ce document décrit brièvement les activités menées pour atteindre les objectifs décrits (notée A1, A2 et A3), en suivant la division dans les sous-actions spécifiques, dans les deux langues de référence (italien et français).

Une description plus détaillée des résultats obtenus peut être trouvée dans le rapport final livré en Janvier 2013 (G. Calori et al., 2012b, Ref. SIMULARIA.R2012.17), qui contient également les résultats de la période test effectués séparément avec l'actualisation des informations sur des secteurs d'émissions spécifiques: les industries, les émissions dues au trafic routier (en deux variantes, aussi en augmentant la fraction directement émise comme NO₂), le chauffage et l'agriculture.

A soutien au service de prévision des concentrations dans la région métropolitaine effectué par Arpa Piemonte sont également présenté des propositions de travail visant à améliorer, en façon «dynamique», le traitement des émissions préparées à partir des données d'inventaire pour la chaîne pronostique, de manière à rendre l'estimation de la pollution plus réaliste au moins dans les parties qui doivent dépendre de la météorologie (chauffage par rapport à la température ambiante, la reuspension par rapport aux précipitations). Enfin, on a élaboré une proposition pour l'extension de l'Indice de la Qualité de l'Air prévisionnel sur tout le territoire de la Province, grâce à la combinaison des municipalités dans des zones homogènes, à la fois en termes d'émissivité et territoriale.

7 Approfondissements sur l'inventaire des émissions (A1)

L'activité est conçue comme l'approfondissement à l'échelle provinciale de l'inventaire régional IREA07, avec le double objectif d'améliorer l'estimation des émissions pour la modélisation à haute résolution de la qualité de l'air et d'établir une base de données d'émission les plus utiles pour la planification des mesures pour l'amélioration de la qualité de l'air, en vue de l'analyse de scénarios. Ont été pris en compte les domaines suivants:

7.1 Sources industrielles

On a examiné l'information (données de suivi et d'auto-surveillance, consommations, heures d'ouverture, données de production) par rapport à 57 installations industrielles, en mettant à niveau au 2008 les caractéristiques d'émission de cette partie de l'inventaire régional, tant par l'introduction de nouvelles sources (au-dessus du seuil de de 20 t/a de NO_x ou de 10 t/a de PM₁₀), tant en révisant celles qui existent déjà.

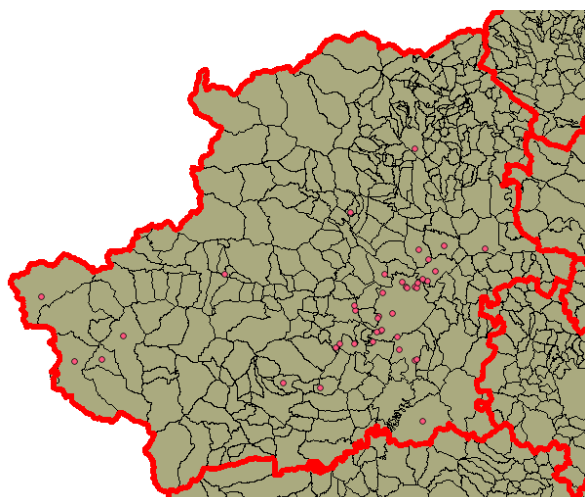


Fig. 13 Les sources ponctuelles présentes dans le nouvel inventaire provincial.

Par rapport à l'inventaire en 2007 (cfr. Tab. 4), la mise à jour a entraîné une réduction de tous les polluants à l'exception du dioxyde de soufre. Réductions les plus importantes sont pour les émissions de particules primaires (-10% du total provincial).

Tab. 4. Bilan des variations apportées aux émissions des sources industrielles.

-2947	-12	-359	-1585	113	-660	AERA – IREA07
CO (t/a)	NH₃ (t/a)	NMVOC (t/a)	NO_x (t/a)	SO₂ (t/a)	PM₁₀ (t/a)	
82606	11484	39879	33058	2217	6537	TOTALE IREA07

-3.6% **-0.1%** **-0.9%** **-4.8%** **5.1%** **-10.1%**

Sur chaque plante analysée ont été produites cartes cognitives, recueillis dans un rapport distinct (G. Calori et al., 2012, Ref. SIMULARIA.R2012.08) qui contient des données sensibles.

Pour faciliter la mise à jour de l'inventaire dans les années à venir, les données nécessaires pour estimer les émissions ont été inclus dans une base de données MS-Access, qui contient les facteurs d'émission définies spécifiquement pour chaque plante considérée (R. Prandi e L. Pallavidino, 2013, Ref. SIMULARIA.R2013. 02).

7.2 Trafic routier

Avec une approche ascendante (bottom-up), à partir du graphe provinciale de la mobilité privée indiqué sur la figure, ont été estimés les émissions de Macrosecteur 07 avec la méthodologie COPERT IV (Ntziachristos L. et al., 2009), et aussi les resuspension routières avec la formule EPA (EPA, 2011), en utilisant les informations relatives au parc des véhicules du 2008.

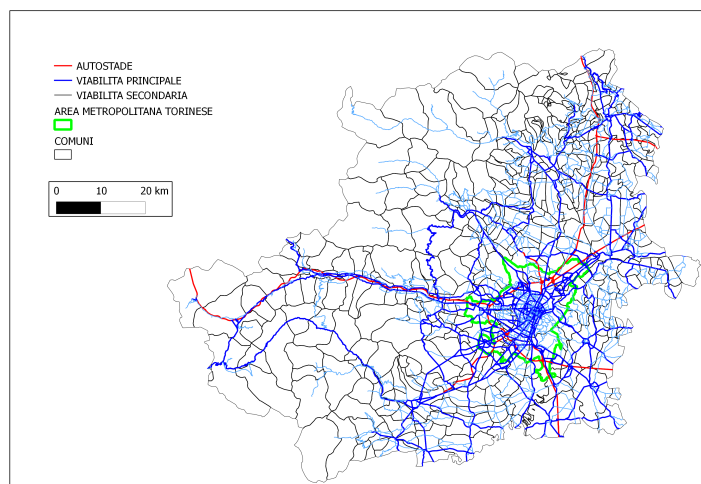


Fig. 14 Graphe de la mobilité privée dans la province de Turin.

Les émissions de bus urbain (GTT) ont été estimées séparément et attachés aux lignes de transport public.

Les émissions provenant de la circulation urbaine ont été calculés par différence, liant le total de CO₂ (consommations) aux données utilisées par IREA07, la vente de carburants automobiles selon le Bulletin d'huile au niveau provincial. Le trafic a été répartis entre les municipalités en fonction des population résidente.

Par rapport aux émissions du transport routier dans le cadastre régional, la nouvelle estimation implique une réduction de tous les polluants (entre le -86% du SO₂ et le -5% du PM₁₀), à l'exception de l'ammoniac (+21%).

Tab. 5. Nouvelle estimation des émissions su Macrosecteur 07

	CO [t/a]	CO ₂ [kt/a]	NM VOC [t/a]	NH ₃ [t/a]	NO _x [t/a]	PM10 [t/a]	SO ₂ [t/a]
Transport routier – linéiques	16287	2440	1514	294	9009	630	59.6
Émissions de GTT	176	64.9	89		626	23	0.1
Transport urbain routier – émissions surfaciques	16042	1373	1734	210	4089	328	33.6
TOTAL TRANSPORT ROUTIER ALCOTRA	32505	3878	3337	504	13724	981	93.3
RESUSPENSION						2218	

7.3 Combustion hors industrie

Les émissions du Macrosecteur 02 ont été obtenus à partir des consommation de carburant sur base municipale collectés dans le Bulletin Provincial de l'Énergie (Provincia di Torino, 2010).

Pour le bois, on a utilisé l'estimation de la consommation et des informations relatives aux appareils thermiques recueillies par RENERFOR dans la province de Turin (Fracastoro-Crocetta, 2012), alors qu'on a utilisé les facteurs d'émission convenus dans AERA (AERA/ALCOTRA, 2012). Les émissions totales par catégorie SNAP sont donnés dans le tableau suivant, en comparaison avec les dans l'inventaire régional.

Tab. 6: Émissions estimées à partir des installations de chauffage domestiques et tertiaires (t/an)

IMPIANTO	COMBUSTIBILE	CO	NMVOC	NOx	PM10	PM2.5	SO2
Cal.pot.termica<50MW	gasolio	20	3	59	3	3	99
	metano	1215	243	1847	10	10	24
	Olio combustibile	12	7	108	20	18	108
Cald.pot.termica<50MW	GPL	29	6	175	1	1	0
Caldiae con potenza termica < 50 MW	legna	3044	482	46	120	118	10
Camino aperto tradizionale	legna	6934	2229	59	852	834	11
Camino chiuso o inserto	legna	7665	1375	91	777	761	17
Stufa automatica a pellets o cippato o BAT legna	legna	1701	121	128	137	134	16
Stufa o caldaia innovativa	legna	6072	572	98	448	438	19
Stufa tradizionale a legna	legna	10192	2195	94	1156	1132	18
TOTALE		36883	7232	2706	3524	3449	323

Dans ce Macrosecteur ont également été incluses les émissions des centrales électriques à biomasse qui approvisionnent les petits réseaux de chauffage urbain (Politecnico di Torino/Enea, 2012) et d'une estimation des émissions de pizzerias avec four à bois.

Par rapport aux émissions du combustion hors industrie dans le cadastre régional, la nouvelle estimation implique une augmentation substantielle des émissions de tous les polluants par rapport all'IREA07, à l'exception des oxydes d'azote (-10%) et du dioxyde de soufre (-43%).

7.4 Gestion des déchets d'élevage

D'après les données du Registre Agricole, sur une base municipale, une estimation a été faite des émissions d'ammoniac liées à la gestion du fumier, mise à jour pour 2008. Dans les municipalités où les fermes avec IPPC étaient présents (en jaune sur la figure), les émissions correspondantes ont été georéférees et les animaux élevés séparés du total de la municipalité.

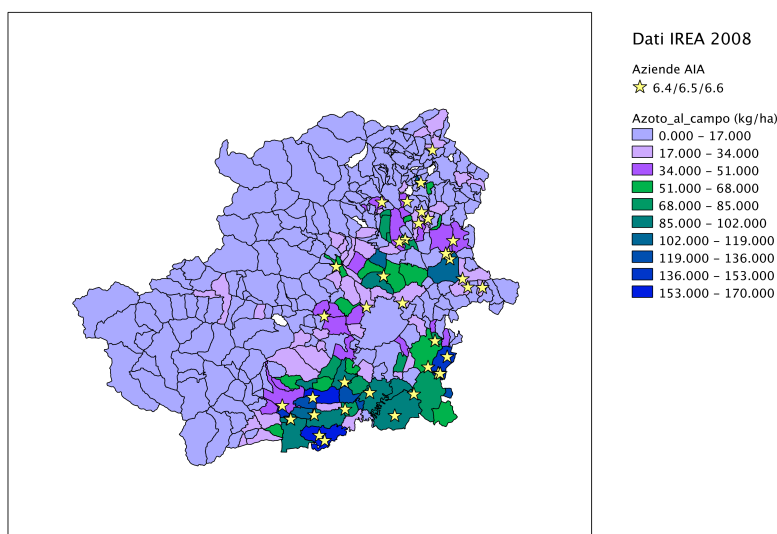


Fig. 15: Quantité d'azote sur le terrain et l'emplacement des exploitations en possession d'une autorisation IPPC.

Dans l'ensemble, la nouvelle estimation réduit d'environ 3% les émissions d'ammoniac du Macrosecteur 10. L'analyse de l'information des entreprises IPPC a montré que 47% des émissions provenant des déchets d'élevage sont associés au logement, alors que 26% et 27%, respectivement, pour le stockage et l'épandage.

7.5 Les émissions totales de la province de Turin

Dans les figures suivantes est représentée, polluants par polluant, la comparaison entre l'estimation AERA et les inventaires IREA07 et IREA08 pour les émissions de la province de Turin, divisée en classes SNAP⁵:

- Macrosecteur 1: Combustion dans les industries de l'énergie et de la transformation de l'énergie (*Produzione di energia e trasformazione combustibili*)
- Macrosecteur 2: Combustion hors industrie (*Combustione non industriale*)
- Macrosecteur 3: Combustion dans l'industrie manufacturière (*Combustione nell'industria*)
- Macrosecteur 4: Procédés de production (*Processi produttivi*)
- Macrosecteur 5: Extraction et distribution de combustibles fossiles/énergie géothermique (*Estrazione e distribuzione combustibili*)
- Macrosecteur 6: Utilisation de solvants et autres produits (*Uso di solventi*)
- Macrosecteur 7: Transport routier (*Trasporto su strada*)
- Macrosecteur 8: Autres sources mobiles et machines (*Altre sorgenti mobile e macchinari*)
- Macrosecteur 9: Traitement et élimination des déchets (*Trattamento e smaltimento rifiuti*)
- Macrosecteur 10: Agriculture et sylviculture (*Agricoltura*)
- Macrosecteur 11: Autres sources et puits (*Altre sorgenti e assorbimenti*)

La nouvelle estimation de la demande de chaleur satisfaite par le bois (source RENERFOR), conduit à une augmentation des émissions de PM10 et CO, qui compense la réduction des émissions dues au trafic, avec une répartition similaire au nouveau inventaire régional IREA08. Les oxydes d'azote sont généralement réduits (du 16% par rapport à IREA07 et du 7% par rapport à IREA08), principalement en raison de la contraction du Macrosecteur 07 dans l'approche bottom-up.

⁵ Selected Nomenclature for Air Pollution

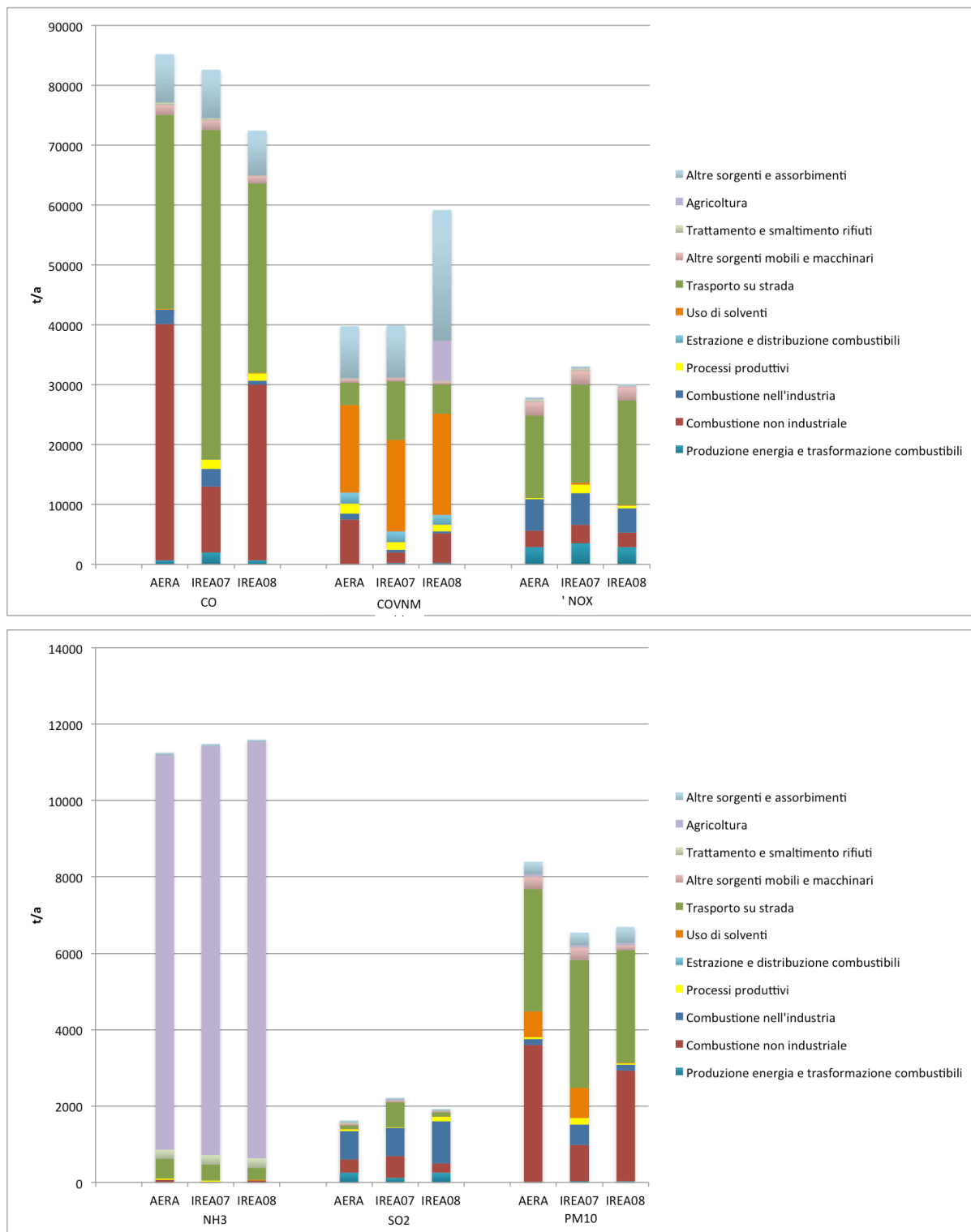


Fig. 16 Répartition des émissions totales de la Province de Turin: comparaison entre l'estimation faite dans cette étude (AERA) et des estimations de l'inventaire régionales pour l'année 2007 (IREA07) et 2008 (IREA08).

8 Simulations avec descentes d'échelle par modèle diagnostique tridimensionnel (A2)

Le but principal de cette activité était:

- la traduction de l'information collectée et organisée dans l'activité A1 à un ensemble de données d'entrée à la chaîne de modèle utilisé par Arpa Piemonte pour l'évaluation et la prévision de la qualité de l'air,
- surveiller les effets de ces changements d'émission sur la simulation de concentrations, au moyen d'indicateurs statistiques pour la comparaison avec les données des stations de surveillance et des cartes de concentration.

Pour les comparaisons, Arpa Piemonte a fourni les données d'entrée et les résultats de deux simulations annuelles pour l'année 2008, la simulation à l'échelle régionale sur la grille à 4 km (VAQ08) et la descente de l'échelle à 1 km avec la même entrée de l'inventaire régionales des émissions (DVQ08).

8.1 Méthodologie

La zone dans laquelle ont été effectués des simulations couvre le territoire de la Province de Turin et possède les propriétés suivantes:

- Coordonnées UTM32 du point SW: (310000, 4950000)
- Résolution horizontale: 1000 m
- Extension selon x: 126 km
- Extension selon y: 106 km

Les caractéristiques du domaine vertical proviennent des simulations effectuées par ARPA Piemonte. La grille de calcul s'étend sur 16 niveaux jusqu'à environ 8000 m d'altitude, avec des hauteurs des points centrales des mailles mises à 10, 25, 48, 81, 132, 208, 322, 493, 749, 1133, 1710, 25745, 3872, 5072, 6272, 7472 m au-dessus du sol.

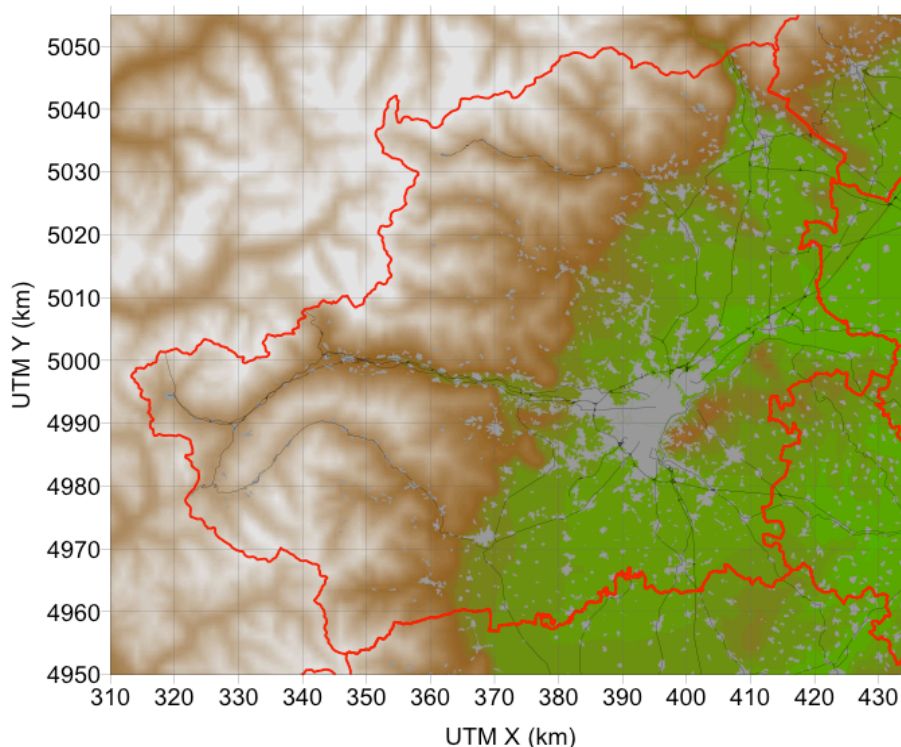


Fig. 17: Domaine de calcul: sur la carte sont marqués les frontières provinciales en rouge, les principales voies de communication en noir, l'extension des zones urbaines en gris.

- Code de calcul utilisé : FARM (Flexible Air quality Regional Model) v. 3.1.5. Modèle tridimensionnel Eulérien photochimique avec les transformations des espèces chimiques en phase gaz selon le schéma SAPRC99 et le module AERO3 pour le traitement de la chimie des aérosols (partie inorganique et organique). L'élimination des polluants a lieu pour le dépôt sec, qui dépend de la météorologie locale et l'utilisation du sol, et les dépôts humides à cause de la pluie. Le modèle, ce qui permet une imbrication à une ou deux voies avec un nombre arbitraire de grilles de calcul, a été appliqué dans une configuration à une voie alimentée avec des conditions aux limites prises de la simulation à 4 km produite par Arpa Piemonte
- Émissions: champs d'émission horaires de SO₂, NO_x, COVNM (spéciés en fonction des activités SNAP selon les classes prévues par le mécanisme chimique SAPRC99), NH₃, CO, PM₁₀ (spécié et divisé en classes de taille selon les spécifications du module AERO3), projetée sur la grille du calcul et modulée dans le temps par l'intermédiaire du pré-processeur Emission Manager.
- Météorologie: champs horaires 2D/3D pour 2008 de vent, température, pression, nébulosité et hauteur, précipitations, diffusivité horizontale et verticale, taux de dépôt, obtenu à la résolution horizontale de 1 km avec l'application du modèle diagnostique MINERVE / SWIFT et du modèle de turbulence SURFPRO.
- Conditions initiales et aux limites: champs horaires de concentration sur les bords et au sommet du domaine tridimensionnelle, préparés à partir des résultats de la simulation régionale sur un maillage de résolution de 4 km, produite par ARPA Piemonte.

8.2 Simulation AERA annuel et comparaisons

Le projet visait à évaluer les effets bénéfiques qu'on peut obtenir de la simulation de la qualité de l'air à l'échelle locale (1 km) accompagnant la descente de l'échelle avec l'optimisation des données d'émission d'entrée, dans la perspective d'un inventaire provinciale.

Trois simulations ont été donc analysées pour un an: la simulation à l'échelle régionale de ARPA Piemonte (4 km, VAQ08), la descente de l'échelle à 1 km avec le même inventaire régional des émissions en entrée (DVQ08) et la simulation à 1 km avec l'inventaire «optimisé» au niveau provincial (AERA). Séparément, pour mettre en évidence l'effet des modifications apportées aux secteurs individuelles des émissions, ont été préalablement effectué des tests pendant un mois (un été et un hiver).

Les résultats des tests sur les différents secteurs d'émissions montrent en bref comme les nouvelles estimations des émissions de la combustion non industrielle conduisent à une amélioration de la reproduction des valeurs mesurées, généralisée à l'ensemble de la province, tandis que la révision des sources industrielles apporte des effets limités au voisinage des sites mesure (par exemple Torino Lingotto), situés près de sources situées sur lequel on a agi. En ce qui concerne le trafic, le traitement des émissions à partir du graphique linéaire montre une détérioration générale, particulièrement évident dans les stations de trafic de la ville de Turin, tandis que les améliorations sont limitées dans les stations de la première ceinture. Le test spécifique effectué sur la fraction de NO₂ émis directement par les véhicules montre une reproduction plus réaliste des concentrations horaires de pic pendant l'hiver. L'examen des émissions d'ammoniac liées à la gestion des déchets d'origine animale, avec une définition plus précise des entreprises ayant le plus d'impact sur la province, une meilleure définition des profils temporels des activités de logement, épandage et stockage, et une répartition plus précise sur les terres agricoles, n'a pas conduit à des changements appréciables dans les concentrations de PM₁₀ dans les périodes d'essai.

En ce qui concerne les courses annuelles, la comparaison avec les données recueillies par les stations de surveillance indique, même en présence d'une sous-estimation générale, en particulier pour le PM₁₀, comme la seule descente d'échelle ne conduit nécessairement à une amélioration de la modélisation, en particulier dans les sites à l'extérieur de la région métropolitaine, où à résolution plus lâche sont présents une partie des émissions de Turin. Globalement, l'ensemble des modifications apportées aux émissions conduit à une meilleure description des concentrations de fond urbain et suburbain, par rapport à celle donnée par la seule descente d'échelle, en particulier dans les sites au dehors de la région métropolitaine. Les sites de trafic urbain, cependant, montrent une aggravation par rapport à la seule descente d'échelle, en raison des redimensionnement importantes des émissions de tous les polluants qui dérivent de l'estimation du trafic à partir du réseau obtenu de la Province, déjà démontrée dans les tests préliminaires simulés; toutefois, il convient de souligner l'importance d'une description détaillée de ce secteur, susceptible de corrélérer la

distribution de la concentration dans l'espace avec les changements liés aux politiques et mesures en matière de mobilité.

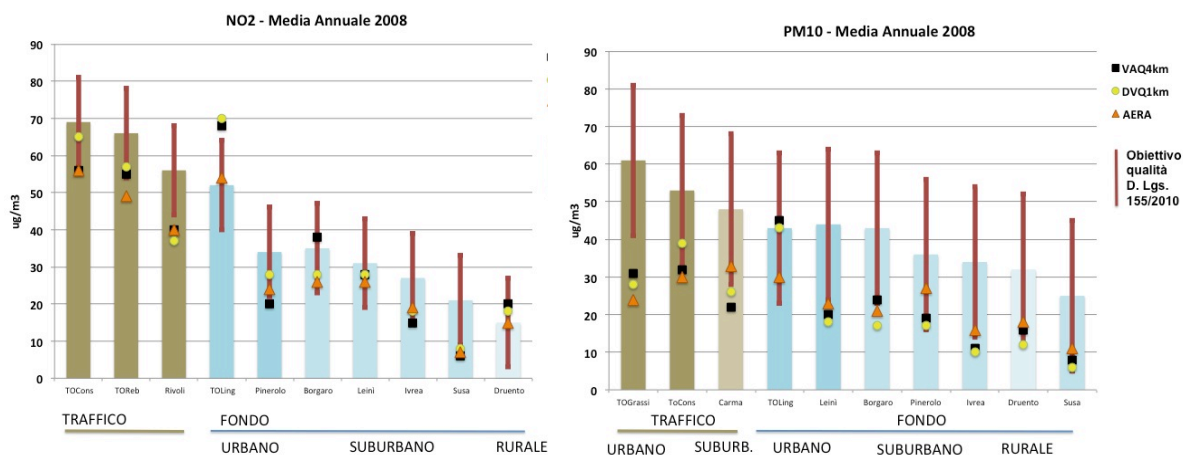


Fig. 18: Comparaison entre les valeurs mesurées et les valeurs simulées dans les stations du réseau de surveillance - 2008.

Au niveau spatiale, la simulation AERA08 a des valeurs généralement plus élevées en dehors de la région métropolitaine de Turin, en particulier le long des artères pour le NO₂(Fig. 8) et dans les zones urbaines pour les PM10 (Fig. 9). A Turin, il ya une réduction des valeurs maximales, principalement liées aux émissions industrielles.

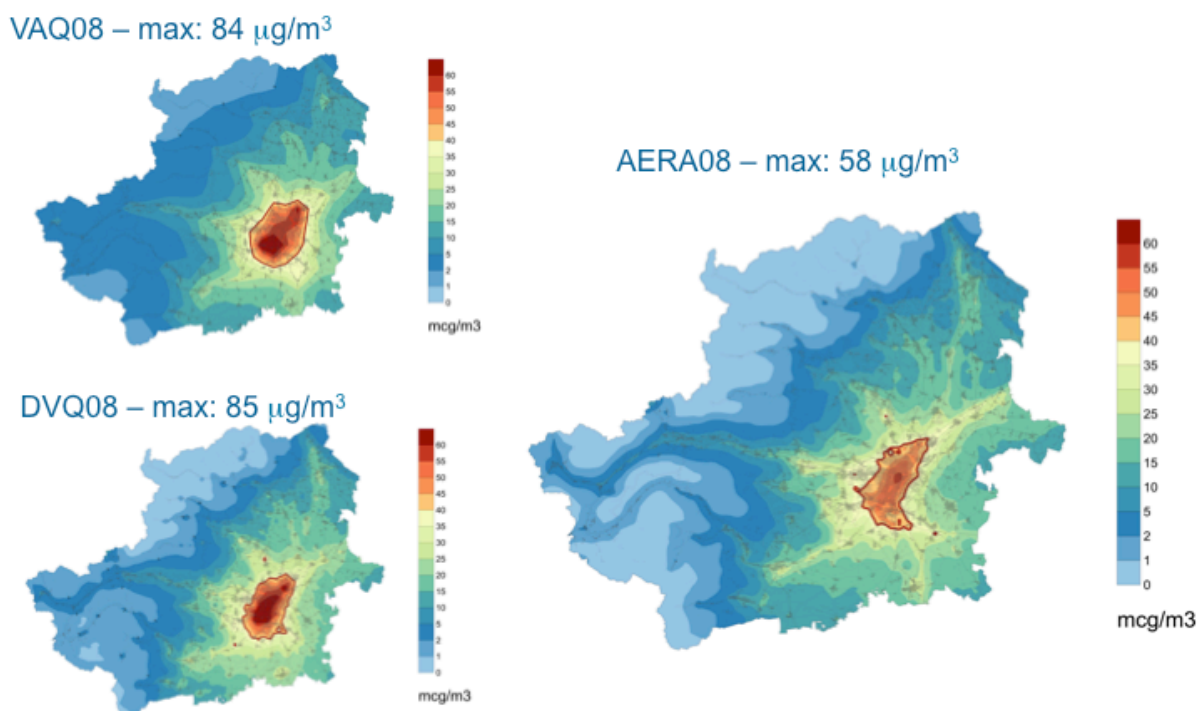


Fig. 19: Concentration moyenne annuelle de dioxyde d'azote – Année 2008.

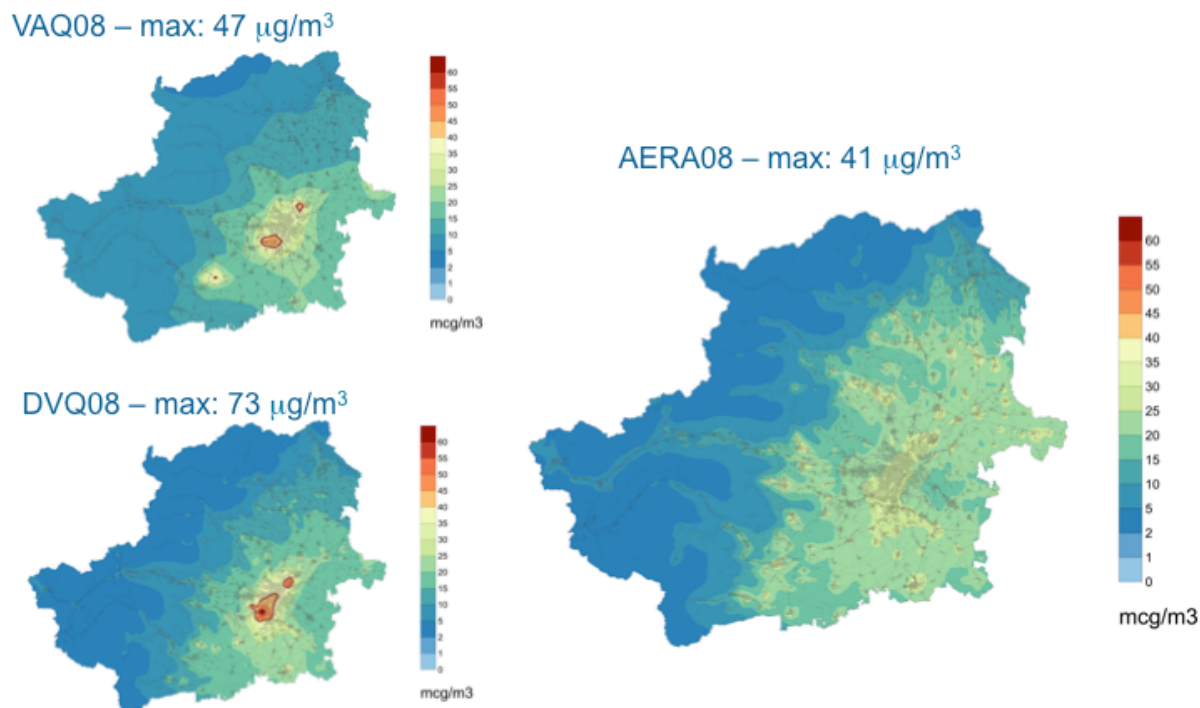


Fig. 20: Concentration moyenne annuelle de PM10 – Année 2008.

En plus de la reproductibilité des paramètres statistiques de long terme, la simulation «optimisée» montre une meilleure adhérence aux mesures en fonction de la variabilité temporelle, les sites de fond à la fois en termes de distribution horaire que par mois, comme le montre la figure ci-dessous.

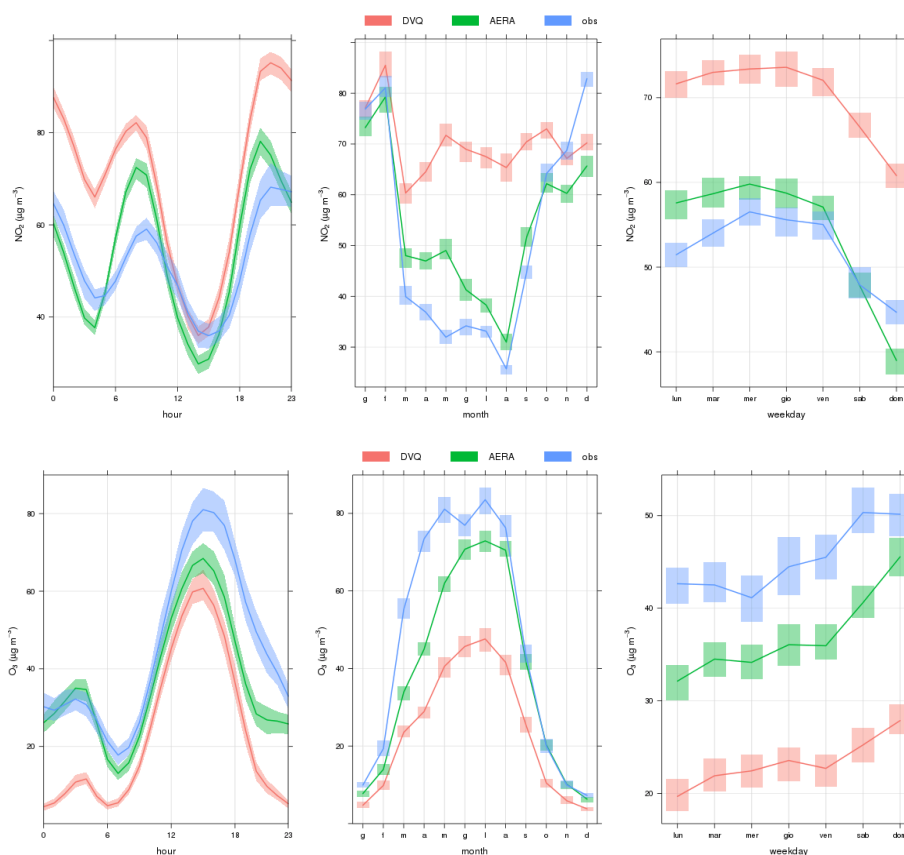


Fig. 21: Comparaison entre les concentrations mesurées de NO₂ et O₃ (en bleu), obtenus à 1 km avec l'inventaire standard (en rouge) et l'inventaire «optimisé» (en vert) aux stations de pollution de fond urbain à Turin Lingotto. De gauche à droite: moyennes journalières, moyennes mensuelles, et semaine moyenne.

9 Intégrations sur la chaîne prévision opérationnelle (A3)

En collaboration avec ARPA Piemonte, responsable de l'exploitation d'une chaîne pronostique opérationnelle sur la région métropolitaine de Turin, ont été explorées quelques ajouts possibles à l'actuel système de prévision de qualité de l'air.

9.1 La modélisation dynamique des émissions du chauffage domestique en réponse aux anomalies thermiques par rapport à la climatologie

Dans les simulations VAQ et de prévision les émissions du chauffage sont actuellement modulées sur une base horaire avec des profils diversifiés pour les bandes de l'élévation, basées sur l'analyse de la température par un année-type. Sur une base annuelle, les émissions dépendent de la consommation de carburant (estimée à partir des données de ventes ou la demande d'énergie) de l'année à laquelle se réfère l'inventaire en cours d'utilisation.

La variabilité du climat (interannuelle et à court terme) peut également causer des différences assez sensibles à la fois dans la distribution temporelle des jours les plus froids, à la fois dans la longueur et l'intensité des périodes froides.

Dans une chaîne pronostique, qui est basée sur la connaissance à l'avance des conditions météorologiques qui se présenteront dans les jours à suivre, il est raisonnable d'essayer de définir une re-modulation des émissions en fonction de la température prévue par rapport à la température de l'année base de l'inventaire, sans conservation des émissions annuelles totales. De cette façon, on pourrait prendre en compte l'émissivité plus grande qui se produit dans des hivers très froids ou, à l'inverse, les émissions plus faibles pendant les périodes plus chaudes de la moyenne.

Dans ce contexte, il a donc été développée et testée une méthodologie possible pour la modélisation dynamique des émissions en fonction des anomalies thermiques en cours. La méthode est basée sur le calcul des degrés-jours, effectuée sur la température «climatologique» relative à une période ou année de référence, après ajusté pour la période courant sur la base des températures quotidiennes actuelles ; les températures «climatologiques» et «actuelles» sont toutes deux assignées sous la forme de champs au sol sur grille, en permettant un cohérence dans la comparaison.

La modulation le long de l'année des émissions de chauffage selon un profil de température de référence est donc corrigée sur la base des écarts des températures réelles que la référence ; les particularités climatiques du territoire sont transportés à travers les champs de température. Il est préférable que les archives des champs de température utilisés pour le calcul des profils de modulation "a priori" se réfère à l'année de référence de l'inventaire, de façon à lier plus étroitement et régulièrement l'évolution de la température aux consommations qui sont à la base de l'estimation des émissions.

Dans le calcul on considère comme contrainte supplémentaire la période de l'opération de chauffage, qui est dictée par l'appartenance de chaque municipalité à une bande climatique particulière, tel que requis par la loi italienne.

La méthodologie a été soumise à un test de fonctionnement sur le domaine de DVQ08, compte tenu des émissions provenant de l'inventaire de chauffage IREA 2008, de l'archive actuelle des températures horaires développé pour DVQ08 et comme températures de «référence» celle tirées de l'archive du projet national MINNI pour l'année 2005. Les figures suivantes montrent l'effet global pour le mois de Janvier: les émissions moyennes d'oxydes d'azote résultant de l'application de profils prédéfinis modulations utilisées jusqu'ici, associés aux bandes d'élévations, les différences entre la modulation «dynamique» et celle «a priori», et la différence entre les valeurs de la température moyenne «actuelle» et «de référence». Dans le cas montré la différence est positive dans la partie inférieure du domaine (émissions «dynamiques» supérieures à celles «a priori») et négative dans les autres régions, en accord avec les différences entre les températures «actuelles» et «de référence», qui montrent la partie en bas du domaine plus froid pendant la période par rapport à la référence prise, et les autres régions plus chaudes.

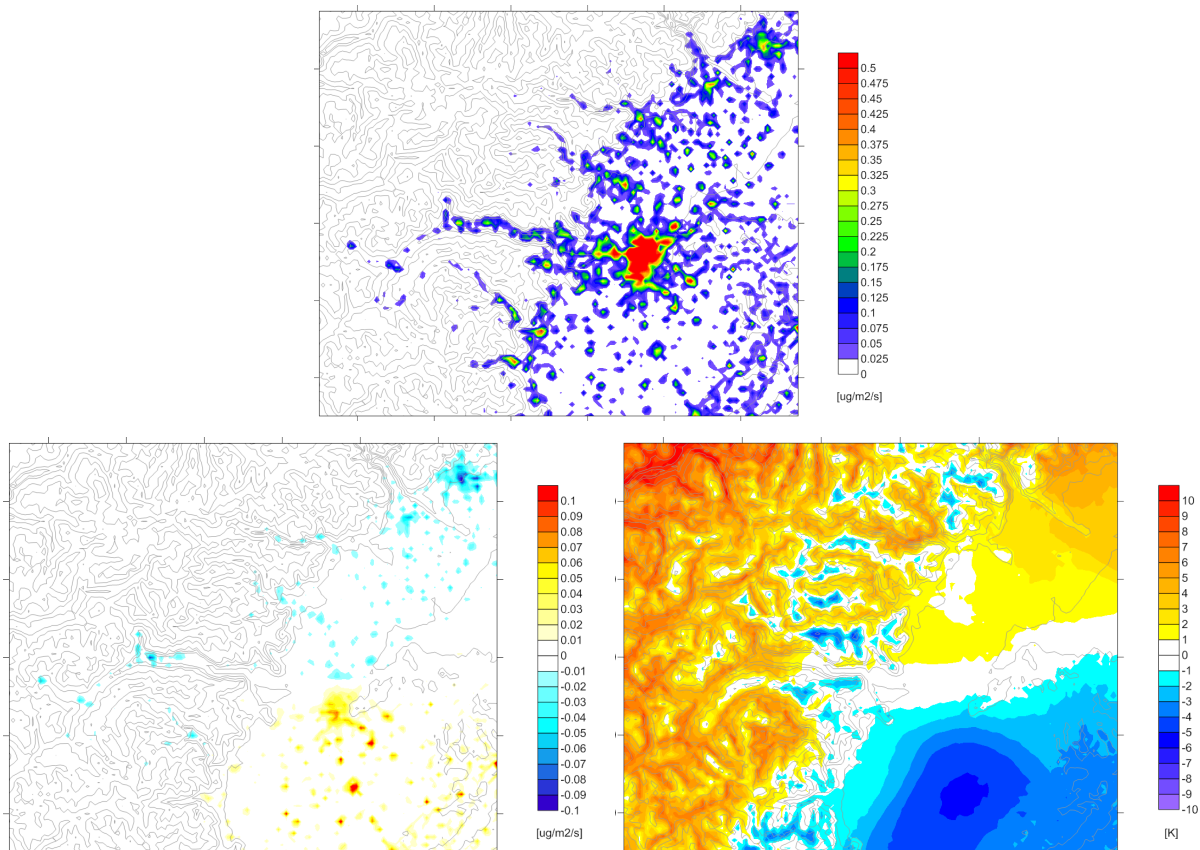


Fig. 22: En haut: émissions de NOx provenant du chauffage domestique: moyenne pour le mois de Janvier avec modulation «a priori». En bas: à gauche, la différence moyenne pour le mois de Janvier entre les émissions modulées de manière «dynamique» et «a priori»; à droite, la différence entre les valeurs «actuelles» et «référence» pour les températures moyennes su sol pour Janvier.

Su des périodes spécifiques des différences entre les deux méthodes peuvent être considérables, comme le montre la comparaison entre les séries temporelles des émissions totales quotidiennes pour l'ensemble du domaine calculées en façon «a priori» et «dynamique» (fig. suivante).

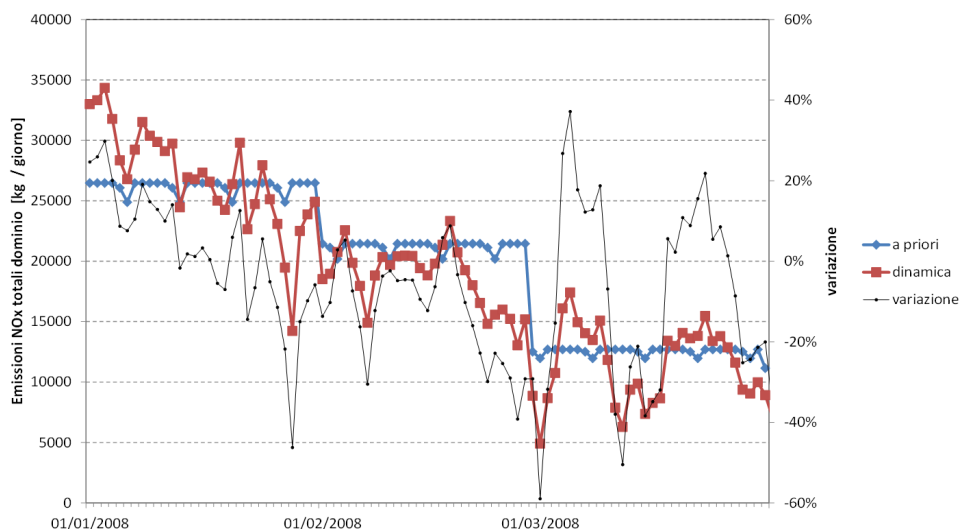


Fig. 23: Emissions totales quotidiennes de NOx de chauffage pour l'ensemble du domaine: comparaison entre les émissions modulées avec les profils mensuel «a priori» et avec correction «dynamique» en fonction des températures.

Une comparaison similaire entre les deux méthodes dans des points spécifiques du territoire montre que localement les différences peuvent être encore plus élevées. Toutefois, dans le cas considéré l'application de la méthode «dynamique» ne conduit pas à une dérive systématique du total des émissions: l'écart entre les

émissions totales pour l'ensemble du domaine calculée par la méthode dynamique et le «a priori» est en effet égale à +3% pour le mois de Janvier et à -5% pour l'ensemble du trimestre.

D'après les tests préliminaires menés, apparaît ainsi que la méthodologie exposée peut décrire de manière cohérente dans l'espace et le temps la dépendance des anomalies thermiques des émissions provenant du chauffage domestique, mais sans produire dérives irréalistes de la masse totale émise sur l'ensemble du domaine sur de longues périodes. Il est donc potentiellement utilisable dans le système de modélisation prédictive basée sur les données disponibles en routine à son intérieur, ainsi que dans les simulations pour l'évaluation annuelle de la qualité de l'air.

9.2 Proposition d'une méthodologie pour la préparation des services de prévision de la qualité de l'air à l'extérieur de la région métropolitaine de Turin

L'article 26 «information publique» de la Directive 2008/50/CE du Parlement Européen et du Conseil, concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe, établis que doit être mise à disposition des prévisions pour les domaines potentiellement touchés par le dépassement des seuils pour les polluants couverts par la législation, ainsi que la tendance des niveaux de concentration pour les jours à venir (amélioration, stabilisation ou aggravation), les raisons de ces changements, ainsi que des informations concernant l'exposition et les effets possibles sur la santé des groupes de population à risque.

L'index de qualité de l'air (IQA) actuel pour la région métropolitaine de Turin est calculée à partir de la modélisation pronostique sur grille des concentrations produite par la chaîne de calcul sur le sous-domaine de Turin, avec un algorithme similaire à celui utilisé pour le calcul à partir des données observés, en pesant les valeurs des différents points de la grille avec une pondération qui favorise les zones résidentielles ou de production.

La capacité de étendre la chaîne opérationnelle pronostique sur toute la province et fournir un moyen de communication sur l'état de la qualité de l'air sur de grandes surfaces soulève la nécessité de définir des indicateurs synthétiques pour les régions à l'extérieur de la région métropolitaine. L'extension de la méthodologie à l'ensemble du territoire provincial exige néanmoins une analyse préliminaire jointe de l'IQA déduit à partir d'observations dans les stations du réseau de surveillance en face de celui déduit à partir des valeurs fournies par la chaîne de modélisation. L'analyse, effectuée sur une période d'un an, a pour but de mettre en évidence d'une part l'indice d'adhérence calculée au voisinage du point de mesure, l'autre de son articulation sur le territoire.

Dans ce contexte, donc, on a d'abord élaboré une hypothèse de l'extension à la province de Turin de l'IQA, calculé à partir des champs de concentration produits avec la simulation à 1 km. L'approche utilisée est dérivée de celle utilisée pour l'index en cours d'utilisation sur la région métropolitaine de Turin, en évaluant son applicabilité aux réalités différentes de celle urbaine sur laquelle il a été défini, afin d'en maintenir l'utilité de l'information au public.

La première considération à ce regard est que le territoire provincial couvre des domaines différents les uns des autres, à la fois en termes de densité de émissions (du domaine métropolitain aux petites centres alpins), à la fois en termes de météorologie et de qualité l'air (plaines ou fonds des vallées, avec des inversions de température fréquentes en hiver et entraînant une augmentation des concentrations et le dépassement des limites, zones montagneuses sous-vent des émissions, zones reculées avec insolation significative d'été et la formation d'ozone, etc.), et de l'identité socio-économique (communautés de montagne, zones pas directement gravitant sur Turin).

D'emblée, on a été décidé de diviser la province en régions qui présentent des caractéristiques les plus homogène en ce qui concerne la qualité de l'air, et utiles pour les destinataires de l'information à fournir. Comme point de départ, on a utilisé la proposition du nouveau zonage régional développé par ARPA Piemonte en 2011, qui prévoit l'agglomération Turin étendu à toutes les municipalités desservies par les prestations des transports de GTT, une bande de plaine, une région vallonnée et une montagneuse. Ces groupes ont été puis répartis selon un critère géographique, pour obtenir des domaines plus petites avec une identité reconnaissable. Ces zones ont été finalement fusionnés en partie (fig. suivante), en maintenant la division entre les zones de montagne et dans le reste du territoire, mais en rejoignant les zones montagneuses de parties adjacentes de la plaine, aussi que les municipalités dans l'agglomération Turin

étendue (zone GTT) qui ne tombent pas dans l'agglomération restreint sur lequel est calculé le IQA actuel de Turin. On a à la fine abouti trois zones de montagne (vallées de Lanzo, Orco et Soana Chiusella, haute Valsusa; Chisone, Germanasca et Pellice), les collines de l'est de Turin (avec l'ajout des municipalités de la colline qui font part de l'agglomération élargie), tout le nord de Turin avec le Canavese et l'Eporediese, le sud rejoint le Pinerolese, la basse Valsusa couplé avec les municipalités de l'Ouest de l'agglomération étendue, au-delà de la zone actuelle de l'IPQA de Turin.

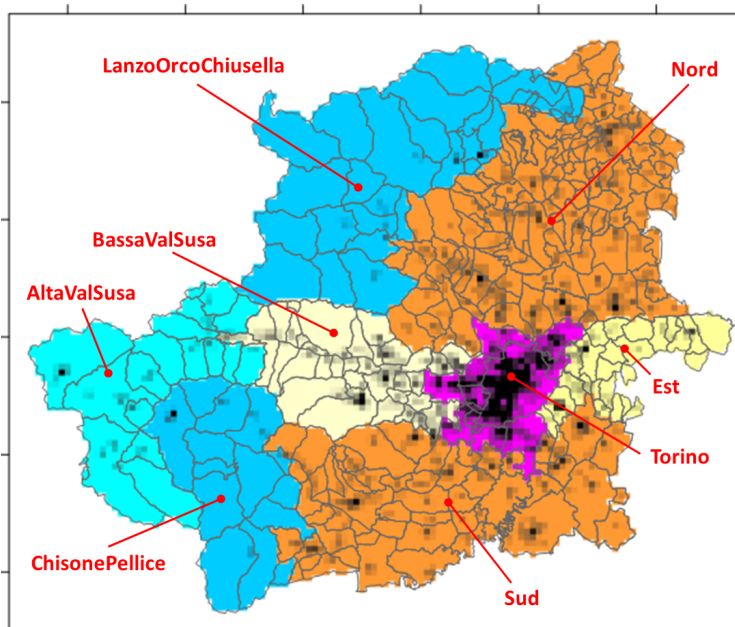


Fig. 2: Zonage proposition de l'indice (cellules grises urbanisés d'ouvertures de 1 km, avec la teinte plus foncée que le pourcentage d'utilisation des terres est proche de 100% urbanisé) qualité de l'air.

Outre la redéfinition de zones, on a aussi revue la procédure de l'index de la qualité de l'air. Le calcul de l'IQA actuelle sur la ville de Turin implique ce que des camps de concentration calculées on ne considère que les valeurs des points de la grille qui tombent sur les zones urbaines, identifiées à partir des cartes d'utilisation des sols: seules les mailles du domaine de calcul dans laquelle prévaut le bâti sont utilisées pour déterminer l'indice, tandis que les autres sont ignorés. Cette situation dérive de la nécessité de fournir une information qui caractérise les lieux où la plupart de la population vit et travaille, mais est assez limitant dans le cas des zones hors de la ville, caractérisées par une plus grande hétérogénéité entre urbanisation et le reste du territoire, et même plus dans les vallées alpines, où seule une petite partie de l'ensemble du territoire est peuplé. Pour tenir compte de cela, le IQA total pour les nouvelles zones proposées est ainsi calculé en pondérant les concentrations de toutes les mailles comprises dans la zone d'intérêt selon la fraction d'utilisation du sol bâti de chaque maille.

Une fois calculé l'IQA sur les différents zones en utilisant la méthode décrite, pour évaluer la façon dont les indices sont représentatifs dans les différentes municipalités, on a comparé la distribution annuelle de l'indice de chaque zone avec celle de chacune des municipalités qui la composent. A titre de comparaison, on a utilisé les données de IQA municipaux produits par ARPA Piemonte, qui les estime quotidiennement à partir de la simulation à 4 km de résolution sur toute la région, avec assimilation des données mesurées aux stations de surveillance (on considère donc que les données en question entre ce qui est actuellement disponible représentent aux mieux la distribution de la qualité de l'air dans la province de Turin). La comparaison a montré que, malgré des divergences dans les différentes régions de la province, les moyennes annuelles de IQA et les classes calculées sur la base des deux sources sont cohérentes, en particulier dans la zone de collines où s'écarte pas de plus de 20% de la limite, correspondant environ à la moitié d'une classe.

Comme confirmation supplémentaire les IQA de chaque zone ont également été comparés avec les indices correspondants calculés ponctuellement à partir des données mesurées dans les stations de surveillance de ARPA Piemonte qui s'y trouvent. Cela a confirmé la différente représentativité des deux approches, celui de zone porteur d'une information moyenne sur un large territoire, tandis que celle relative aux points

surveillance potentiellement moins en moins représentative de la réalité que l'on s'éloigne du point d'échantillonnage.

Pris ensemble, les analyses effectués montrent que, au fin de la définition d'un indice synthétique de la communication de la qualité de l'air sur les zones restantes de la province, les compositions explorés des municipalités en zones constituent des ensembles pas moins homogène à ses l'intérieur que ce qui est l'agglomération de Turin sur lequel on travaille actuellement. Cela est particulièrement vrai pour les zones de plaines et de collines ; sur la bande de montagne les différences à l'intérieur des zones sont toutefois plutôt élevés. Ces domaines, cependant, sont généralement moins affectés par les épisodes critiques de pollution, si l'on exclut des situations spécifiques (par exemple, Susa).

10 Conclusions et perspectives

La mise à jour sur les sources industrielles, avec la définition des facteurs d'émission spécifiques pour chaque système étudié, fait partie de la définition d'une base de données MS-ACCESS qui permet d'accéder aux fonctions des installations et le dimensionnement immédiat des sources dans les années après 2008, sur la base des données de production ou de consommation. Sur cette ligne il serait souhaitable, d'une part, une intégration complète avec la base de données qui gère actuellement le processus et les exigences de l'autorisation de la Province et, d'autre part, l'évolution vers un outil qui permet la définition de scénarios et l'exportation des fichiers d'entrée utilisés directement par le système de modélisation de la qualité de l'air.

La nouvelle estimation des émissions du Macrosecteur 02 a révélé des différences significatives au niveau municipal pour le gaz naturel, en raison de l'utilisation de combustible livrée et pas réparties avec des variables proxy (surfaces chauffées, population résidente). La disponibilité de nouveaux renseignements recueillis par les membres des municipalités les plus peuplées qui participes à la Convention des Maires suggère le passage à une méthode mixte pour l'estimation des émissions de ce secteur, ce qui limite l'utilisation des variables proxy aux municipalités représentant plus petites unités de consommation résiduelles. Pour la biomasse, l'utilisation de l'information sur le parc des installations de combustion a donné une estimation plus fiable et plus appropriée pour la définition des scénarios énergétiques futurs. Même dans ce cas, reste crucial le choix de la variable proxy à utiliser pour la répartition de la consommation provinciale, qui est actuellement représenté des surfaces chauffées prises du recensement I'ISTAT de 2001. Enquêtes spécifiques, y compris par la voie scolaire, pourrait permettre une définition plus réaliste des facteurs d'utilisation des appareils dans les différents domaines (région métropolitaine, plaine, collines, montagnes) et aussi la pénétration du bois dans les zones traditionnellement exclues.

L'approche bottom-up pur le trafic routier a peut être apporté à des émissions sous-estimées, montrant une grande sensibilité de cette méthode pour le choix des paramètres tels que la vitesse de déplacement sur les arcs et les caractéristiques de la flotte. La disponibilité des informations relatives seulement à une mobilité privée, telles que celles contenues dans le graphe de la province, introduit un élément arbitraire dans l'estimation des émissions de la mobilité diffusée, qui constitue un pourcentage important de l'ensemble des émissions. En particulier, en ce qui concerne l'estimation des émissions dues au trafic urbain, répartis sur un territoire si vaste et avec des caractéristiques de mouvements non systématique si différents, il serait souhaitable de disposer d'un graphe multi-modale pur différencier les zones où l'offre des transports publics est importante. Compte tenu de l'importance des émissions liés à la circulation des véhicules, également en vue de l'utilisation de modèles à plus petite échelle ou hybrides, on doit faire un effort dans le sens de sources d'information plus solides et spécifiques, telles que l'utilisation de données provenant de caméras dans la ville et le tuteur hors de la ville pour la connaissance des parcs et des vitesses moyennes de circulation.

Une estimation plus détaillée des émissions d'ammoniac provenant secteur de l'élevage ne semble pas apporter des avantages appréciables à la reconstruction de la qualité de l'air à l'échelle régionale. Pour l'importance dans la formation de la fraction de particules secondaires, peut-être souhaitable d'affiner l'estimation des émissions d'ammoniac non liées à l'agriculture, à la fois en termes d'activités qui peuvent être intéressées par les politiques de réduction (transports, industrie, déchets, etc.) ou naturelles, qui sont concentrées sur des zones autres que celles agricoles, où dans la description actuelle les émissions d'ammoniac sont presque absents.

Du point de vue du traitement des émissions (pas de l'estimation) pour être fournies comme entrée dans le modèle sont réalisables les améliorations suivantes:

- traitement dynamique de la hauteur du panache de sources ponctuelles en tenant compte de la température et de la direction du vent instantané;
- préparation des émission d'entrée de toutes les sources (et donc aussi surfaciques et linéiques) sur grille tridimensionnelle, permettant la différenciation des divers types d'émissions (par exemple, le chauffage, la circulation, les activités productives) en terme de hauteur moyenne du point d'émission;
- traitement dynamique des émissions de l'échauffement (en fonction du champ de température) et de la resuspension (en fonction du champ de la précipitation), dans ce projet traitées uniquement en termes de méthodologie.

En ce qui concerne la modélisation des concentrations horaires de dioxyde d'azote, les simulations ont révélé une sous-estimation des valeurs de pointe liées aux flux de trafic et en général des concentrations diurnes. Sur ce front est souhaitable d'avoir un meilleur traitement des réactions photolitiques, à la fois en utilisant les méthodes de calcul des taux de photolyse qui prennent en compte les effets des particules d'aérosols et les gaz présents dans l'atmosphère, comme par exemple le module TUV déjà mis en œuvre dans le modèle de qualité de l'air FARM, mais pas utilisé pour cette étude, et aussi en tenant compte des effets «moyens» de la canopée urbaine (présence de bâtiments de hauteur variable, par rapport à la largeur de routes) sur le rayonnement solaire par rapport au cas de champ libre.

Le type de modèle adopté, tout en permettant une discussion complète de la chimie, ne permet pas de aller aux échelles requises pour la reproduction des concentrations mesurées par une station de trafic, qui sont représentatives des concentrations présentes dans quelques dizaines de mètres de l'axe routier. Afin de l'intégration entre mesures et modèles défini par la directive européenne 2008/50/EU, y compris pour la réduction progressive des stations de surveillance et d'optimisation des réseaux, il est souhaitable de s'orienter vers un système de modélisation multi-échelle de type hybride qui pourrait permettre l'identification des criticité de type hot-spot de trafic.

Le développement d'un système de ce type, cependant, est forcément lié à une description des émissions du trafic de façon «bottom-up», à un réseau linéaire même dans les zones urbaines, et donc à l'intégration de cette approche pour l'estimation des émissions avec l'estimation traditionnelle «top-down» des inventaires utilisés pour la modélisation de la qualité de l'air à l'échelle régionale.

11 Bibliografia/Bibliographie

- AERA/ALCOTRA (2012), "AZIONE 4.2 – Risultati dell'armonizzazione delle emissioni di riscaldamento autonomo con il legno", Settembre 2012.
- Calori G., Pallavidino L., Prandi R. e Radice P. (2012), "Attività Di Ricerca E Sviluppo Nell'ambito Della Modellistica Integrata Per La Valutazione Della Qualità Dell'aria (AERA/ALCOTRA) - C.I.G. 2380688DDF – Schede tecniche degli impianti industriali - Aggiornamento al 2008", Rapporto SIMULARIA R2012.08.
- Calori G., Pallavidino L., Prandi R. e Radice P. (2012b), "Attività Di Ricerca E Sviluppo Nell'ambito Della Modellistica Integrata Per La Valutazione Della Qualità Dell'aria (AERA/ALCOTRA) - C.I.G. 2380688DDF – Relazione finale", Rapporto SIMULARIA R2012.17.
- Caserini S., Gaifami M. e Moretti M., (2011), "Stima delle percorrenze di automobili, mezzi leggeri, mezzi pesanti e motocicli in funzione dell'età", http://groupware.sinanet.isprambiente.it/expert_panel/library/ept16/caserini_percorrenze, Expert Panel Emissioni da Trasporti, 20-21 giugno 2011, Milano.
- EPA (2011), "AP 42 Section 13.2.1 Paved Roads", Update January 2011.
- Fracastoro G. V., Crocetta A. (2012), "Indagine sull'utilizzo di dispositivi termici a fonti energetiche rinnovabili in provincia di Torino", Report RENERFOR, Provincia di Torino/Politecnico di Torino, Settembre 2012.
- Nanni A., Radice P. e Smith P. (2009) "TREFIC (Traffic Emission Factors Improved Calculation) User's guide", Rapporto ARIANET R2009.19.
- Ntziachristos L. e Samaras Z. (2009), "Exhaust emissions from road transport", EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook 2009.
- Pallavidino L., Prandi R., P. Costa M., Nanni A., Bertello A., Bracco E., Pavone F., (2011), "Top-down vs. bottom-up approach in delineating traffic role in air quality scenarios", Proceedings of HARMO14 – 14th International Conference on Harmonisation within atmospheric dispersion modeling for regulatory purpose.
- Politecnico di Torino/Enea (2012), "Identificazione del parco impianti territoriale degli utilizzi energetici di biomassa legnosa forestale", Rapporto Renerfor 2.1.E, Marzo 2012.
- Prandi R., Pallavidino L. (2013), "Attività Di Ricerca E Sviluppo Nell'ambito Della Modellistica Integrata Per La Valutazione Della Qualità Dell'aria (AERA/ALCOTRA) - C.I.G. 2380688DDF - Estensione: Aggiornamento Al 2010 Delle Emissioni Delle Sorgenti Puntuali", Rapporto SIMULARIA R2013.02.
- Provincia di Torino (2010), "Settimo Rapporto sull'Energia", Novembre 2010.
- Torriani L., Debernardi A. e Ferrara E. (2012), "Sviluppo del modello di simulazione del traffico provinciale (modulo trasporto privato)", Rapporto intermedio, Febbraio 2012.