



APPLICAZIONE DI FARM/ORSA SULLA REGIONE PIEMONTE

Stefano Bande¹, Nicola Pepe², Sandro Finardi², Francesca Bissardella¹, Roberta De Maria¹, Stefania Ghigo¹, Giuseppe Calori²

¹ Arpa Piemonte, Dipartimento Rischi Naturali ed Ambientali

² Arianet s.r.l

Il source apportionment e la legislazione di qualità dell'aria

La Direttiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, recepita a livello nazionale nel Decreto Legislativo 155 del 2010, **stabilisce che i Piani per la Qualità dell'Aria devono contenere "informazioni sull'origine dell'inquinamento"**, ovvero l'elenco delle principali fonti emissive responsabili dell'inquinamento, la quantità totale di emissioni da loro prodotte, nonché informazioni sull'inquinamento proveniente da altre regioni (Allegato XV, punto A).

Queste informazioni fanno inoltre parte dei dati che gli Stati Membri (le Regioni) devono inviare alla Commissione Europea, secondo lo schema di **e-reporting stabilito dalla Decisione di Esecuzione della Commissione 2011/850/EU**



Il source apportionment

Source apportionment (SA) è una **tecnica** utilizzata per associare le emissioni di diversi **insiemi di sorgenti** alle **concentrazioni** in aria ambiente in **punti** specifici del dominio (recettori) su diversi periodi temporali.

La definizione generale comprende le seguenti caratteristiche:

1. **un indicatore rilevante** per caratterizzare l'aria ambiente (e.g. PM2.5, PM10, livelli di esposizione...);
2. **un recettore** e le sue caratteristiche spazio-temporali;
3. **una sorgente** (areale, settoriale...) e le sue caratteristiche spazio-temporali (es.: arco temporale e area sulle quali la sorgente viene valutata);
4. **metodologia di SA** per catturare correttamente il processo che associa l'emissione alla concentrazione.

Il source apportionment nella pianificazione della Regione Piemonte - 1

PRQA approvato con D.C.R del 25 marzo 2019 (tuttora vigente).

- **SA con modelli a recettore**: attività svolte nell'ambito del progetto prepAIR (2017), prime applicazioni
- **SA con source-oriented models con approccio brute force method**: utilizzo del modulo **FARM/BFM** integrato nel sistema modellistico regionale di qualità dell'aria.
 - SA settoriale, su dodici insiemi di sorgenti emmissive (oltre all'insieme resto)
 - simulazioni annuali riferite all'anno meteorologico 2015 sul dominio regionale comprendente tutto il Piemonte con risoluzione orizzontale di 4km
 - inventario regionale delle emissioni (I.R.E.A) aggiornato al 2010



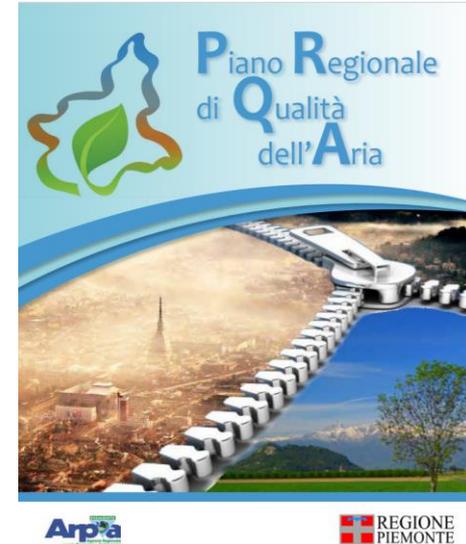
Arpa

REGIONE PIEMONTE

Il source apportionment nella pianificazione della Regione Piemonte - 2

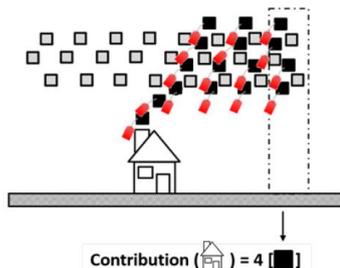
Aggiornamento del PRQA in seguito al DL 121/2023 (conv. Legge 155/2023), attualmente in corso

- **SA con modelli a recettore:** consolidamento delle attività svolte nell'ambito del progetto prepAIR
- **SA con source-oriented models con approccio tagged-species:** con Arianet s.r.l, un nuovo studio di SA basato sull'utilizzo dell'algoritmo **ORSA (On-line Reactive Source Apportionment)** implementato nel modello FARM
 - SA settoriale e geografico, dodici insiemi di sorgenti emissive e 5 aree geografiche di indagine;
 - simulazioni annuali riferite all'anno meteorologico 2022 sul dominio regionale comprendente tutto il Piemonte con risoluzione orizzontale di 4km
 - inventario regionale delle emissioni (I.R.E.A) aggiornato al 2019



FARM-ORSA

Source-oriented models con tagging



- I **precursori** delle sorgenti **sono taggati all'interno del Modello di Qualità dell'Aria (AQM)**. Per la chimica un set di **traccianti reattivi** è introdotto per seguire l'evoluzione dei contributi attraverso le reazioni.
- **Le etichette possono essere definite liberamente**, variando tra regioni/province, settori o combustibili, etc.
- Il metodo è applicabile a **qualsiasi inquinante**
- Sono richiesti tutti gli input di AQM, in particolare un **inventario delle emission molto dettagliato**

FARM-ORSA

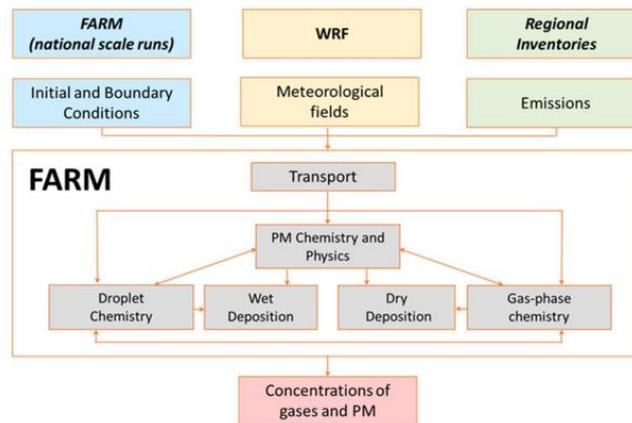
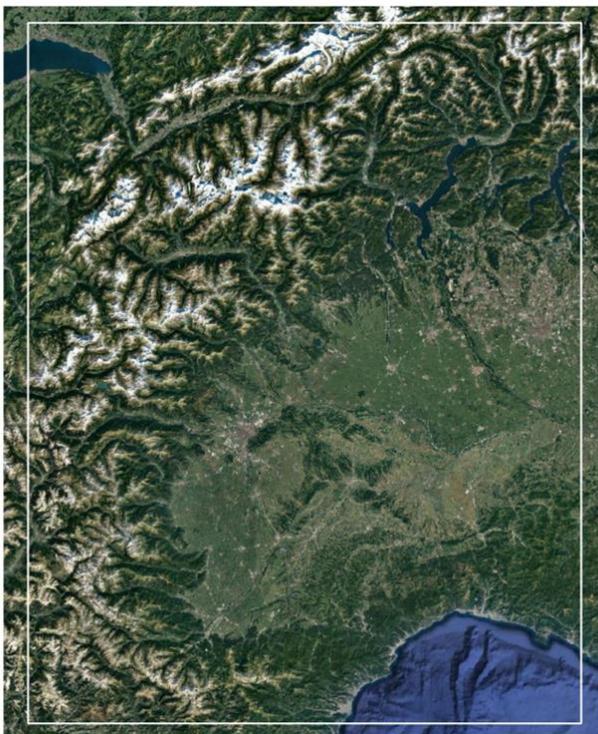
Caratteristiche

- **On-line SA**, basato su traccianti reattivi
- **Sommabilità**
- **Larga scelta specie** da apporzionare (PM: possibilità di effettuare SA solo su componenti di interesse)
- **Numero di insiemi di sorgenti** $> n$ (...arbitrario)
- Contributi di **IC e BC** per ogni run
- **Diversi meccanismi** chimici in fase gassosa e moduli particolato
- **Stesso codice**, con SA attivabile (no diverso eseguibile)
- Evoluzione delle specie traccianti (tag) seguita il più possibile tramite gli **stessi algoritmi utilizzati per le specie complessive**
- **Manutenibilità** del codice
- **Parallelismo** (OpenMP ed MPI)
- Griglia singola

Specie apporzionabili

NO2	nitrogen dioxide
O3	ozone
SO2	sulfur dioxide
NH3	ammonia
CO	carbon monoxide
PM25	PM with aerodynamic diameter $\leq 2.5 \mu\text{m}$
PM10	PM with aerodynamic diameter $\leq 10 \mu\text{m}$
ASO4	sulfate
ANO3	nitrate
ANH4	ammonium
AEC	elemental carbon
APANT	anthropogenic primary aerosol (fine+coarse)
AORGP	anthropogenic primary organic aerosol
AORGA	anthropogenic secondary organic aerosol
ABIO	biogenic aerosol

La catena modellistica



- **Modello meteorologico:** WRF (con BC ERA5) con 3 domini innestati a 27, 9 e 3 km
- **BC:** QualeAria a 12 km
- **Emissioni:** I.R.E.A 2019 per il Piemonte (con parco auto 2021), VDA 2019 per Valle d'Aosta, ISPRA 2019 per le regioni italiane, EMEP 2020 per estero
- **Modello di chimica-trasporto:** FARM
- **Dominio di calcolo:** 224 x 288 km² a 4 km risoluzione

FARM-ORSA: configurazioni

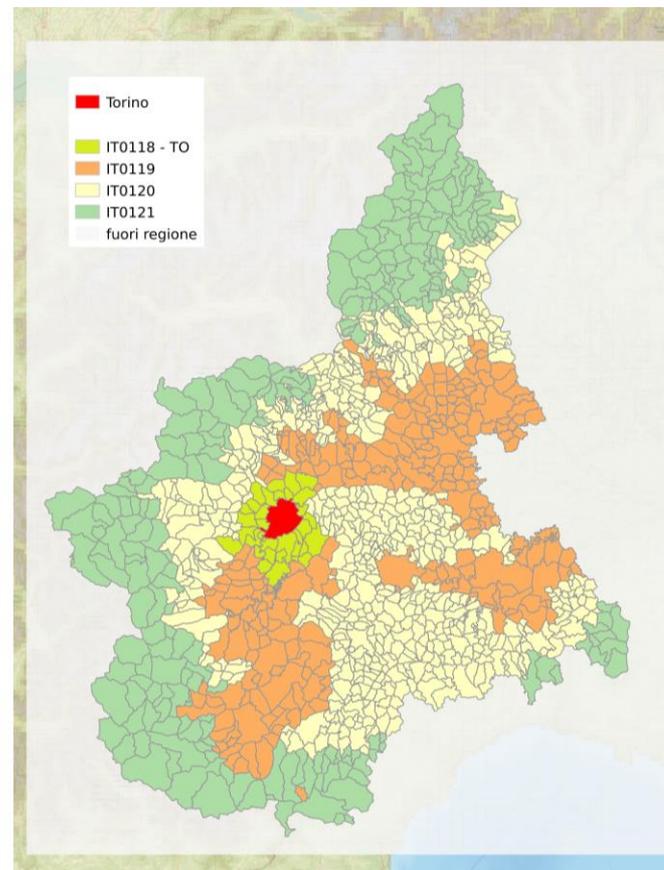
Settore	Comparto	Descrizione	SNAP
Industria	<i>Industria</i>	Tutti le attività di tipo industriale (produzione di energia, combustione industriale, processi, ecc)	3 4 5 6
Riscaldamento: altri combustibili	<i>Riscaldamento</i>	Riscaldamento alimentato con GPL, diesel, metano e altri combustibili esclusa la biomassa	2;1;3;46 2;2;23 2;2;24 2;2;46 2;3;24
Riscaldamento: biomassa		Riscaldamento alimentato esclusivamente con biomassa	2;2;11 2;2;6;11 2;2;7;11 2;2;8;11 2;2;9;11 2;2;10;11
Traffico: auto diesel	<i>Traffico</i>	Autoveicoli alimentati a diesel	7;1;1;25 7;1;2;25 7;1;3;25
Traffico: auto altri carburanti		Autoveicoli alimentati a benzina, GPL, metano	7;1;1;46 7;1;1;48 7;1;1;60 7;1;2;46 7;1;2;48 7;1;2;60 7;1;3;46 7;1;3;48 7;1;3;60
Traffico: veicoli leggeri		Veicoli leggeri (con peso inferiore ai 35 quintali) senza distinzione sul carburante	7;2;1 7;2;2 7;2;3
Traffico: veicoli pesanti		Veicoli pesanti (con peso superiore ai 35 quintali) senza distinzione sul carburante	7;3;1 7;3;2 7;3;3
Traffico: motocicli		Ciclomotori e motocicli senza distinzione sul carburante	7;4;3 7;5;1 7;5;2 7;5;3
Traffico: altro		Tutte le emissioni associate al traffico stradale e non ricomprese nei precedenti insieme	7;9 7;1;4 7;1;5 7;1;6 7;2;4 7;2;5 7;2;6 7;3;4 7;3;5 7;3;6 7;5;4 7;5;5 7;5;6
Ferrovie e off-road		<i>Agricoltura</i>	Trasporto ferroviario su tratte non elettrificate, macchinari in agricoltura, macchinari in silvicoltura, giardinaggio e altri trasporti fuori strada
Colture agricole	Attività legate alle coltivazioni		10;1 10;2 10;3
Zootecnia	Attività legate alla zootecnia		10;4 10;5 10;6

in regione Piemonte (IREA); le sorgenti localizzate al di fuori della regione Piemonte sono analizzate solo a livello geografico.

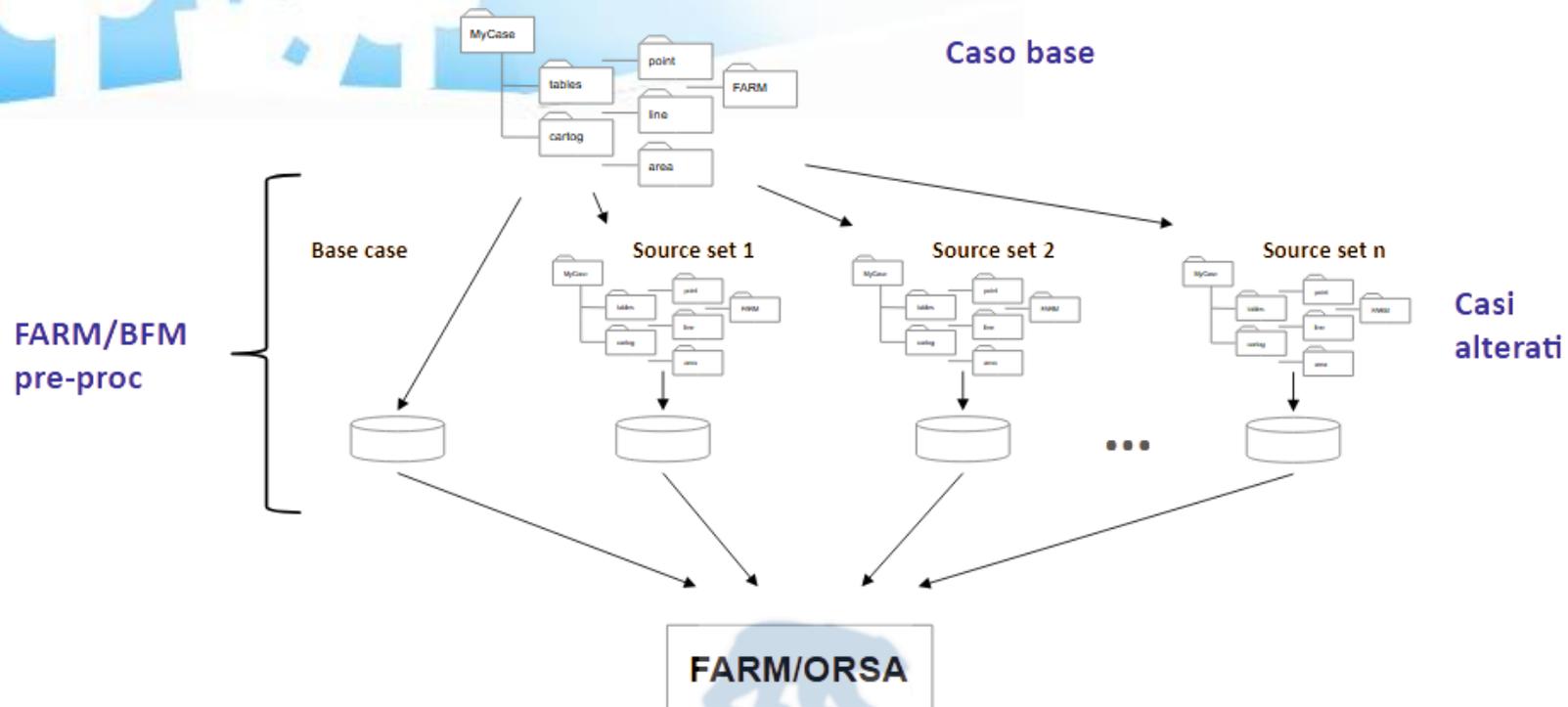
FARM-ORSA: configurazioni

Cinque differenti zone di indagine, derivate dalle zone per la qualità dell'aria individuate nel vigente progetto di zonizzazione regionale.

Zona	Descrizione
Torino	Comprende tutte le 12 sorgenti emissive afferenti al comune di Torino
IT0118 – TO	Comprende tutte le 12 sorgenti emissive afferenti ai comuni inseriti nella zona <i>IT0118 Agglomerato</i> , ad esclusione del comune di Torino
IT0119	Comprende tutte le 12 sorgenti emissive afferenti ai comuni inseriti nella zona <i>IT0119 Pianura</i>
IT0120	Comprende tutte le 12 sorgenti emissive afferenti ai comuni inseriti nella zona <i>IT0120 Collina</i>
IT0121	Comprende tutte le 12 sorgenti emissive afferenti ai comuni inseriti nella zona <i>IT0121 Montagna</i>
Fuori regione	Comprende il contributo di tutte le sorgenti localizzate al di fuori della regione Piemonte, il contributo delle condizioni al contorno ed il contributo di tutte le sorgenti non comprese nei 12 insieme oggetto dello studio



FARM-ORSA: workflow



FARM-ORSA: workflow

orsa-torino

simulazione ORSA che traccia i contributi dei 12 insiemi emissivi su Torino

orsa-it119

simulazione ORSA che traccia i contributi dei 12 insiemi emissivi su zona IT0119

orsa-it121

simulazione ORSA che traccia i contributi dei 12 insiemi emissivi su zona IT0120

orsa-it118

simulazione ORSA che traccia i contributi dei 12 insiemi emissivi su zona IT0118 (con Torino)

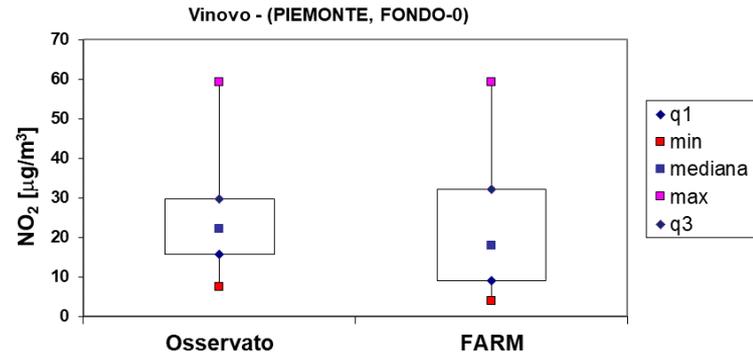
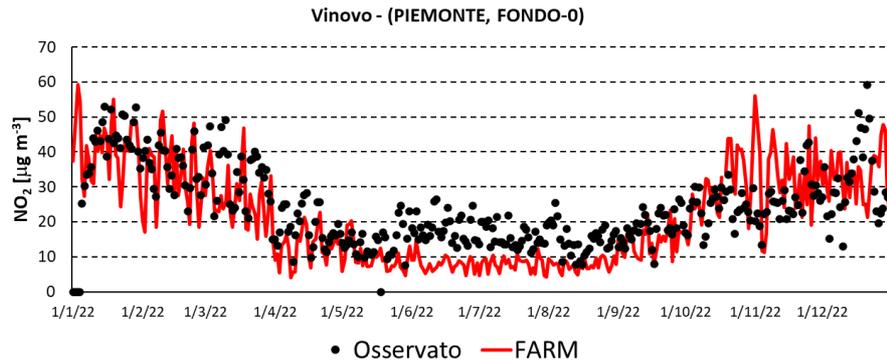
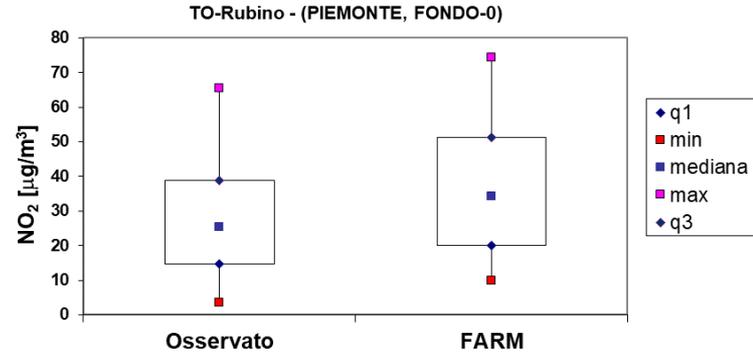
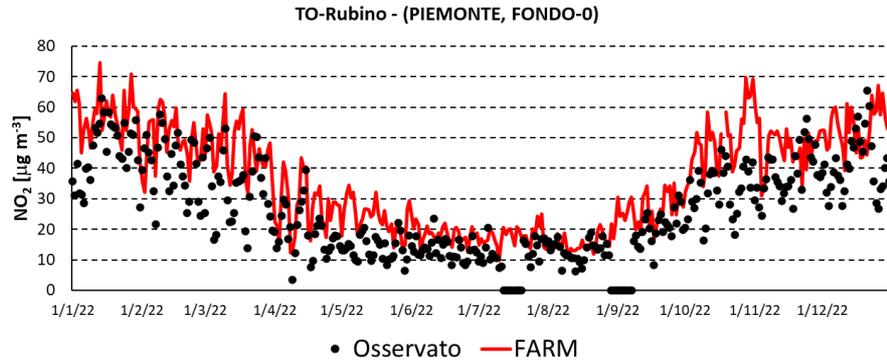
orsa-it120

simulazione ORSA che traccia i contributi dei 12 insiemi emissivi su zona IT0120

Il contributo totale delle sorgenti esterne alla regione Piemonte è stato ottenuto per differenza fra il campo totale delle concentrazioni e il contributo regionale ottenuto come somma delle 4 precedenti simulazioni. Non è stato possibile tracciare il contributo dei 12 insiemi emissivi sulle sorgenti esterne al Piemonte a causa della eterogeneità dell'input emissivo in termini di classificazione.

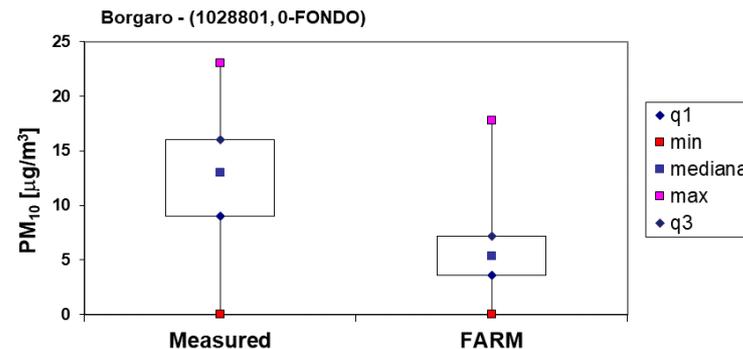
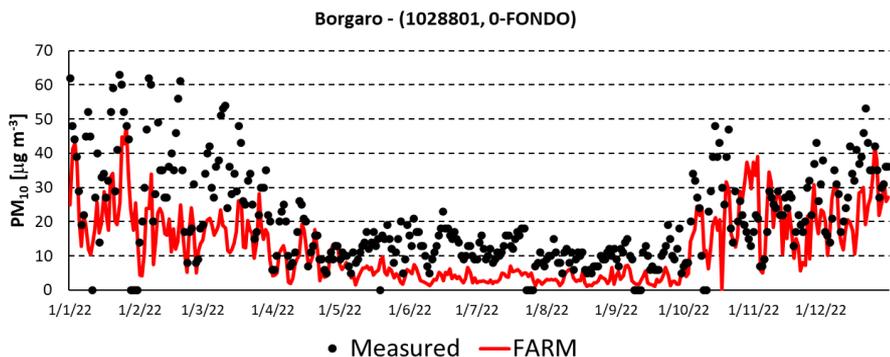
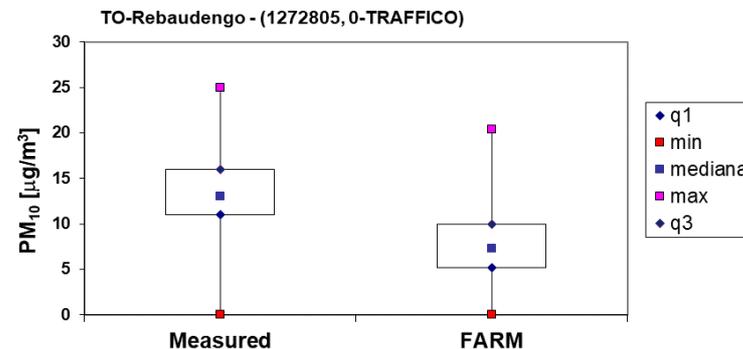
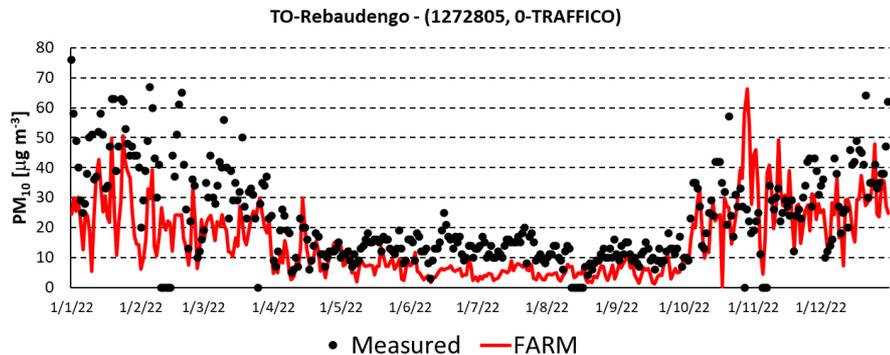
FARM-ORSA: il caso base

NO₂



FARM-ORSA: il caso base

PM_{2.5}



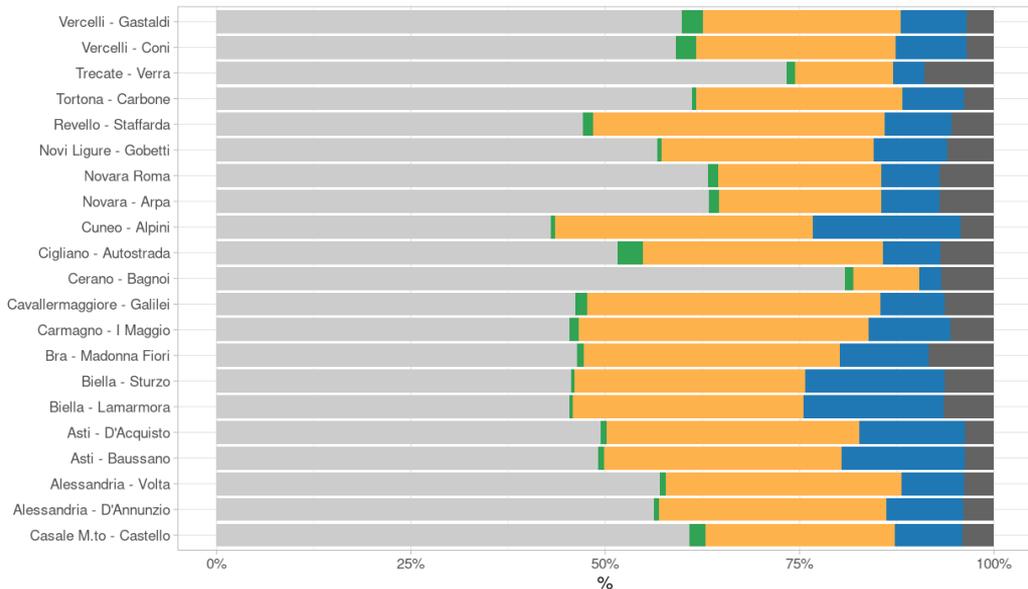
FARM-ORSA: risultati - NO₂

Zona: IT0119

NO₂ - media annua, anno: 2022

Contributi settoriali percentuali

Concentrazioni dovute alle sole emissioni del Piemonte



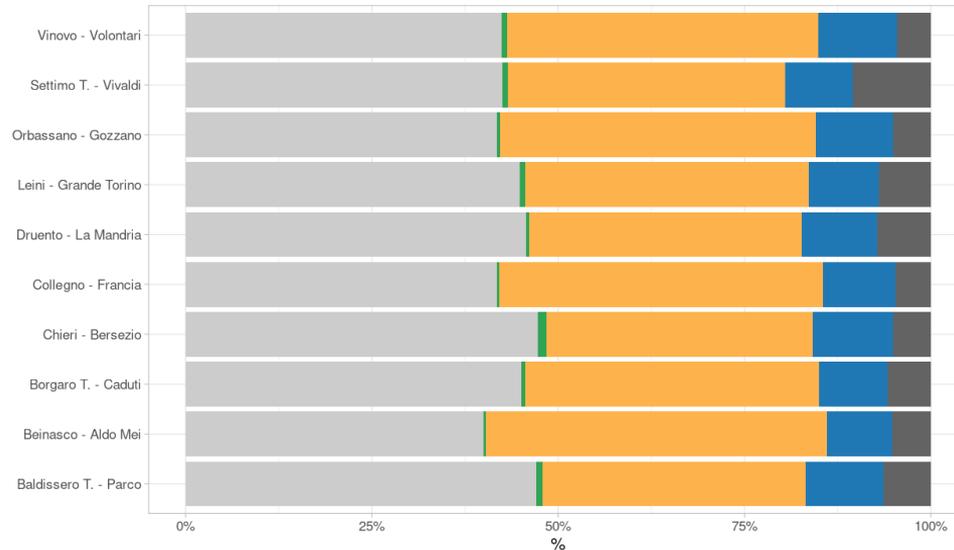
Settori ■ Industria ■ Riscaldamento ■ Traffico ■ Agricoltura ■ Resto

Zona: IT0118 (esclusa la città di Torino)

NO₂ - media annua, anno: 2022

Contributi settoriali percentuali

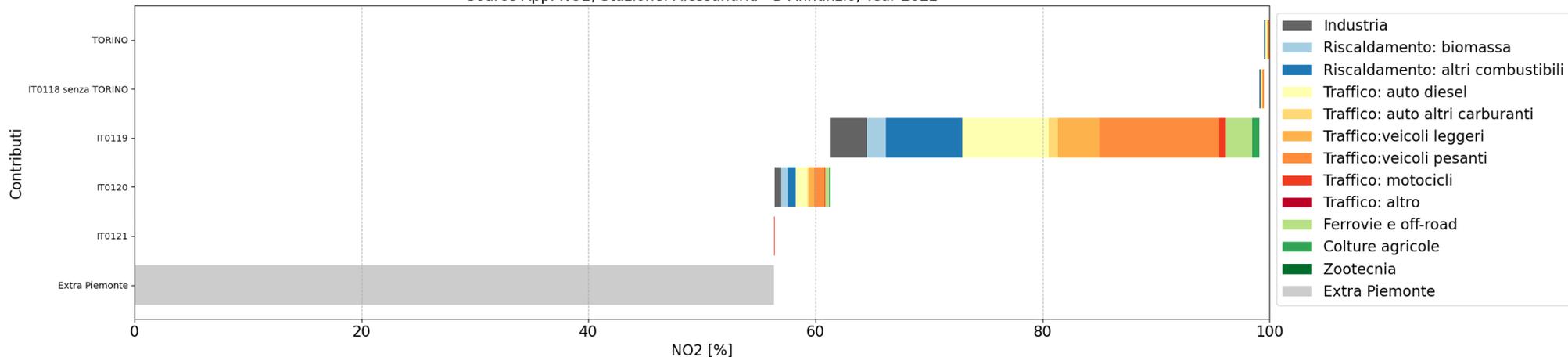
Concentrazioni dovute alle sole emissioni del Piemonte



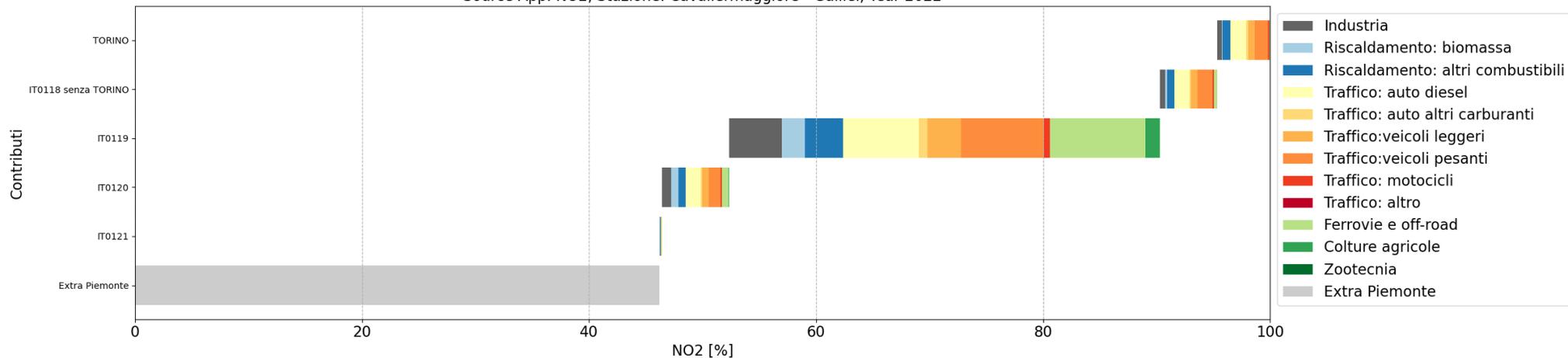
Settori ■ Industria ■ Riscaldamento ■ Traffico ■ Agricoltura ■ Resto

FARM-ORSA: risultati - NO₂

Source App. NO₂, Stazione: Alessandria - D'Annunzio, Year 2022



Source App. NO₂, Stazione: Cavallermaggiore - Galilei, Year 2022



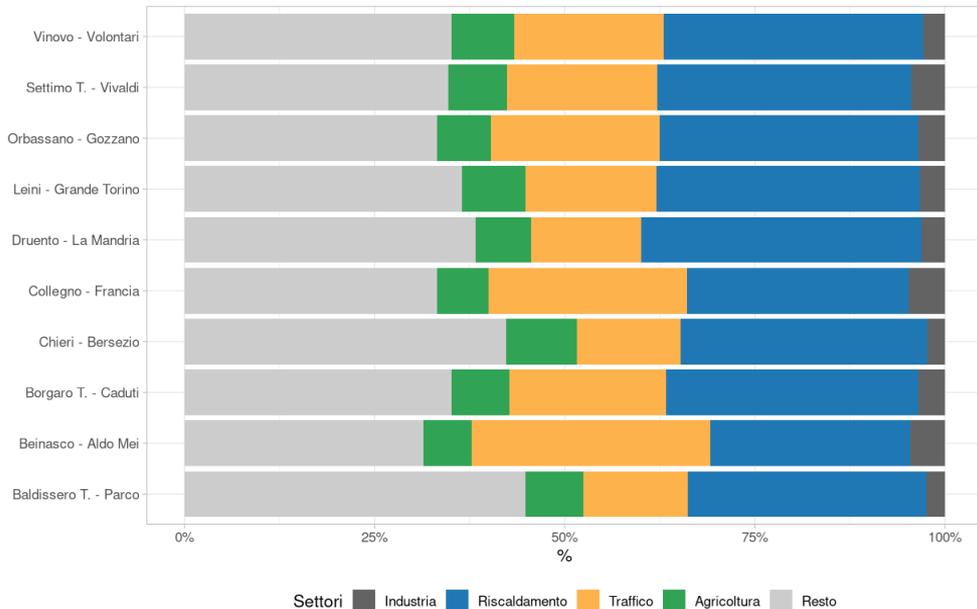
FARM-ORSA: risultati - PM₁₀ e PM_{2.5}

Zona: IT0118 (esclusa la città di Torino)

PM10 - media annua, anno: 2022

Contributi settoriali percentuali

Concentrazioni dovute alle sole emissioni del Piemonte

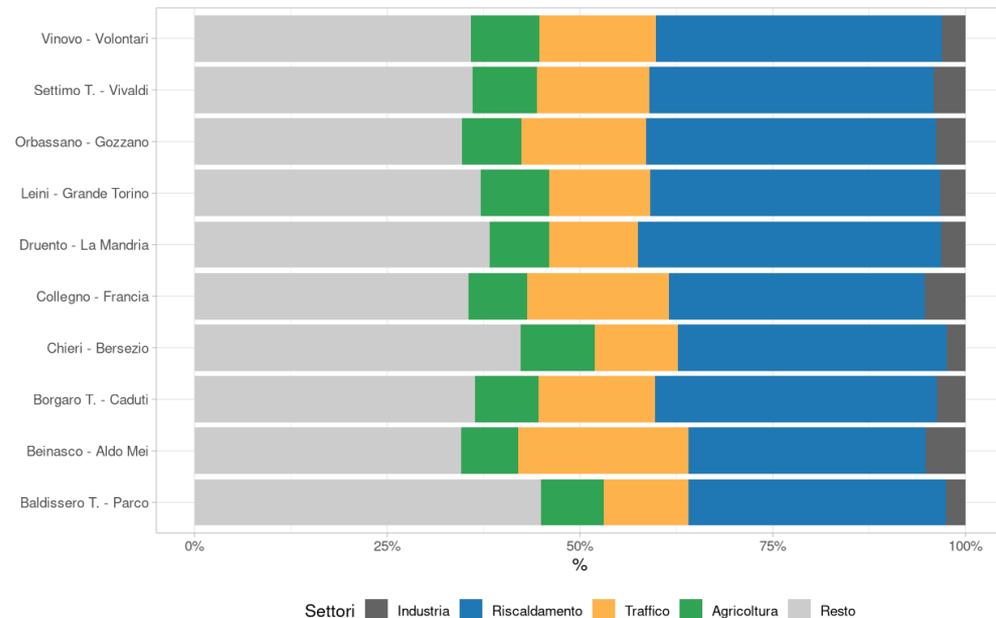


Zona: IT0118 (esclusa la città di Torino)

PM25 - media annua, anno: 2022

Contributi settoriali percentuali

Concentrazioni dovute alle sole emissioni del Piemonte



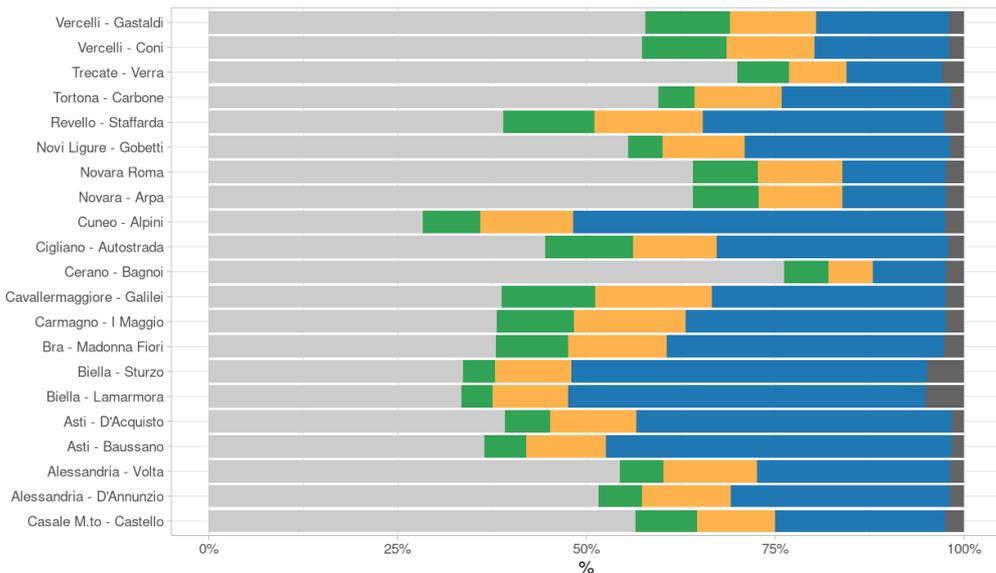
FARM-ORSA: risultati - PM₁₀ e PM_{2.5}

Zona: IT0119

PM10 - media annua, anno: 2022

Contributi settoriali percentuali

Concentrazioni dovute alle sole emissioni del Piemonte



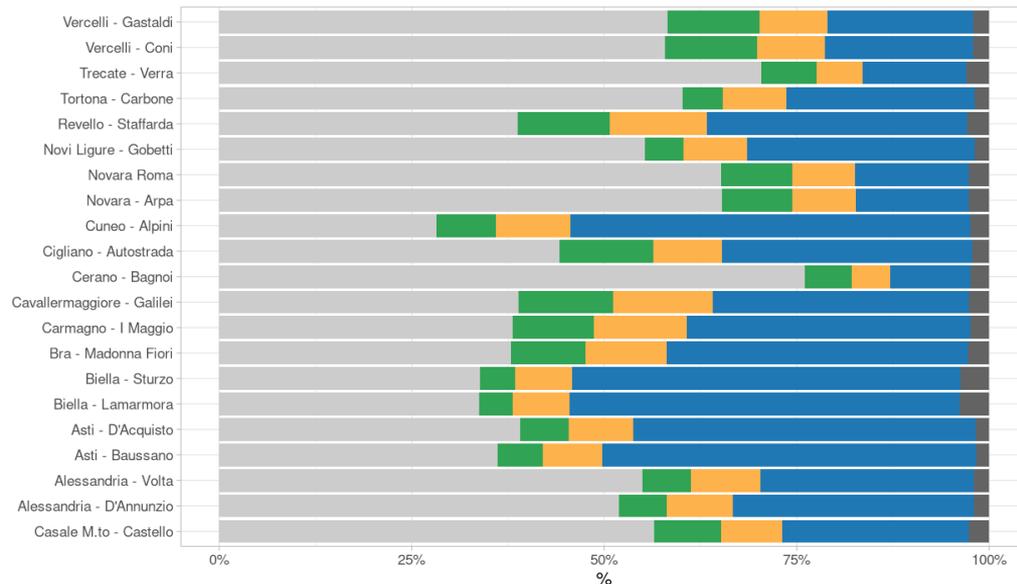
Settori ■ Industria ■ Riscaldamento ■ Traffico ■ Agricoltura ■ Resto

Zona: IT0119

PM25 - media annua, anno: 2022

Contributi settoriali percentuali

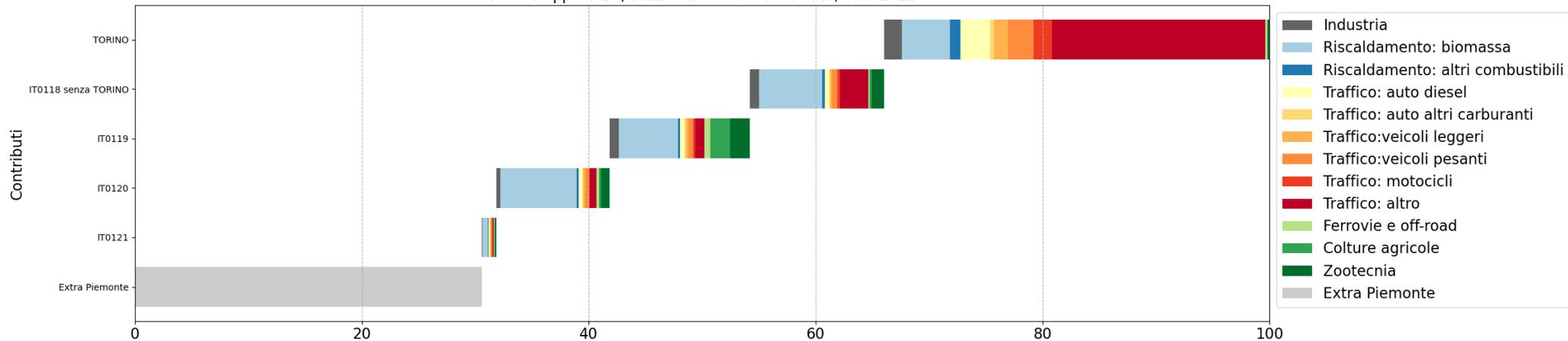
Concentrazioni dovute alle sole emissioni del Piemonte



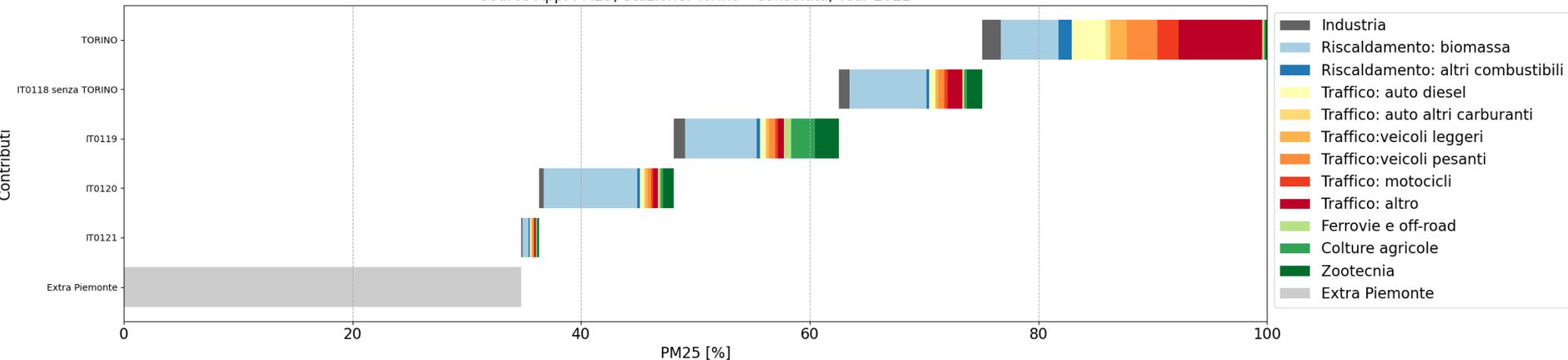
Settori ■ Industria ■ Riscaldamento ■ Traffico ■ Agricoltura ■ Resto

FARM-ORSA: risultati - PM₁₀ e PM_{2.5}

Source App. PM10, Stazione: Torino - Consolata, Year 2022

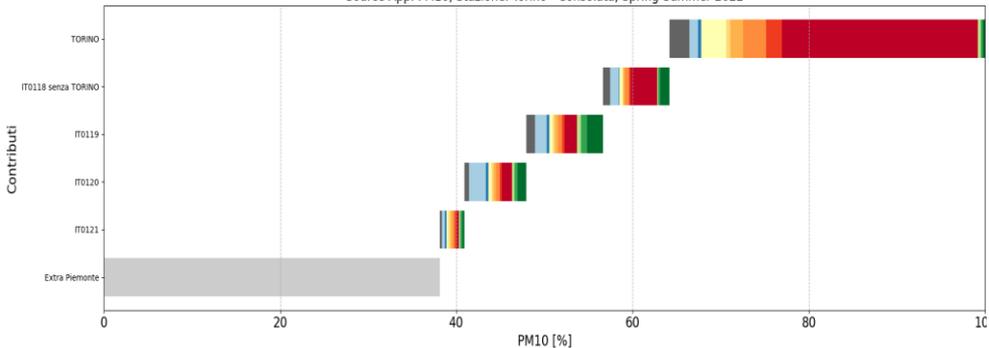


Source App. PM25, Stazione: Torino - Consolata, Year 2022

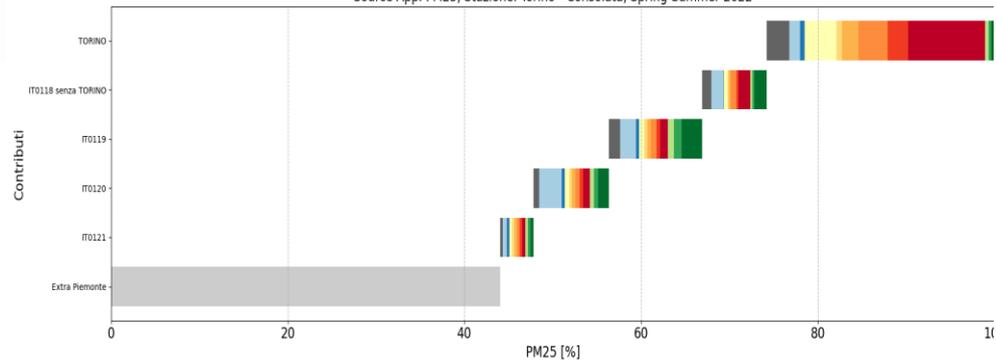


FARM-ORSA: risultati - PM₁₀ e PM_{2.5}

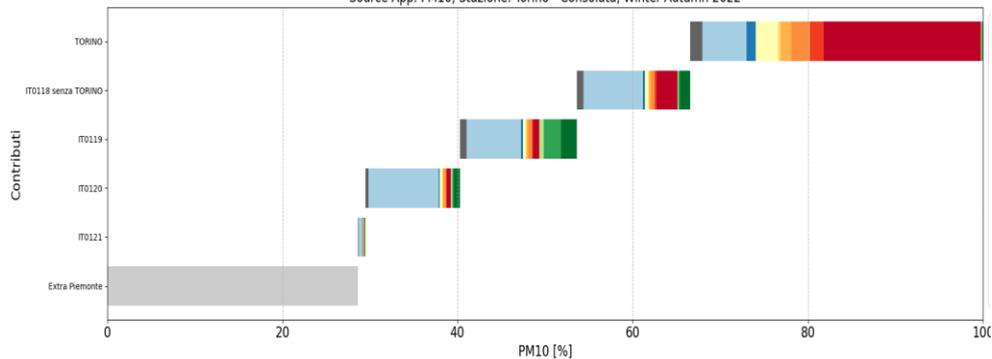
Source App. PM10, Stazione: Torino - Consolata, Spring-Summer 2022



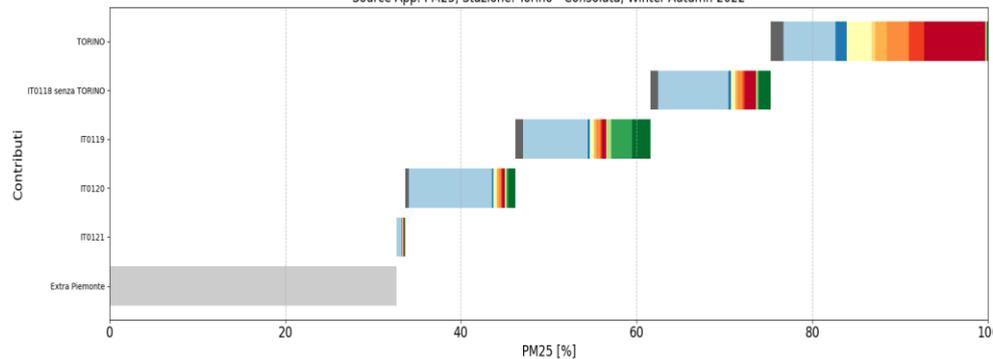
Source App. PM25, Stazione: Torino - Consolata, Spring-Summer 2022



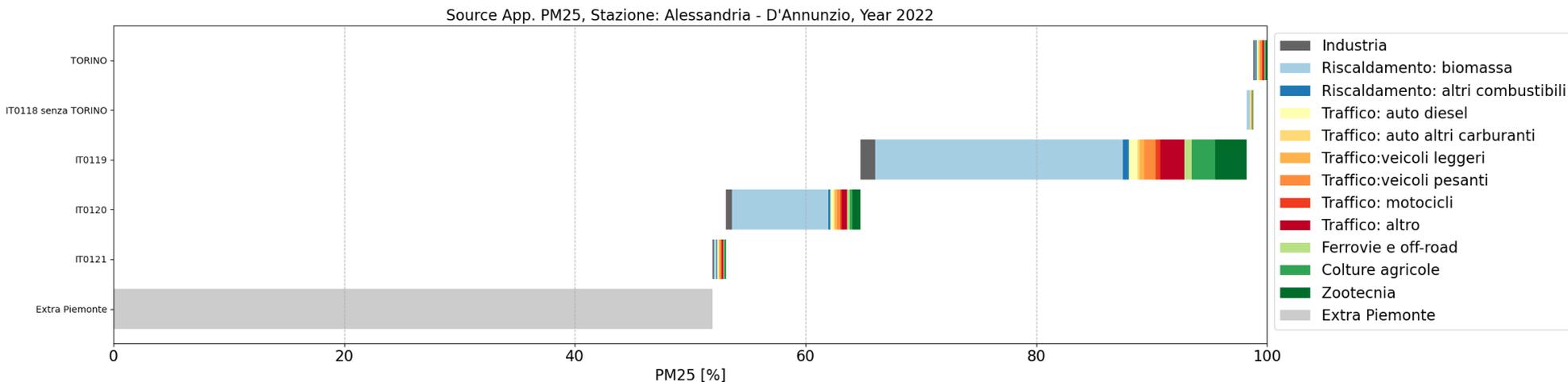
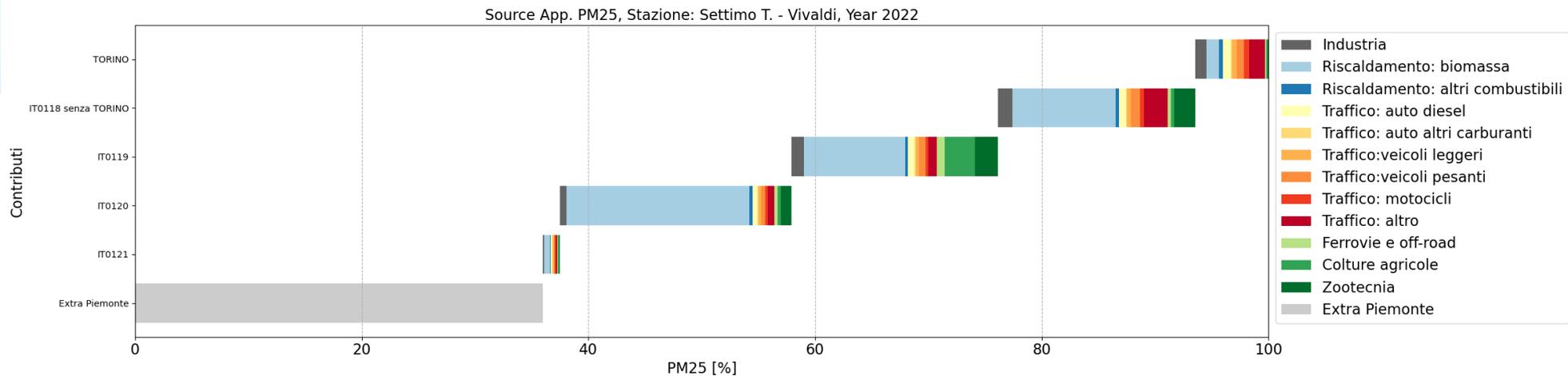
Source App. PM10, Stazione: Torino - Consolata, Winter-Autumn 2022



Source App. PM25, Stazione: Torino - Consolata, Winter-Autumn 2022



FARM-ORSA: risultati - PM₁₀ e PM_{2.5}



Conclusioni

I risultati del SA settoriale evidenziano che le misure di pianificazione regionale dovranno essere prioritariamente indirizzate:

- per il **particolato** alla **combustione a biomassa**, al **trasporto su strada** e all'**agricoltura** nelle aree con importante vocazione agricola e zootecnica. In Torino il contributo del traffico è sostanzialmente equivalente a quello della biomassa, **nel resto della regione il contributo della biomassa sembra essere prevalente; in alcune stazioni** della zona IT0119 e IT0120 il contributo del comparto **agricoltura è paragonabile a** quello del comparto **traffico**;
- per il **biossido di azoto** al contenimento delle emissioni correlate al **trasporto su strada**, in particolare auto diesel, veicoli pesanti e commerciali leggeri; al di fuori della città di Torino non è trascurabile il riscaldamento con combustibili diversi dalla biomassa

I risultati del SA **a livello geografico evidenziano l'importanza dei fenomeni di trasporto: per il particolato solo in Torino il contributo interno è paragonabile al contributo esterno**, mentre nelle altre realtà la componente predominante è esterna alla zona di appartenenza.

Sviluppi

- Utilizzare lo stesso dettaglio in termini emissivi di classificazione anche sull'inventario fuori regione;
- Approfondire il confronto con i dati di speciazione chimica ed i risultati dei modelli a recettore prodotti nell'ambito del progetto prepAIR (2022);
- Utilizzo di FARM/BFM sugli stessi dati di input (inventario, meteorologica, BC) per valutare gli impatti potenziali dei comparti/settori/attività individuati



Grazie per l'attenzione