

# IMPATTO FUTURO DELLA DIFFUSIONE DI VEICOLI ELETTRICI A BATTERIA E A IDROGENO (FUEL CELL) SUL PM10 IN EMILIA-ROMAGNA

*Sara Fabbi, Alessandro Bigi, Giorgio Veratti  
e Grazia Ghermandi*

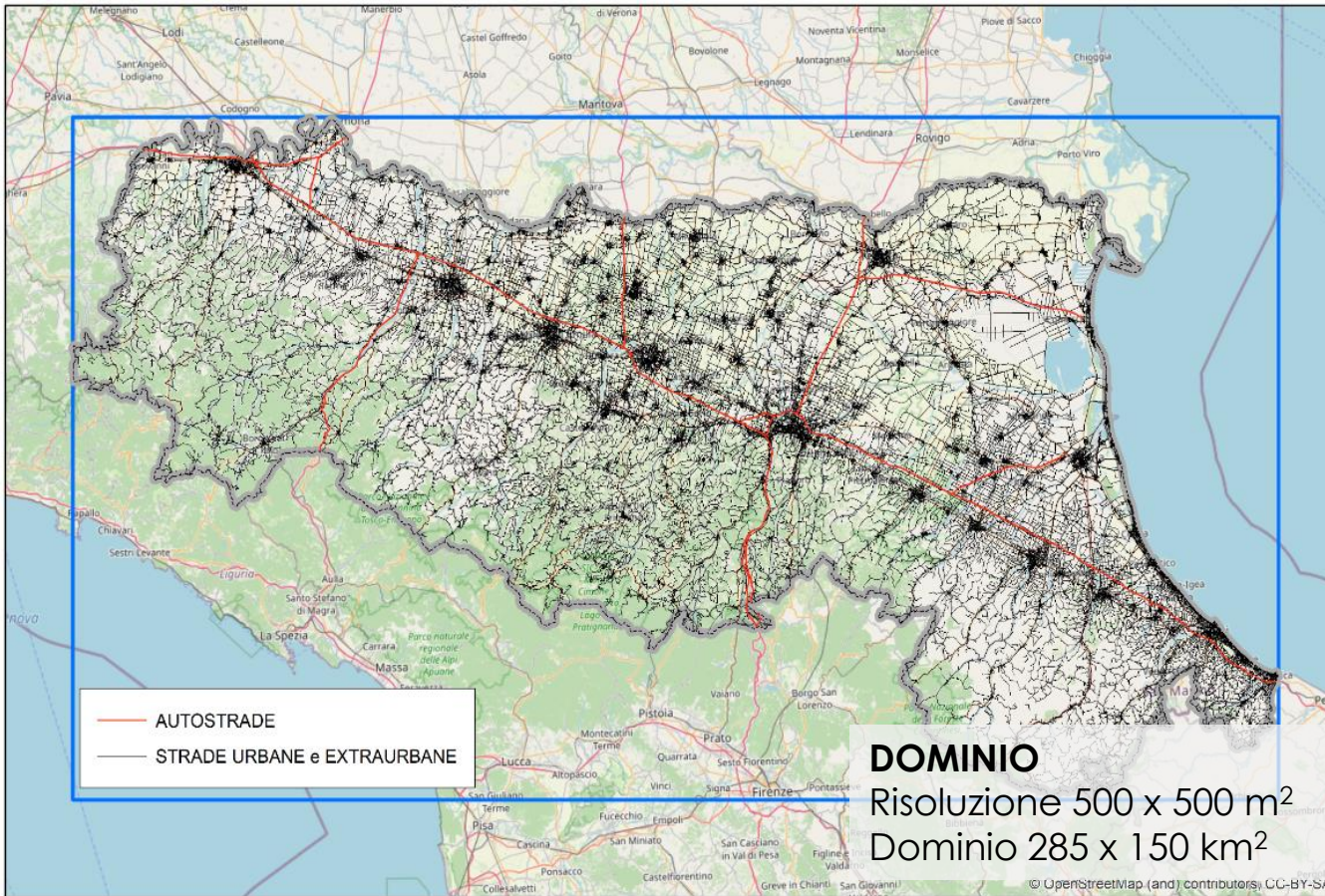
*<sup>1</sup>Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari", Università di Modena e Reggio Emilia*

*<sup>2</sup>ARPAE-SIMC Servizio Idro Meteo Clima, Bologna*

## FASI DI STUDIO

1. Definizione dominio di studio
2. Scenario futuro 2030:
  - Calcolo nuovo parco veicolare
  - Calcolo fattori di emissione ed emissione totale annuale
3. Confronto emissione totale annua 2019 (scenario presente) e prevista 2030 (scenario futuro)
4. Simulazione tramite PMSS dei due scenari sull'Emilia Romagna
5. Confronto dati modellizzati PMSS e CHIMERE (Arpae ER) nella stima del PM10 primario
6. Considerazioni sui risultati

# 1. Definizione dominio di studio



## CLASSI VEICOLARI ANALIZZATE

- Autovetture
- Veicoli pesanti (HDV, RT) e autobus

## SORGENTI

Strade urbane ed extraurbane, autostrade

## TIPO D'INQUINANTE

PM10 dal gas di scarico e da usura (freni, pneumatici e strada)

## DATI EMISSIONE

- ✓ Parco Veicolare 2019 (<https://www.aci.it/laci/studi-e-ricerche/dati-e-statistiche/autoritratto/autoritratto-2019.html>)
- ✓ Emissione Inventario Inemar 2017 (<https://dati.arpa.e.it/dataset/inventario-emissioni-aria-inemar>)

## PERIODO METEO

febbraio 2019

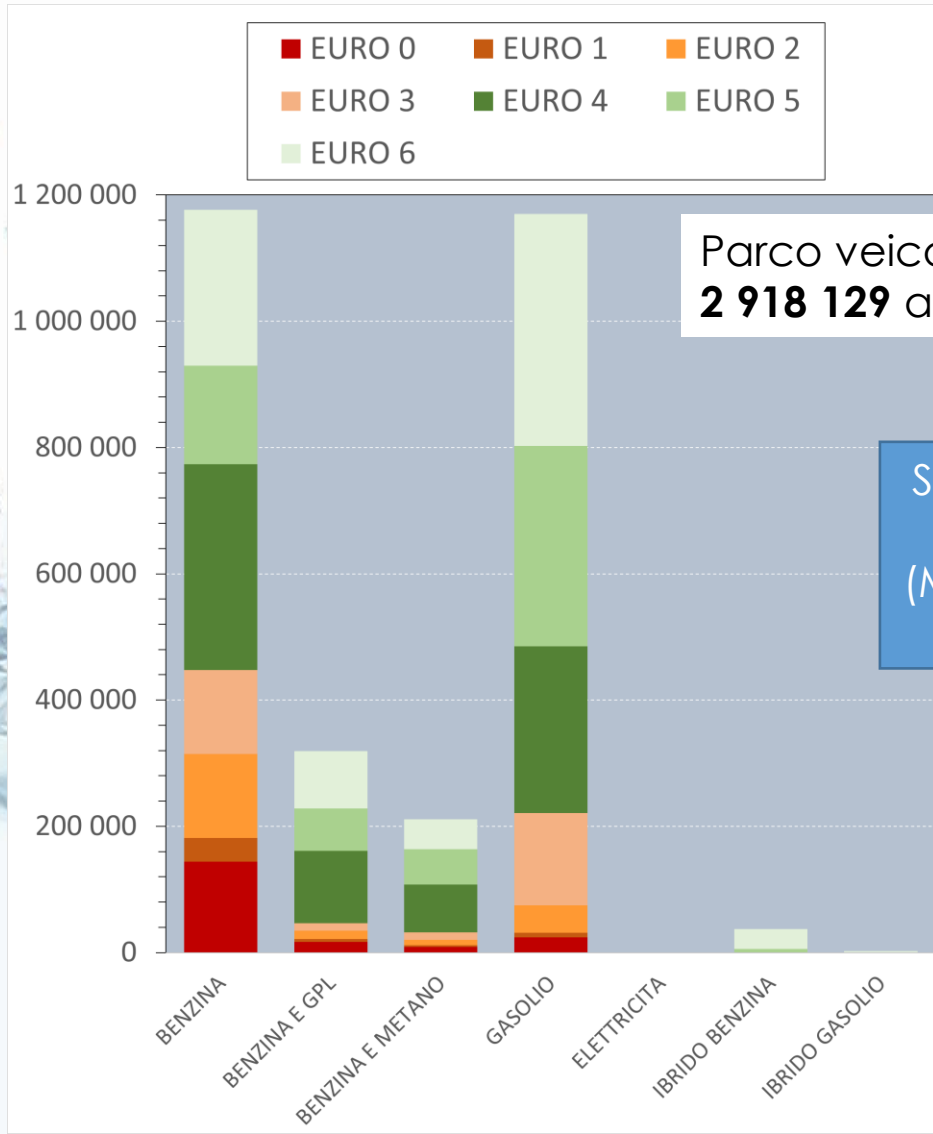
## MODELLI DI DISPERSIONE

WRF (Modello atmosferico previsionale)  
PMSS (Parallel Micro SWIFT SPRAY)

## DATI TERRITORIALI

Topografia COPERNICUS (500 m)  
Uso del suolo CLC 2018 (500 m)

## 2. Scenario 2030: calcolo parco veicolare (autovetture) ER



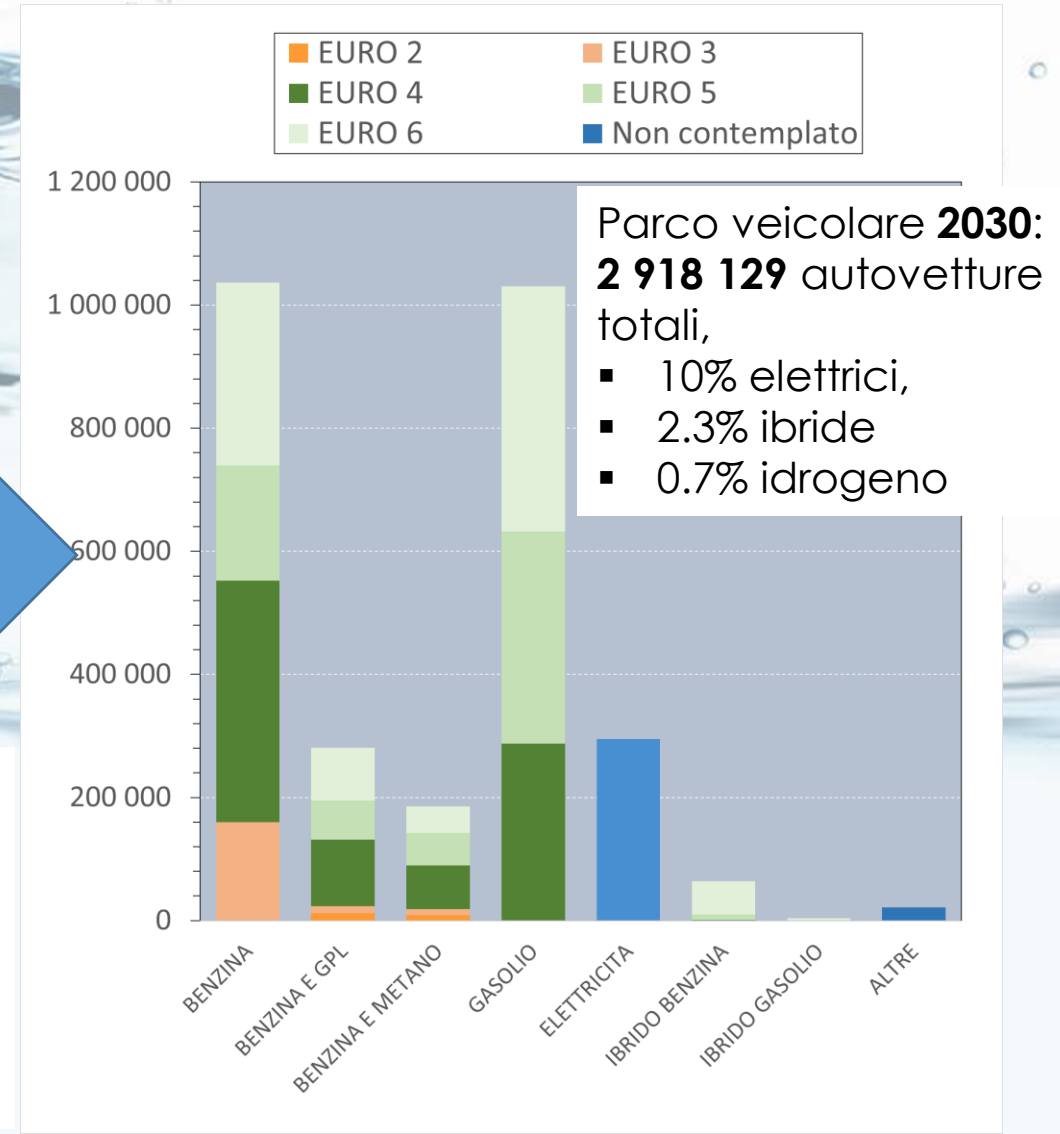
SCENARIO di crescita  
INTERMEDIO  
(MOTUS-E, 2020 e H2IT,  
2019)

RT:

- 9.8% elettrici,
- 0.9% idrogeno

BUS:

- 4.2% elettrici,
- 3.4% idrogeno



## 2. Scenario 2030: fattori di emissione EF e frenata rigenerativa RBS



Vehicle categories	PC					RT			BUS			HDV
	ICE		BEV	HEV	FCEV	ICE	BEV	FCEV	ICE	BEV	FCEV	ICE
fuel	petrol	diesel		petrol/diesel		diesel			diesel			diesel
$EF_{EE}$ ( $\text{mg km}^{-1} \text{veic}^{-1}$ )(*)	1.4	1.69 - 31.1	0.0	1.6	0.0	180.0	0.0	0.0	162.0	0.0	0.0	130.0
$EF_{NEE}$ ( $\text{mg km}^{-1} \text{veic}^{-1}$ )(**)	25.5		24.4	22.8	21.7	120.0	135.2	118.6	112.3	128.4	112.6	106.8
$EF_{NEE}$ ( $\text{mg km}^{-1} \text{veic}^{-1}$ )(***)	25.5		29.3	27.2	24.5	120.0	135.2	118.6	112.3	128.4	112.6	106.8

(\*) exhaust EE, LIMITI 4.5 mg/km\*veicolo (EURO 6), (\*\*) non-exhaust NEE con 40% RBS, (\*\*\*) non-exhaust NEE con 0% RBS

## 2. Scenario 2030: calcolo emissioni totali annue EE e NEE

**COMBUSTIONE ( $EF_{EE}$ )**

$$EE \left( \frac{Mg}{yr} \right) = \sum_{i=1}^M (EF_i * N_i * \text{percorrenza media})$$

**ABRASIONE ( $EF_{NEE}$ )**

$$NEE \left( \frac{Mg}{yr} \right) = \sum_{i=1}^M \left( \left( \frac{100 - \%RBS}{100} * EF_{ib} + EF_{it} + EF_{ir} \right) * N_i * \text{percorrenza media} \right)$$

- **M = numero di classe di veicoli** (Ad es per PC: **183** classi, **81** benzina + diesel, **28** ibride, **72** gpl + metano, **1** BEV e **1** FCEV),
- **N = numero di veicoli per classe** → parco veicolare 2030,
- **Percorrenza media = 14 000** km percorsi anno per PC, ~ **40 000** km percorsi anno per HDV, RT e BUS,
- **40 %** di RBS,
- b breake, t tyre e r road.

**EE ( $Mg \text{ yr}^{-1}$ )**

**NEE ( $Mg \text{ yr}^{-1}$ )**

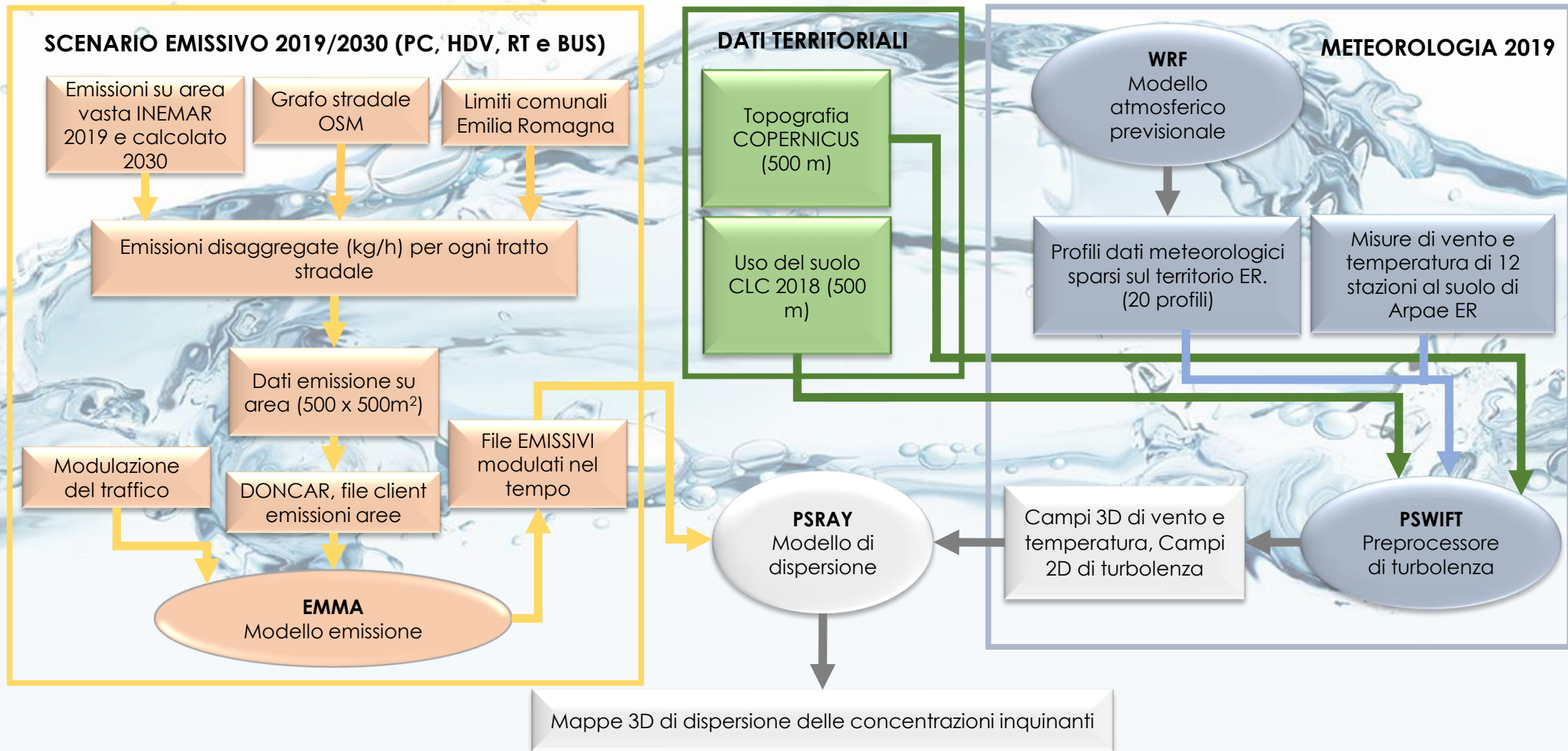
### 3. Confronto emissione totale annua PM10 2019 e prevista 2030

EE (Mg yr <sup>-1</sup> )	PC					RT				BUS				HDV	
Anno	ICE	BEV	HEV	FCEV	TOT <sub>PC</sub>	ICE	BEV	FCEV	TOT <sub>RT</sub>	ICE	BEV	FCEV	TOT <sub>BUS</sub>	ICE	TOT <sub>RT+BUS+HDV</sub>
<b>2019</b>	344.0	0.0	3.0	0.0	<b>347.0</b>	42.0	0.0	0.0	42.0	30.0	0.0	0.0	30.5	284.5	<b>357.0</b>
<b>2030</b>	176.0	0.0	2.0	0.0	<b>178.0</b>	32.0	0.0	0.0	32.0	22.0	0.0	0.0	22.0	208.0	<b>262.0</b>

NEE (Mg yr <sup>-1</sup> )	PC					RT				BUS				HDV	
Anno	ICE	BEV	HEV	FCEV	TOT <sub>PC</sub>	ICE	BEV	FCEV	TOT <sub>RT</sub>	ICE	BEV	FCEV	TOT <sub>BUS</sub>	ICE	TOT <sub>RT+BUS+HDV</sub>
<b>2019</b>	994.0	1.0	14.0	0.0	<b>1009.0</b>	86.0	0.0	0.0	86.0	30.0	0.0	0.0	30.0	233.0	<b>349.0</b>
<b>2030</b>	872.0	102.0	22.0	7.0	<b>1003.0<sup>(*)</sup></b>	77.0	9.5	1.0	87.5	28.0	1.5	1.0	30.5	233.0	<b>351.0</b>

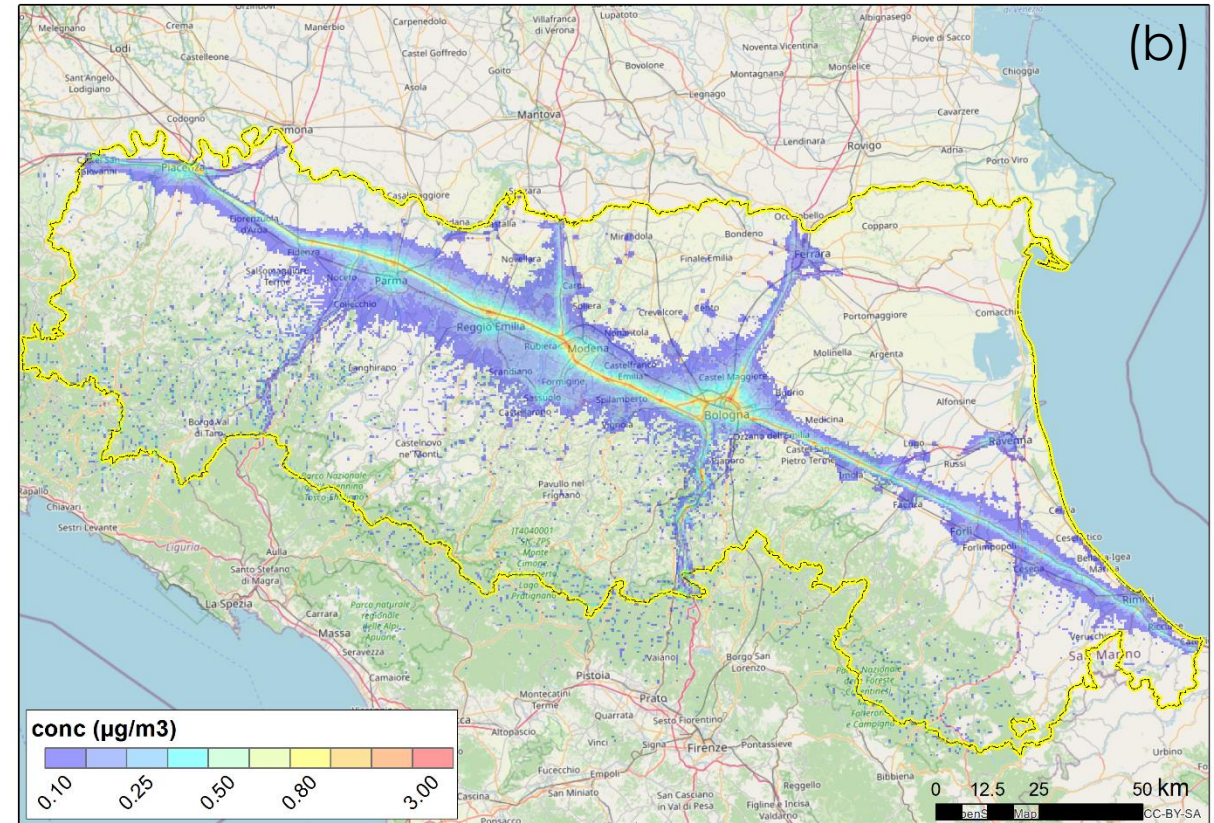
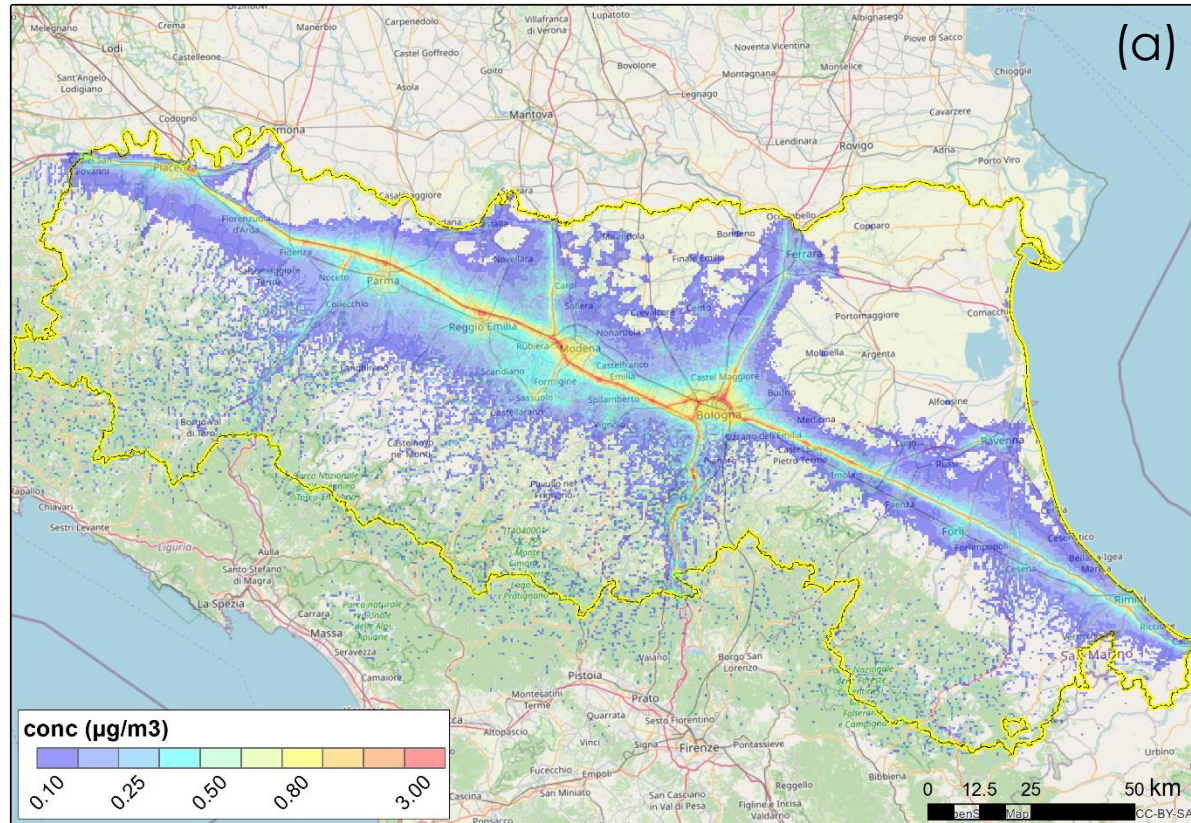
(\*) 1003.0 (Mg yr<sup>-1</sup>) con 40% RBS → 1013 (Mg yr<sup>-1</sup>) con 0% RBS

# 4. Simulazione di dispersione atmosferica



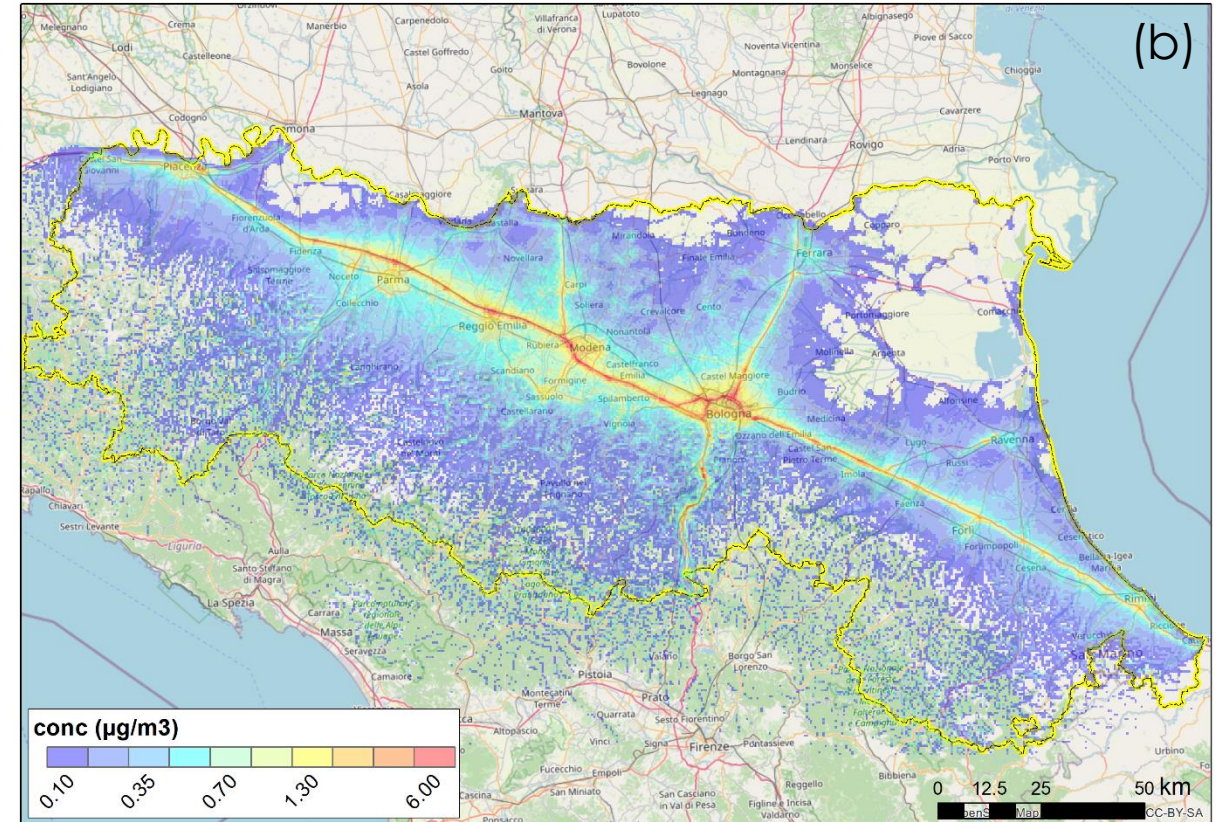
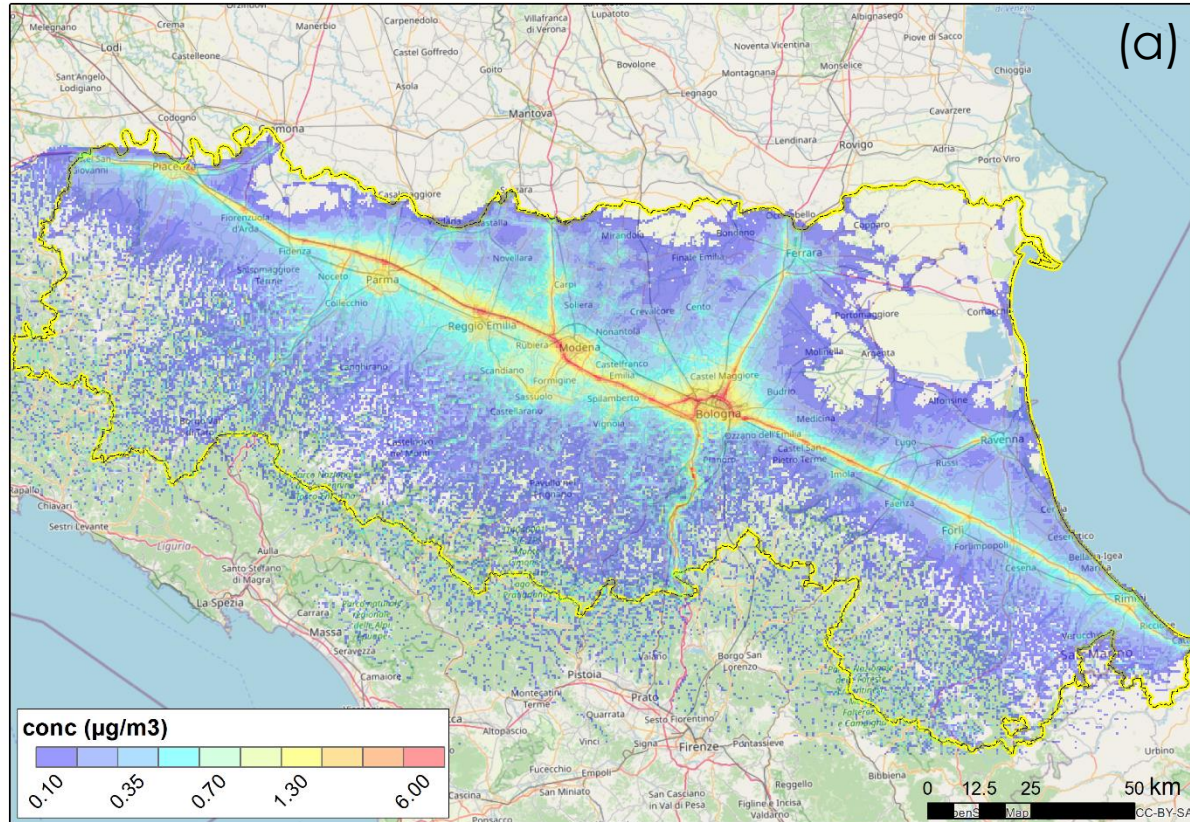


# 4. Simulazione di dispersione atmosferica: confronto EE



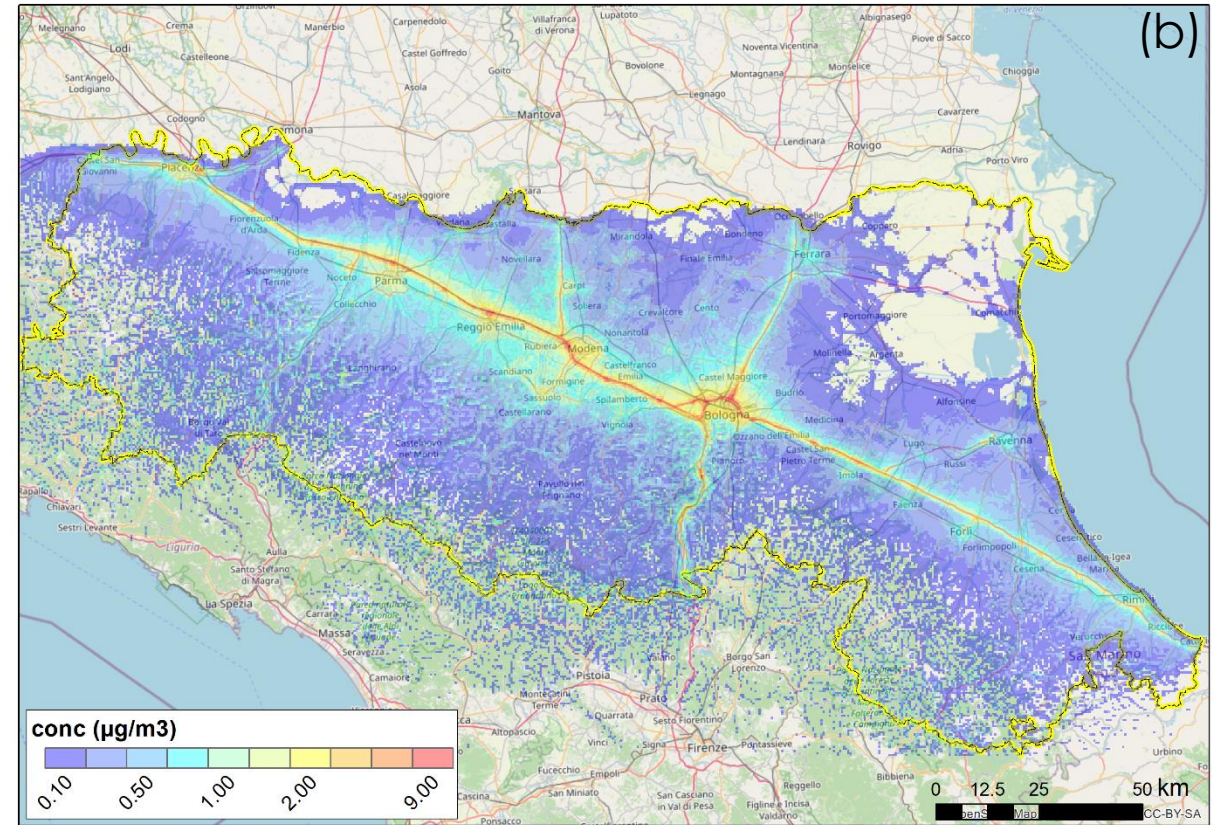
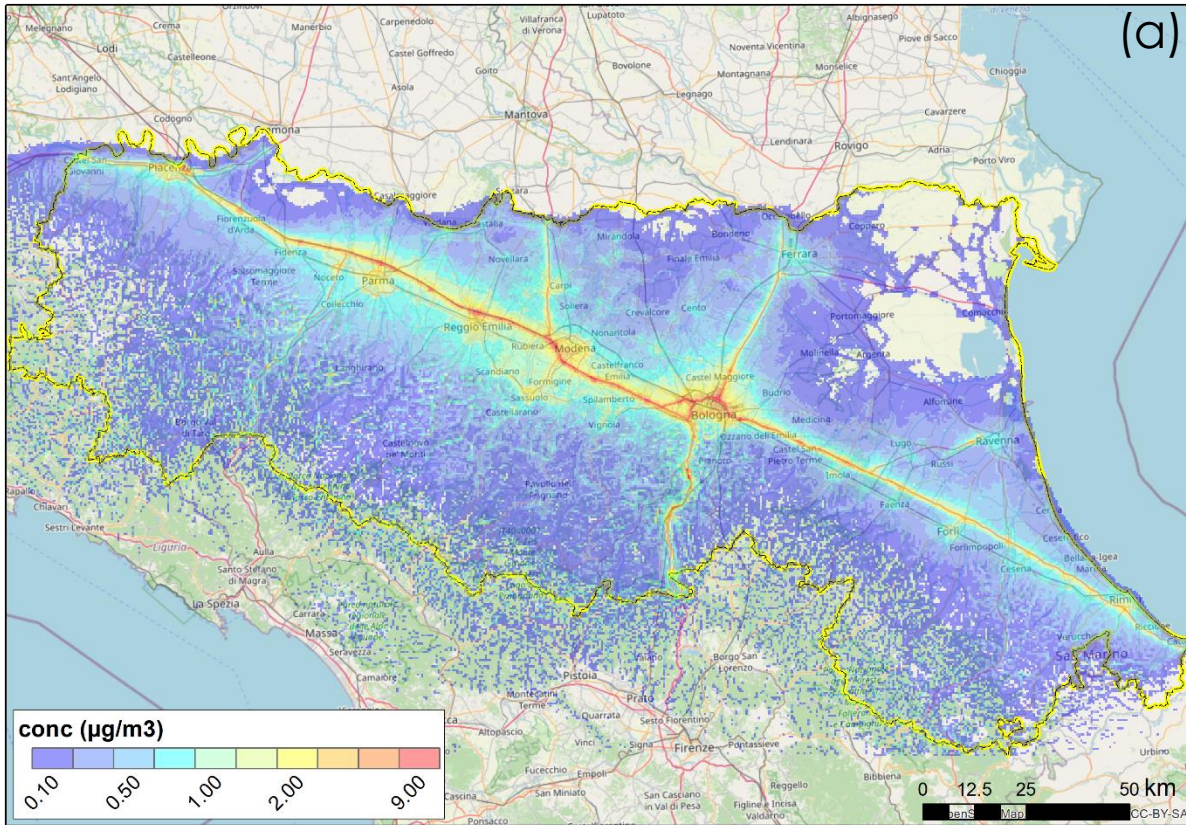
**Concentrazioni al suolo di PM10 EE 2019 (a) e PM10 EE 2030 (b) dovute alle emissioni di autovetture, veicoli pesanti e autobus, 15 febbraio 2019**

# 4. Simulazione di dispersione atmosferica: confronto NEE



**Concentrazioni al suolo di PM10 NEE 2019 (a) e PM10 NEE 2030 (b) dovute alle emissioni di autovetture, veicoli pesanti e autobus, 15 febbraio 2019**

# 4. Simulazione di dispersione atmosferica: confronto EE+NEE

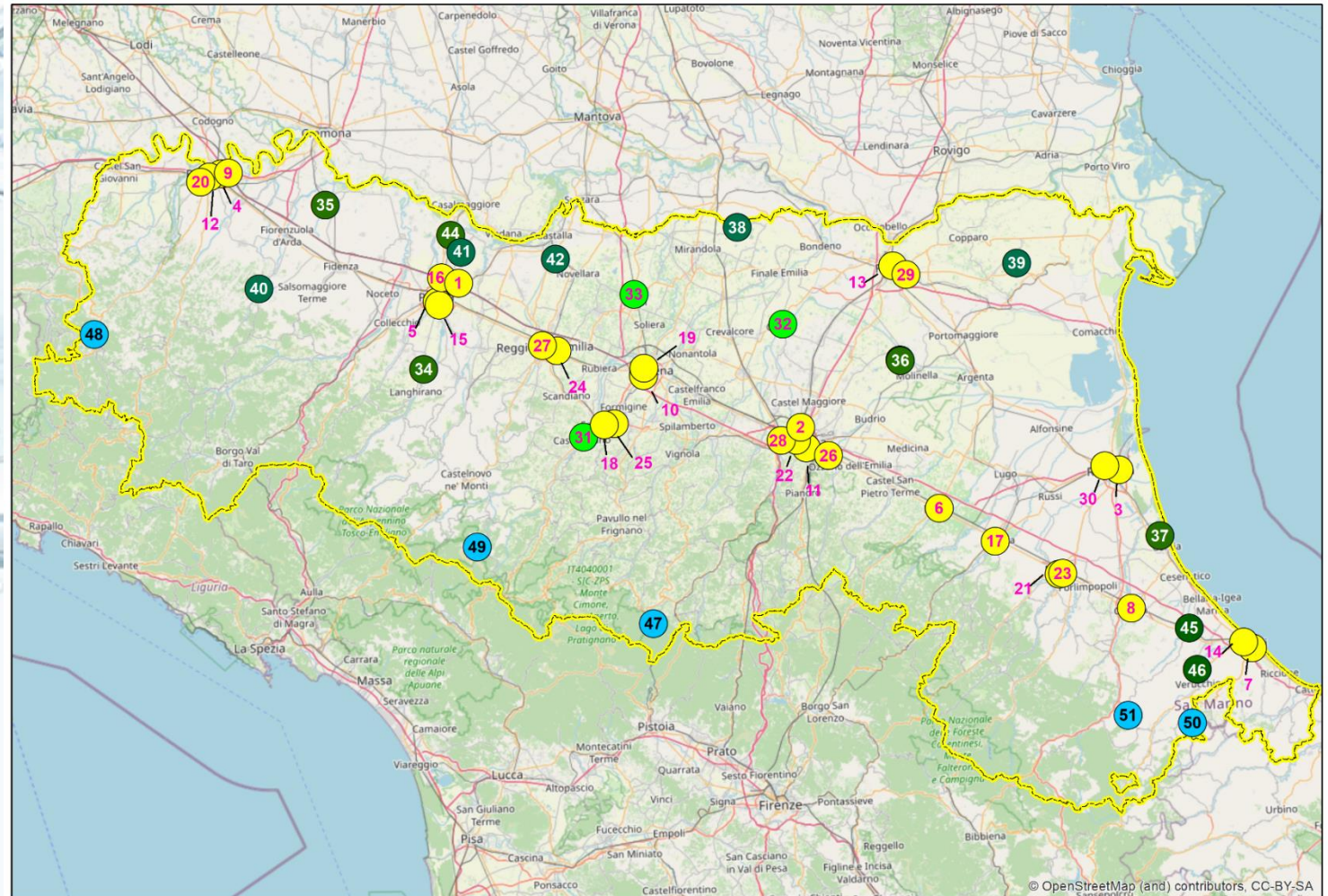


**Concentrazioni al suolo di PM10 EE+NEE 2019 (a) e PM10 EE+NEE 2030 (b) dovute alle emissioni di autovetture, veicoli pesanti e autobus, 15 febbraio 2019**

# 5. Confronto dati modellizzati PMSS e CHIMERE (Arpae ER) nella stima PM10 primario

% PM10 primario da traffico:

- Urbane (urb, 23 %),
- Suburbane (sub, 15%)
- Rurali – Suburbane pulite (rur, 10.5 %)
- Remote (rem, 2-6 %)



# 5. Confronto dati modellizzati PMSS e CHIMERE (Arpae ER) nella stima PM10 primario

	Nome Stazione	Tipo	r	
			1 - 28 Feb	9 - 24 Feb
1	Bogolese	urb	0.39	0.74
2	Cabina Mainsite	urb	0.15	0.39
3	Caorle	urb	0.67	0.75
4	Ceno	urb	0.22	0.51
5	Cittadella	urb	0.42	0.78
6	De Amicis	urb	0.62	0.79
7	Flaminia	urb	0.81	0.78
8	Franchini-Angeloni	urb	0.80	0.80
9	Gerbido	urb	0.39	0.58
10	Giardini	urb	0.73	0.87
11	Giardini Margherita	urb	0.11	0.37
12	Giordani-Farnese	urb	0.48	0.73
13	Isonzo	urb	0.75	0.84

	Nome Stazione	Tipo	r	
			1 - 28 Feb	9 - 24 Feb
14	Marecchia	urb	0.75	0.68
15	Montebello	urb	0.32	0.75
16	Paradigna	urb	0.20	0.71
17	Parco Bertozzi	urb	0.68	0.82
18	Parco Edilcarani	urb	0.56	0.82
19	Parco Ferrari	urb	0.78	0.87
20	Parco Montecucco	urb	0.51	0.65
21	Parco Resistenza	urb	0.29	0.74
22	Porta San Felice	urb	0.36	0.61
23	Roma	urb	0.40	0.71
24	S. Lazzaro	urb	0.46	0.82
25	San Francesco	urb	0.43	0.81
26	San Lazzaro	urb	0.14	0.66

	Nome Stazione	Tipo	r	
			1 - 28 Feb	9 - 24 Feb
27	Timavo	urb	0.44	0.75
28	Via Chiarini	urb	0.38	0.75
29	Villa Fulvia	urb	0.62	0.75
30	Zalamella	urb	0.74	0.80
31	Castellarano	sub	0.62	0.76
32	Cento	sub	0.74	0.82
33	Remesina	sub	0.76	0.85
34	Badia	rur	0.61	0.79
35	Besenzone	rur	0.44	0.34
36	Cabina Molinella	rur	0.70	0.73
37	Delta Cervia	rur	0.70	0.61
38	Gavello	rur	0.50	0.51
39	Gherardi	rur	0.59	0.56

	Nome Stazione	Tipo	r	
			1 - 28 Feb	9 - 24 Feb
40	Lugagnano	rur	0.45	0.60
41	Malcantone	rur	0.58	0.61
42	S. Rocco	rur	0.68	0.75
43	San Pietro Capof.	rur	0.69	0.74
44	Saragat	rur	0.41	0.55
45	Savignano	rur	0.82	0.77
46	Verucchio	rur	0.71	0.72
47	Castelluccio	rem	0.48	0.73
48	Corte Brugnatella	rem	0.40	0.55
49	Febbio	rem	0.41	0.68
50	San Leo	rem	0.71	0.71
51	Savignano di Rigo	rem	0.51	0.67

## 5. Confronto dati modellizzati PMSS e CHIMERE (Arpae ER) nella stima PM10 primario

- Per l'intero mese di febbraio 2019 in 28 siti su 51 il coefficiente  $r > 0.50$  ed il numero di siti aumenta a 48 per il periodo centrale (dal 9 al 24 febbraio) della simulazione.
- La correlazione (9-24 Feb) tra le concentrazioni stimate da PMSS e da CHIMERE nei siti di qualità dell'aria è maggiore nei siti urbani, grazie alla alta densità del reticolo stradale in tali zone.
- Le concentrazioni di PM10 sono generalmente più elevate per PMSS che con CHIMERE nella maggior parte dei siti urbani (NMB = 56%), dove il modello fotochimico tende generalmente a sottostimare i valori osservati, e solo nella metà dei siti rurali, riportando risultati contrastanti per questo tipo di siti, mediana NMB = - 24% e NMB medio = 14%.

## 6. Considerazioni sui risultati

- Miglioramento della qualità dell'aria dovuto alla diminuzione delle emissioni di PM10 nei gas di scarico grazie al rinnovo del parco veicolare.
- Non si osservano differenze sostanziali tra i due scenari per le emissioni da usura, che costituiscono più del 60% del PM10 primario da traffico, il contributo delle quali potrebbe anche aumentare (69% dato INEMAR 2019).
- La massa minore (di circa il 20%) dei FCEV rispetto ai BEV determina tuttavia fattori di emissione di PM10 da usura inferiori per i veicoli elettrici a celle a combustibile.
- L'impatto positivo sarà prevedibilmente rilevante sulle concentrazioni atmosferiche di taluni inquinanti, come gli ossidi di azoto, non sarà altrettanto evidente sulla concentrazione di PM10, per ridurre la quale bisogna intervenire sui precursori della frazione secondaria.

## 6. Considerazioni sui risultati

- PMSS e CHIMERE mostrano un buon accordo nell'andamento temporale delle concentrazioni, a riprova dell'efficacia della simulazione ottenuta da PMSS.
- PMSS è idoneo nel simulare le variabilità dell'impatto atmosferico delle emissioni veicolari tra aree urbane, rurali e remote in un dominio vasto.
- Non si è tenuto conto della risospensione delle polveri stradali.





Grazie per l'attenzione!

*Ringraziamenti*

La simulazione con il modello CHIMERE è stata realizzata nell'ambito del progetto PREPAIR "LIEF15 IPE IT013" da ARPAE-SIMC Servizio Idro Meteo Clima. Questo studio è supportato dalla Regione Emilia Romagna e da Landi Renzo SpA nell'ambito di un progetto finanziato nella call 2019 del programma "Aiuti a favore della ricerca e sviluppo, art. 6 LR 14 /2014".