

AMBIENTE E SALUTE a cosa andiamo incontro?

9 GIUGNO 2023



MODENA

Il processo di valutazione dell'inquinamento dell'atmosfera: quali (in)certezze?

Vanes Poluzzi - Arpae

- 1. Di cosa parliamo? Qualche definizione**
- 2. Dati osservati, stimati e simulati: una questione di metodo**
- 3. Quali tipologie di dati**
- 4. Alcuni risultati**

Inquinamento atmosferico

L'**inquinamento** è un'alterazione dello stato ambientale dell'atmosfera, dovuto a introduzione di inquinanti, conseguenza di fenomeni antropici o naturali.

Gli inquinanti possono essere primari, cioè emessi direttamente, o secondari, cioè che derivano da trasformazioni fisico/chimiche in atmosfera.

Quali sono gli inquinanti di cui la legge richiede la misura, la stima, la modellazione?

Polveri (PM10, PM2,5)

Ossidi di Azoto (NO_x)

Ozono (O₃), Monossido di Carbonio (CO), Metalli Pesanti (Cd, Ni, As, Pb), Benzene, SO₂, IPA

Esistono altri inquinanti in atmosfera?

Sì, almeno migliaia

Dati osservati, stimati e simulati: una questione di metodo

Il metodo scientifico...

Metodo Induttivo: da casi singoli si arriva al caso generale



Metodo deduttivo: procede dal generale al particolare

Metodo ipotetico-deduttivo: simile al precedente ma con formulazione di ipotesi

Il metodo scientifico si basa quindi sulla formulazione di teorie e ipotesi, e poi sulle osservazioni, sulle misure, sulla produzione di risultati e sulla conferma di tali risultati attraverso un certo numero di verifiche... ma attenzione! si veda la triste storia del tacchino induttivista...

Più che verificabile, una qualsiasi ipotesi o teoria deve essere potenzialmente falsificabile, cioè deve poter essere smentita dai fatti dell'esperienza.

- Ogni dato ambientale viene quindi **misurato da uno strumento il cui principio di misura è fondato su teorie solide, oppure stimato mediante metodi matematici basati sulle equazioni che governano il fenomeno che si vuole descrivere.**
- La misura effettuata dallo strumento deve essere confrontata con uno *standard certificato* per verificarne i parametri di accuratezza e precisione.
- Lo strumento deve essere in grado di fare misure replicabili.

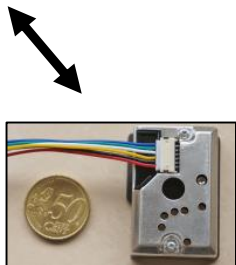
MA

- **OGNI STRUMENTO** è affetto da **ERRORI** sia di *accuratezza* (cioè differenza dal valore reale) sia di *precisione* (cioè la dispersione dei dati attorno a un valore).
- **OGNI MODELLO** sarà affetto da errori di stima, legati ai dati di input, a loro volta affetti da errori di diversa natura.

Dunque: fondamentale sarà associare a ogni misura, stima, valutazione la rispettiva incertezza

Esempio:

- Strumento: **analizzatore PM10**
- Da dove arriva questo analizzatore?
Chi è il proprietario?
- Quale è la sua affidabilità (precisione e accuratezza)?
- E' rapportabile rispetto agli standard internazionali? E' certificato?
- E' posizionato secondo standard e norme di legge?
- In sintesi, il dato che leggiamo è davvero robusto e solido?



“Lo strumento dell’amico di mio cugino dice che i valori di inquinamento sono molto diversi da quelli ufficiali”

- Da dove vengono i dati?
- Gli strumenti sono certificati da normative europee e controllati costantemente?
- Quale è l’errore di misura degli strumenti?
- Sono dati in tempo reale o è una media sulle 24 ore?
- Quale è la posizione dello strumento, ad un metro da un’autostrada o in cima ad un monte sperduto? O dentro un garage? O sotto lo scarico di un motorino

Attenzione a quando ci si propone qualche dato: non rigettiamo mai l’idea di capire se quel dato è stato fatto con metodo!

Di che valori parliamo quando parliamo di incertezza di misura?

Incertezze di misura nella chimica dell'atmosfera: max 25 %

Incertezze di stime modellistiche di inquinanti atmosferici: max 50 %

Le tipologie di dati relativi alla qualità dell'aria sono divisibili in:

Dati osservati: mediante misurazioni con diversi strumenti;

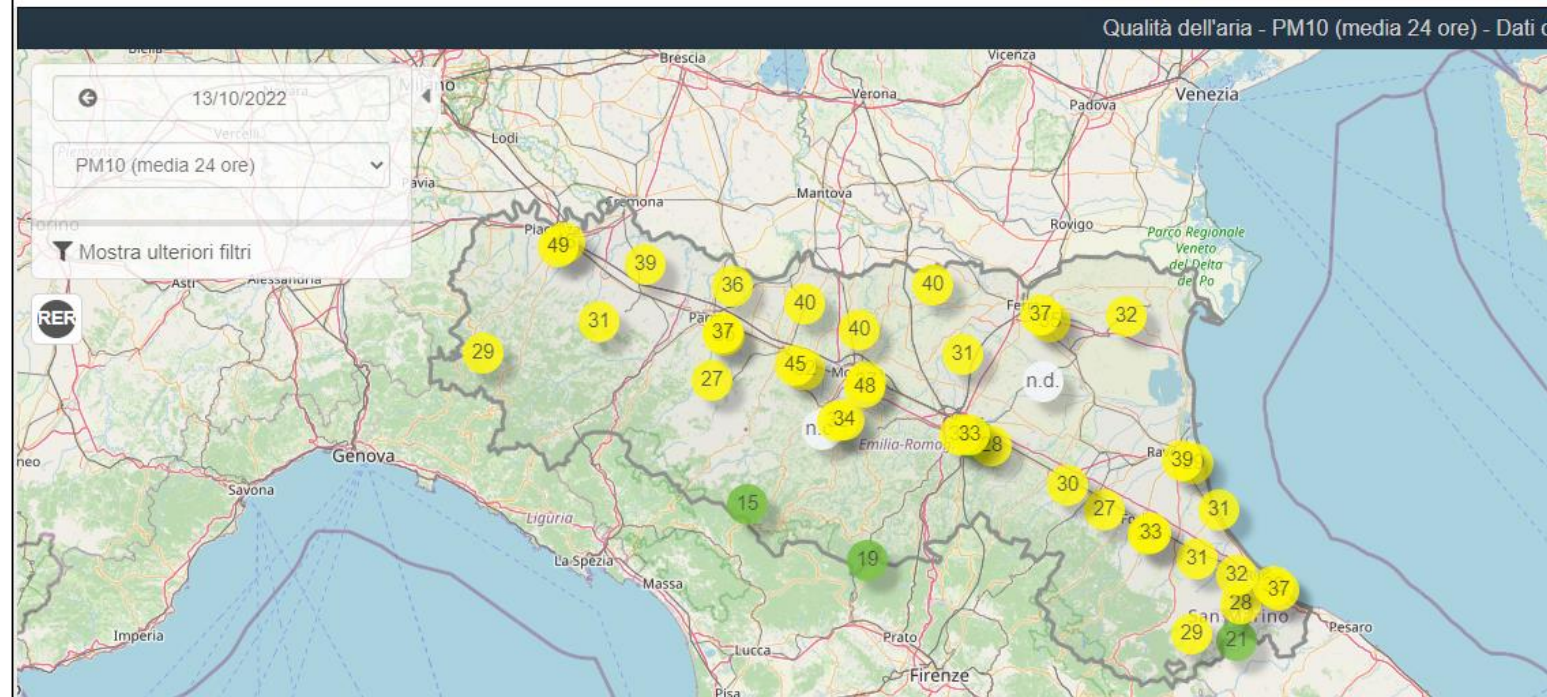
Dati stimati: mediante diverse tipologie di calcolo che, mediante l'uso di alcune variabili, forniscono informazioni sulle emissioni;

Dati simulati o modellati: mediante modelli matematici che risolvono le principali equazioni della fisica e della chimica dell'atmosfera.

Esempi di dati osservati

Dati dalle stazioni fisse

Informazioni su mappa dei dati dalle stazioni fisse per il monitoraggio della qualità dell'aria di Arpae.



Nella mappa: valori **reali** di PM2.5 misurati

Si trovano sul sito www.arpae.it sezione «aria»

Dati modellati

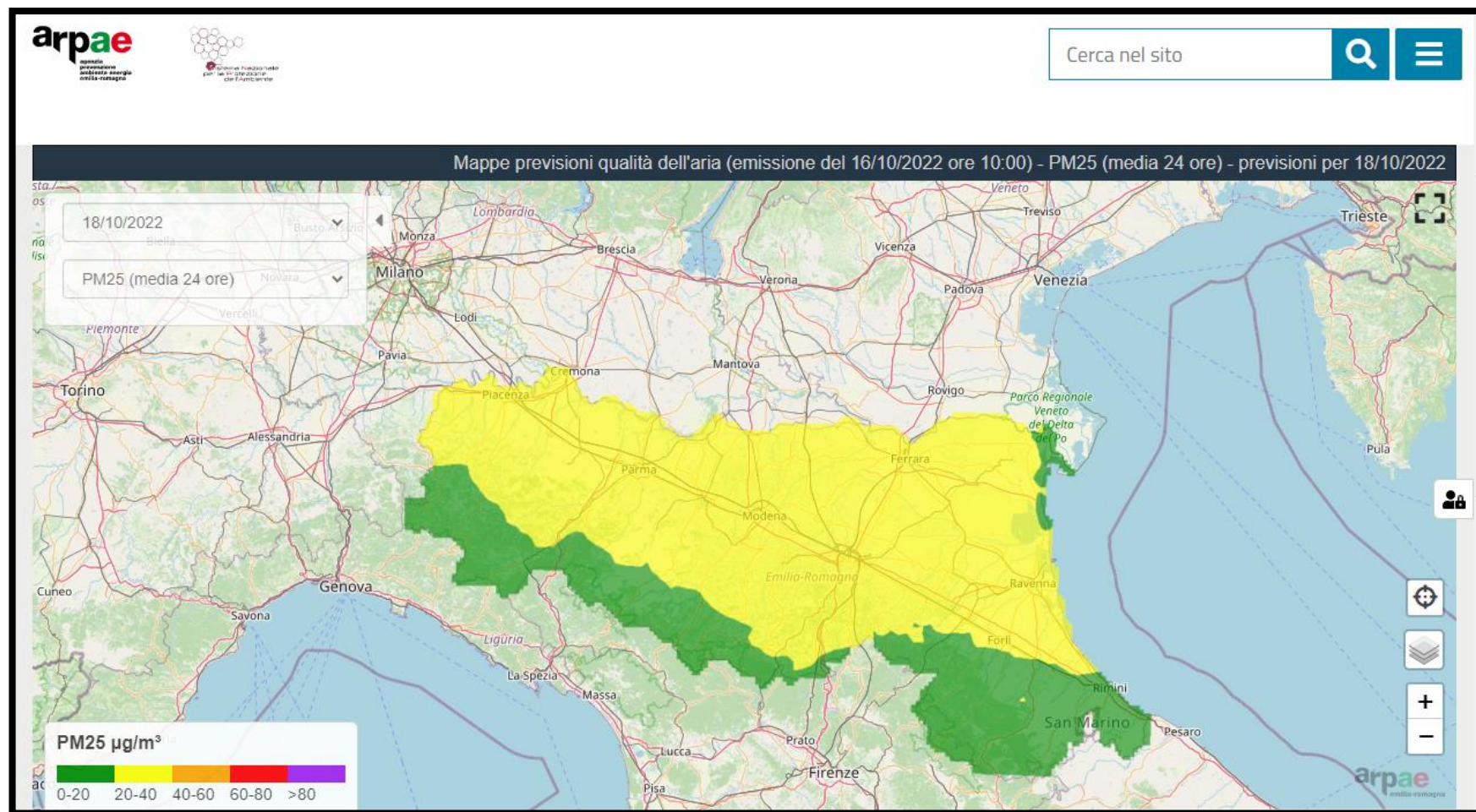
Ogni giorno sul sito www.arpae.it sono disponibili **due** tipi di dati:

1 - mappe che riportano la previsione per la **giornata in corso** e per i **due giorni successivi**, della distribuzione sul territorio dell'Emilia-Romagna dei valori di fondo di: **Indice qualità dell'Aria** (valore giornaliero), **PM10** (media giornaliera), **PM2.5** (Media giornaliera), **biossido di azoto** (massimo giornaliero), **Ozono** (media 8 ore massima giornaliera).

2 - mappa della probabilità di superamento del limite di legge per il PM10

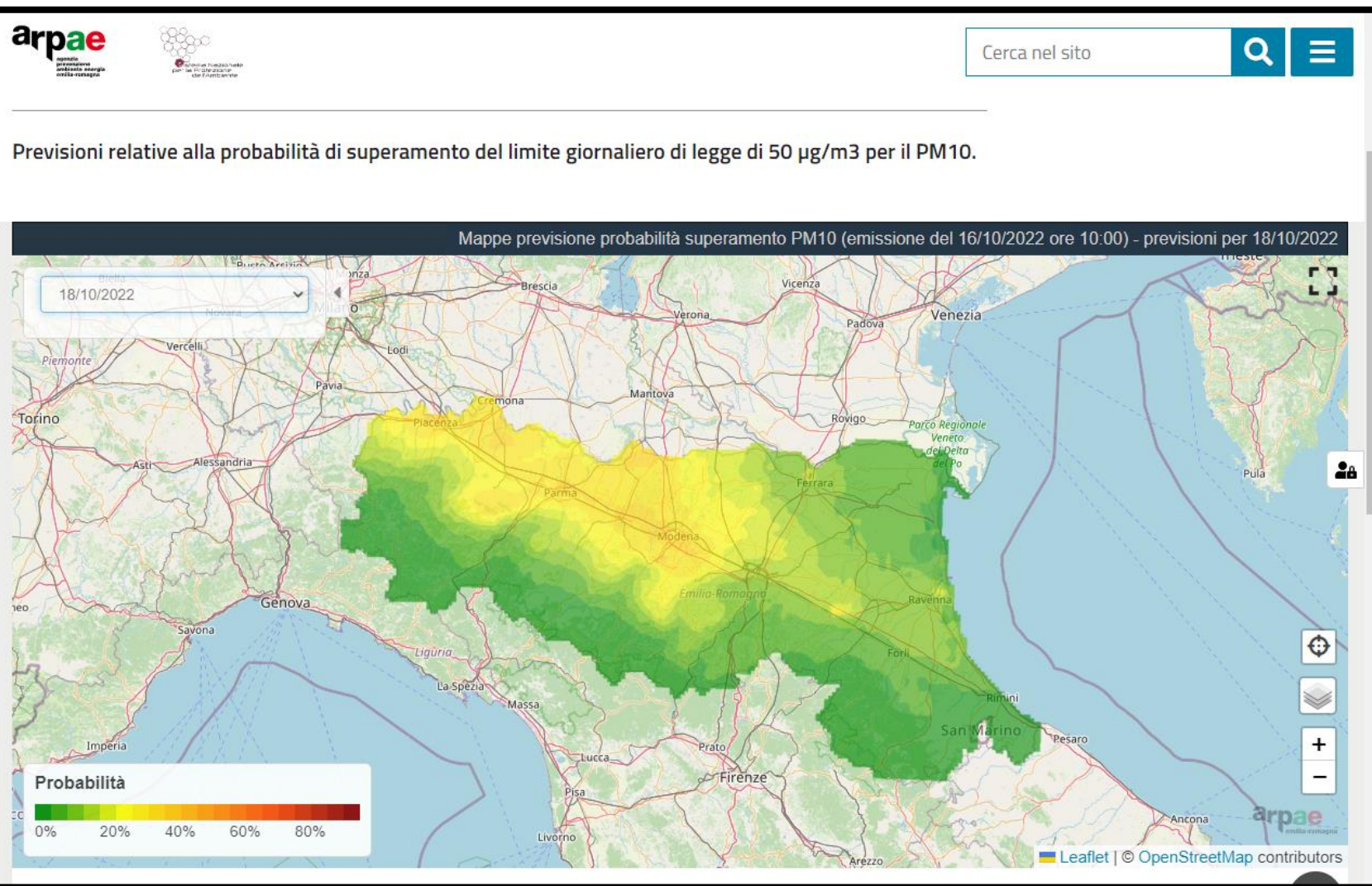
I dati stimati per l'Emilia-Romagna sono al link: <https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/aria/previsioni>

Dati modellati – Previsione concentrazione inquinanti



Nella mappa: valori **stimati** di PM2.5, fra due giorni mediante modello Ninfa-Chimere

Dati modellati – Previsione superamento limite PM10



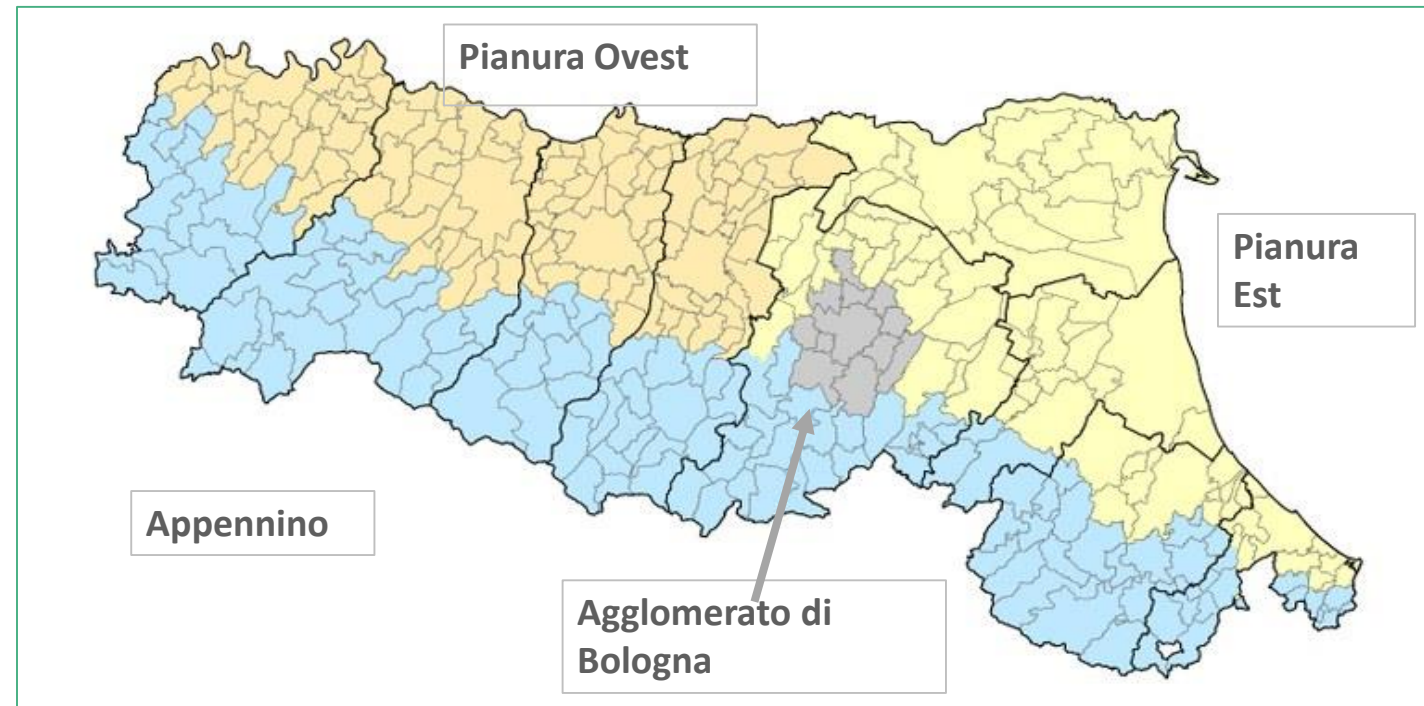
Nella mappa: **stima** del superamento del valore limite di PM10, fra due giorni.

Alcuni risultati

Stato della qualità dell'aria.

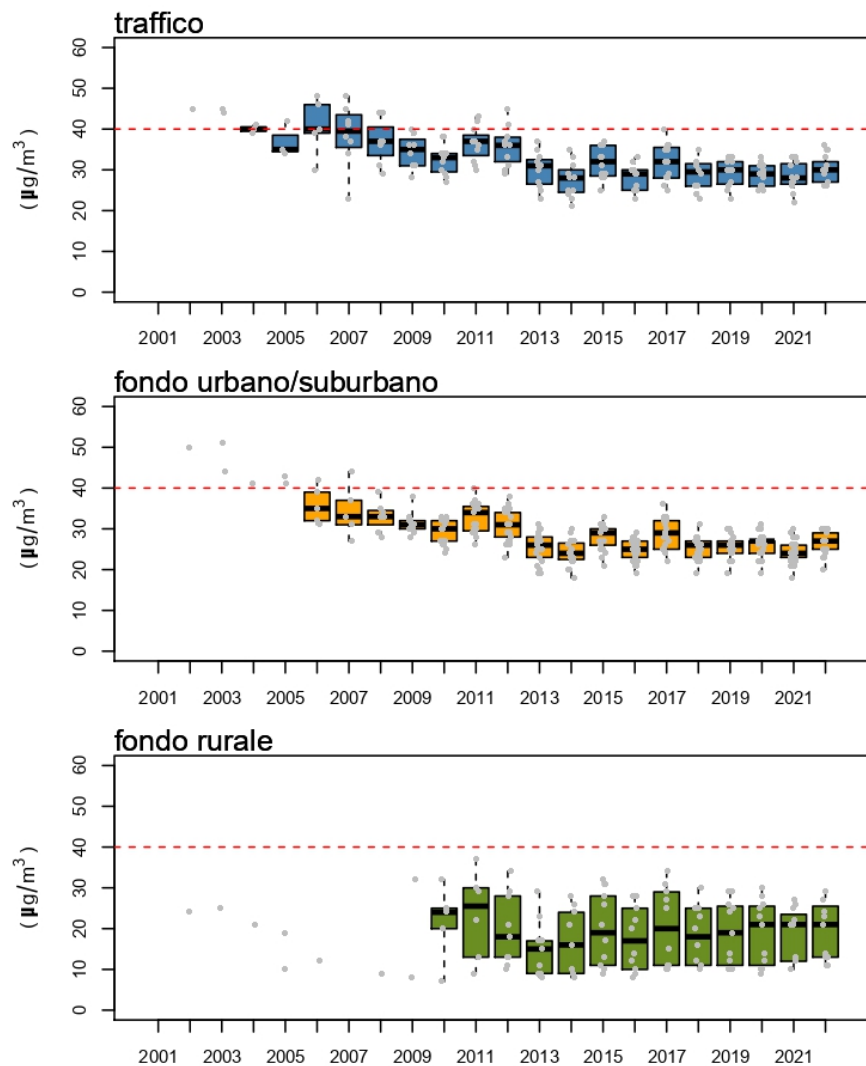
Criticità:

- valore limite giornaliero del **particolato PM10**
- valore obiettivo dell'**ozono O₃** (quasi ovunque)
- rispettato nel 2020 e nel 2022 il valore limite annuale del **biossido di azoto NO₂**
- **SO₂, CO e benzene** al di sotto dei valori limite



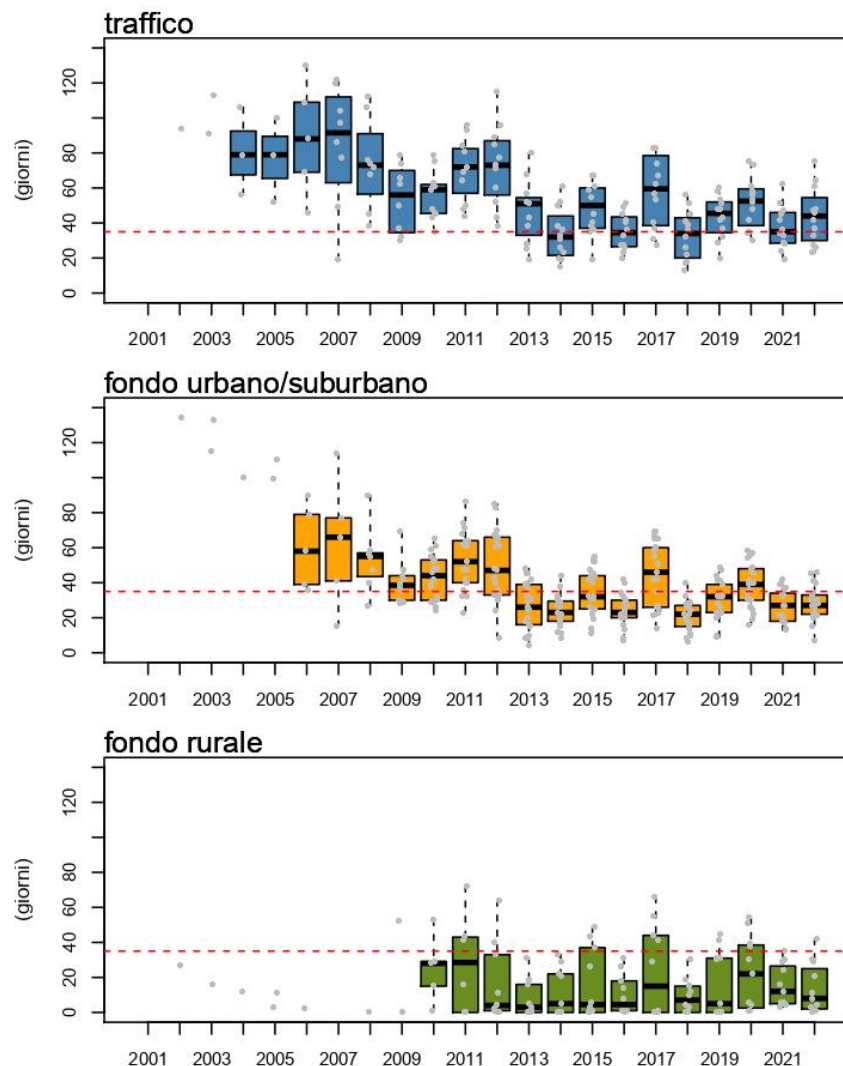
PM10 (2001-2022) media annua

tutte le stazioni regionali (escluse industriali), divise per tipologia



PM10 (2001-2022) superamenti giornalieri

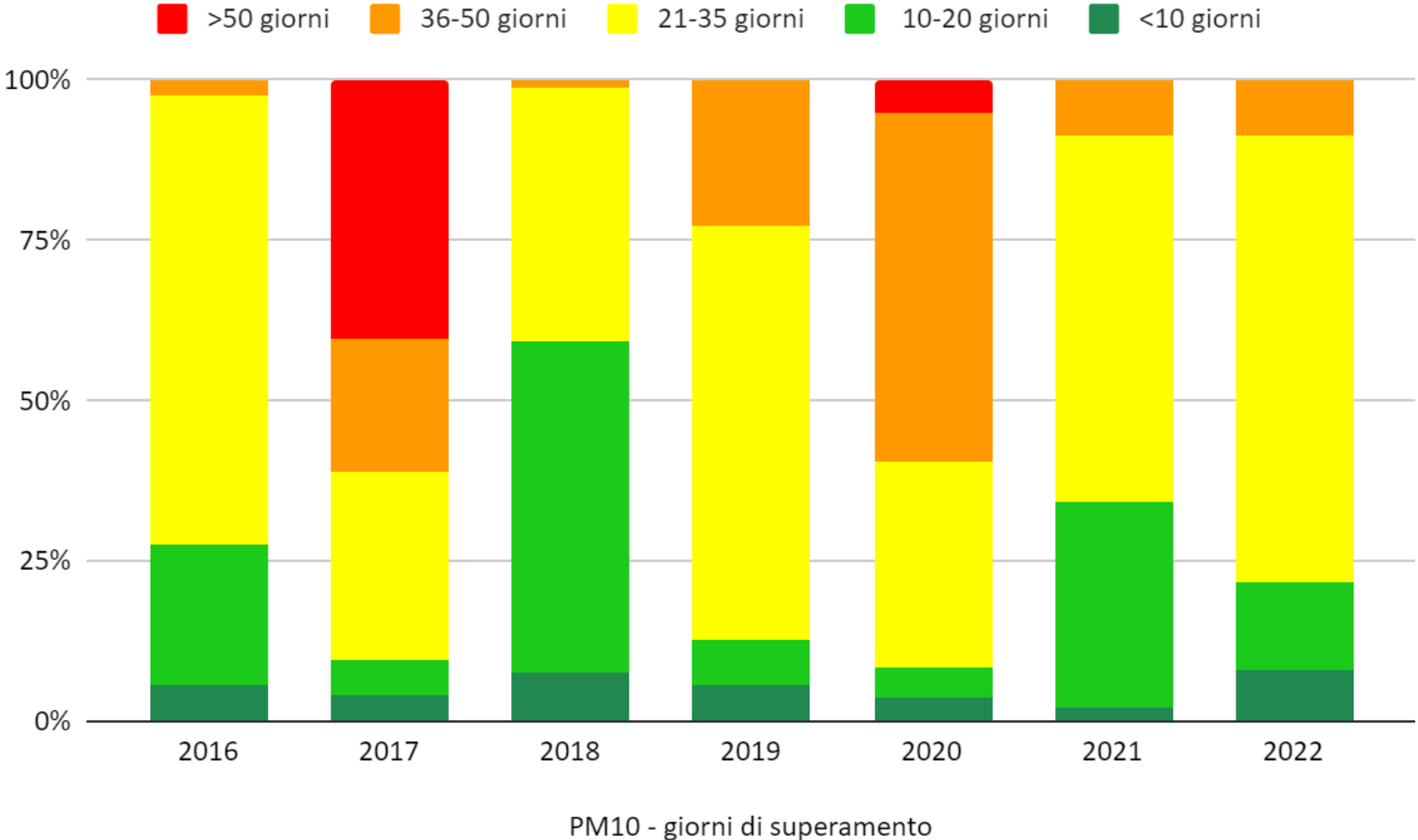
tutte le stazioni regionali (escluse industriali), divise per tipologia



PM10

- rispettato dal 2013 il valore limite annuale di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- permane superamento del limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per più di 35 gg/anno
- nelle stazioni da traffico più critiche l'intensità dei picchi è diminuita
- il numero di superamenti è collegato all'andamento meteo dei mesi invernali

Esposizione della popolazione al superamento del valore limite giornaliero di PM10

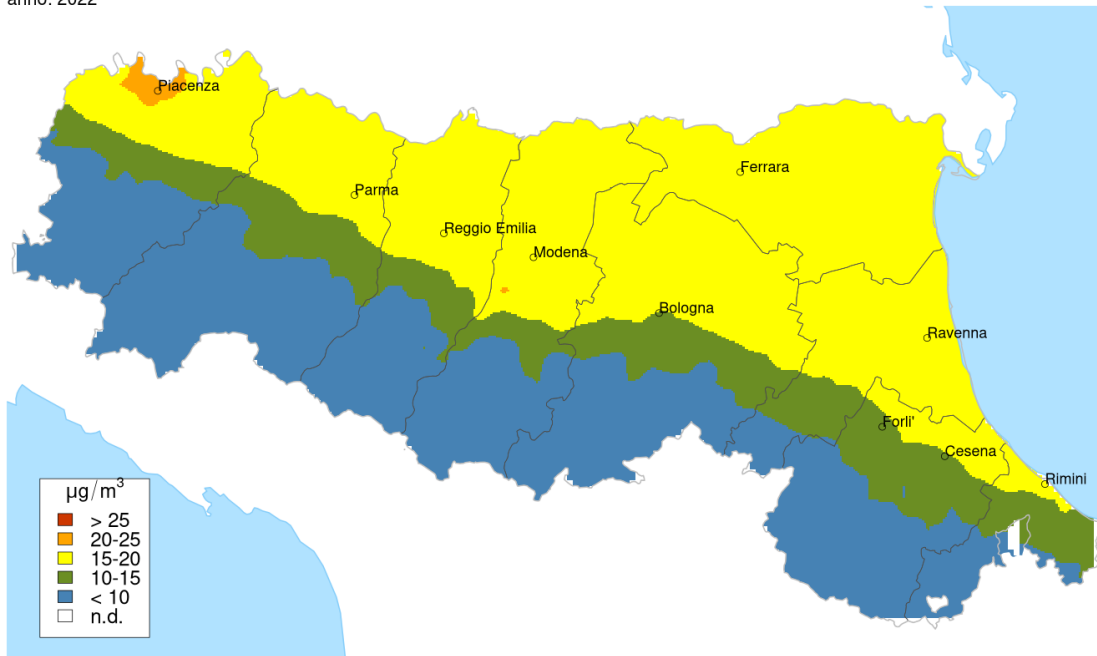


PM2.5

- l'andamento decennale non evidenzia particolari variazioni
- il valore limite della concentrazione media annuale superato solo sporadicamente in alcune singole stazioni di fondo rurale in anni meteorologicamente favorevoli all'accumulo di polveri
- media annuale nel 2022 ovunque inferiore al valore limite previsto dalla normativa ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$), con valori in linea o lievemente inferiori rispetto ai cinque anni precedenti

PM2.5 di fondo

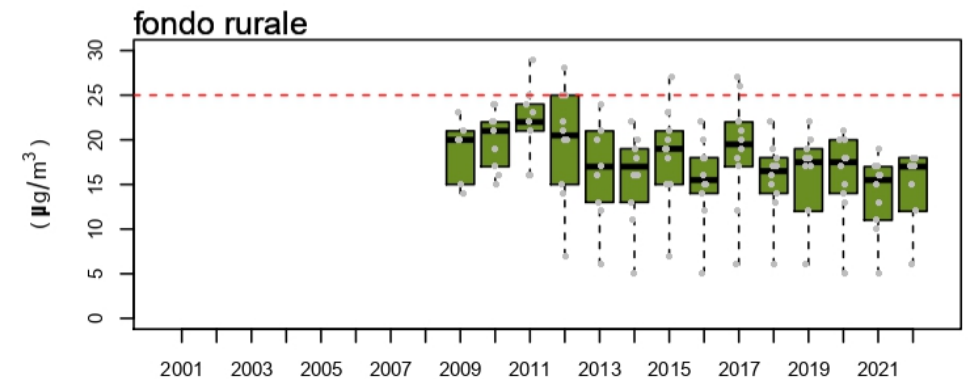
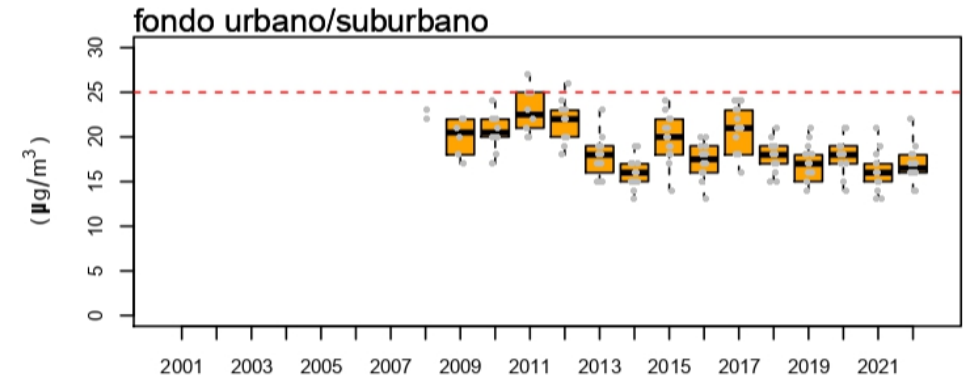
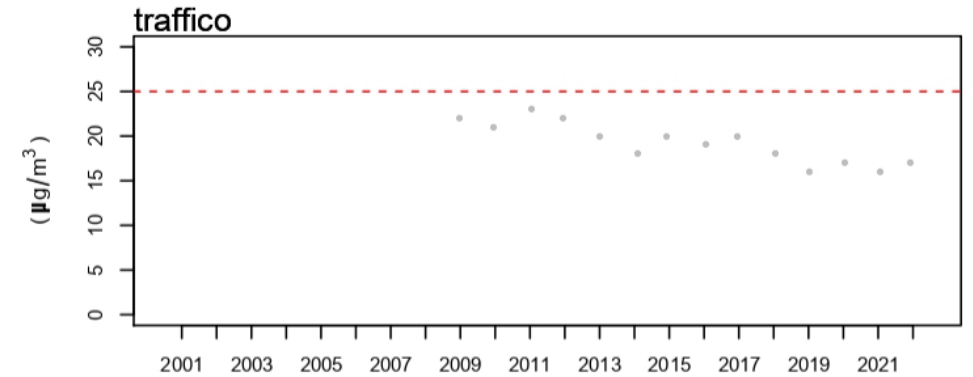
media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
anno: 2022



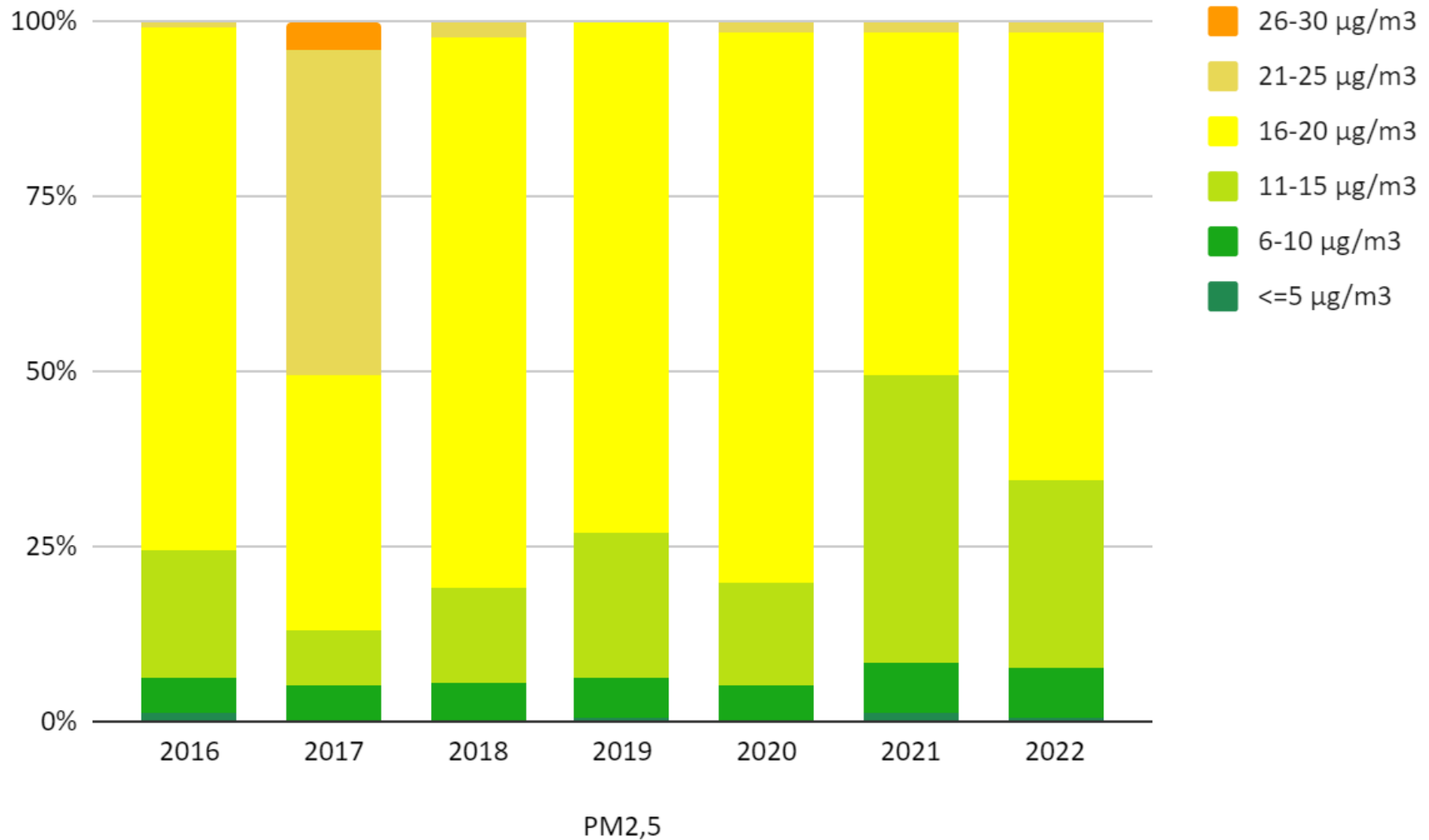
PM2.5 (2001-2022)

media annua

tutte le stazioni regionali (escluse industriali), divise per tipologia



Esposizione della popolazione al PM2.5



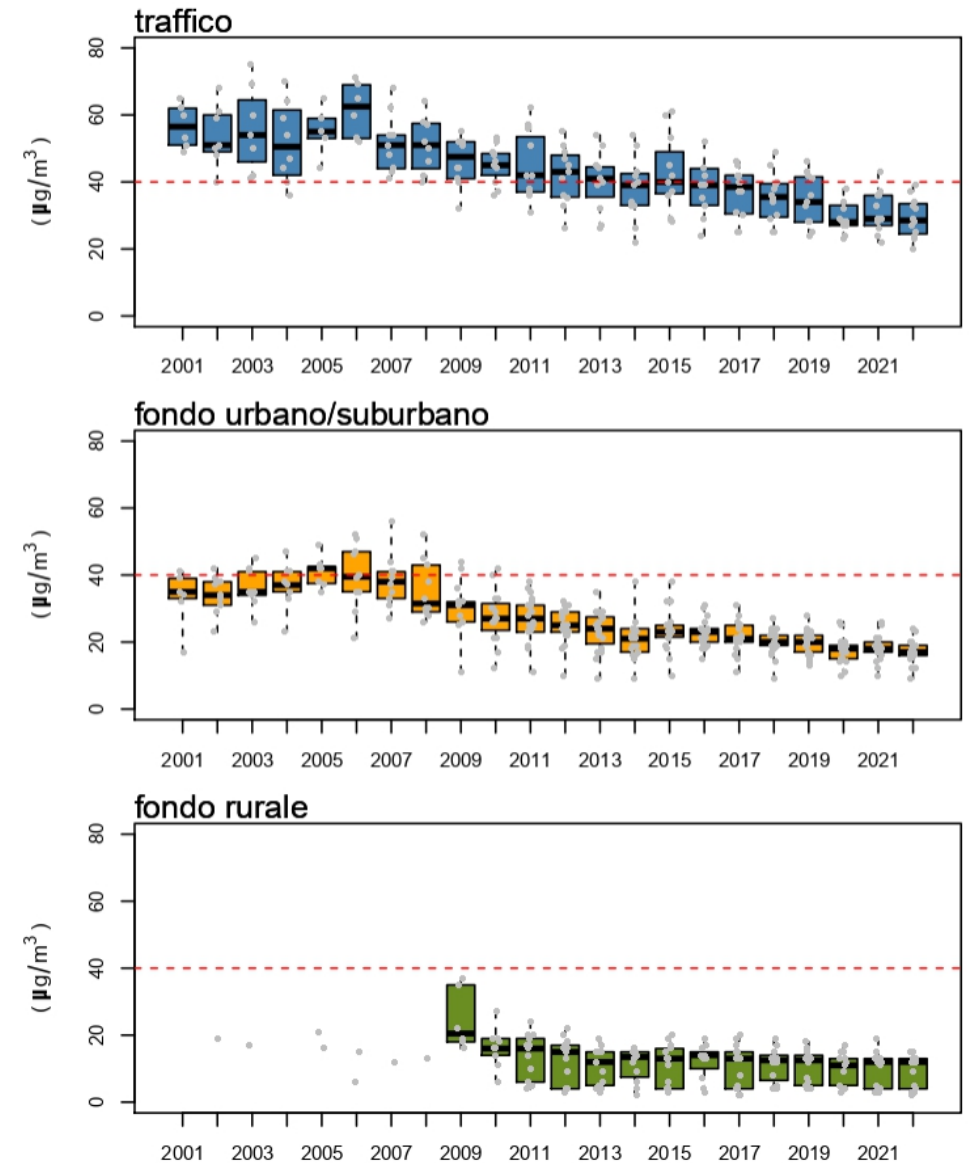
NO₂

- dal 2011 rispetto dei limiti in tutte le stazioni di fondo
- permanenza di alcune criticità locali in prossimità di importanti fonti legate in prevalenza al traffico veicolare (agglomerati urbani, grandi arterie stradali e autostradali)
- nel 2020 e 2022 rispetto dei limiti in tutte le stazioni

biossido di azoto (2001–2022)

media annua

tutte le stazioni regionali (escluse industriali), divise per tipologia



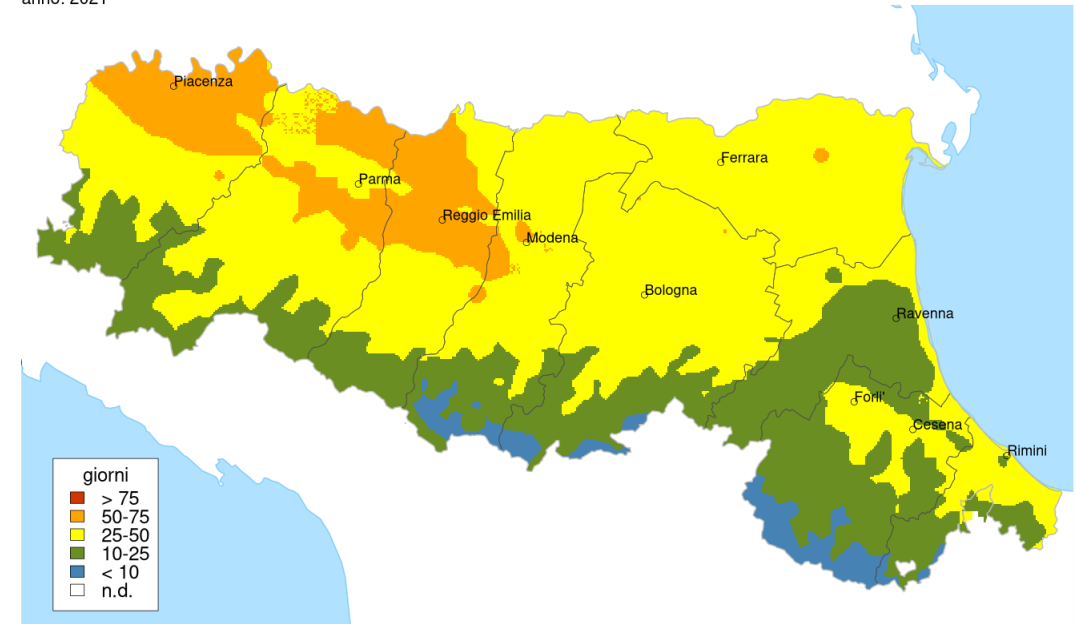
O₃

- concentrazioni rilevate pressoché stazionarie nell'ultimo decennio con fluttuazioni dovute alla variabilità meteorologica della stagione estiva
- concentrazioni massime osservate a distanza dalle sorgenti primarie, in zone suburbane e rurali
- numero di superamenti delle soglie e valori rilevati eccedenti gli obiettivi previsti dalla normativa con superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana (120 µg/m³) in quasi tutta la regione
- nel 2021 numero di superamenti rilevato inferiore, in diverse aree della regione, a quello degli ultimi sei anni, in particolare nella parte orientale del territorio regionale
- tutte le stazioni continuano a registrare superamenti

numero stazioni che hanno superato il valore obiettivo per la protezione della salute umana					
2016	2017	2018	2019	2020	2021
26	27	25	28	28	24

Ozono di fondo

numero di giorni in cui il massimo giornaliero della media mobile su 8 ore supera i 120 µg/m³
anno: 2021



ozono (2001–2021)
superamenti max media 8 ore

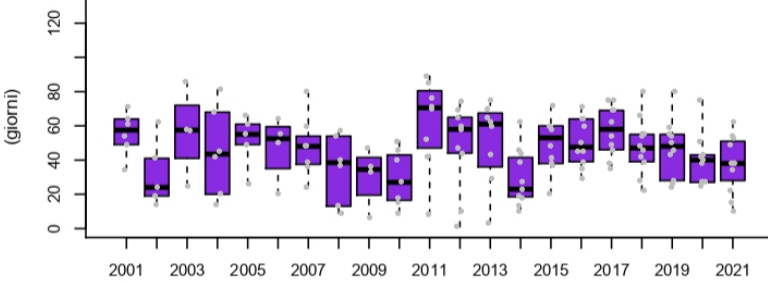
tutte le stazioni regionali di fondo, divise per tipologia

ozono (2001–2021)
superamenti orari della soglia di informazione

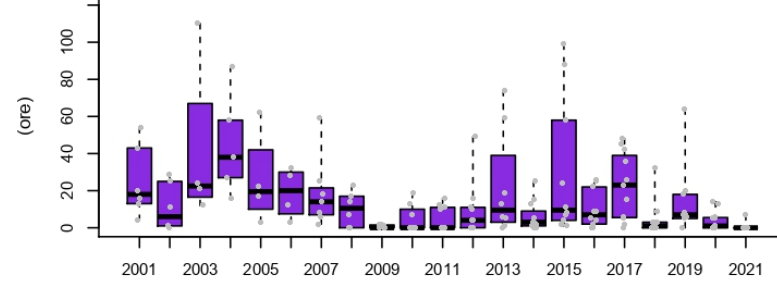
tutte le stazioni regionali di fondo, divise per tipologia

O₃

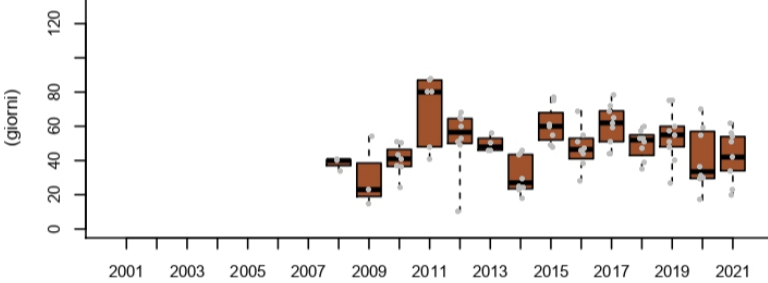
fondo urbano



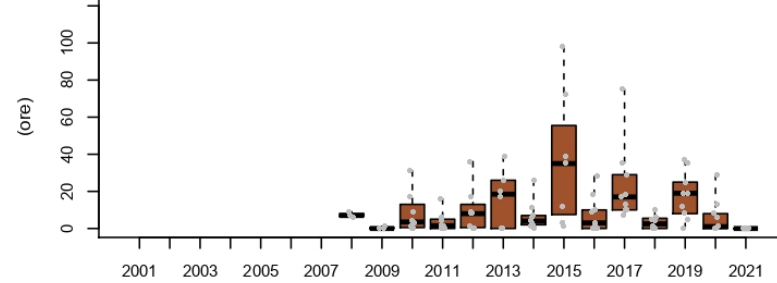
fondo urbano



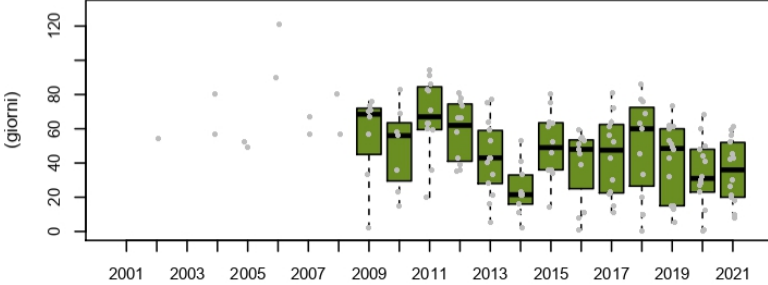
fondo suburbano



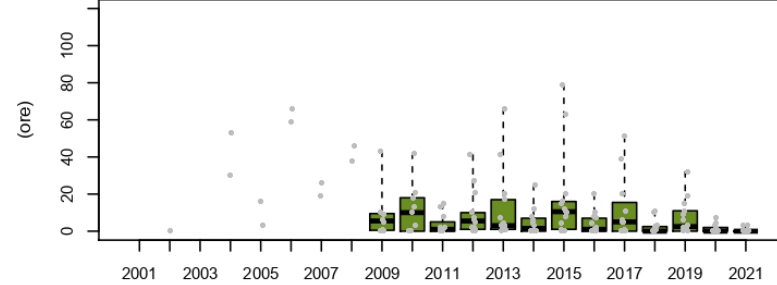
fondo suburbano



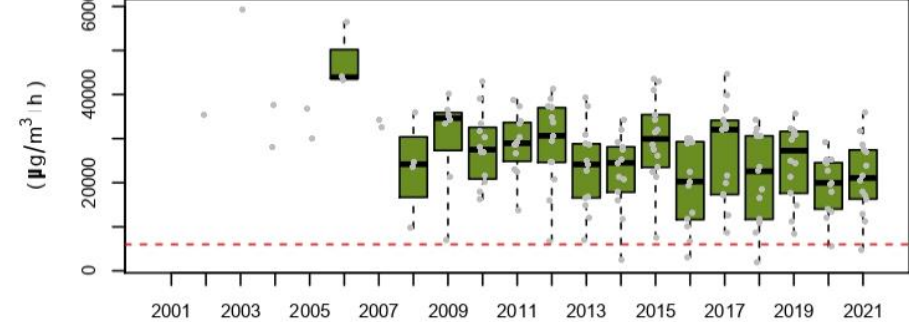
fondo rurale



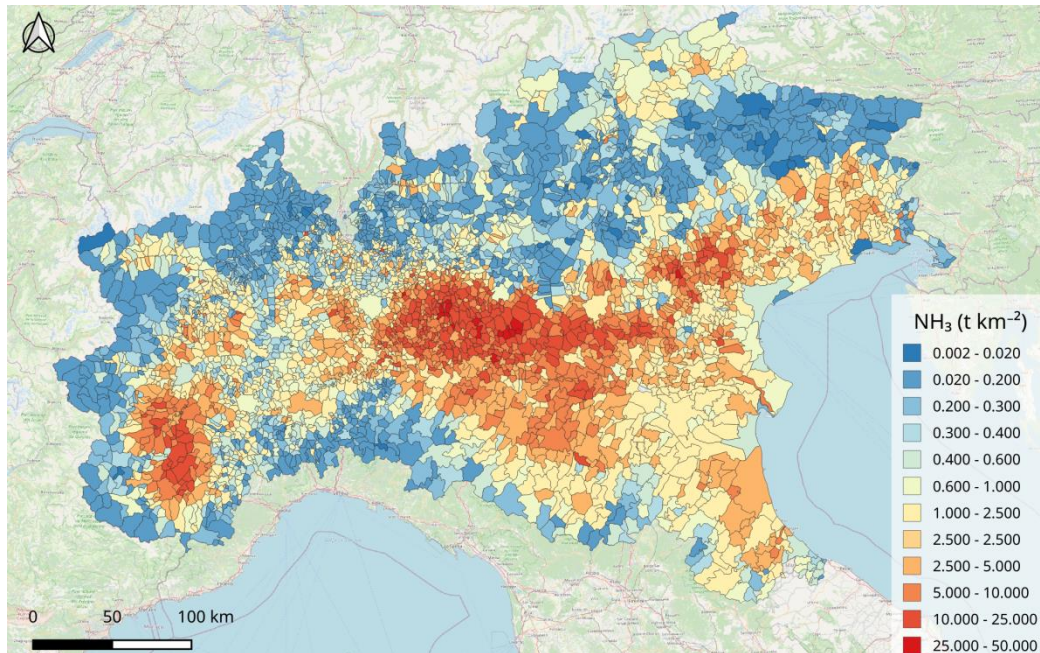
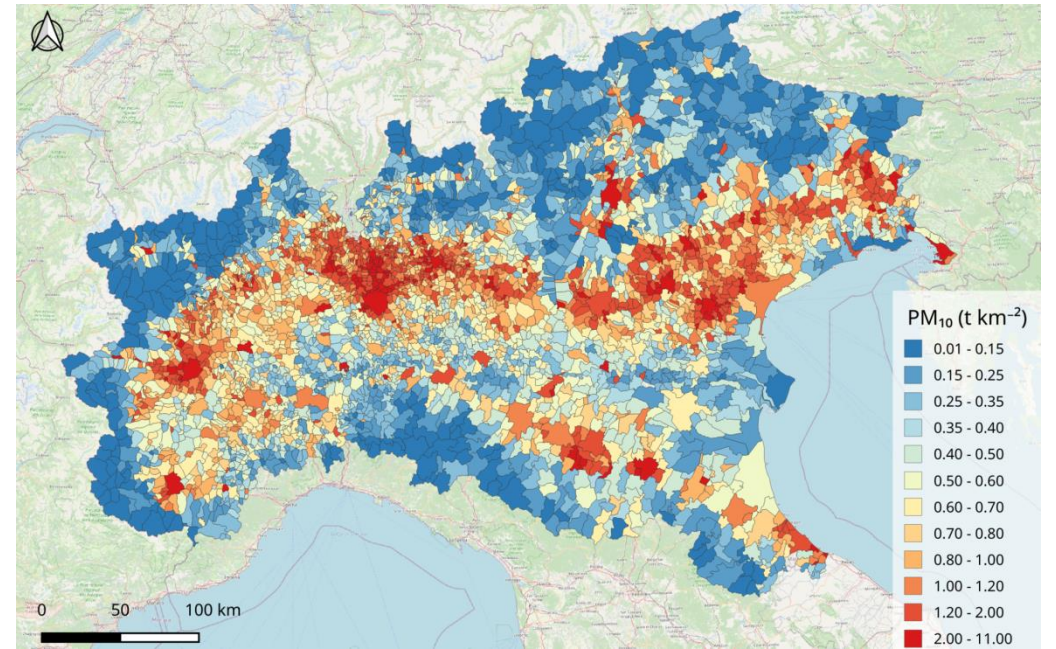
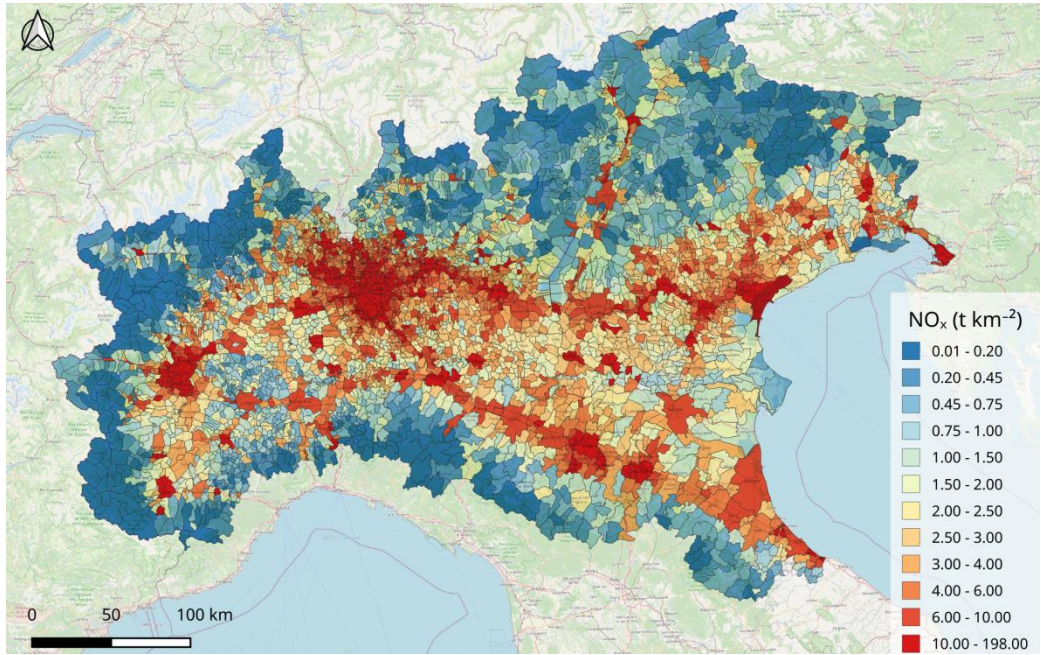
fondo rurale



fondo rurale



AOT 40



**Emissioni nel bacino padano
(PREPAIR - anno di riferimento 2017)**

Fonti emissive primarie in Emilia-Romagna (fonte INEMAR 2017)

