

# Inquinanti in Lombardia e lockdown

Analisi dell'impatto del lockdown  
sull'inquinamento nella regione  
e presentazione della tecnologia ODC



# Introduzione

## Inquinanti studiati

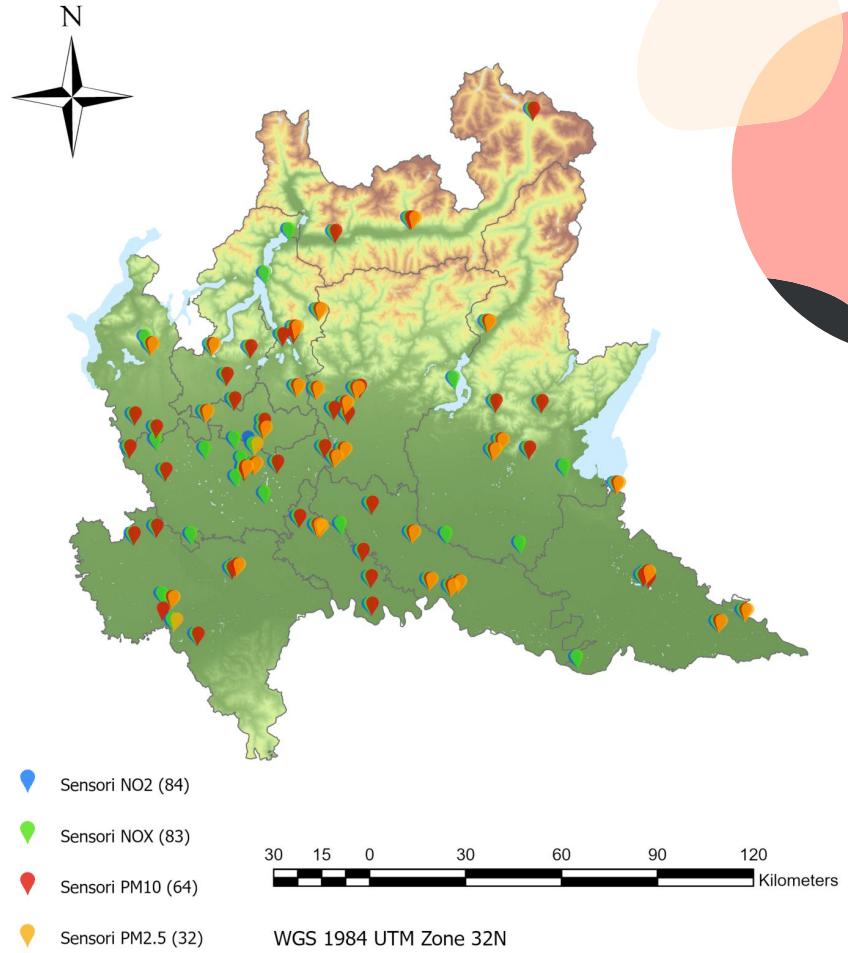
NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>

## Sistema di riferimento

WGS 1984 UTM Zone 32N

## Dati

Da Marzo a Luglio del 2019 e 2020 di ARPA,  
non tutte le centraline possiedono tutti i sensori



# Contenuti

## 01 Open Data Cube

Presentazione della tecnologia e utilizzo

## 03 Impatto del lockdown

Influenza del lockdown sulle concentrazioni



## 02 Analisi degli inquinanti

Descrizione e indagine degli agenti

## 04 Analisi dei regressori

Effetto di agenti esterni sulle concentrazioni

# 01

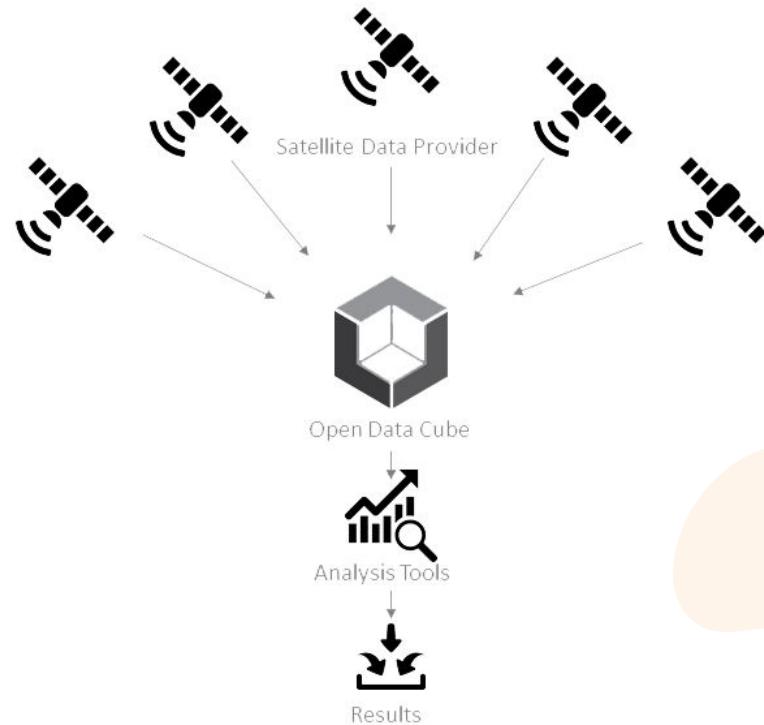


## Open Data Cube

# Open Data Cube

Progetto per la gestione di dati  
derivanti da **sorgenti multiple**

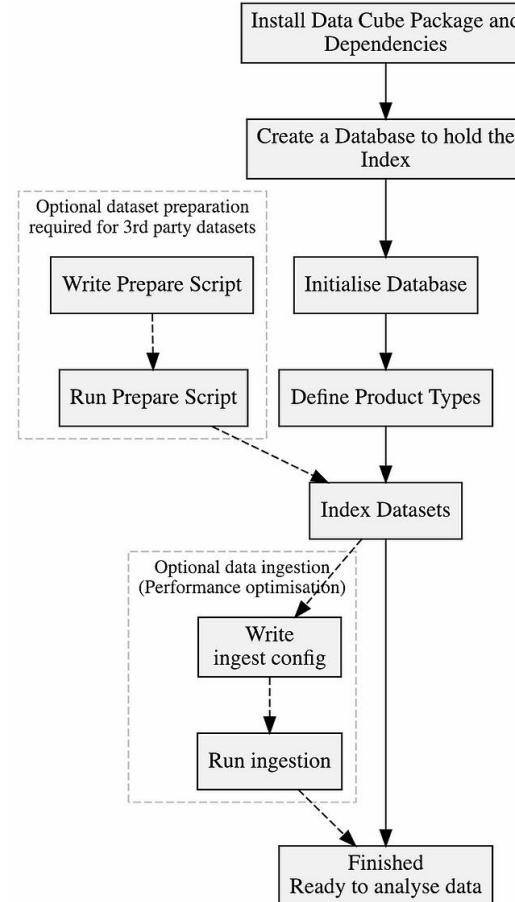
Sostenuto da governi e  
associazioni nazionali



# Inizializzazione

## Tre elementi

- **Dati:** GeoTIFF e NetCDF
- **Software:** Python e PostgreSQL
- **Indicizzazione:** Product e Dataset

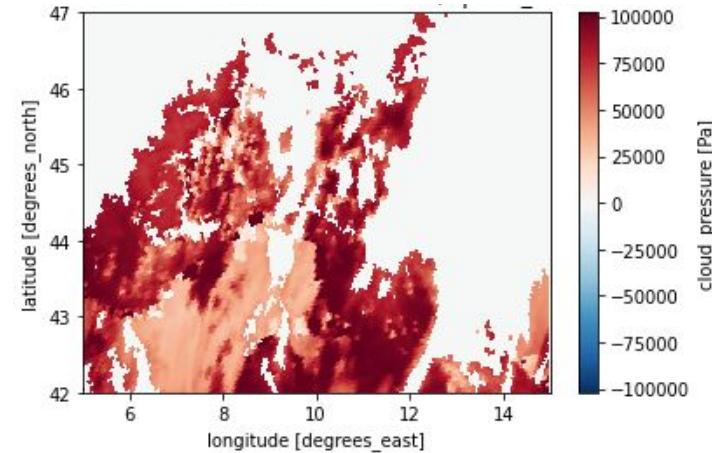


# Utilizzo

```
● ● ●  
1 import datacube  
2  
3 dc = datacube.Datacube()  
4 dc.list_products()  
5 ds = dc.load("sentinel5p", output_crs="EPSG:4326", resolution=(0.01 , 0.01))
```

```
> Dimensions:      (latitude: 500, longitude: 1000, time: 1)  
▼ Coordinates:  
  time          (time)           datetime64[ns] 2020-01-01T07:02:54...  
  latitude       (latitude)      float64 42.01 42.02 42.03 ...  
  longitude      (longitude)     float64 5.005 5.015 5.025 ...  
  spatial_ref    ()              int32 4326  
▼ Data variables:  
  cloud_pressure (time, latitude, longitude)   float64 -1.0 -1.0 -1.0 ...  
▼ Attributes:  
  crs :           EPSG:4326  
  grid_mapping :  spatial_ref
```

Esempio di inclusione e utilizzo dei dati di Sentinel5P



Rappresentazione di un layer dei dati di Sentinel5P



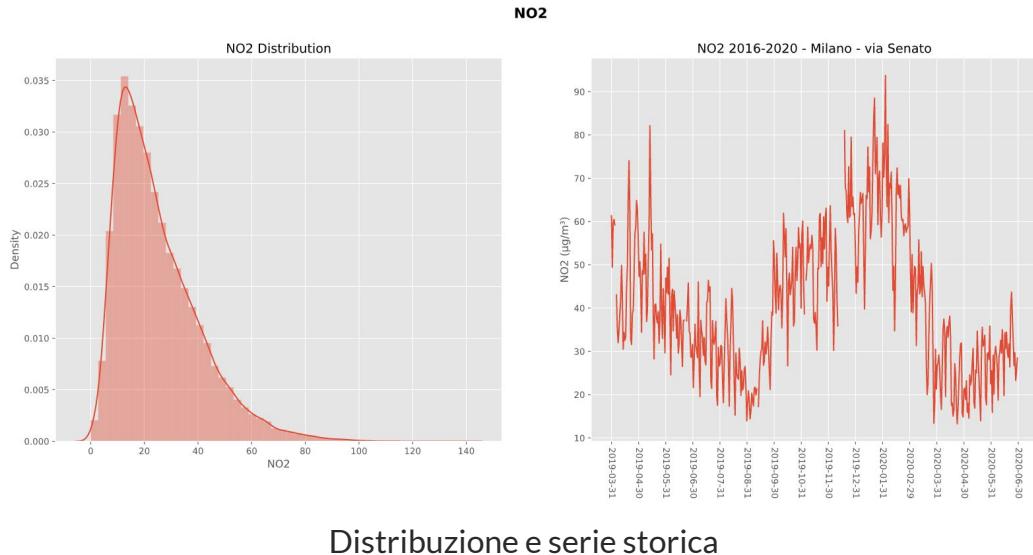
# 02

## Analisi degli inquinanti

# NO<sub>2</sub>

Gas di colore rosso bruno,  
altamente tossico e irritante.

Deriva da processi di combustione  
come **riscaldamento e traffico**, e da  
processi produttivi come la produzione  
di **acido nitrico e fertilizzanti**.



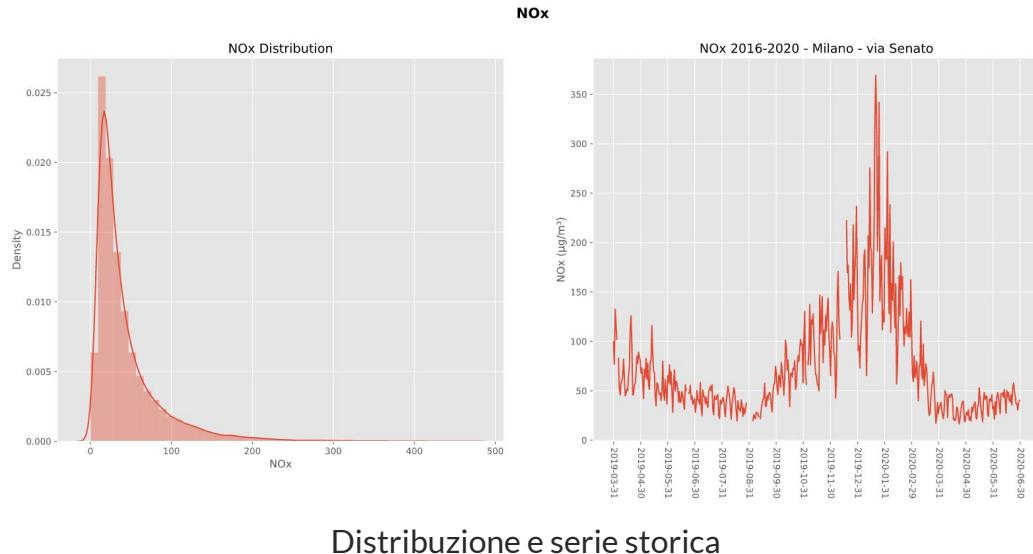
Inquinante	Tipo di limite	Limite
NO <sub>2</sub>	Limite orario	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (non oltre >18 volte l'anno)
NO <sub>2</sub>	Limite annuale	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ media annua
NO <sub>2</sub>	Soglia di allarme	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ misurata su tre ore consecutive

Parametri normativi

# NO<sub>x</sub>

Identifica collettivamente tutti gli **ossidi di azoto** (azoto che si combina con l'ossigeno).

Fanno parte dell'insieme NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.



Inquinante	Tipo di limite	Limite
NO <sub>x</sub>	Media annuale delle medie orarie	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

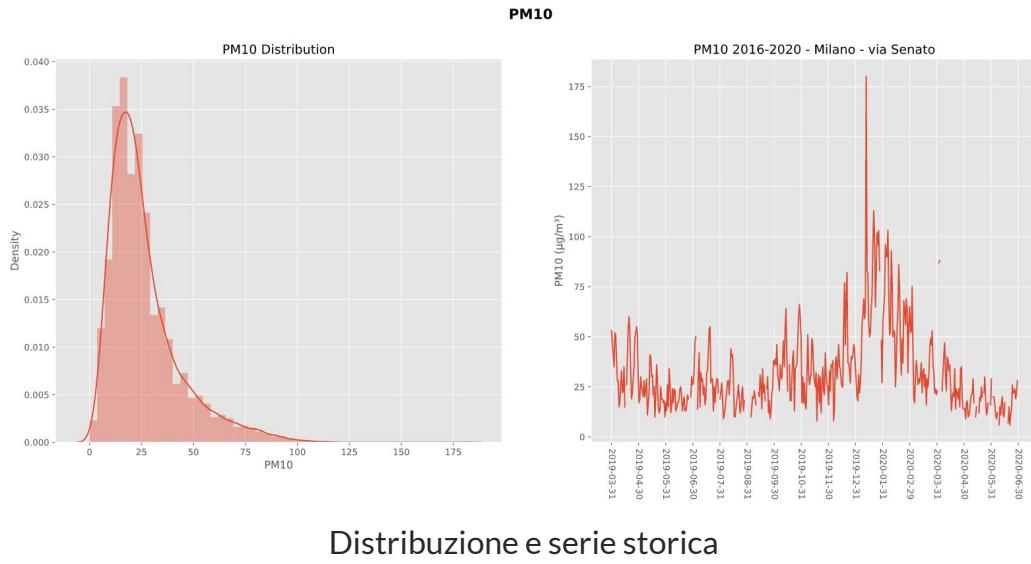
Parametri normativi

# PM<sub>10</sub>

*“particulate matter”*

Insieme di particelle con diametro compreso tra i 10  $\mu$  e i 2,5  $\mu$ .

Deriva da processi di combustione come **riscaldamento e traffico**.



Inquinante	Tipo di limite	Limite
PM <sub>10</sub>	Limite giornaliero	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (non oltre >35 giorni l'anno)
PM <sub>10</sub>	Limite annuale	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ media annua

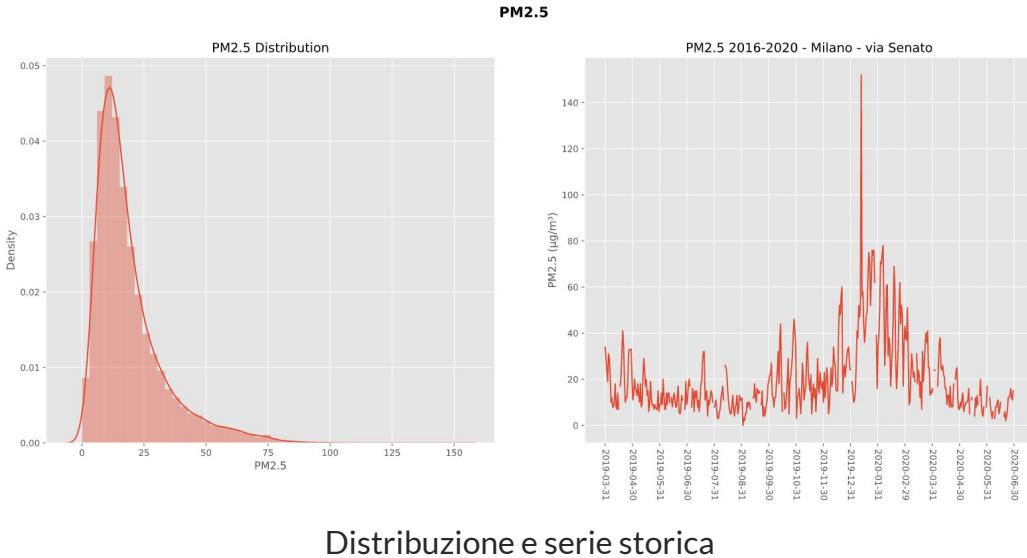
Parametri normativi

# PM<sub>2,5</sub>

*“particulate matter”*

Insieme di particelle con diametro minore di 2,5  $\mu$ .

Deriva da processi di combustione come **riscaldamento e traffico**.



Inquinante	Tipo di limite	Limite
PM <sub>2,5</sub>	Limite annuale	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ media annua (dal 2015)

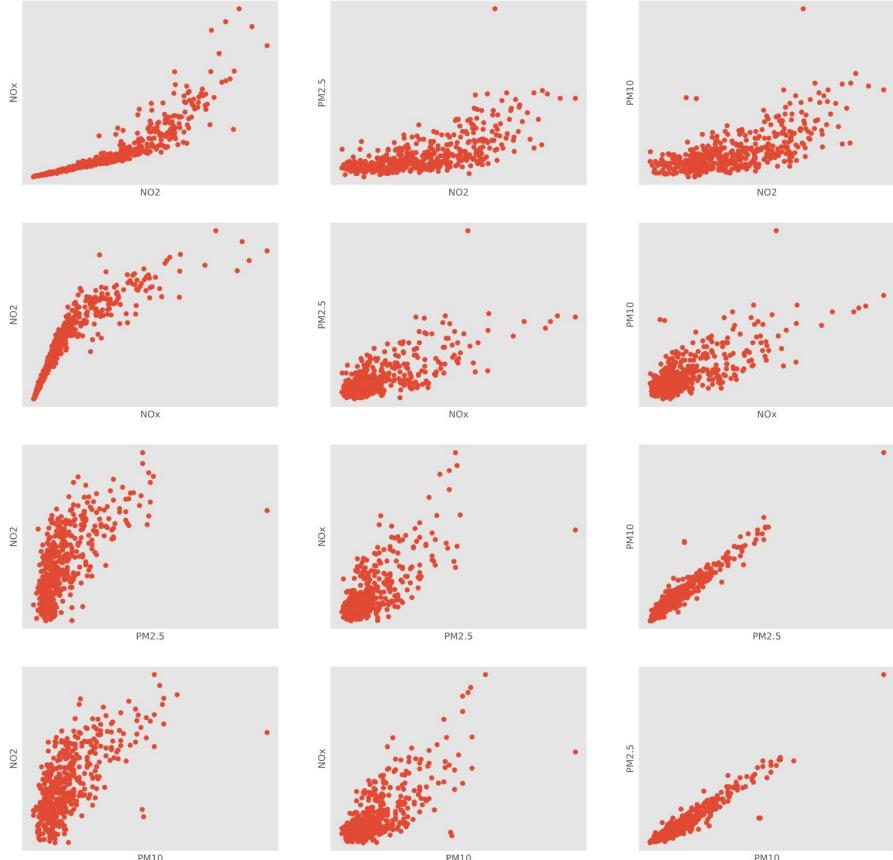
Parametri normativi

# Correlazioni tra inquinanti

Forte correlazione positiva tra i vari inquinanti, infatti condividono cause comuni.

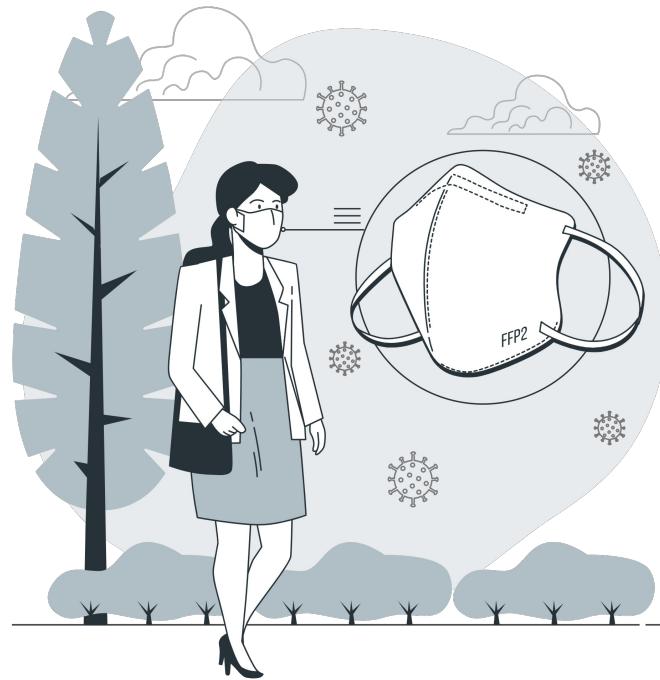
Correlazione tra **PM<sub>2.5</sub>** e **PM<sub>10</sub>** molto forte: i punti si dispongono sulla bisettrice del quadrante.

Non è un caso visto che sono inquinanti della stessa famiglia.



# 03

## Impatto del lockdown

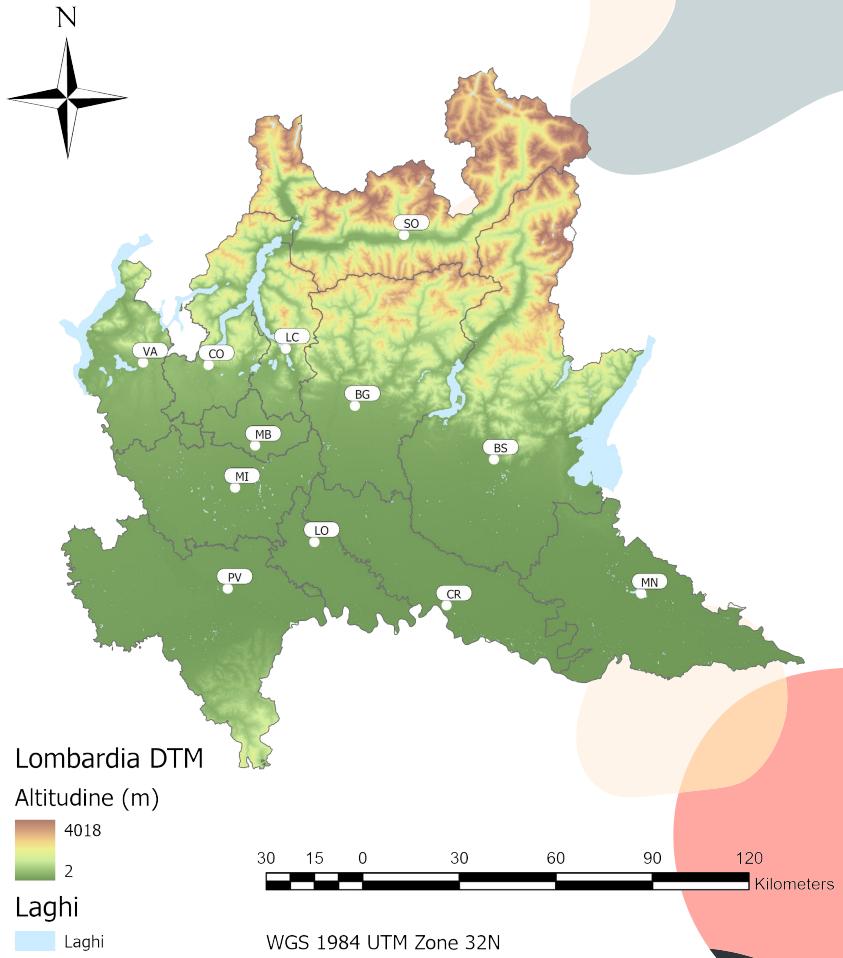


# Introduzione

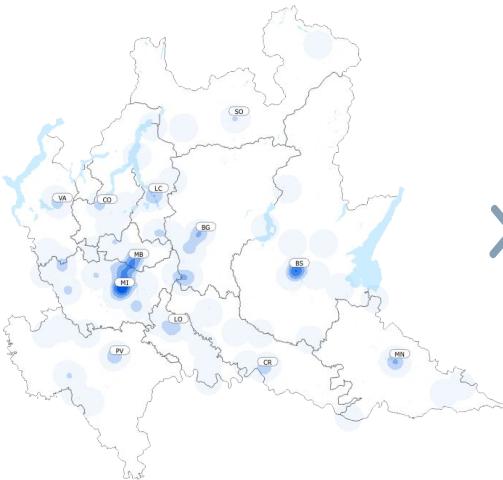
Analisi di ogni inquinante con confronto tra le **concentrazioni del 2019 e del 2020** per misurare l'impatto del lockdown.

## Dati di base

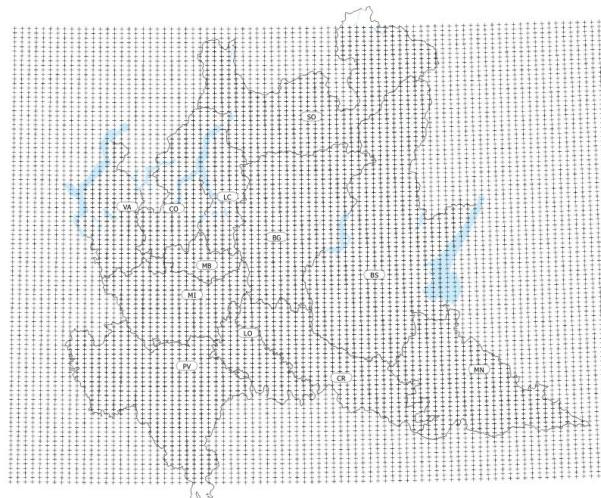
- DTM 20 - ESRI GRID: modello digitale del terreno
- Lago 10000 CT10: laghi regionali
- Limiti amministrativi e Capoluoghi



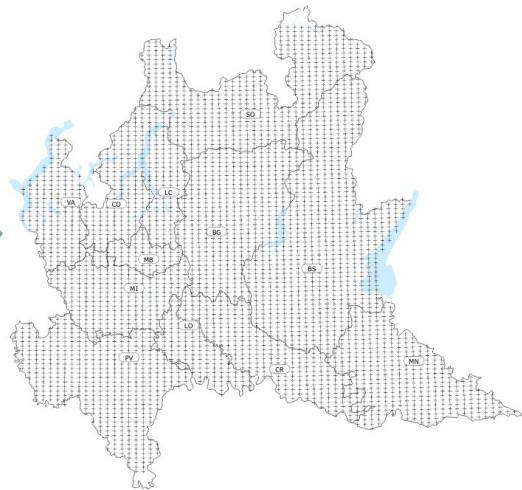
# Stima dei valori



Heatmap con pochi punti



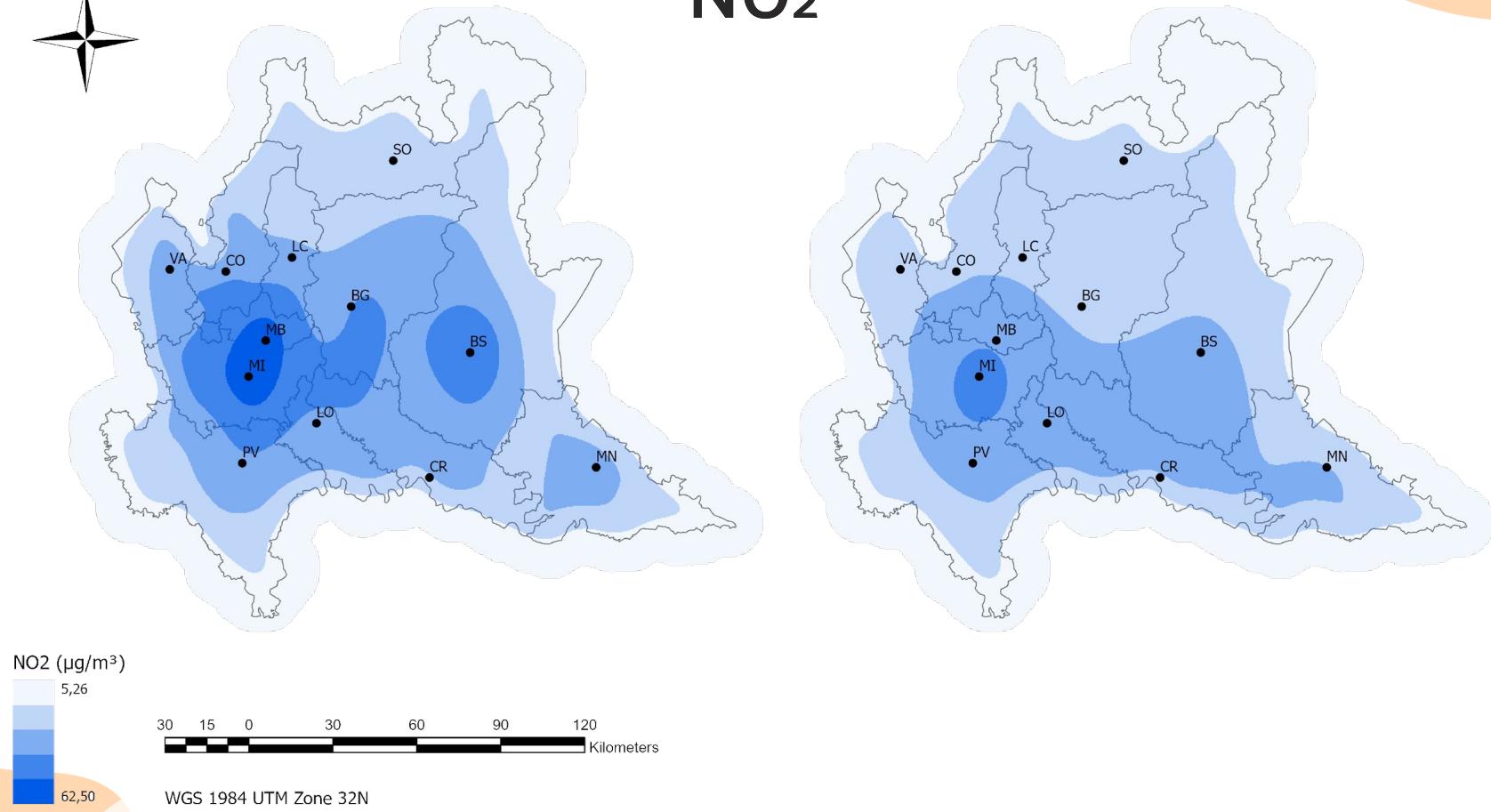
Kriging dei valori



Valori clippati sulla Lombardia



# NO<sub>2</sub>

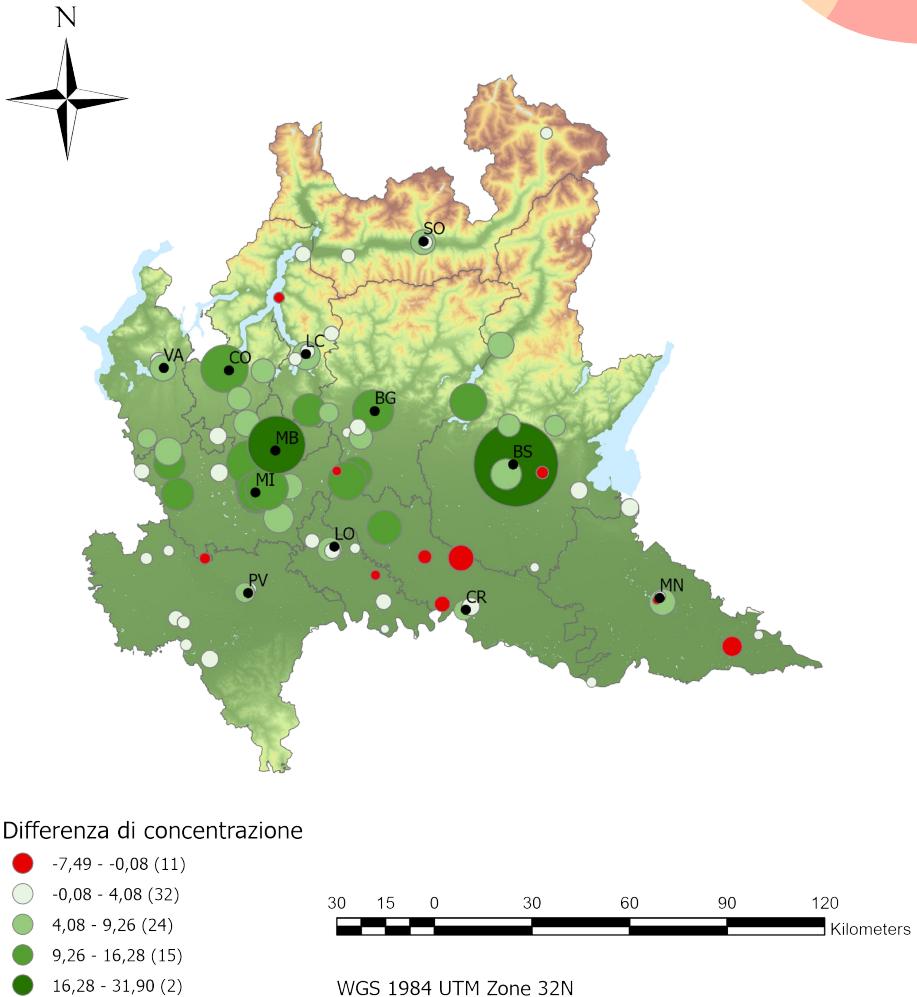


# Impatto del lockdown su NO<sub>2</sub>

La zona che ne ha maggiormente beneficiato è l'**area bresciana**, così come **Monza e Brianza e Como**. Il motivo è da ricercarsi dalla diminuzione di traffico veicolare che è la maggior fonte di emissione di NO<sub>2</sub>.

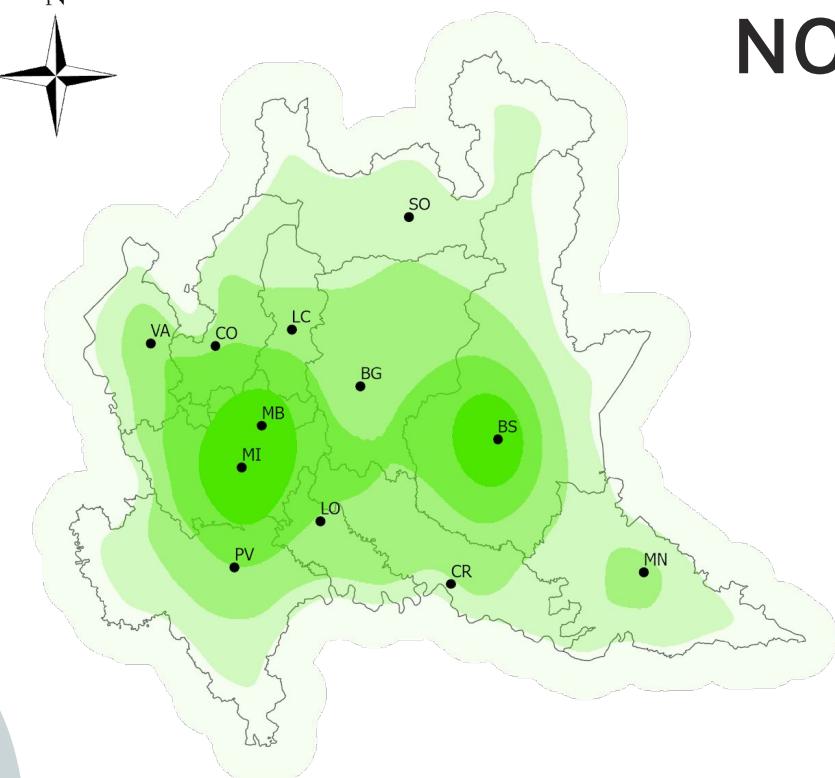
Nelle province di **Mantova e Cremona** si rilevano dei piccoli aumenti di NO<sub>2</sub> in contrasto alle aspettative.

Quasi irrilevante la variazione di NO<sub>2</sub> a **Sondrio**.



N

# NOx

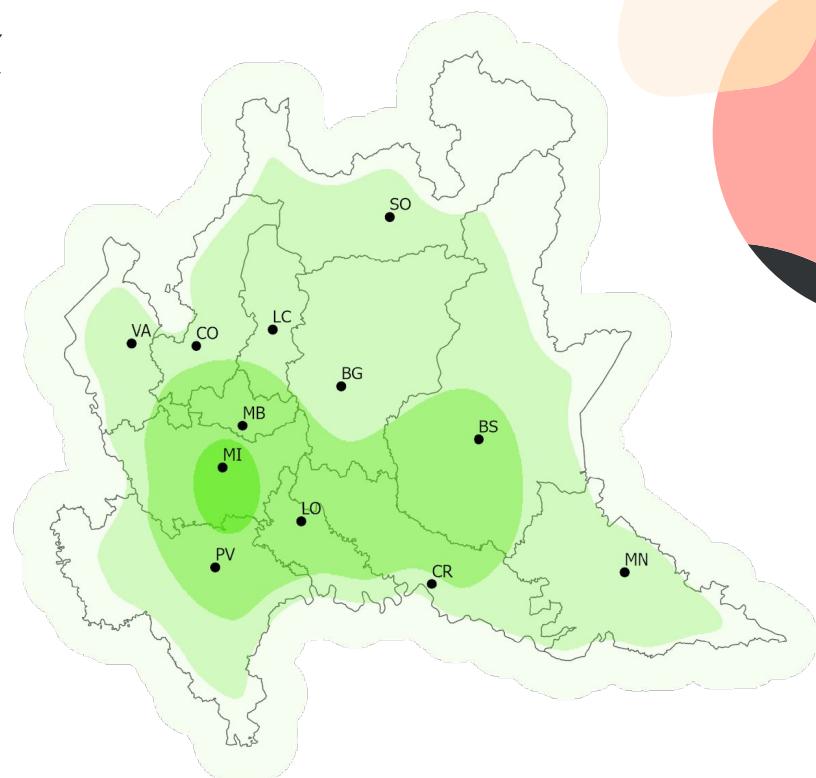
NOx ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

5,81

30 15 0 30 60 90 120  
Kilometers

126,22

WGS 1984 UTM Zone 32N



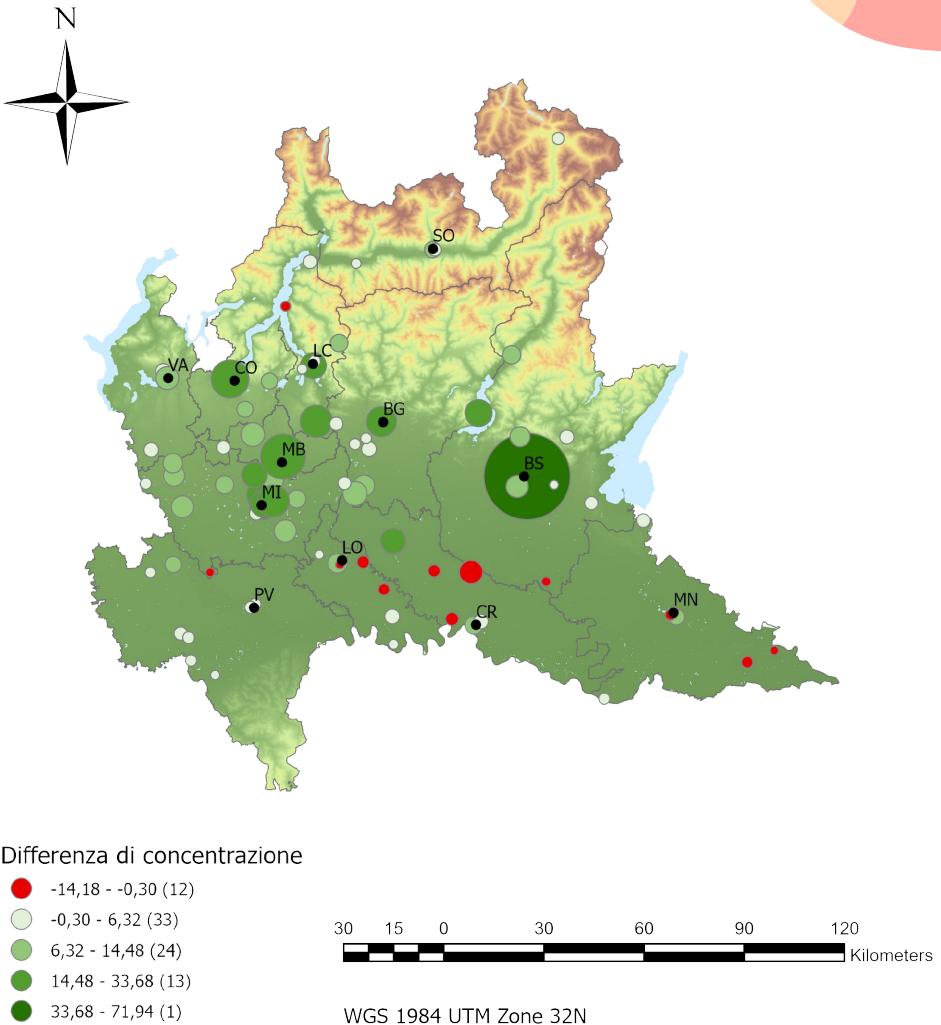
# Impatto del lockdown su NO<sub>x</sub>

Brescia è la provincia che più ha beneficiato dal lockdown in termini di riduzione di NO<sub>x</sub>.

Seguita da Como, Monza e Brianza e Milano.

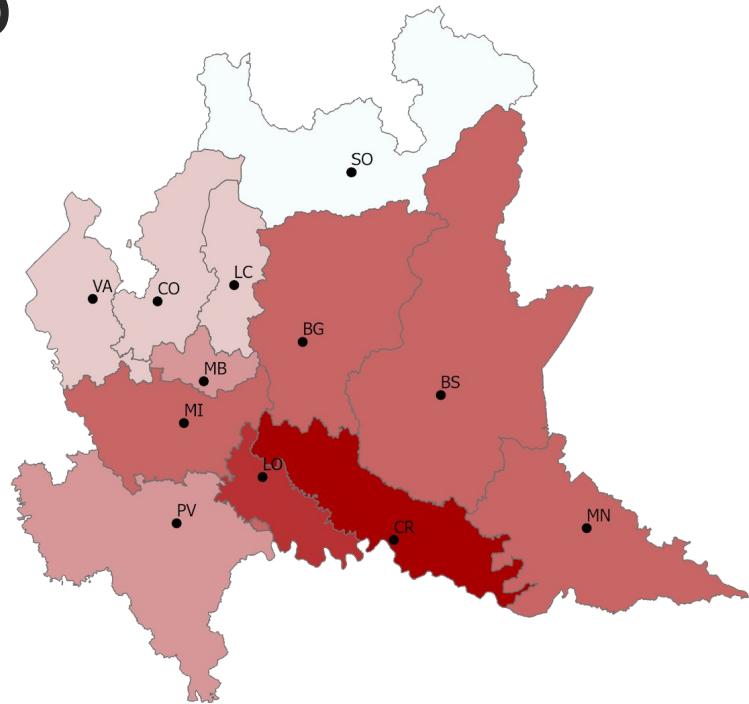
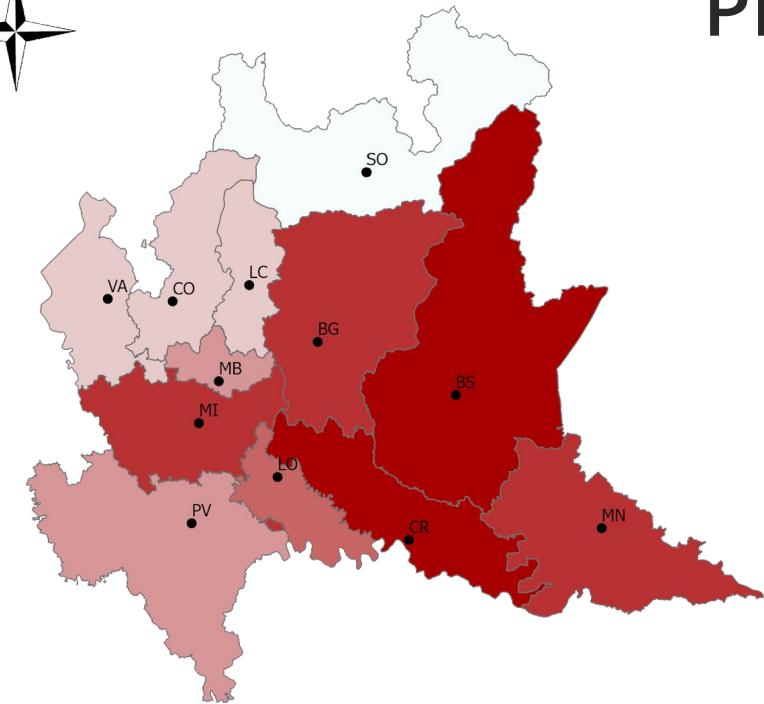
Nella **zona sud** della Lombardia una tendenza all'aumento di NO<sub>x</sub> diversamente dal resto della regione dove la riduzione dell'inquinante è predominante.

Riscontriamo nuovamente una bassa variazione in Sondrio.





# PM10



30 15 0 30 60 90 120 Kilometers

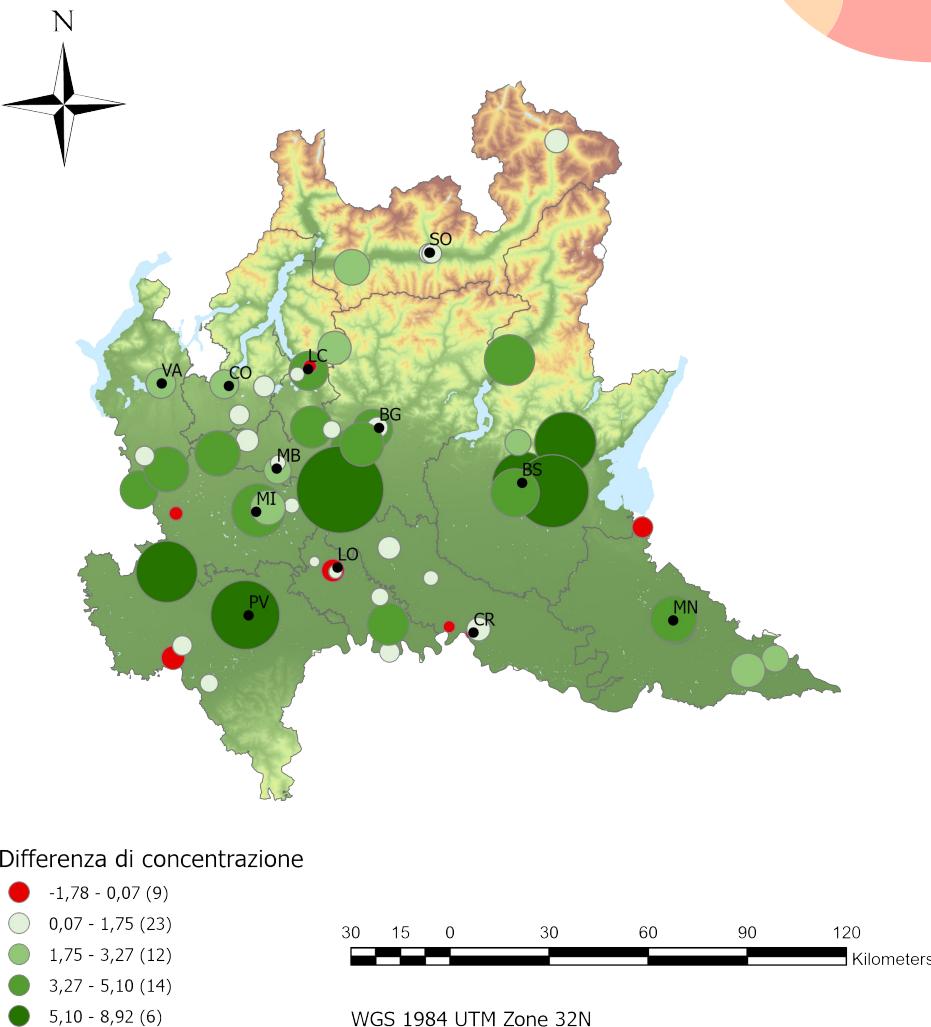
WGS 1984 UTM Zone 32N

# Impatto del lockdown su PM10

La zona di **Cremona** ha riscontrato la minor variazione e sono rare le zone che hanno rilevato addirittura un aumento.

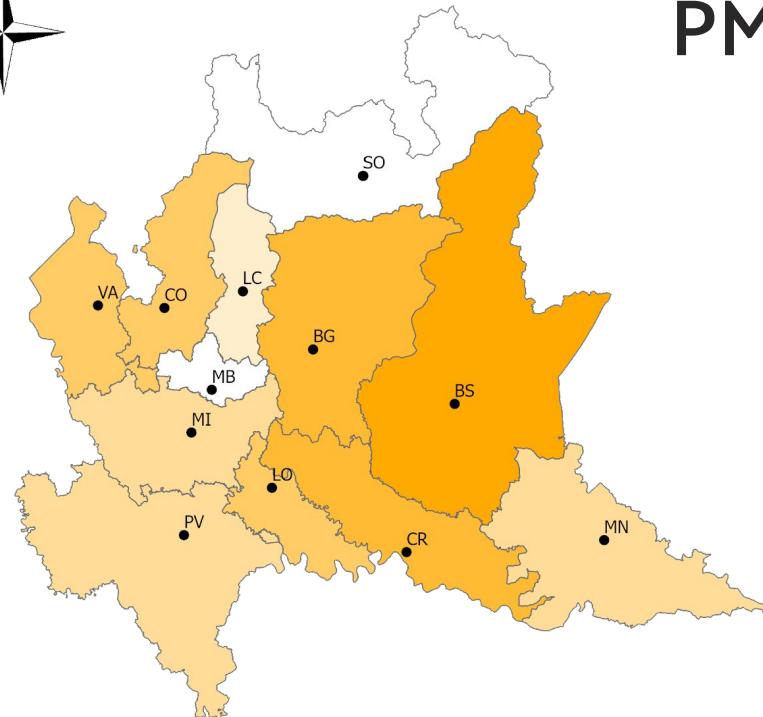
Riscontriamo nuovamente una bassa variazione in **Sondrio** come per l'analisi degli altri inquinanti.

Le zone che più hanno beneficiato del decremento di PM<sub>10</sub> sono la **Bassa Bergamasca**, la zona di **Pavia** e dintorni e la **zona Bresciana**.





# PM2.5

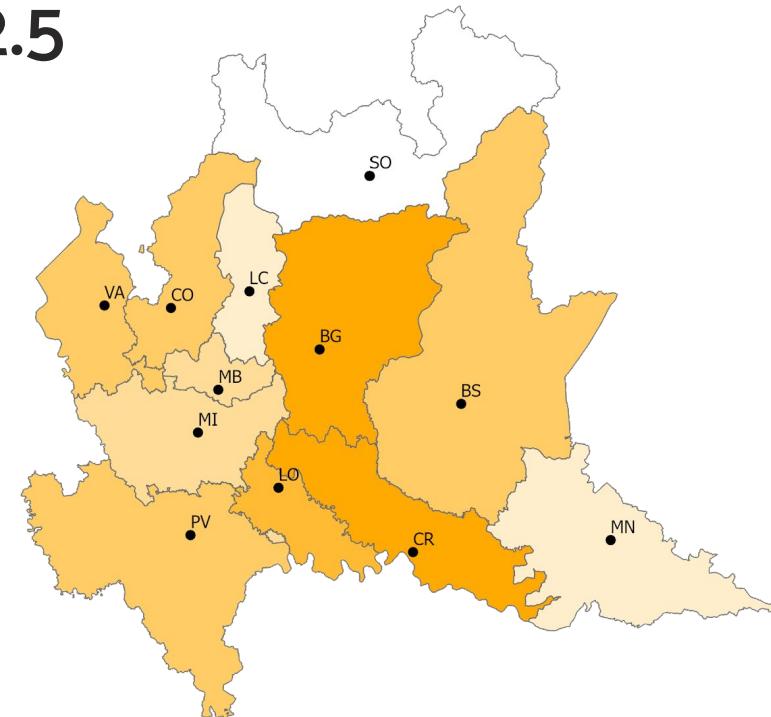


PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

- 10,76 - 11,41 (2)
- 11,41 - 13,24 (1)
- 13,24 - 13,59 (3)
- 13,59 - 15,51 (3)
- 15,51 - 17,54 (2)
- 17,54 - 18,24 (1)



WGS 1984 UTM Zone 32N



PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

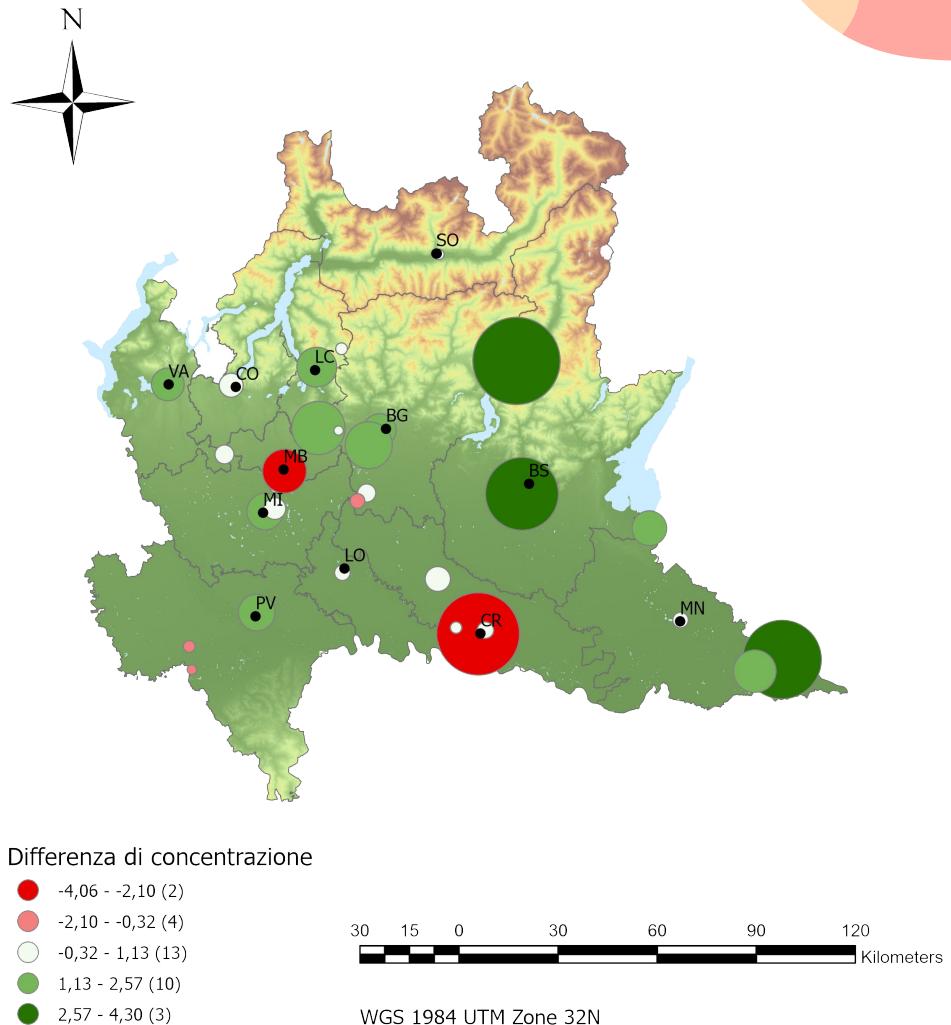
- 10,99 - 11,73 (2)
- 10,99 - 11,73 (2)
- 10,99 - 11,73 (2)
- 11,73 - 12,87 (2)
- 12,87 - 13,97 (4)
- 13,97 - 14,18 (1)
- 14,18 - 16,25 (2)

# Impatto del lockdown su PM2.5

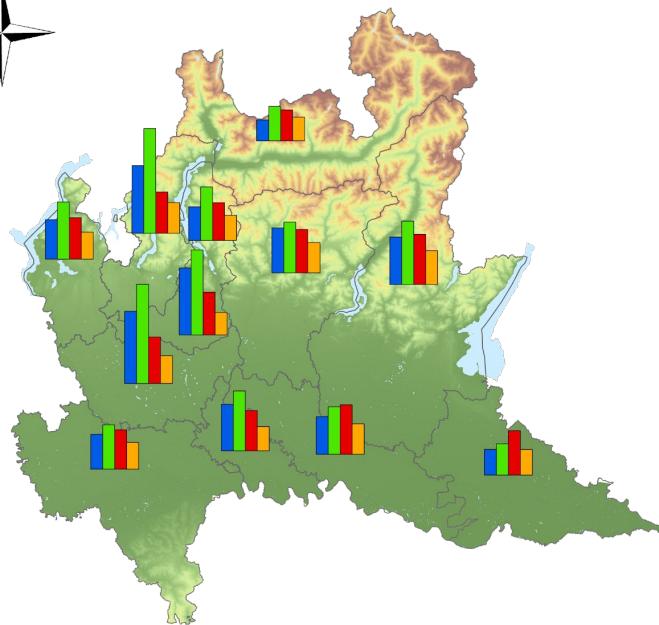
Le zone di **Brescia** e **Mantova** sono quelle che più hanno beneficiato del Lockdown.

Invece **Monza e Brianza** e **Cremona** registrano un deciso incremento dell'inquinante in contrasto alla tendenza delle restanti province.

Inoltre si riscontra un ratio di 45% tra sensori che hanno riscontrato un miglioramento contro quelli che riscontrano un peggioramento dal 2019 al 2020.



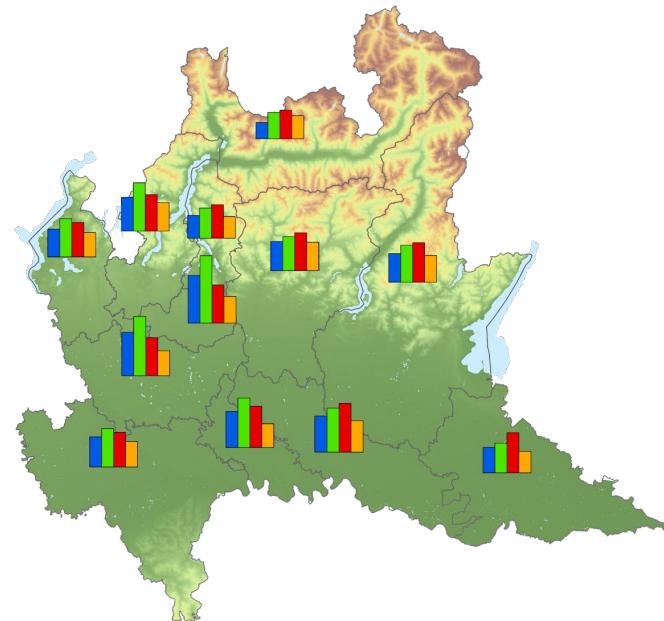
# Cambiamento indotto dal lockdown



[Blue square]	NO <sub>2</sub>
[Green square]	NO <sub>x</sub>
[Red square]	PM <sub>10</sub>
[Orange square]	PM <sub>2.5</sub>



WGS 1984 UTM Zone 32N





# 04

## Analisi dei regressori

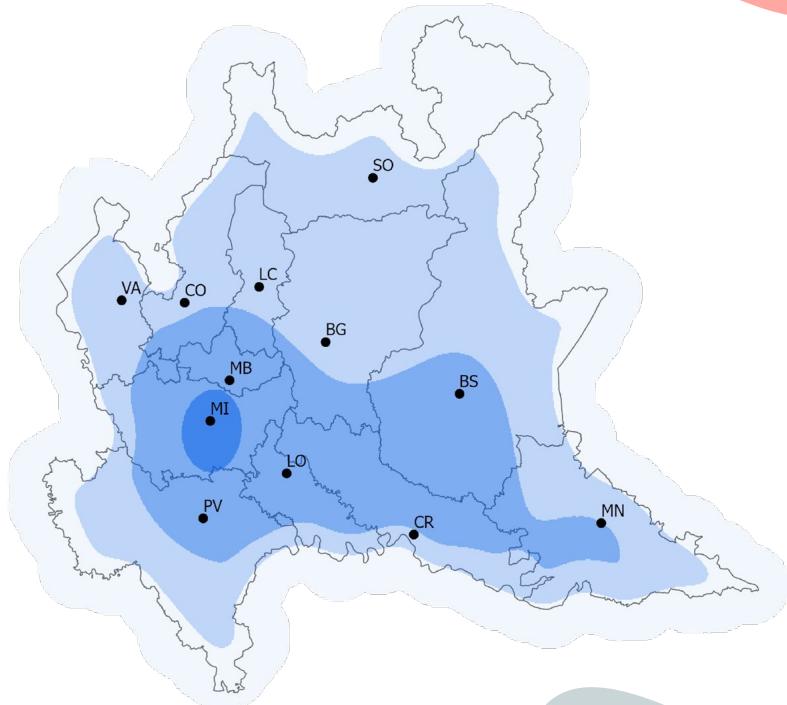
# Rilevazioni NO<sub>2</sub> 2020

Milano, Monza e Brianza, Brescia le aree con maggiori rilevazioni dell'inquinante.

Le zone meno inquinate sono a Nord, in particolare Sondrio.

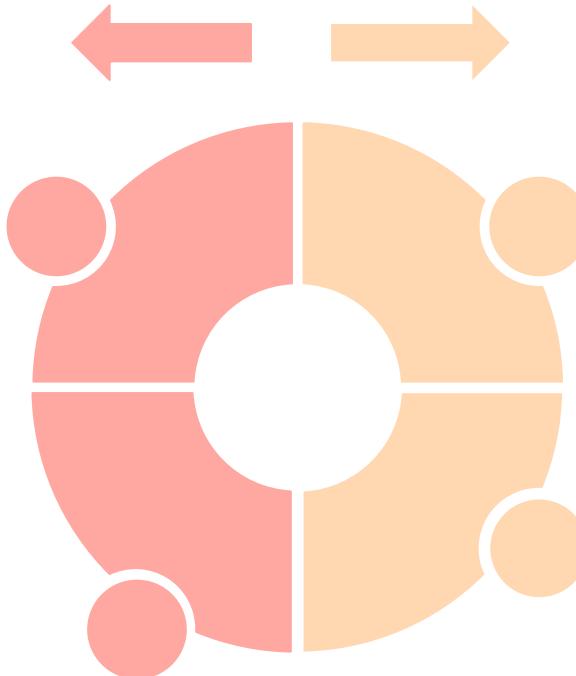
Le maggiori fonti di emissione di NO<sub>2</sub> sono:

- la combustione dovuta al traffico veicolare
- riscaldamento abitativo/aziendale



# Regressori

Combustione      Riscaldamento



## Traffico veicolare

Spostamenti su veicoli (auto, moto e trasporto pubblico) tra coppie di comuni.

## Rete stradale

Autostrade e strade statali come approssimazione del traffico veicolare.

## Numero di abitanti

Distribuzione popolazione sul territorio Lombardo, suddiviso per comuni/distretti.

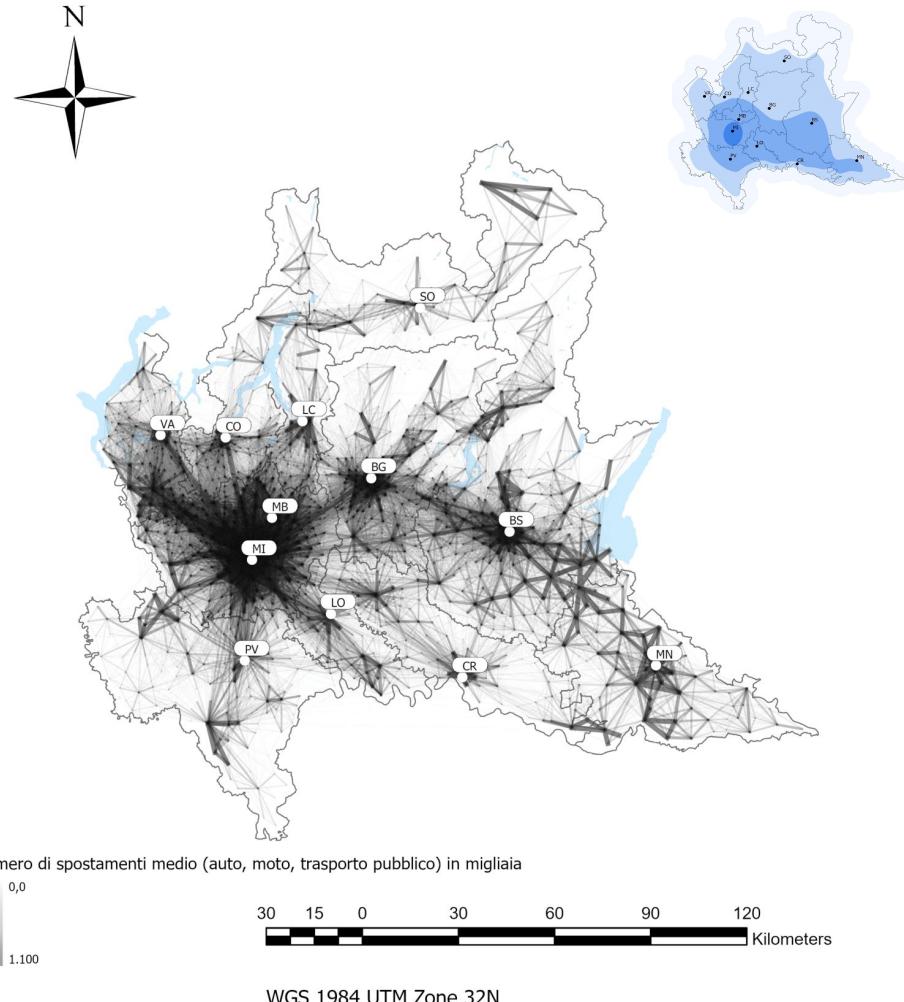
## Temperatura

La temperatura media rilevata nelle varie province come approssimazione.

# Traffico veicolare

La mappa rappresenta gli spostamenti per coppie di comuni che variano fino ad un massimo di 1.100.000 spostamenti medi giornalieri.

- Le zone con maggior traffico (**Milano, Monza e Brianza, Bergamo e Brescia**) sono anche le stesse che rilevano i picchi di NO<sub>2</sub>.
- Le zone a nord della Lombardia (**Sondrio** in particolare) risultano le meno inquinate e le meno trafficate.

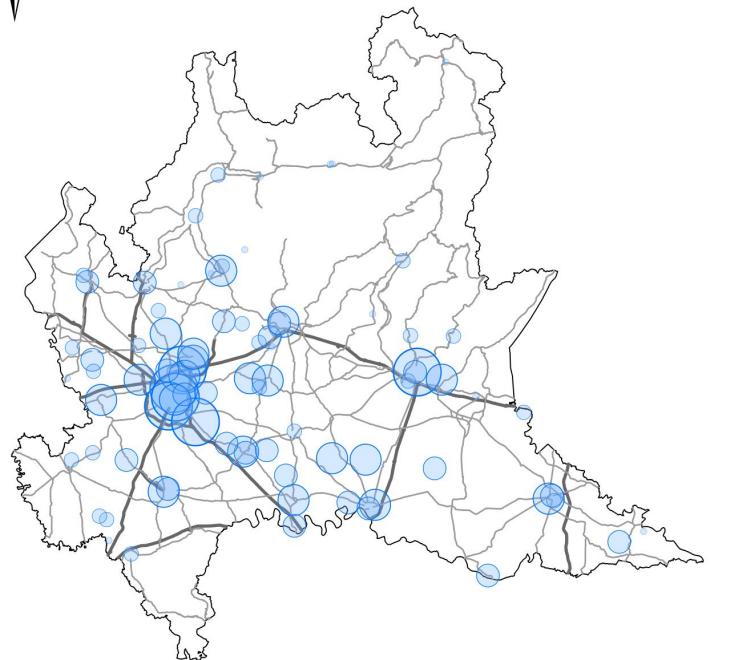


# Rete stradale



La mappa rappresenta le autostrade (linee nere) e le strade statali (linee grigie), e con cerchi blu di diversa grandezza la quantità media di NO<sub>2</sub> rilevata che varia da 5,25 a 32,16 µg/m<sup>3</sup>

- Le zone maggiormente coperte dalla rete stradale (**Milano, Monza e Brianza, Bergamo e Brescia**) sono anche le stesse che rilevano i picchi di NO<sub>2</sub>.
- Le zone a nord della Lombardia (**Sondrio** in particolare) risultano le meno inquinate e le coperte dalla rete stradale.

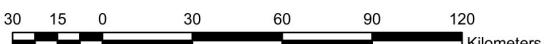


NO<sub>2</sub> 2020 (µg/m<sup>3</sup>)

●	5,25 - 9,75
●	9,75 - 13,24
●	13,24 - 17,64
●	17,64 - 23,56
●	23,56 - 32,16

Rete stradale

- Strade statali
- Autostrade



WGS 1984 UTM Zone 32N

# Popolazione

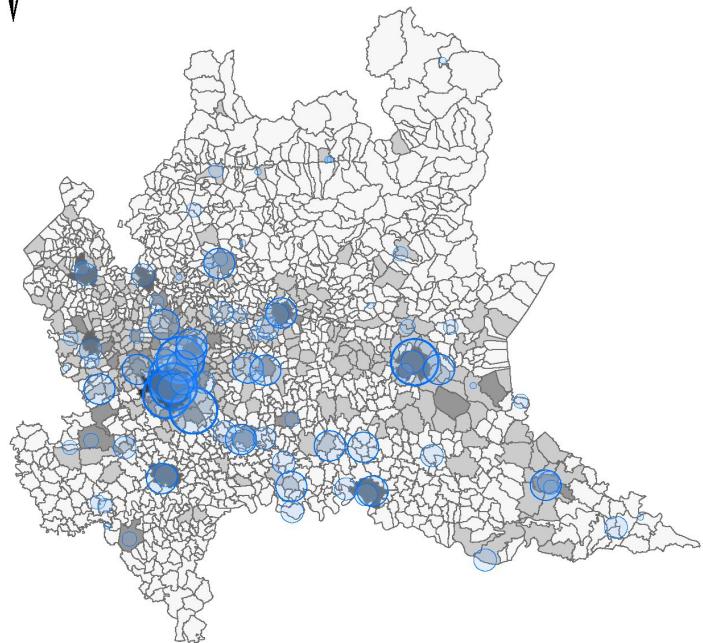


I comuni nella presentano una colorazione che va dal bianco al nero in funzione della classe di appartenenza (determinata dal numero di abitanti).

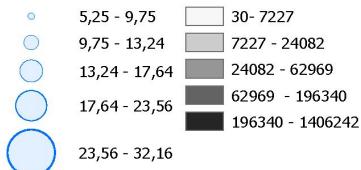
Possiamo constatare una evidente correlazione tra la popolosità del comune e il valore dell'inquinante rilevato.

I quartieri di **Milano e Monza e Brianza** che risultano essere i più popolati sono anche gli stessi che registrano il maggior valore di NO<sub>2</sub>.

La seconda zona che rileva la maggior quantità di NO<sub>2</sub> è **Brescia** ed è ben spiegata dal fatto che si concentra un elevato numero di abitanti.



NO<sub>2</sub> 2020 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) Numero abitanti



30 15 0 30 60 90 120 Kilometers

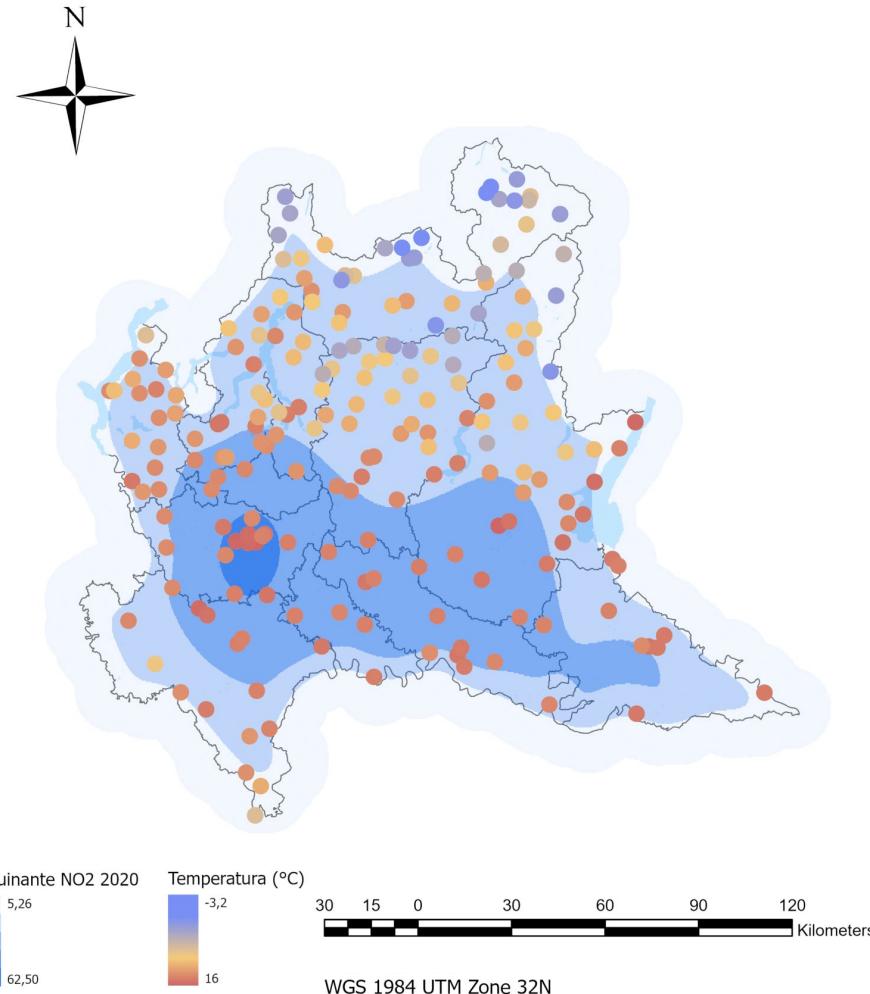
Scala 1:1.500.000

# Temperatura

Nella mappa si illustrano con cerchi di gradazione dal viola al rosso i valori temperatura, con valori che variano da -3,2° a 16° gradi di media, e in tonalità di blu la distribuzione dell'inquinante nel 2020.

Come possiamo notare vi è una certa correlazione tra i due fenomeni e le zone con maggior rilevazione dell'inquinante registrano anche i picchi maggiori di temperatura media rilevata e viceversa.

Seppur con scarsa frequenza, sono visibili diverse eccezioni che non evidenziano con la stessa chiarezza questa correlazione positiva.



# Interpretazione risultati

1°	<b>Traffico veicolare</b>	Come da aspettative si dimostra essere il migliore regressore. La combustione causata dal traffico veicolare è la principale fonte di emissione di NO <sub>2</sub> .
2°	<b>Rete stradale</b>	Risulta anch'essa essere un ottimo regressore per l'inquinante. I risultati sono in alcune zone persino migliori di quelli rilevati con il traffico veicolare.
3°	<b>Numero abitanti</b>	La popolazione approssima abbastanza bene il riscaldamento presente nelle strutture abitative, risultando quindi essere un buon regressore per l'inquinante.
4°	<b>Temperatura</b>	Risulta essere una buona approssimazione del riscaldamento ma ottiene risultati peggiori degli altri regressori.

# Sviluppo & Tools

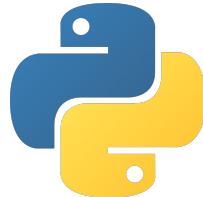
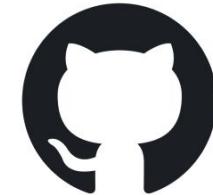
ArcGIS Pro



Open Data  
Cube



GitHub



Python



Jupyter  
Notebook



Overleaf

# Grazie!

