

# **Normalizzazione meteorologica con Random Forest**

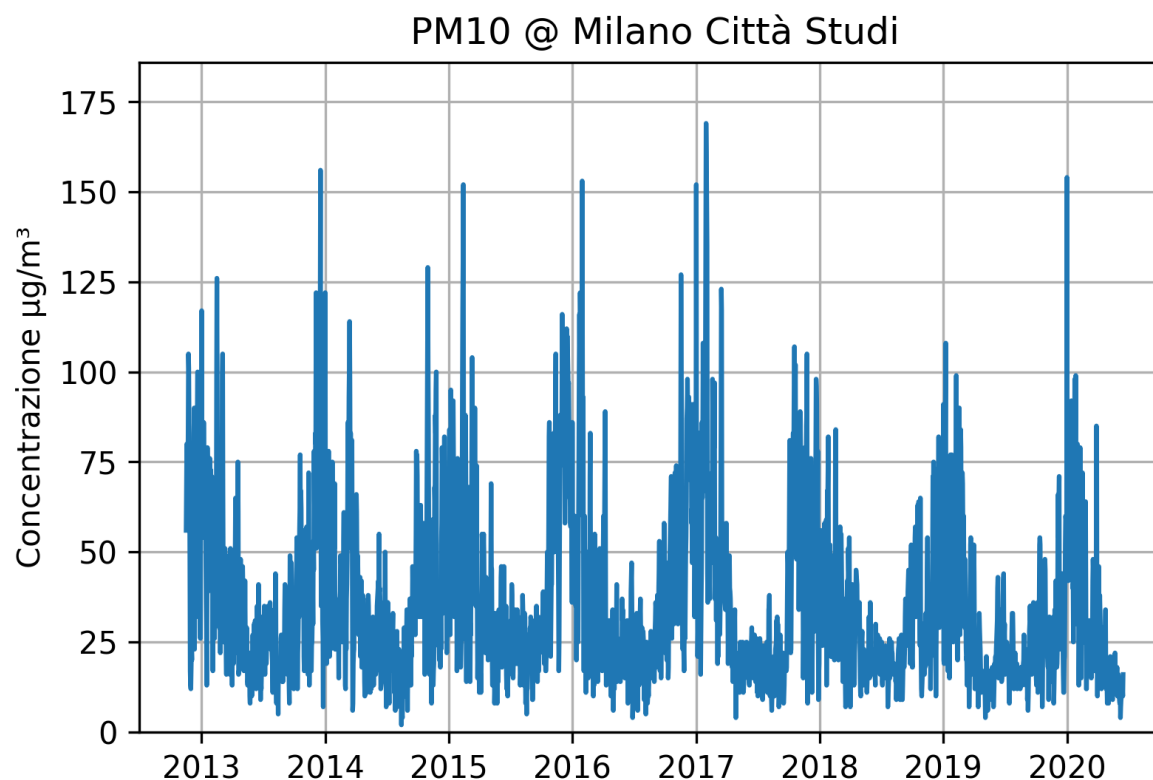


Eliminare gli effetti della meteorologia  
dalle concentrazioni degli inquinanti  
atmosferici




# Gli effetti della meteorologia sugli inquinanti

- Le concentrazioni degli inquinanti in atmosfera sono fortemente influenzate dalle condizioni meteorologiche, che possono favorirne maggiormente la dispersione o l'accumulo.
- Questo complica l'analisi degli andamenti delle concentrazioni e dell'efficacia dei provvedimenti presi nel corso degli anni, poiché non è facile stabilire con certezza quanto abbia influenzato la meteorologia rispetto alle misure messe in atto.




- Si nota chiaramente come la differenza tra la stagione estiva ed invernale sia molto ampia, così come la variazione tra un giorno e l'altro

- 
- Analizzare l'andamento nel corso degli anni su una serie di questo tipo diventa complesso e, anche se esistono metodi matematici per calcolarne il trend, questo continuerà comunque ad essere influenzato dall'impatto della meteorologia.
  - Come possiamo fare per eliminare questa influenza?
    - Diversi studi, avvalendosi di metodi statistici complessi, hanno provato a creare modelli statistici che usando i dati di alcune variabili meteorologiche (precipitazioni, temperatura, umidità, ecc..) fossero in grado di capire l'influenza di questi fattori sulle concentrazioni


# Machine learning e Random Forest

- In nostro soccorso viene il machine learning, che ci offre algoritmi in grado di imparare, partendo dai dati reali, le relazioni che esistono tra le diverse variabili e come ciascuna influenzi le altre.
- Random Forest è un algoritmo di machine learning, basato sugli alberi di decisione, che, grazie ad una serie di vantaggi nel suo utilizzo rispetto ad altre tecniche, si adatta perfettamente al nostro problema.

- 
- Usando i dati di:
    - Data
    - Concentrazione dell'inquinante
    - Precipitazioni, temperatura, pressione atmosferica, umidità relativa, radiazione solare, direzione e velocità del vento

grazie a Random Forest abbiamo potuto creare modelli in grado di fare previsioni abbastanza precise sulle concentrazioni di un inquinante per un dato giorno e determinate condizioni atmosferiche.

- Per ogni giornata abbiamo fatto fare molte previsioni al nostro modello, variando di volta le condizioni meteorologiche, e alla fine ne abbiamo calcolato la media.  
Ripetendo questo passaggio per tutti i giorni della serie storica dell'inquinante abbiamo così ottenuto la “serie normalizzata”, ovvero una serie che rappresenta l'andamento che, secondo il nostro modello, avrebbero avuto le concentrazioni se ci fossero sempre state condizioni meteorologiche **medie**.

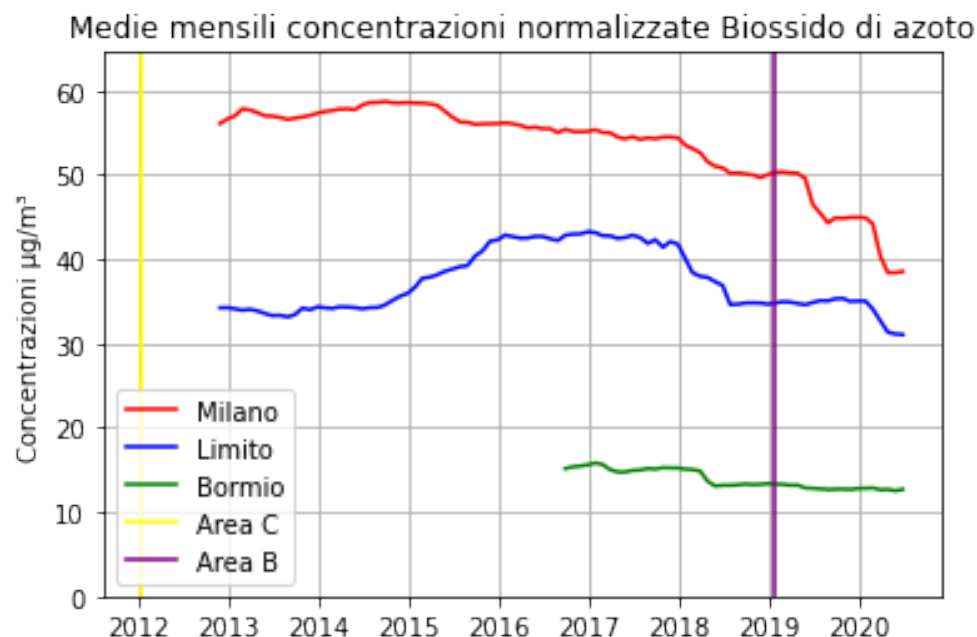
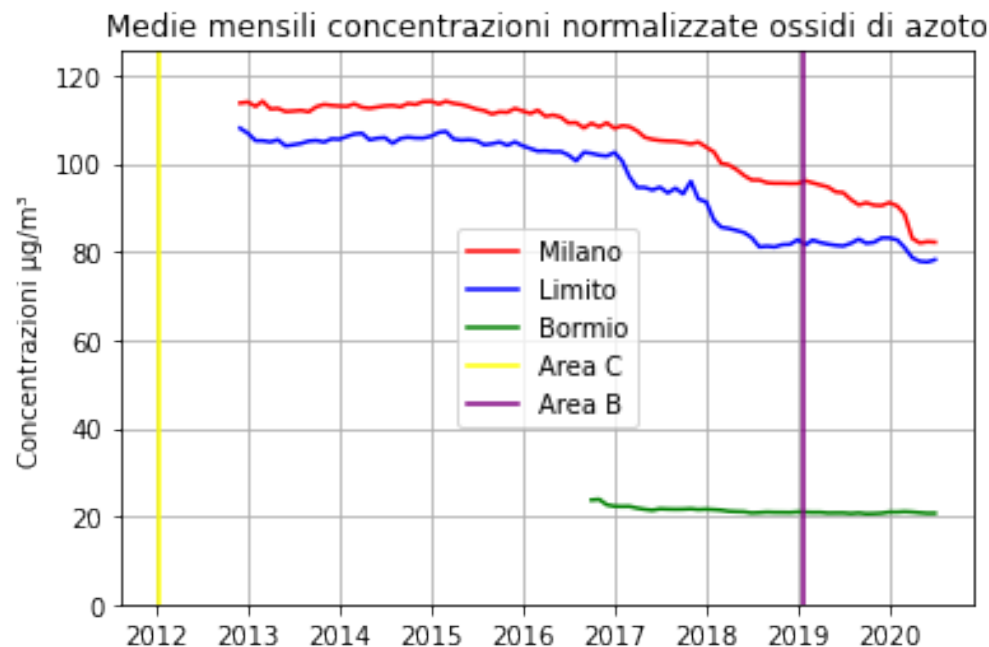
- 
- Avendo eliminato l'influenza della meteorologia qualsiasi variazione nelle concentrazioni di questa serie deve essere per forza derivante da altri fattori: le attività umane.
  - Possiamo allora analizzare più efficacemente come le misure prese nel corso degli anni abbiano influenzato l'andamento delle concentrazioni.  
In particolare ci siamo occupati di due temi:
    - Traffico
    - Covid-19



# Analisi sul traffico

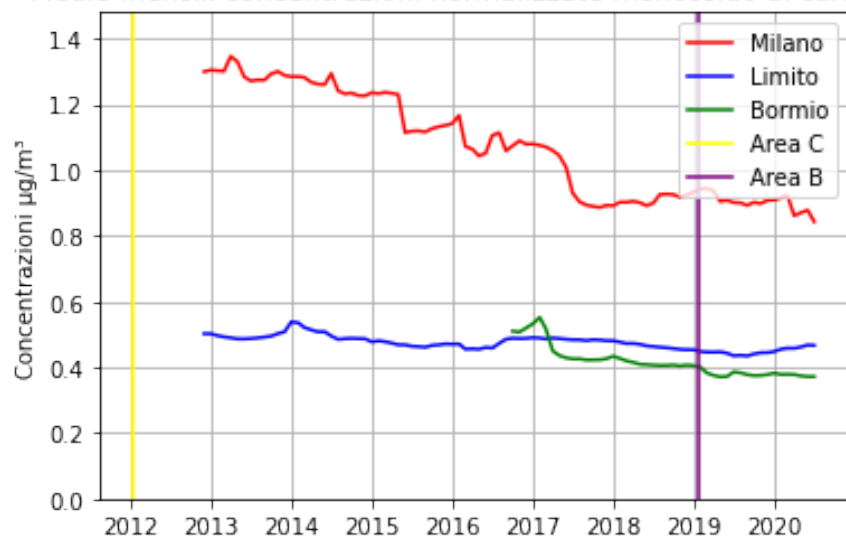
- La prima analisi che è stata fatta ha voluto verificare se l'introduzione di Area C ed Area B a Milano abbia portato a dei miglioramenti concreti sulla qualità dell'aria.
- Abbiamo quindi confrontato l'andamento della serie normalizzata di Milano con quello delle serie di Limite di Pioltello e Bormio per vedere se si potessero notare differenze che indicherebbero una reale efficacia delle misure prese.



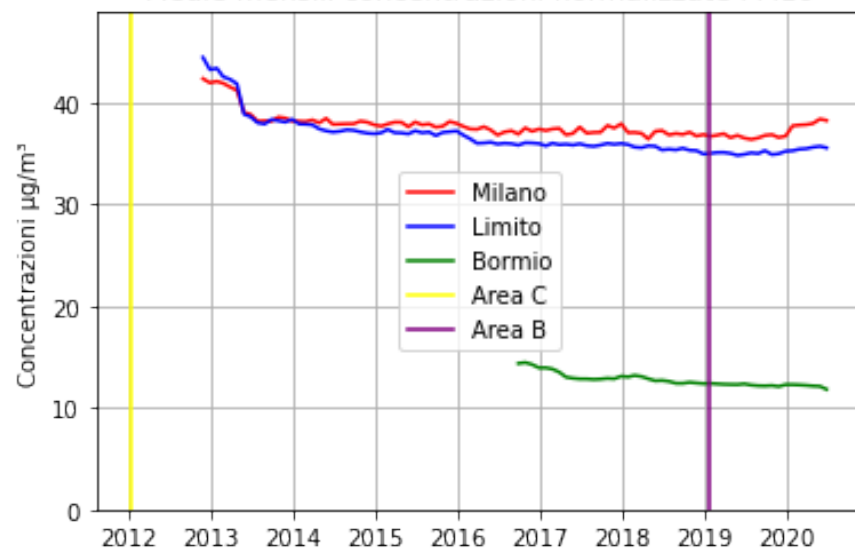


- Soglie NO2:
  - Media oraria:  $200\mu\text{g}/\text{m}^3$
  - Media annua:  $40\mu\text{g}/\text{m}^3$
- È vero che a seguito dell'introduzione di Area C le concentrazioni di ossidi di azoto sono calate, ma lo stesso identico calo si ha anche per Limite, quindi non è sicuramente merito di tale provvedimento
- Molto probabilmente la causa è l'innovazione tecnologica (es. rinnovo parco auto), ed infatti anche ISPRA stima un calo delle emissioni per questo inquinante negli ultimi anni.


Medie mensili concentrazioni normalizzate monossido di carbonio

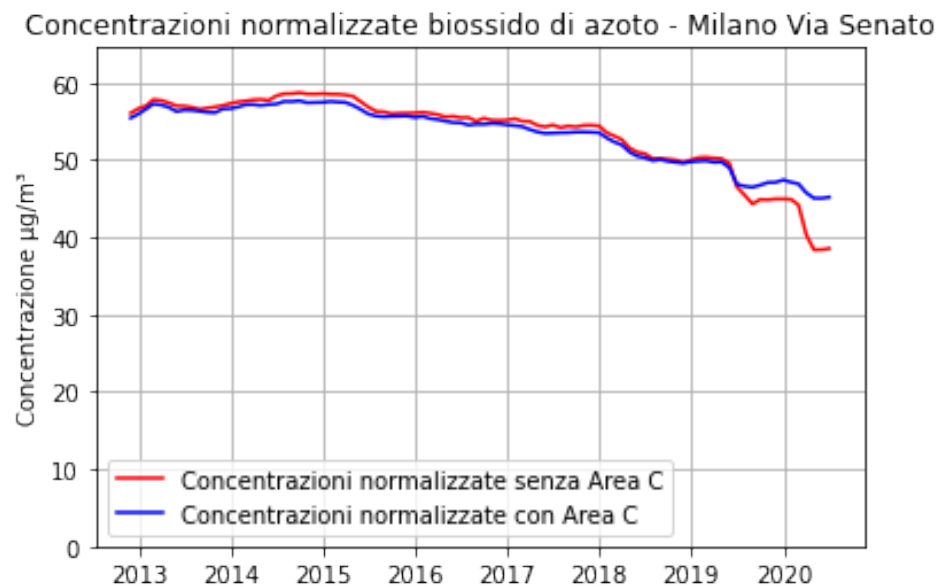
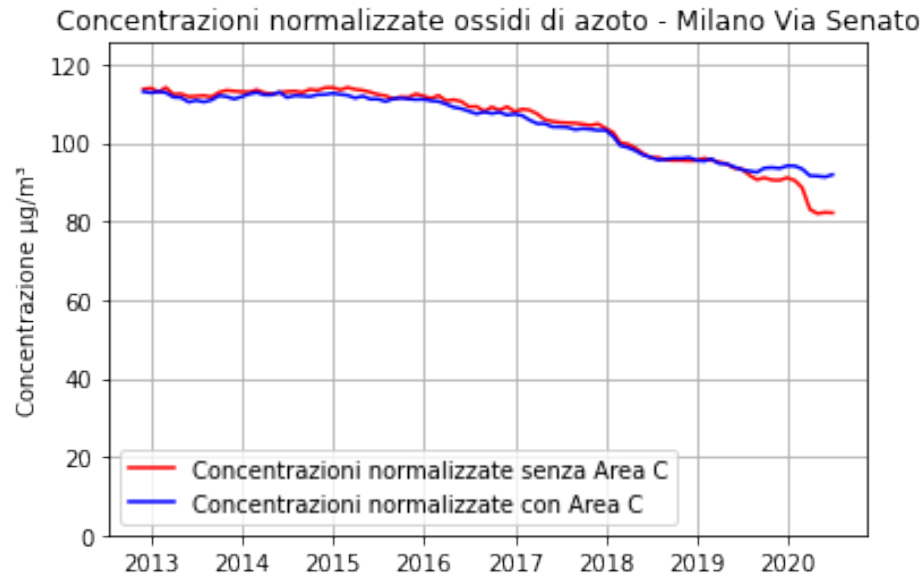


Medie mensili concentrazioni normalizzate PM10



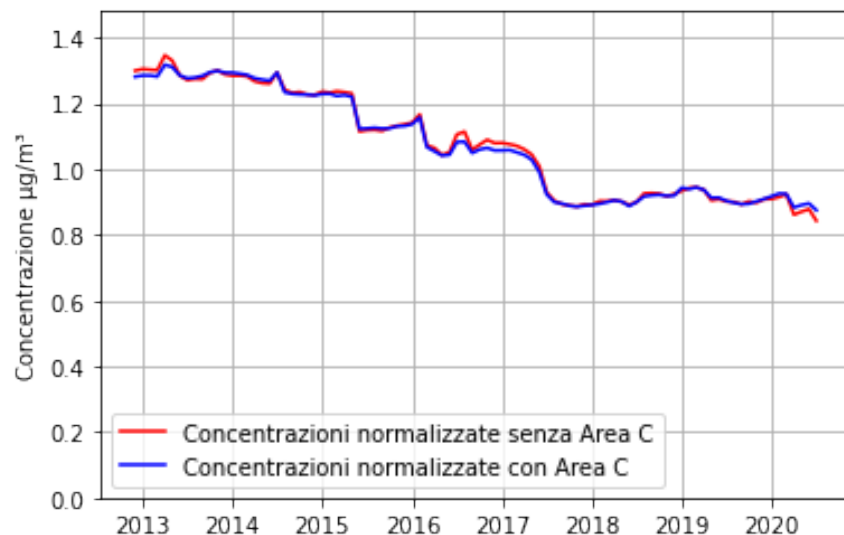
- Soglia CO:
  - Media giornaliera:  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Per quanto riguarda il monossido di carbonio sembra che la situazione a Milano sia effettivamente migliorata (anche se parte del “merito” potrebbe essere da attribuire alla riduzione dell’uso di biomasse come combustibili).
- Soglia PM10
  - Media giornaliera:  $50\mu\text{g}/\text{m}^3$
  - Media annua:  $40\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Per quanto riguarda le polveri sottili, invece, non si nota praticamente nessuna differenza, né sull’andamento che rimane sempre praticamente costante, né tra Milano e Limito (Bormio è chiaramente un caso particolare).

- 
- Uno dei vantaggi di Random Forest è quello di poter sempre introdurre nuove variabili nella costruzione dei nostri modelli, permettendoci così di generare serie normalizzate anche dalla loro influenza.
  - Abbiamo quindi preso i dati degli ingressi registrati in Area C, in modo da costruire modelli che generassero una serie che fosse rappresentativa dell'andamento delle concentrazioni con condizioni meteorologiche e di traffico medie.
  - Confrontando questa serie con quelle precedenti, generate senza l'uso dei dati sugli ingressi in Area C, si può verificare se si notano differenze particolari, che sarebbero sicuramente causate dal traffico.

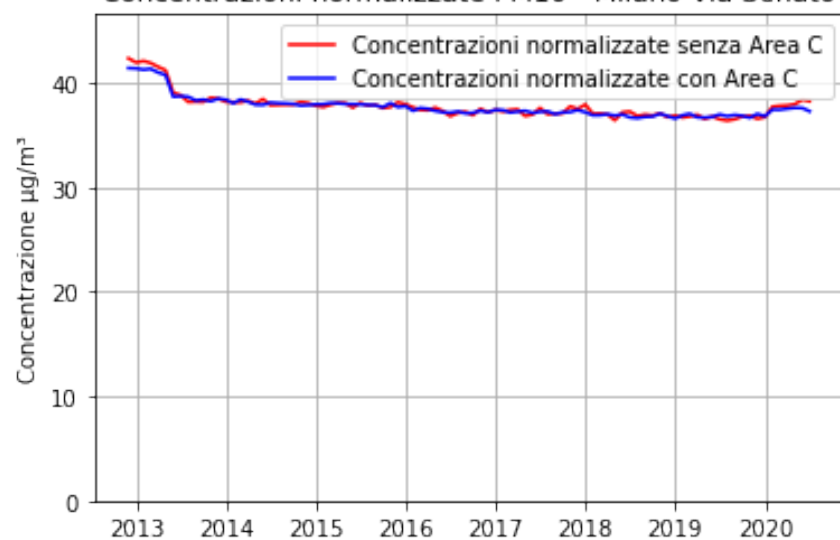


- Per quasi tutta la durata delle serie i due andamenti sono praticamente identici.
- L'unica differenza che si vede è durante il periodo del lockdown primaverile, in cui praticamente non esisteva traffico.
- La differenza tra le due serie in quel periodo rappresenta l'influenza media del traffico sulle concentrazioni (gli ossidi di azoto sono gli inquinanti più influenzati dal traffico).

Concentrazioni normalizzate monossido di carbonio - Milano Via Senato



Concentrazioni normalizzate PM10 - Milano Via Senato

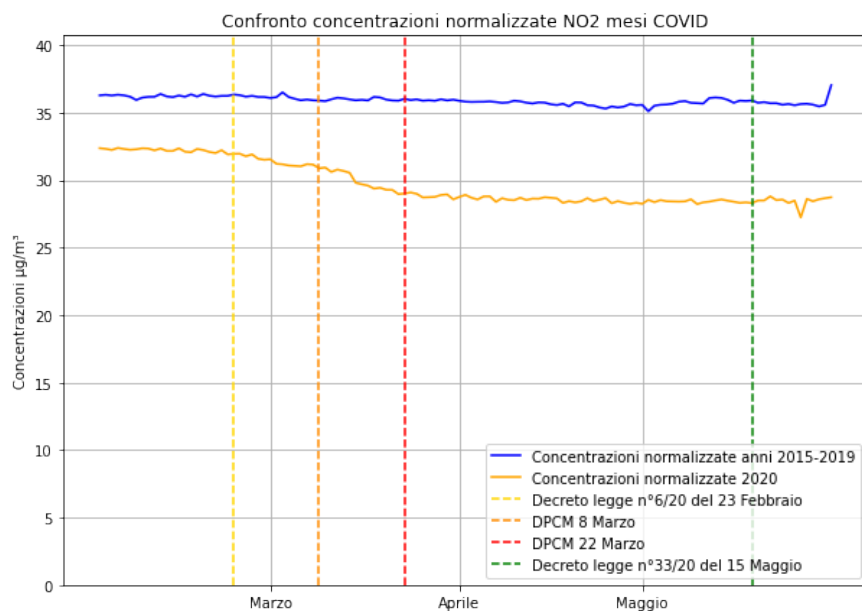
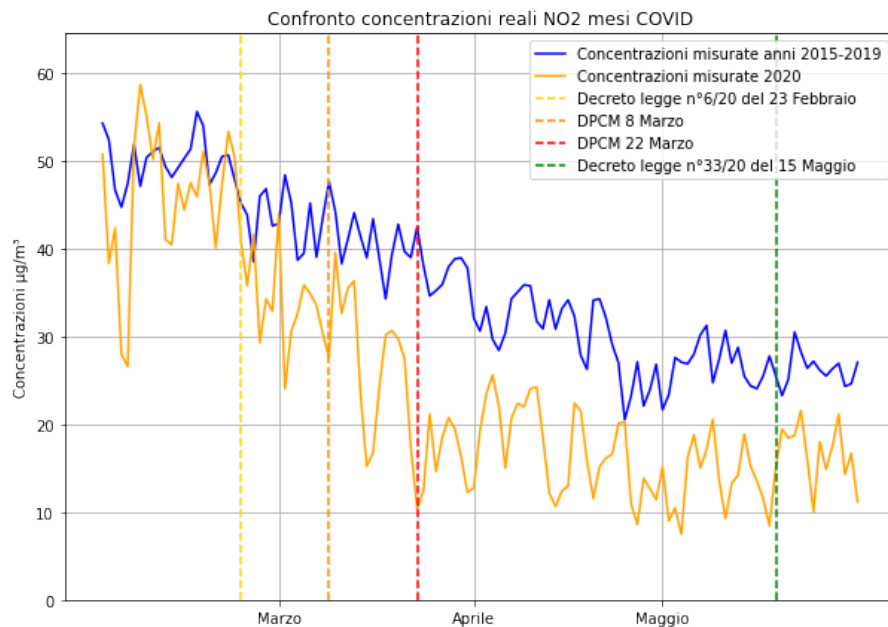


- Per quanto riguarda monossido di carbonio e polveri sottili non si notano invece differenze, neanche per il periodo del lockdown.

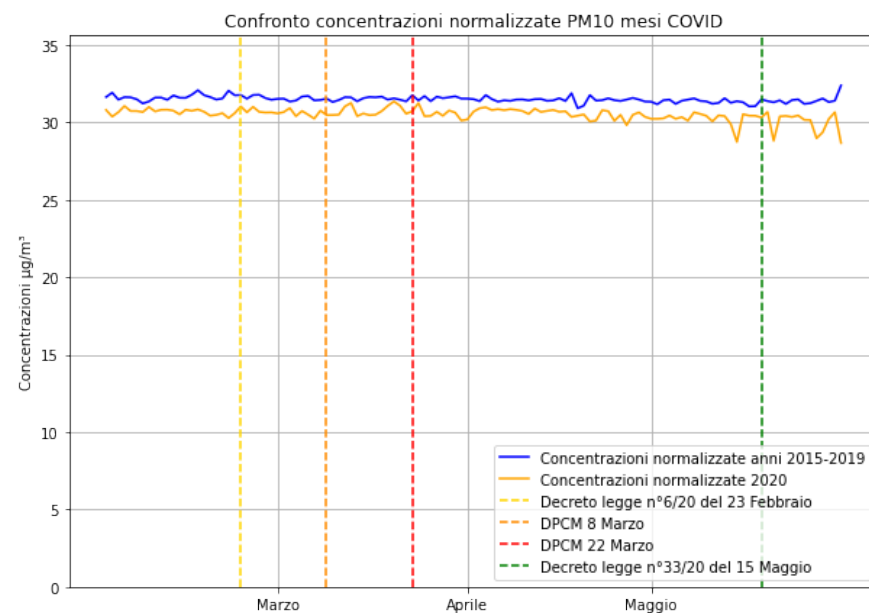
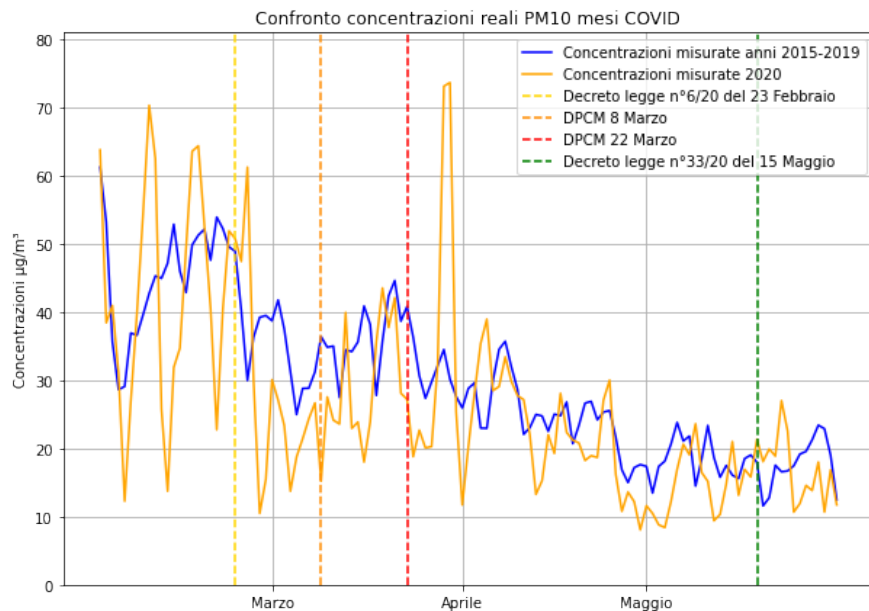


# Analisi sull'effetto del lockdown

- L'epidemia di Covid-19 ed il conseguente lockdown imposto nei mesi di Marzo e Aprile ci hanno offerto uno scenario emissivo decisamente particolare.
- È sicuramente interessante cercare di capire come il fermo di diverse attività abbia influenzato l'andamento delle concentrazioni dei principali inquinanti atmosferici.
- Siamo andati a confrontare l'andamento delle serie reali e normalizzate dei mesi primaverili del 2020 con quello degli stessi mesi per i 5 anni precedenti (2015-2019).

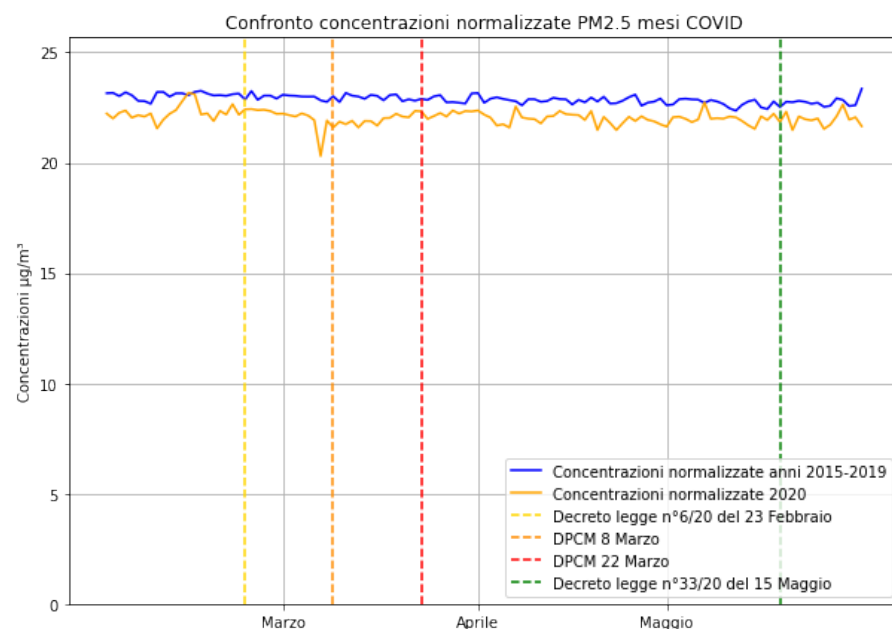
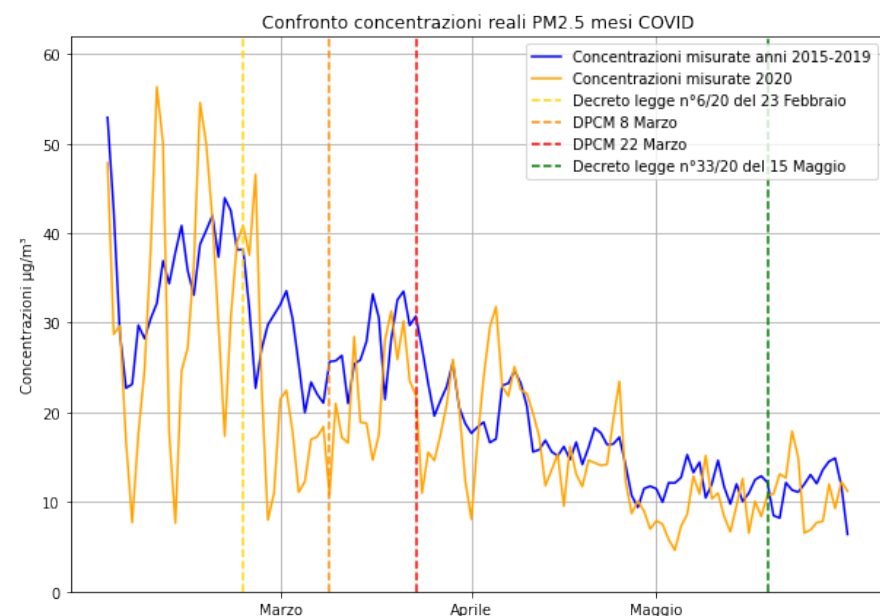


- C'è effettivamente un po' di differenza, come già visto durante le analisi sul traffico, quasi sicuramente causato dalla forte riduzione dei veicoli circolanti.

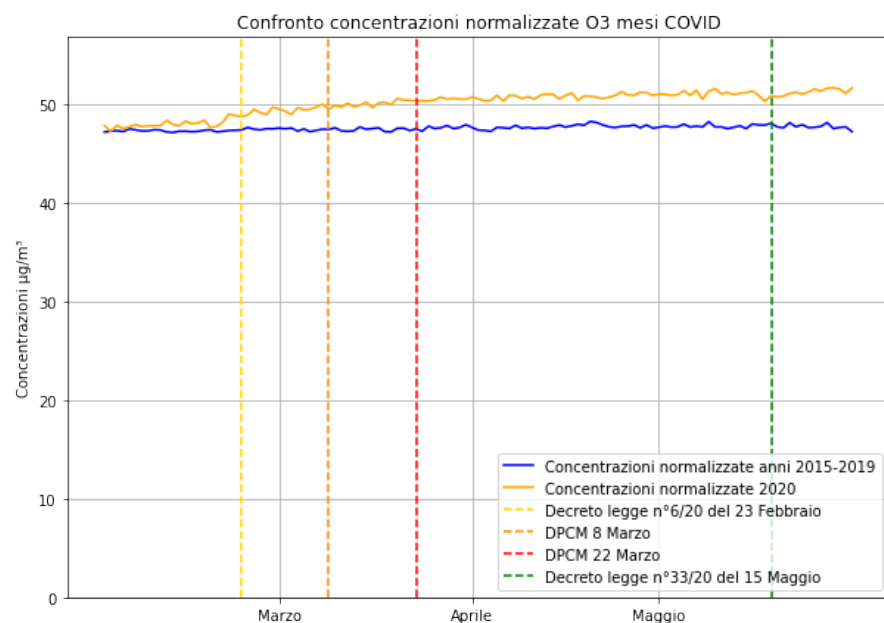
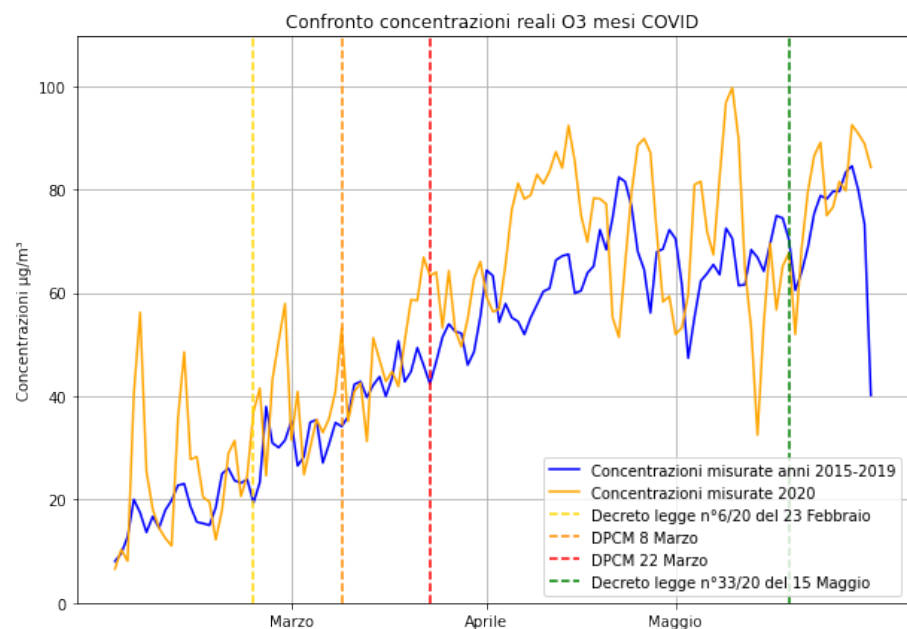


- Si nota un leggerissimo calo (in parte visibile anche sui dati “reali”), ma la situazione sembra rimasta invariata.

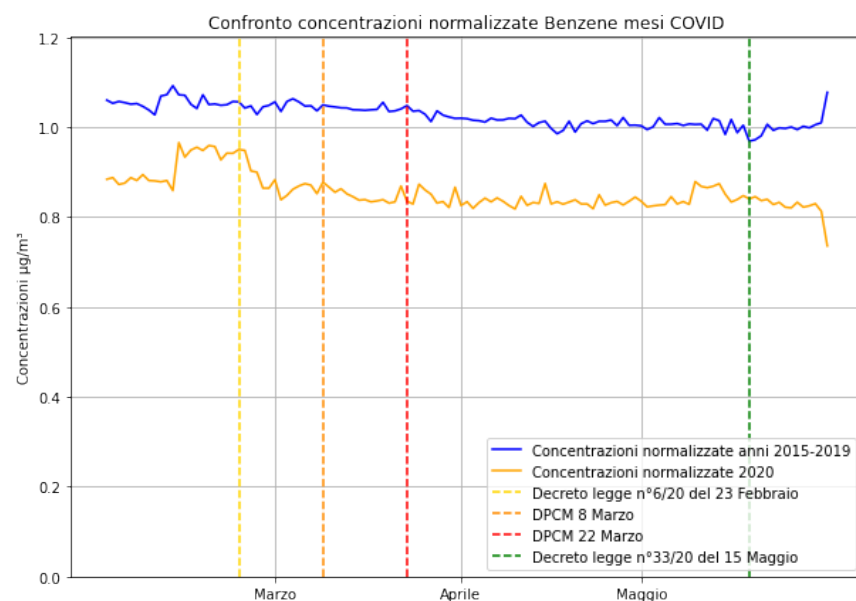
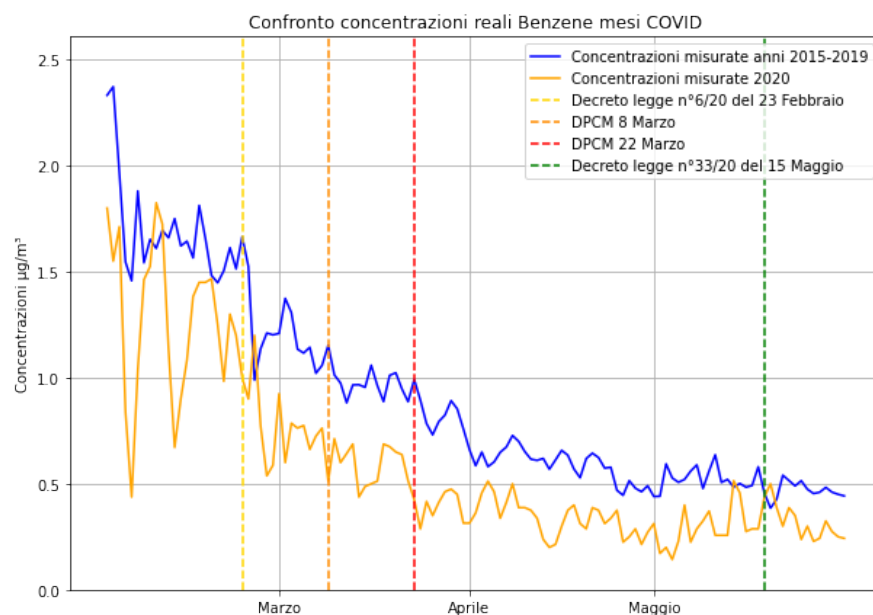




- Soglia PM2.5
  - Media annua:  
 $25\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Stesso discorso del PM10, la situazione è rimasta praticamente invariata



- Soglia O3
  - Soglia media mobile sulle 8 ore:  $120\mu\text{g}/\text{m}^3$
- L'ozono risulta essere addirittura aumentato. Potrebbero essere stati i cieli più puliti che, facendo passare più radiazione solare, ne hanno favorito l'aumento?



- Soglia media oraria:  $5\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Anche per quanto riguarda il benzene, inquinante quasi esclusivamente causato dai motori a benzina, si nota un calo rispetto agli anni precedenti, dovuto sicuramente alla riduzione del traffico

# Conclusioni

- Per analizzare al meglio le concentrazioni degli inquinanti occorre tener conto dell'influenza della meteorologia, altrimenti non si può stabilire con certezza quanto un provvedimento sia stato efficace.
- Provvedimenti di limitazione del traffico (tipo Area C ed Area B) non hanno nessuna efficacia. Per ridurre le concentrazioni l'unica soluzione efficace è il progresso tecnologico, che ci permette di ridurre le emissioni.
  - Il contributo del traffico sull'inquinamento, grazie all'innovazione tecnologica, è ormai minimo.
- Anche durante il periodo del lockdown, se non per gli inquinanti fortemente collegati al traffico, che hanno mostrato una riduzione piuttosto modesta, si è visto come la situazione sia rimasta praticamente invariata, visto che la riduzione di attività è stata compensata dal maggior fabbisogno energetico delle persone.

# Approfondimenti

- Letture per chi fosse interessato ad approfondire la questione
  - Random Forest  
<https://link.springer.com/article/10.1023/A:1010933404324>
  - Normalizzazione meteorologica con metodi statistici (uno dei tanti)  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-005-7059-2>
  - Normalizzazione meteorologica con algoritmi di machine learning  
<https://www.hindawi.com/journals/jece/2017/5106045/>
  - Influenza della meteorologia sugli inquinanti  
[http://old.iss.it/binary/aria/cont/INTERAZIONE\\_DI\\_ALCUNI\\_PARAMETRI\\_\\_METEOROLOGICI\\_SULLA\\_QUALITA.pdf](http://old.iss.it/binary/aria/cont/INTERAZIONE_DI_ALCUNI_PARAMETRI__METEOROLOGICI_SULLA_QUALITA.pdf)