



FIRENZE, FORTEZZA DA BASSO
14-16 OTTOBRE 2021

EARTH
TECHNOLOGY EXPO

***LA SENSORIZZAZIONE TERRITORIALE E LA MODELLISTICA
PER LA PREVISIONE DELLE CONTAMINAZIONI IN FUNZIONE
DELLA
PROTEZIONE AMBIENTALE***

14 ottobre 2021

***LAVORARE IN RETE: LA COLLABORAZIONE
FRA LAMMA ED ARPAT***

***Bernardo Gozzini
Consorzio LaMMA***

Principali temi di interesse comune sviluppando modelli e base dati:

1. inquinamento atmosferico e dispersione degli inquinanti in atmosfera;
2. metodi e modelli per il monitoraggio e la previsione della qualità delle acque marine e costiere (Strategia Marina e Direttiva Balneazione);
3. la previsione della dispersione dei pollini col fine di elaborare un bollettino specifico;
4. realizzare una mappa relativa alla presenza dell'amianto sul territorio toscano;

1. inquinamento atmosferico e dispersione degli inquinanti in atmosfera:

- diagnosi e previsione dei dati meteorologici in relazione agli “episodi acuti” di inquinamento da ozono e polveri sottili;
- sviluppo della modellistica regionale e integrazione con i dati misurati;
- disponibilità dell'archivio dei dati meteorologici stimati con la modellistica meteorologica e dei layer informativi derivanti dalla modellistica di qualità dell'aria

Archivio Meteorologico

L'utilizzo di modelli numerici di simulazione ad alta risoluzione costituisce la base di molte e importanti applicazioni, accompagna e integra i sistemi di osservazione e monitoraggio che completano il quadro delle informazioni necessarie per la valutazione dello stato dell'ambiente (fisico, chimico, biologico) e dei rischi che ricadono su di esso.

Il LaMMA a partire dalla pluriennale esperienza nella modellistica meteorologica ha realizzato un **archivio meteorologico** e il conseguente servizio di fornitura dati.

L'archivio è basato sul modello numerico WRF-ARW¹ (Weather Research and Forecasting model) inizializzato con i dati delle analisi ECMWF²

¹ https://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/docs/user_guide_V3/contents.html

² <https://www.ecmwf.int/en/about>

14 Ottobre 2021

Archivio Meteorologico

WRF – NCEP CONFIGURATION

Risoluzione di 3 Km sul territorio toscano dal 2014 e sull'Italia a partire dal 2018.

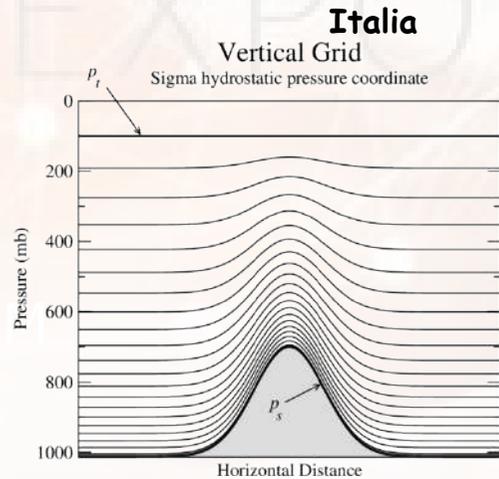
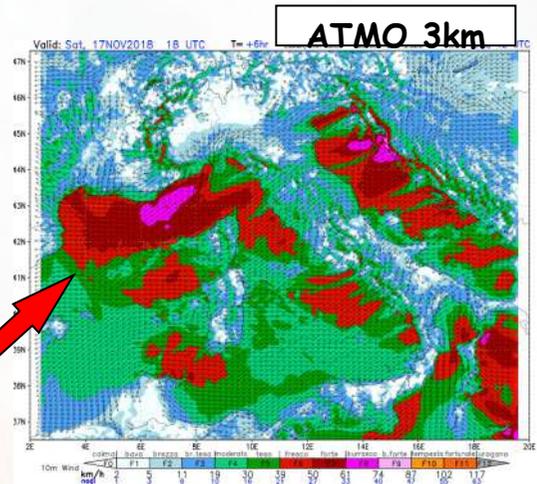
Ottimizzato verticalmente su 35 livelli con passo temporale orario.

Inizializzato e forzato ogni 6 ore con i dati di analisi dell'ECMWF a 14 km di risoluzione.

L'output, costituito da variabili 3D e 2D per ogni punto di calcolo, viene post-elaborato ed archiviato.

Sistematico confronto con dati misurati: verifiche che prendono in esame le misure dei vari parametri provenienti dalle stazioni meteorologiche disponibili sul territorio.

ECMWF
Analysis
00z -> 30hr



Modello
WRF-NM

14 Ottobre 2021

Archivio Meteorologico

Tra le molteplici applicazioni l'Archivio Meteo può costituire un supporto per:

- inizializzare modelli di dispersione degli inquinanti;
- inizializzare modelli meteorologici diagnostici;
- integrare la rete meteorologica di monitoraggio;
- effettuare studi climatologici;
- realizzare studi di fattibilità e producibilità di impianti eolici.

Tipo di dati	Risoluzione 2014-2017	Risoluzione dal 2018	Livelli	Variabili
superficiali	3 km (Toscana)	3 km (Italia)	2 m o 10 m	velocità del vento a 10 m slm direzione del vento a 10 m slm temperatura a 2 m pressione a 2 m umidità relativa a 2 m
profilometrici	3 km (Toscana)	3 km (Italia)	20 m, 40 m, 60 m, 80 m, 100 m, 130 m, 180 m, 260 m, 400 m, 600 m, 930 m, 1350 m, 1880 m, 3150 m, 4500 m	velocità del vento direzione del vento temperatura pressione umidità relativa

Il Consorzio fornisce i dati dell'archivio ai soggetti privati che ne facciano richiesta info:

amministrazione@lamma.toscana.it

17 OTTOBRE 2021

La caratterizzazione meteorologica

Studi relativi all'influenza delle condizioni meteorologiche sull'inquinamento atmosferico. Condizioni favorevoli all'accumulo degli inquinanti dipendono dall'intensità e dalla persistenza del vento, dalle precipitazioni, dalla temperatura, dall'altezza dello strato di rimescolamento (Hmix).

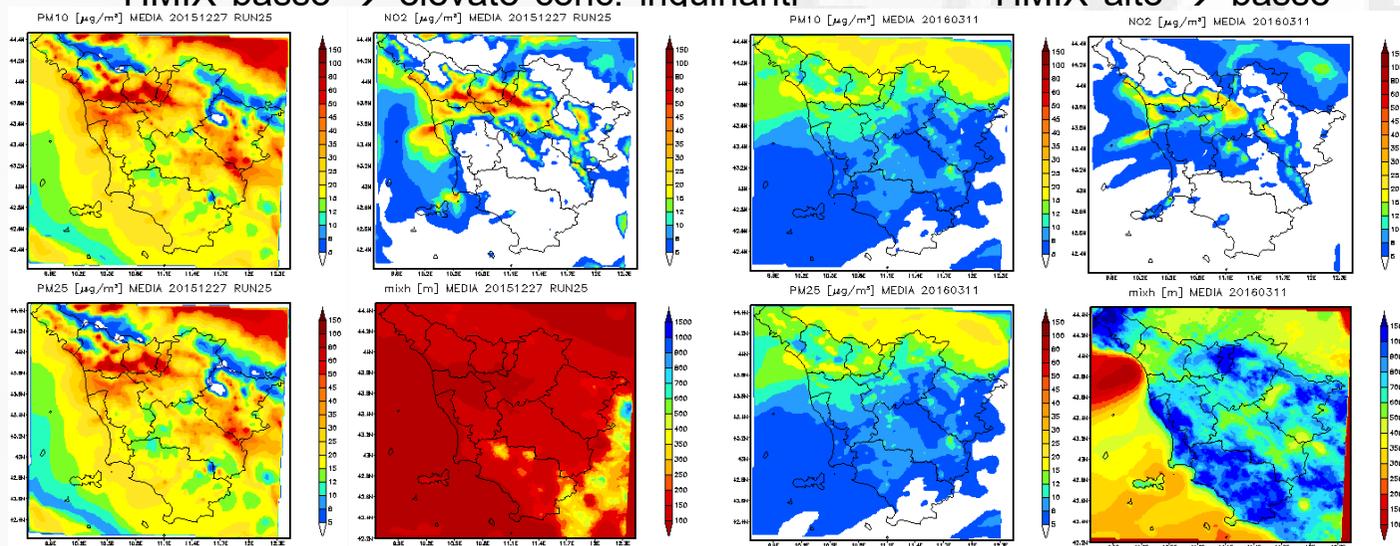
14/16 OTTOBRE 2021

PM10

Hmix = porzione di atmosfera più vicina al suolo in cui le sostanze emesse vengono disperse per effetto della turbolenza in un tempo di scala di circa un'ora. I livelli di concentrazione degli inquinanti possono essere molto diversi a seconda che si verifichino o meno condizioni in cui il rimescolamento delle masse d'aria è inibito, determinando così situazioni di ristagno e di accumulo in aria delle sostanze emesse.

HMIX basso → elevate conc. inquinanti

HMIX alto → basse

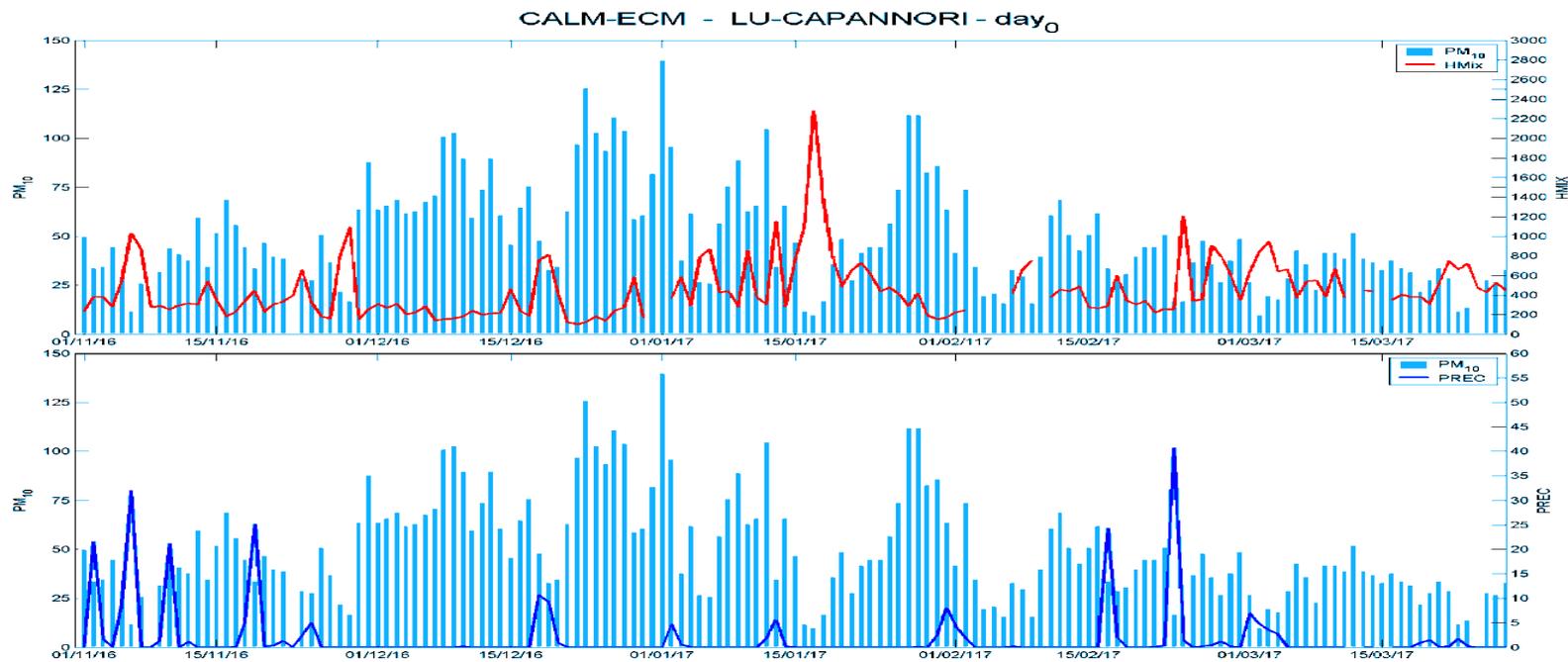


14 Ottobre 2021

Bollettino PM10-ICQA

LaMMA ed ARPAT hanno messo a punto un servizio di informazione al pubblico sulle condizioni di qualità dell'aria: **dal 1° novembre al 31 marzo** è operativo un bollettino relativo all'**indice ICQA**, Indice di Criticità per la Qualità dell'aria.

L'ICQA si basa sui valori delle concentrazioni di PM10 registrati dalle stazioni di fondo della rete regionale nelle Aree di Superamento, e sulle previsioni meteorologiche relative alla capacità dell'atmosfera di favorire l'accumulo degli inquinanti (**Indice di criticità meteo**): in particolare le variabili meteo utilizzate sono Hmix e pioggia cumulata.



Bollettino PM10-ICQA

Indice di Criticità Meteo

L'indice di criticità meteo è ottenuto combinando le variabili Hmix e pioggia cumulata.

Quotidianamente viene prodotta e inviata ad ARPAT una tabella che riporta per ogni area di superamento i codici sopra elencati, relativi alla data corrente e ai due giorni successivi [3].

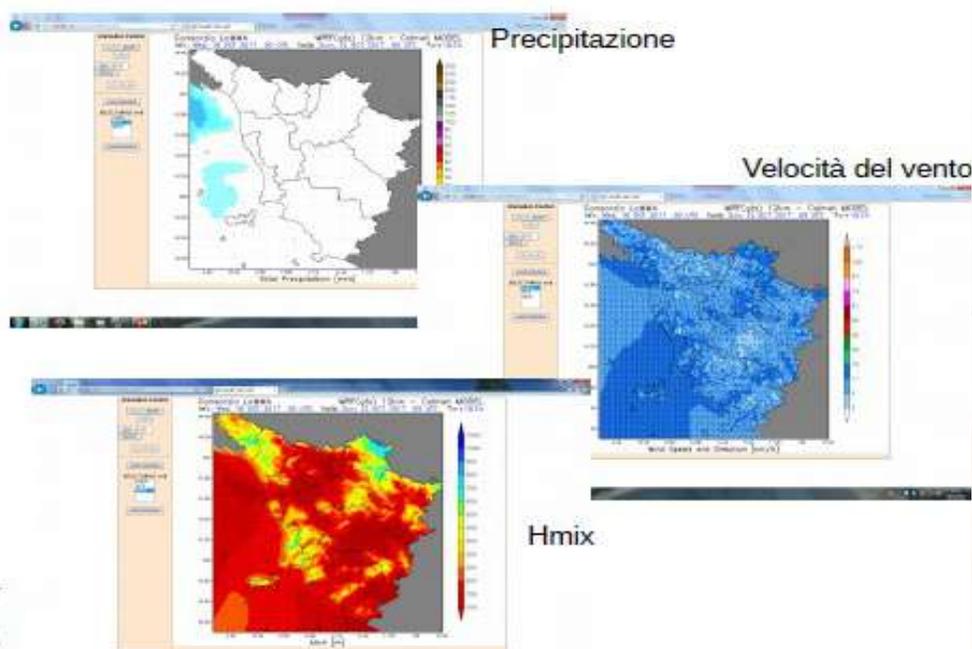
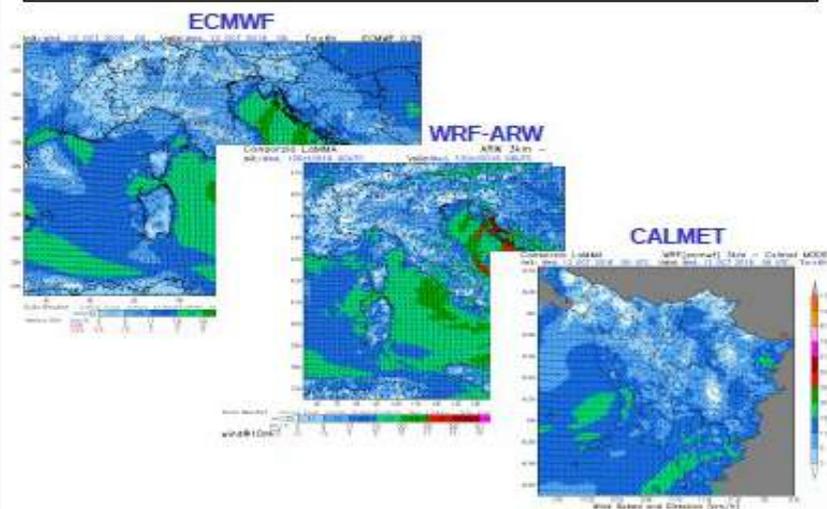
Indice meteo:

condizioni critiche: colore Rosso

condizioni favorevoli: colore Verde

condizioni indifferenti: colore Giallo

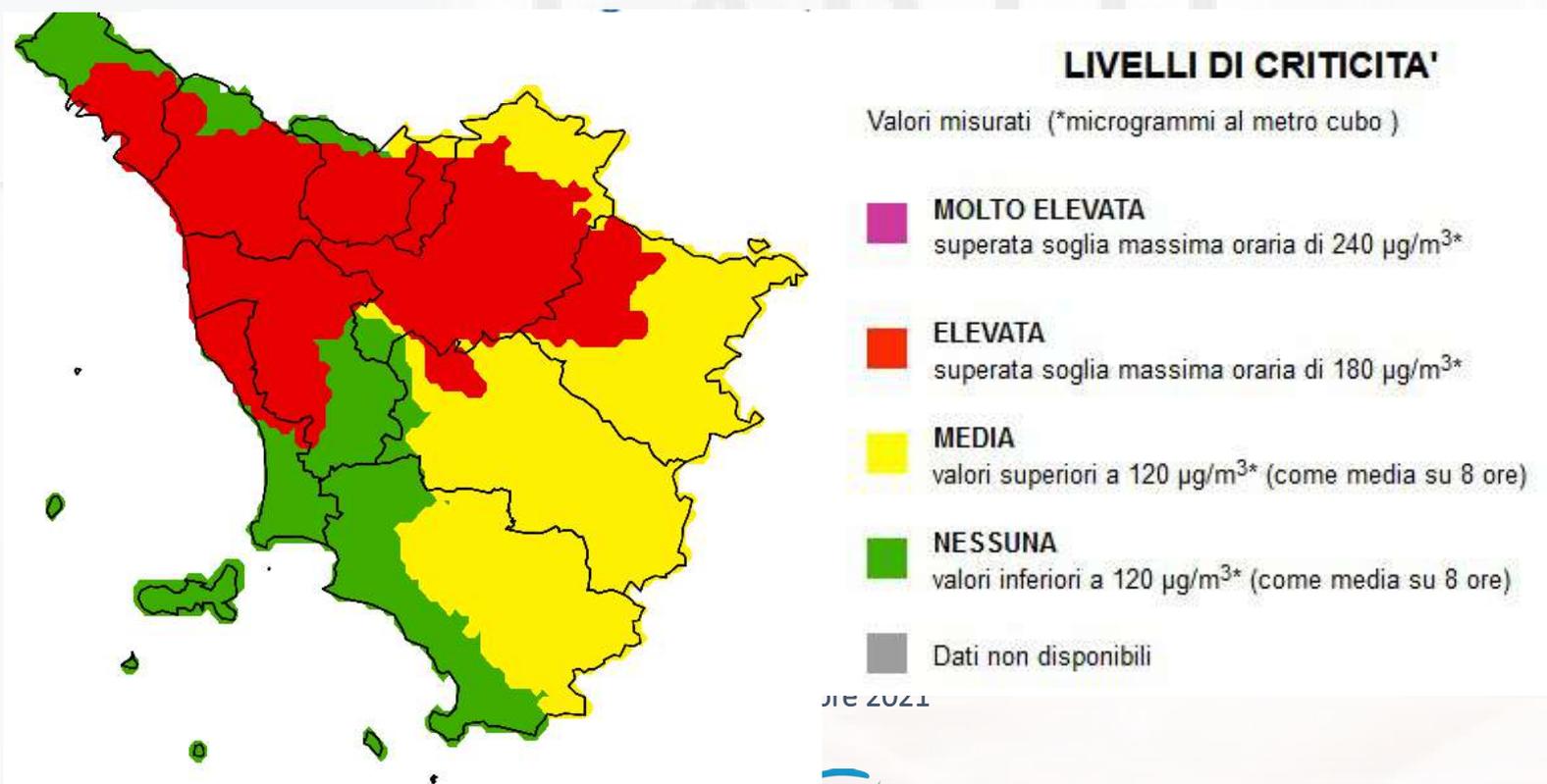
Catena di modelli ad alta risoluzione – 2 giorni:
 modello ECMWF, modello WRF-ARW (3km),
 modello CALMET(1Km) – Previsioni oggi, domani.
 Catena di modelli ad alta risoluzione – 5 giorni:
 modello GFS, modello WRF-ARW (12km),
 modello CALMET(1Km) – Previsioni dopodomani
 (e ulteriori 2 giorni successivi se dati mancanti).



Dalle previsioni vengono estratti la media giornaliera di Hmix e il cumulato giornaliero di precipitazione, nei punti corrispondenti alle stazioni di monitoraggio PM10 che cadono nelle 7 aree di superamento. Per ognuna delle stazioni viene costruito il relativo indice di criticità meteo, per oggi, domani e dopodomani.

Bollettino Ozono

Durante il periodo estivo LaMMA e ARPAT realizzano ogni giorno un bollettino sulle concentrazioni di ozono in Toscana. Il bollettino riporta i livelli delle concentrazioni di ozono misurate il giorno precedente tramite la rete regionale di rilevamento della qualità dell'aria gestita da ARPAT e fornisce un'indicazione sulla tendenza per il giorno stesso e il giorno successivo in base alla previsione di alcuni parametri meteo, come temperatura, irraggiamento solare e vento.

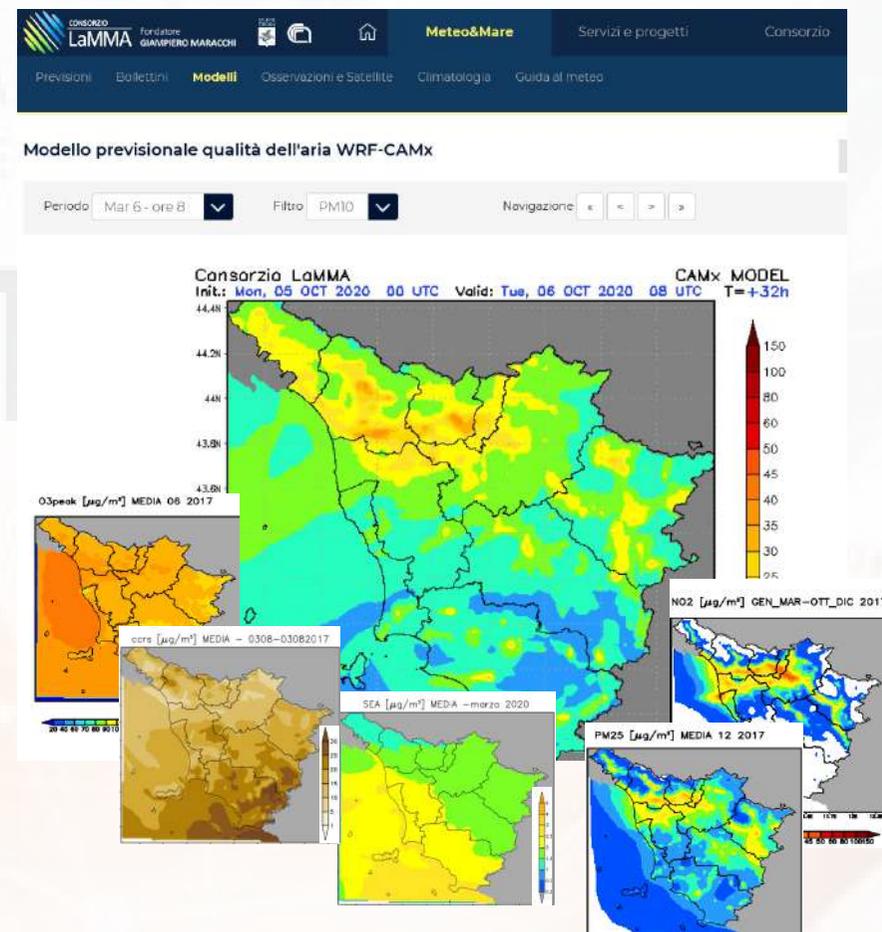


Sistema modellistico integrato SPARTA

Il sistema modellistico SPARTA (Sistema integrato di Previsione e Analisi della Qualità dell'Aria per la Regione Toscana) sviluppato dal LaMMA su incarico della Regione Toscana, stima la concentrazioni di PM10, PM2.5, NO2, O3, polvere sahariana.

Applicazioni del sistema modellistico SPARTA

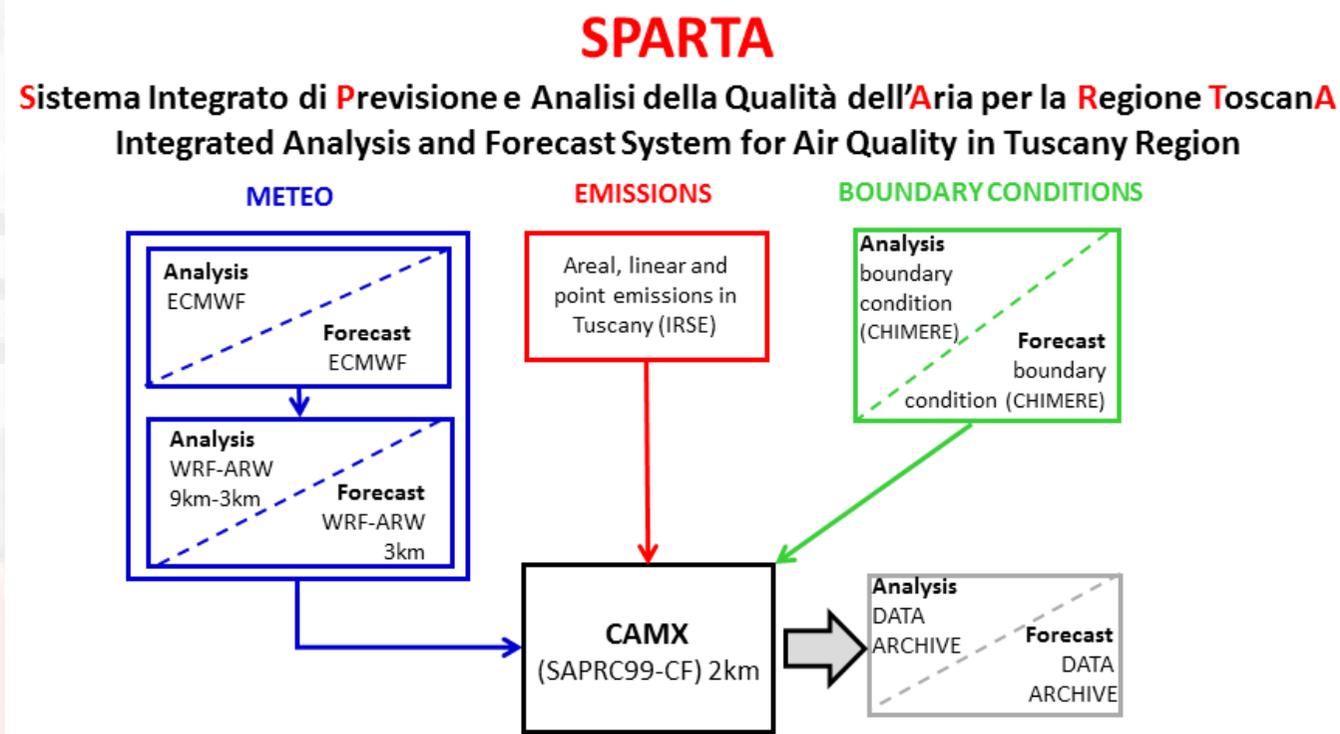
- Servizio di previsioni di qualità dell'aria.
- Stime modellistiche di lungo periodo, come supporto per la Valutazione Annuale della Qualità dell'Aria.
- Analisi di scenario, per la pianificazione di interventi di mitigazione e per valutare l'efficacia delle politiche di risanamento.
- Supporto per la valutazione della rappresentatività spaziale delle stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria.



Sistema modellistico integrato SPARTA

SPARTA si basa sul modello meteorologico WRF-ARW e sul modello chimico CAMx, ed è costituito da due catene distinte, che operano **in modalità previsionale e di analisi**, su un dominio di calcolo che copre il territorio toscano con una risoluzione orizzontale di 2km.

I dati di emissione sono ottenuti dall'inventario regionale IRSE. Le condizioni iniziali e al contorno sono fornite dal modello CHIMERE (PREV'AIR), ma il sistema è predisposto anche per output del modello MINNI (ENEA).

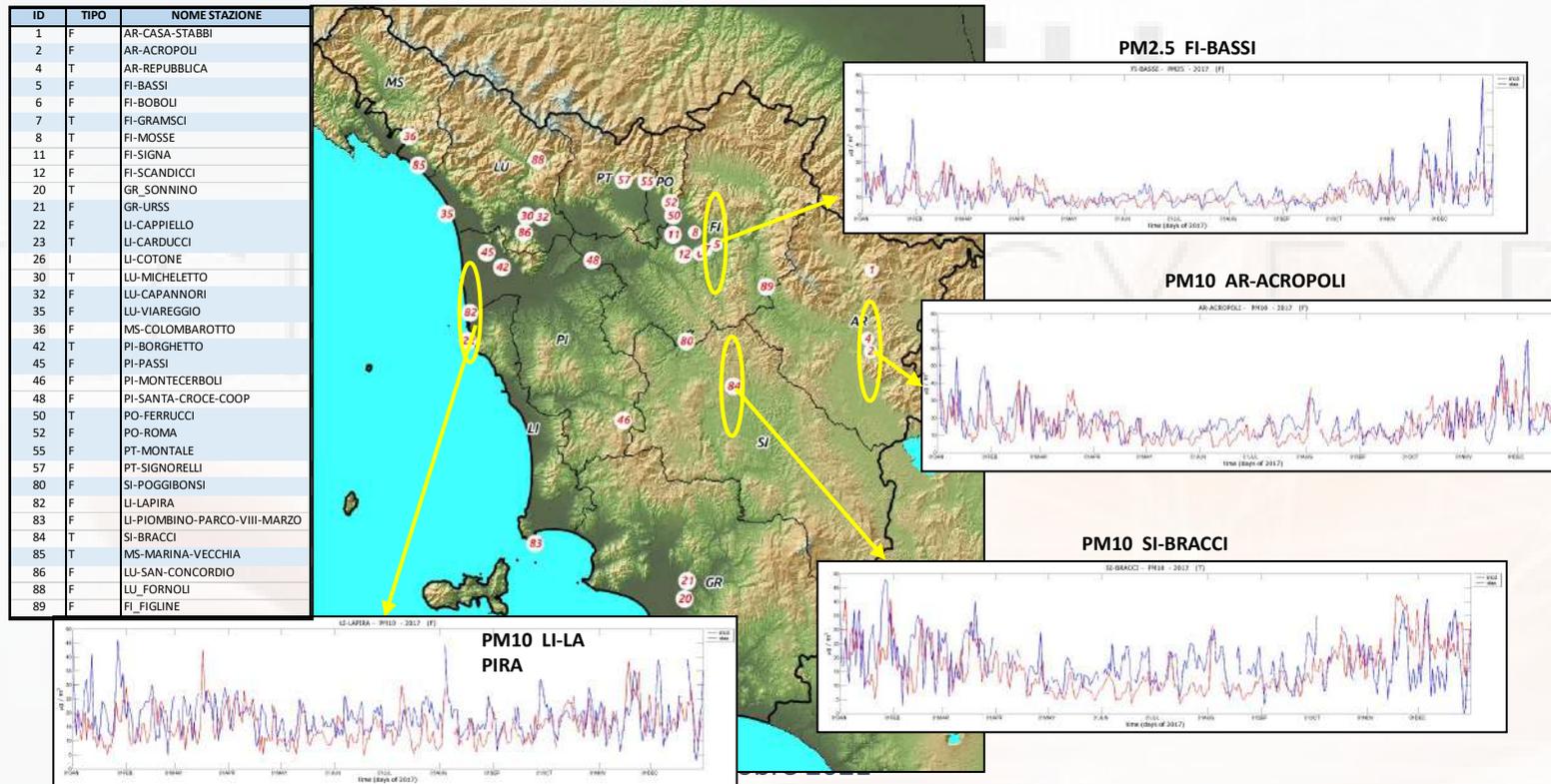


14 Ottobre 2021

Sistema modellistico integrato SPARTA

Validazione

Le stime modellistiche sono validate con dati misurati della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria (ARPAT). Le simulazioni in modalità analisi su base annuale vengono svolte dal 2014.



Sistema modellistico integrato SPARTA

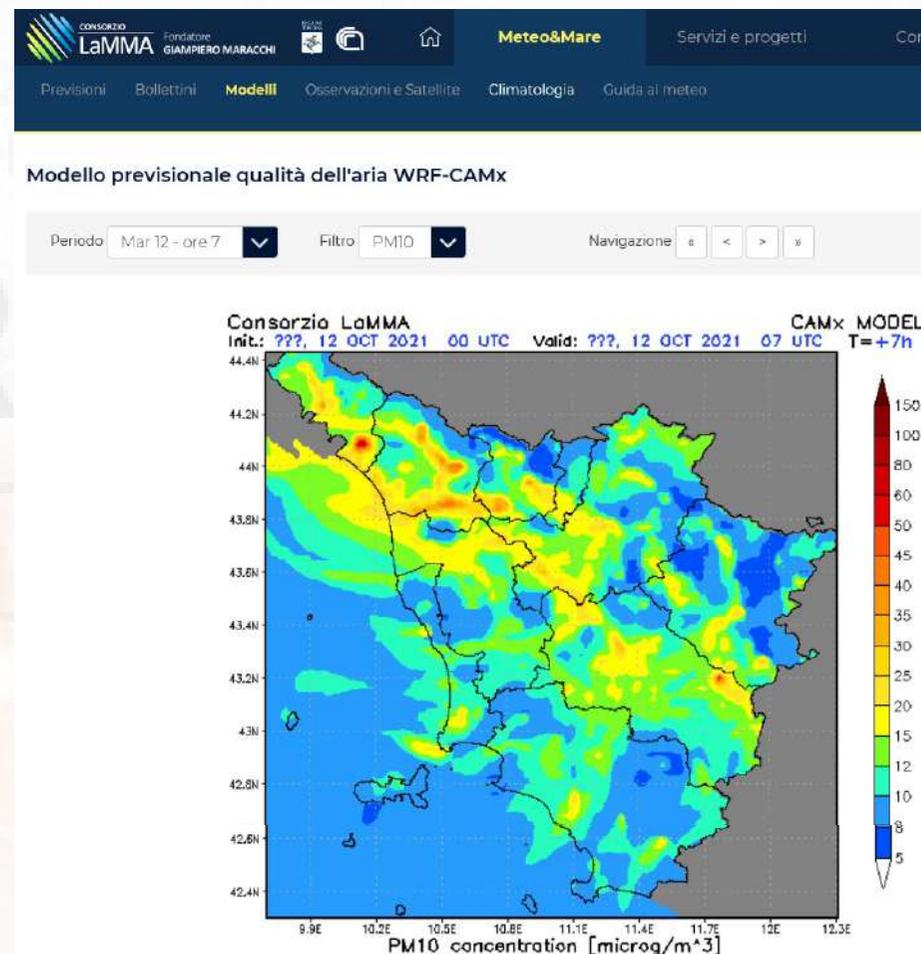
Previsioni

La configurazione previsionale si basa sullo stesso dominio di calcolo, esteso al territorio toscano, alla medesima risoluzione spaziale sia orizzontale che verticale.

L'input meteorologico è fornito dal modello operativo [WRF-ARW-3km](#) (corsa delle 12UTC) che, con un orizzonte temporale di previsione di 84 ore, consente di ottenere 3 giorni completi di previsione.

L'input emissivo è analogo a quello utilizzato nella catena analisi, costituito dai dati dell'inventario IRSE per la Toscana, del modello MINNI/ENEA per l'area esterna.

Come condizioni iniziali e al contorno sono utilizzate le previsioni del modello [CHIMERE](#) a scala continentale, riferite al giorno corrente e a due giorni successivi (72 ore), fornite quotidianamente da [PREV'AIR](#).



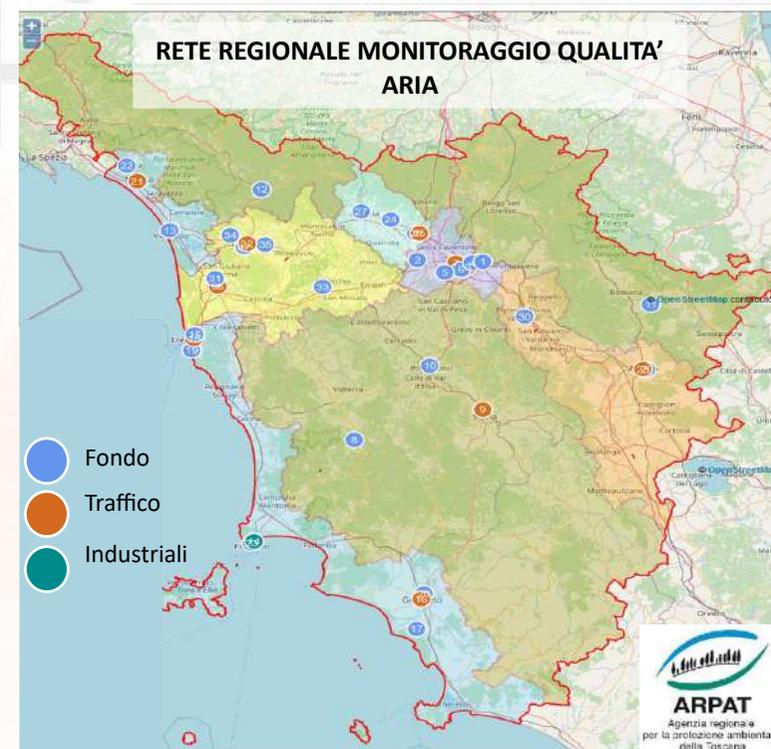
14 Ottobre 2021

Rappresentatività spaziale della rete regionale QA

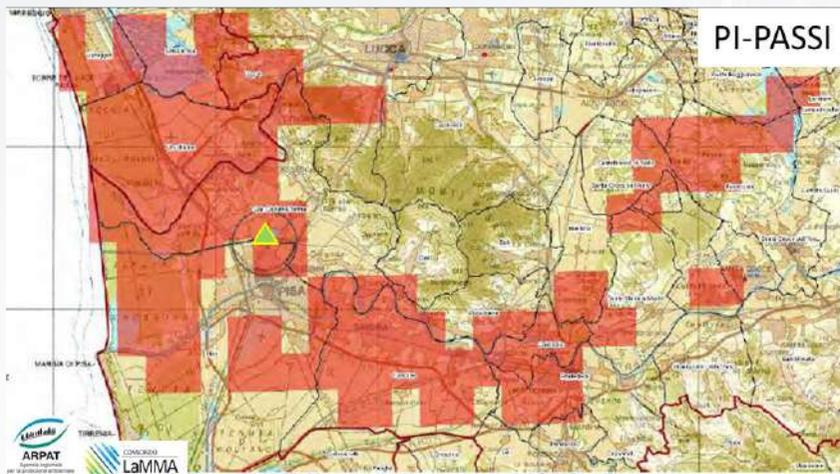
La Regione Toscana nel 2014 ha costituito un «tavolo tecnico» con ARPAT e LaMMA per **valutare e definire le aree del territorio regionale nelle quali considerare rappresentative le misure ottenute** con la rete regionale di rilevamento della qualità dell'aria e individuare le cosiddette «aree di superamento» o «situazioni a rischio di superamento» dei limiti di qualità dell'aria (come definite dal D.Lgs. 155/2010 e nella L.R. 9/2010).

La conoscenza di tali aree di rappresentatività è utile per:

- la valutazione dei siti di misura nell'installazione di un'eventuale nuova rete di monitoraggio
- la valutazione di una ricollocazione di stazioni
- eventuale scelta di un numero inferiore di stazioni nella riorganizzazione di reti già esistenti.
- la valutazione dell'esposizione della popolazione alle sostanze inquinanti misurate dalle stazioni di monitoraggio: infatti i dati misurati, essendo puntuali, devono essere correttamente interpretati e attribuiti ad aree omogenee nell'intorno del sito di misura.

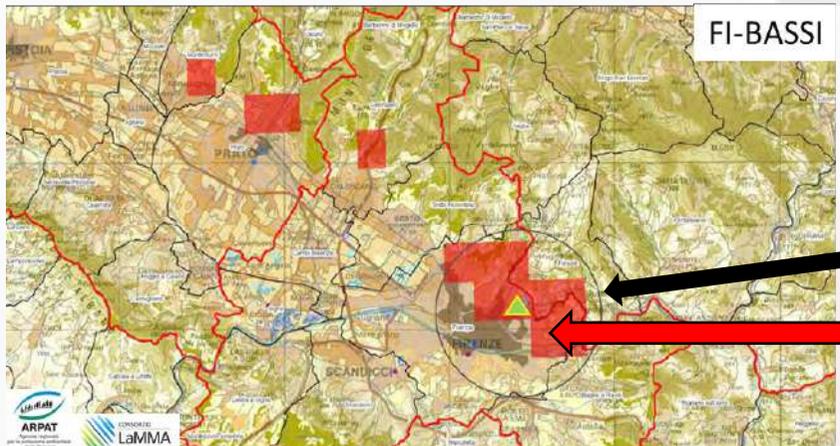


Rappresentatività spaziale della rete regionale QA



Sono stati combinati due metodi (metodo-beta e metodo3) indicati dalle linee guida fornite da ENEA per conto del Ministero dell'Ambiente (x).

- Metodo-beta basato sui fattori oggettivi applicato da ARPAT
- Metodo 3 basato sulle stime modellistiche applicato da LaMMA



Successivamente questi due **metodi sono stati combinati insieme per ottenere la rappresentatività spaziale** di ogni singola centralina.

METODO BETA (area nel cerchio nero)

METODO 3 (area individuata dai pixel rossi)

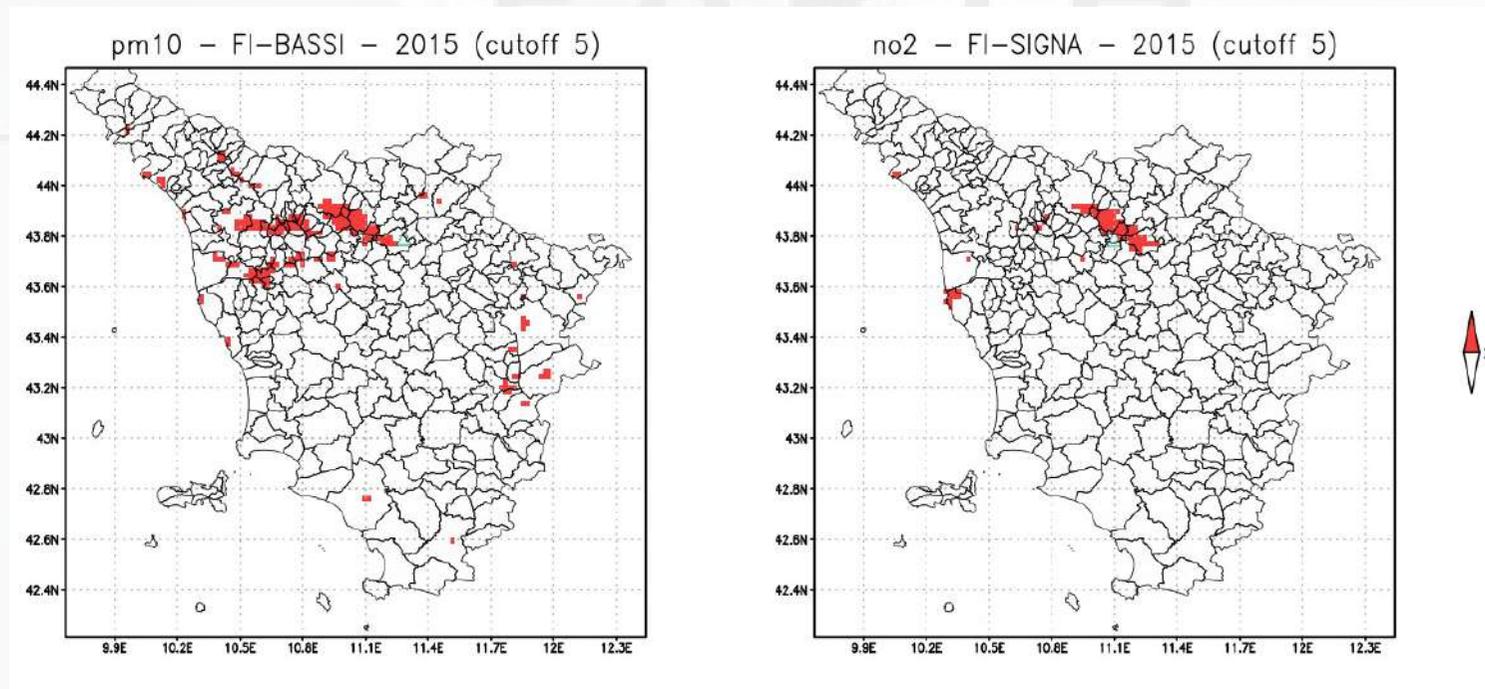
× <https://www.regione.toscana.it/-/>

[Vitali L., Ciancarella L., Cionni G., Cremona G., Piersanti A., Righini G. \(2013\): Rappresentatività spaziale di misure di qualità dell'aria. Valutazione di un metodo di stima basato sull'analisi dei campi di concentrazione simulati dal modello nazionale MINNI, R apporto Tecnico RT/2013/3/ENEA, ENEA.](#)

Rappresentatività spaziale della rete regionale QA

E' attualmente in corso un **aggiornamento** delle aree di rappresentatività, a seguito dell'aggiornamento dell'inventario delle emissioni per la Regione Toscana.

Questo aggiornamento, frutto della collaborazione ARPAT – LAMMA, porterà ad una nuova definizione delle aree di superamento.



Il contributo naturale al PM10

Aumento dei valori di concentrazione del PM10, provocati da aerosol di origine naturale (**polvere desertica, spray marino**), possono contribuire al superamento dei valori limite previsti dalla normativa.

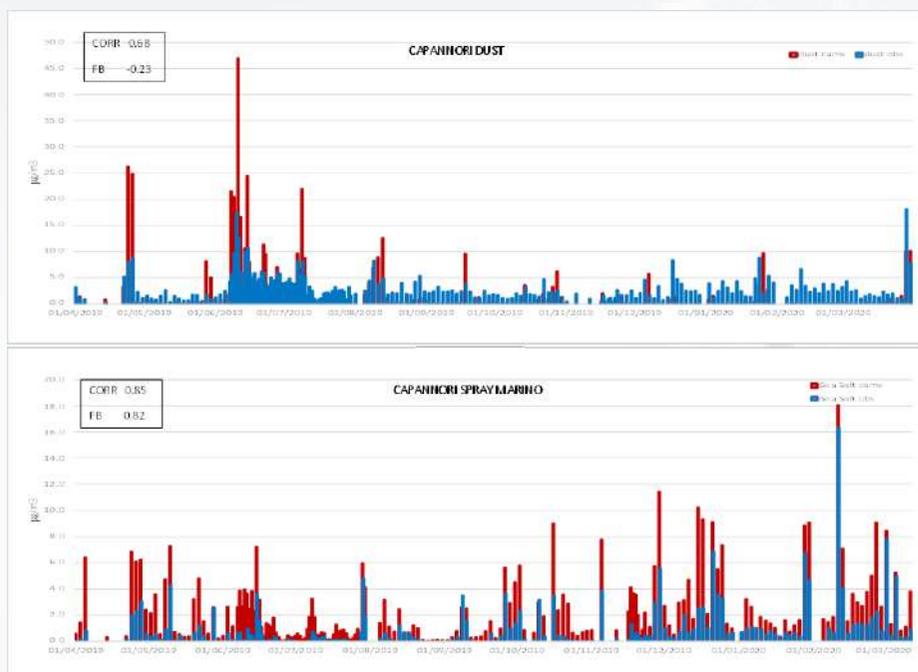
E' importante quindi identificare questi contributi, al fine di sottrarre dal conteggio annuo i giorni di superamento attribuibili a sorgenti naturali.

In questo ambito, il LaMMA ha contribuito:

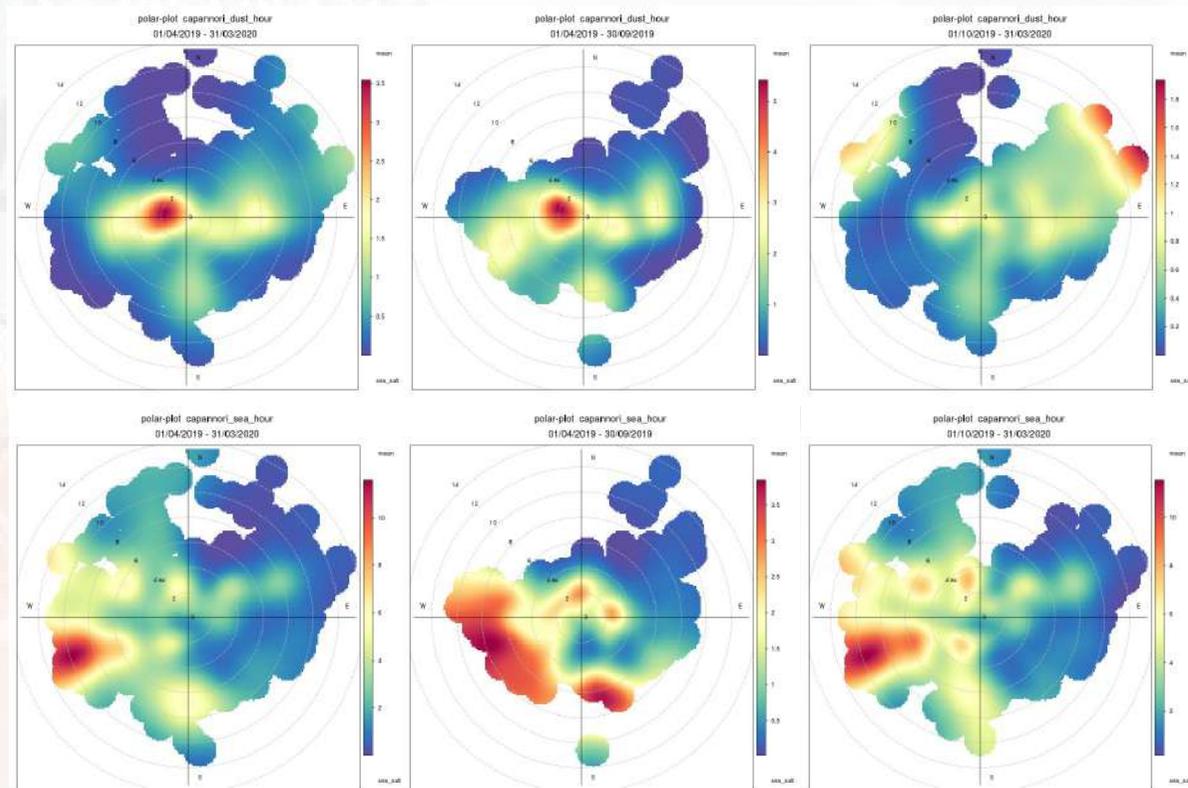
- all'**individuazione** degli episodi favorevoli alla formazione e al trasporto di spray marino e alle intrusioni di polvere desertica
- alla **validazione** dei risultati del sistema SPARTA attraverso il confronto con il dataset di misure ottenuto dall'Università di Firenze (Progetto regionale PATOS3)
- al **servizio di previsione a 72 ore** di eventi significativi di trasporto di polvere desertica

Il contributo naturale al PM10 - Validazione

Polar-plot di concentrazione di polvere desertica (sopra) e spray marino (sotto) in funzione del vento, su base annua, nel periodo estivo e invernale, nel sito di Capannori.



Concentrazione media giornaliera nel periodo aprile 2019 marzo 2020 di polvere desertica (sopra) e spray marino (sotto), nel sito di Capannori. Confronto stime-misure.



14 Ottobre 2021