

Rappresentatività spaziale delle misure di qualità dell'aria

Chiara Collaveri¹, Caterina Busillo², Francesca Guarnieri², Francesca Calastrini², **Bianca Patrizia Andreini¹**

¹ARPAT Area Vasta Costa, CRTQA Centro Regionale Tutela Qualità dell'Aria, Livorno

²Consorzio LaMMA, Laboratorio di Monitoraggio e Modellistica Ambientale, Firenze

La nuova Direttiva sulla qualità dell'aria 2881 definisce per la prima volta ufficialmente la rappresentatività spaziale come:

26) «rappresentatività spaziale»: approccio di valutazione in base al quale le metriche della qualità dell'aria osservate in un punto di campionamento sono rappresentative di un'area geografica esplicitamente delimitata, nella misura in cui la differenza tra le metriche della qualità dell'aria all'interno di tale area e quelle osservate nel punto di campionamento non è superiore a un livello di tolleranza predefinito

All 4 Valutazione della qualità dell'aria ambiente e ubicazione dei punti di campionamento:

l'intera zona è coperta, ove possibile, dalle diverse aree di rappresentatività

Tabella al punto 4 e criteri per la determinazione dell'area di rappresentatività

1 Art. 9 Punti di campionamento

I punti di campionamento con serie storiche non possono essere spostati a meno di esigenze di sviluppo del territorio. In caso di spostamento ci si muove all'interno delle aree di rappresentatività

Art. 7 Supersiti

Tabella 1

1

Nella Direttiva 2024/2881, compresa la definizione, ci sono 17 citazioni della rappresentatività

6

2

Nei Considerata

- 12) Integrazione misure nelle zone in cui si supera
- 50) Si rimanda a doc tecnici di applicazione

1

Art. 4 Definizioni
Punto 26)

7

Art.8 Criteri di valutazione

- c. 2 e c. 3 (integrazione delle misure)
- c. 5 e c. 6 (come valutare i superamenti integrando misure e modellistica)
- c.7 entro l'11 giugno 2026 la Commissione fornisce dettagli tecnici

La rappresentatività è solo uno dei temi nei quali le stime modellistiche devono integrare e supportare le misure

In generale, la **Direttiva dà nuova importanza all'utilizzo della modellistica, conferendole un ruolo non più generico ma specifico nell'affiancare le misure per la valutazione e gestione della qualità dell'aria.**

AREE DI SUPERAMENTO

PREVISIONE SUPERAMENTO SOGLIE

SOURCE APPORTIONMENT

RAPPRESENTATIVITA' SPAZIALE

VALUTAZIONE LIVELLI DEGLI INQUINANTI

MODELLI PER IL SUPPORTO ALLA PIANIFICAZIONE E ALLE ROADMAP

PROGETTAZIONE RETI

A livello europeo la modellistica di riferimento è costituita da CAMS (Copernicus Atmosphere Monitoring Service)

CAMS è il servizio Copernicus dedicato all'atmosfera, alla base del quale c'è un ensemble di 11 modelli europei.

Tra questi modelli c'è il modello italiano MINNI di ENEA

([Modello Integrato Nazionale a supporto della Negoziazione internazionale sui temi dell'Inquinamento atmosferico](#), L.Ciancarella, G.Zanini **ISBN: 978-88-8286-287-9**)

Copernicus Services



Linee guida per le applicazioni della modellistica richieste dalla Direttiva

Air quality modelling for air quality policy

Technical support document on the use of modelling for various
application domains under the Ambient Air Quality Directive

Anche se non sono una produzione esclusivamente di FAIRMODE (Forum for Air quality modeling) si appoggiano al lavoro prodotto dalla comunità europea di modellistica, che sugli specifici argomenti, suddivisi in Working Group, ha sviluppato studi, esercizi di interconfronto tra i partecipanti dei diversi paesi al fine di uniformare le pratiche in tutta la comunità

FAIRMODE

<https://fairmode.jrc.ec.europa.eu/>

S.Janssen, M.Ross-Jones, A.Monteiro, G.Pirovano, B.Denby, J.Strużewska, J.Jursins, J.Green, D.Brookes

European Union, 2025

ISBN 978-92-68-27149-0

Schema della futura organizzazione di FAIRMODE nell'ottica di fornire uno specifico supporto per le applicazioni della Direttiva



Dalla presentazione di Enrico Pisoni (JRC) all'ultima riunione plenaria di Fairmode 2025.



Fairmode è attivo dal 2007, si basa sulla collaborazione volontaria di vari gruppo europei ma per ciascun paese c'è un referente. Per l'Italia è **ENEA**. Il gruppo dei referenti costituirà il sottogruppo EUModNet che si interfacerà con la Commissione per raccogliere le esigenze specifiche per l'applicazione della Direttiva

How to address the AAQD requirements?

FAIRMODE

- Works well, continues with its own roadmaps
- keeps the current philosophy (open to all, «free-space» for discussion)

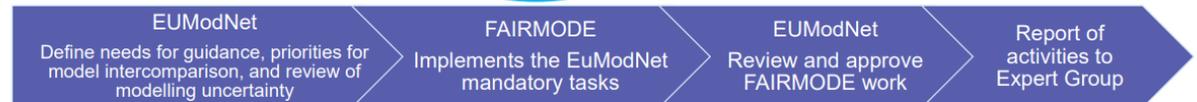
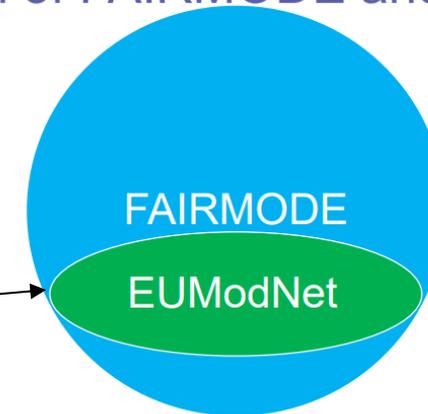
EuModNet:

- more formal, limited participation, mandatory tasks
- its role is to take specific decisions
- Participation of competent authorities (NCP?)

3



Interaction of FAIRMODE and EuModNet



4



Risoluzione 4 km
Utilizzato da
ENEA per esercizi
FAIRMODE su
Rappresentatività

Tra gli 11 di CAMS
c'è il modello
italiano **MINNI**,
sviluppato e
gestito da ENEA

A livello italiano
girano, anche in
modalità
previsionale, 3
catene
modellistiche

I modelli a livello regionale a risoluzione
di 1-2 km sono gli strumenti di elezione
per la stima della rappresentatività delle
reti di monitoraggio di qualità dell'aria

Europa 11 CAMS
Risoluzione [10 km]

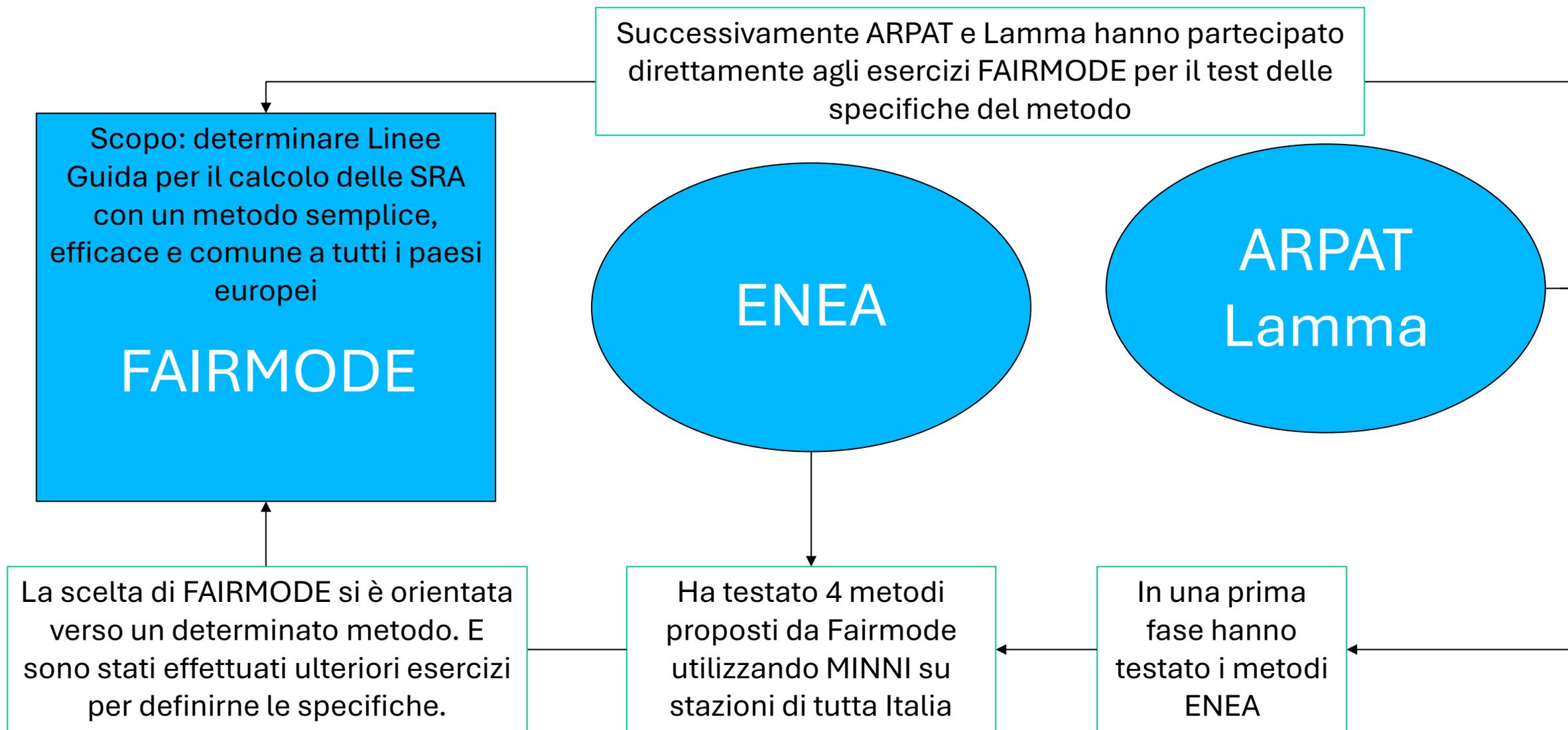
Italia
-FORAIR IT (ENEA)
- kAIROS (ARPAE)
CHIMBO (CNR)

TOSCANA
Catena modellistica
SPARTA sviluppata e
gestita dal Consorzio
LAMMA

Condizioni a contorno

Da utilizzare come condizioni a contorno per
modellistica regionale (progetto CAMS_IT_72_BIS)

A livello di rappresentatività spaziale, FAIRMODE ha proposto vari esercizi da applicare a scala regionale o nazionale



Esito degli esercizi organizzati da FAIRMODE:

WG8 – Monitoring design, spatial representativeness and associated exceedance situation indicators



Version 4 - Mar 2025

Guidance Document on the estimation of Spatial Representativeness [↓](#)

Sulla rappresentatività spaziale Il WG8 di FAIRMODE ha prodotto le sue Linee Guida nelle quali è presentato anche il lavoro svolto da ARPAT e Lamma.

Queste linee guida costituiranno il riferimento per l’emanazione di specifiche regole tecniche per l’applicazione della Direttiva.

FAIRMODE Working Group 8 on Spatial Representativeness and network design:
<https://fairmode.jrc.ec.europa.eu/activity/ct8>

Tabella 1 Riepilogo metodi e loro applicazione

	<i>Indice β</i>	<i>Similarità – stime giornaliere</i>	<i>Similarità – stime annuali</i>
Inquinanti	PM10	PM10, NO ₂ , O ₃	PM10, NO ₂ , O ₃
Dati di input	Dati rete (*), Corine LC(**)	Stime del modello su base oraria (risoluzione 2km)	Stime del modello su base annuale: media annuale e 90.4° perc. (risoluzione 2km)
Dati di output	Raggio SRA	SRA su griglia (risoluzione 2km)	SRA su griglia (risoluzione 2km)
Ambiti di applicazione e dati utilizzati	SR Toscana 2015 <i>PM medie 2010-2014, CLC 2000</i>	SR Toscana 2015 <i>IRSE 2007, meteo (2015)</i>	-
	SR Toscana 2022 <i>PM medie 2017-2022, CLC 2019</i>	SR Toscana 2022 <i>IRSE 2017, meteo (2022)</i>	-
	-	Esercizio Fairmode <i>IRSE 2007(***) Meteo (2015, 2017)</i>	Esercizio Fairmode <i>IRSE 2017, Meteo (2015, 2017, 2019, 2022)</i>

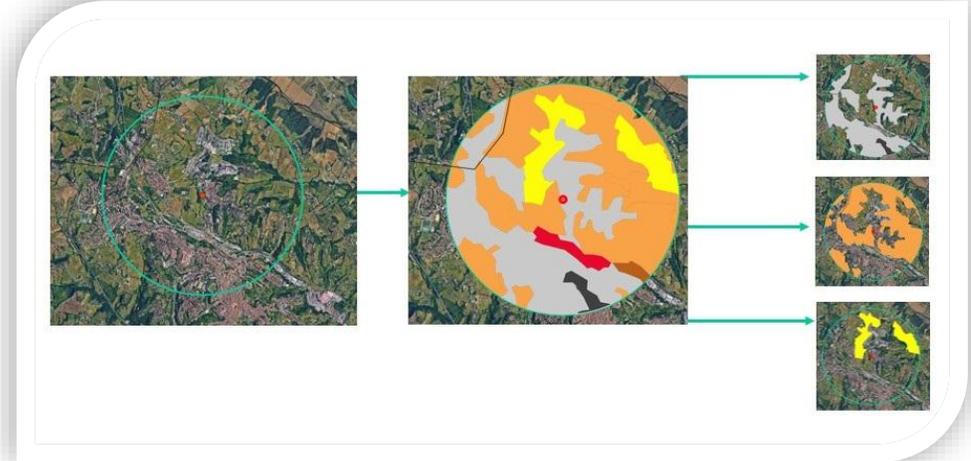
Modello: WRF-CAMx (eurelian model) -2km resol. –no bias adj

Il metodo basato sull'indice statistico β si riassume in 5 punti

Punto 1 per ciascuna stazione si estrae una porzione di territorio nel nostro caso una porzione circolare di 2 km

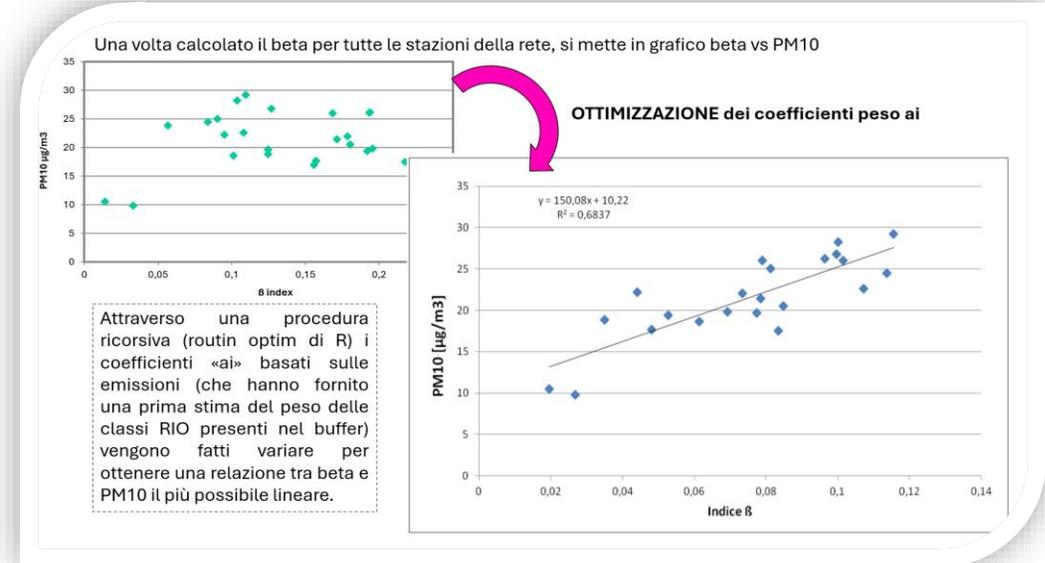
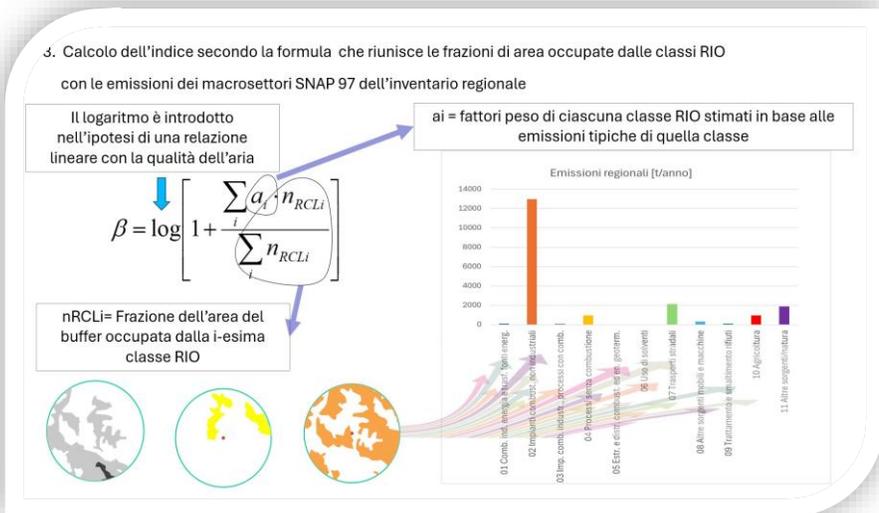


Punto 2 si sovrappone al ritaglio lo strato informativo del Corine Land Cover aggregato opportunamente in 11 classi (classi RIO) riconducibili ai settori degli inventari delle emissioni



Punto 3 Emissioni e uso del suolo vengono combinati insieme nella formula dell'indice beta

Punto 4 Ottimizzazione dei coefficienti peso tramite procedura ricorsiva



Punto 5 la stima della rappresentatività spaziale secondo l'indice beta

Una volta ottimizzati i coefficienti il beta è pronto per il calcolo della rappresentatività spaziale di ogni sito.

La procedura prevede di calcolare il beta su buffer di raggio crescente e valutarne la variazione

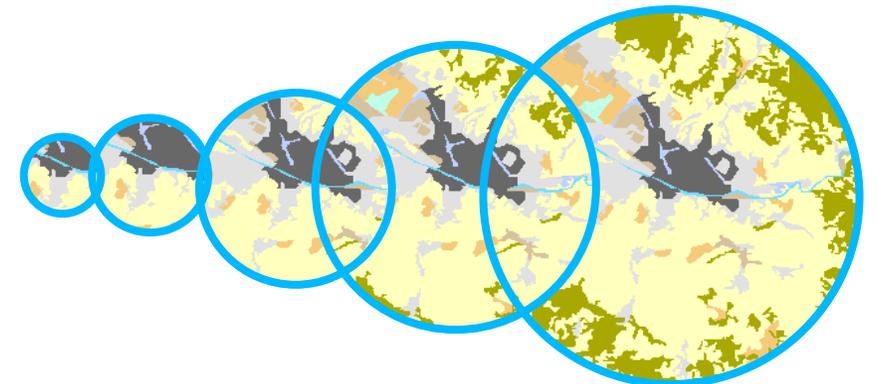
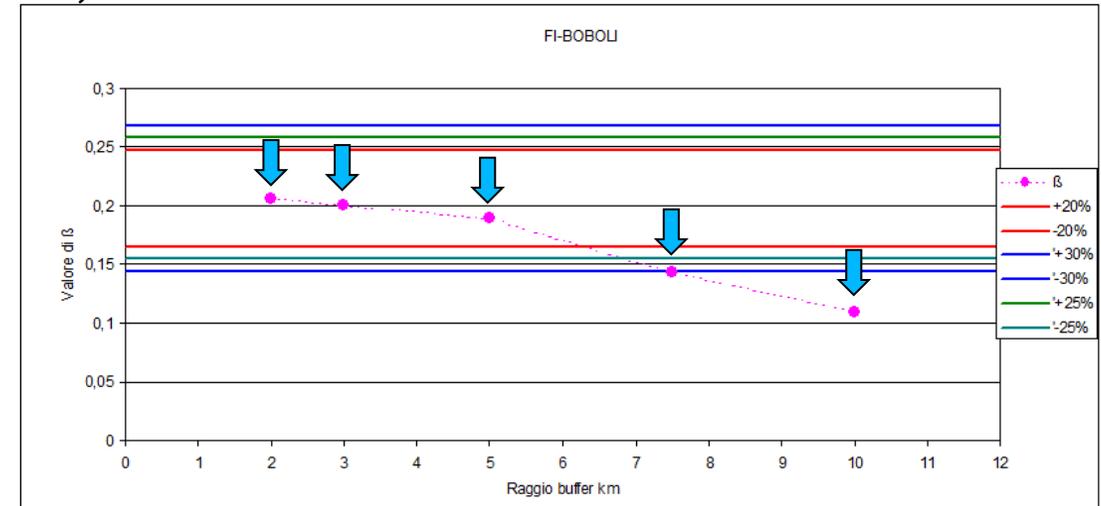
Nell'esempio è riportata una stazione dell'Agglomerato di Firenze, FI-Boboli.

Nel buffer iniziale di 2km, il valore di beta è poco più di 0,2

Ampliando il raggio a 3 km, il valore di beta rimane pressoché costante.

A 5 km si ha una lieve diminuzione in quanto l'area va ad includere zone rurali mentre il tessuto dell'area urbana si dirada.

Dopo i 5 km la diminuzione è brusca perché si vanno sempre più a ricomprendere aree a vocazione diversa da quella in cui la stazione è posizionata, ovvero aree rurali e addirittura naturali



https://www.regione.toscana.it/documents/10180/14975509/ARPAT_Lamma_Rappresentativita.pdf/5fdf6337-e9d3-4790-b041-9be51ab1f26f

La rappresentatività stimata con i campi modellistici

Metodo della similarità

A partire dal punto della griglia corrispondente a ciascuna centralina di cui vogliamo valutare la SRA, si considerano tutti gli altri punti della griglia con un valore «simile».

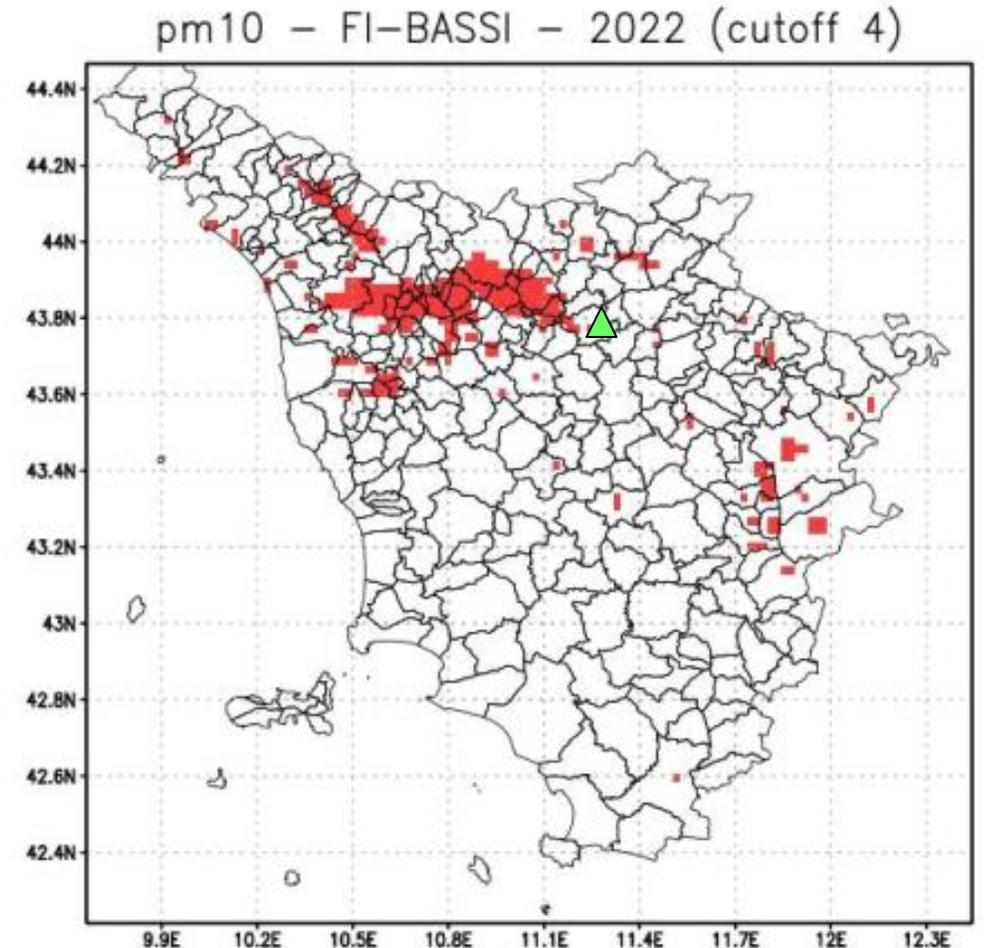
Nei vari esercizi proposti da FAIRMODE, per valutare la «similarità» si sono utilizzate:

- 1) metriche diverse (es. media annuale, media giornaliera, ecc. dei vari inquinanti)
- 2) Diverse soglie per la determinazione della similarità (es. 15%, 20% ecc. anche diversificate in base al tipo di stazioni –traff- back. ecc)

Le celle che soddisfano il criterio di «similarità» rispetto a quello del punto in cui cade la stazione, vengono considerati celle appartenenti alla SRA di quella centralina.

Nel caso di similarità semplice ci si basa sulle medie annuali (o altra metrica sempre su base annuale) e una volta estratte le celle simili abbiamo direttamente come risultato l'area di rappresentatività.

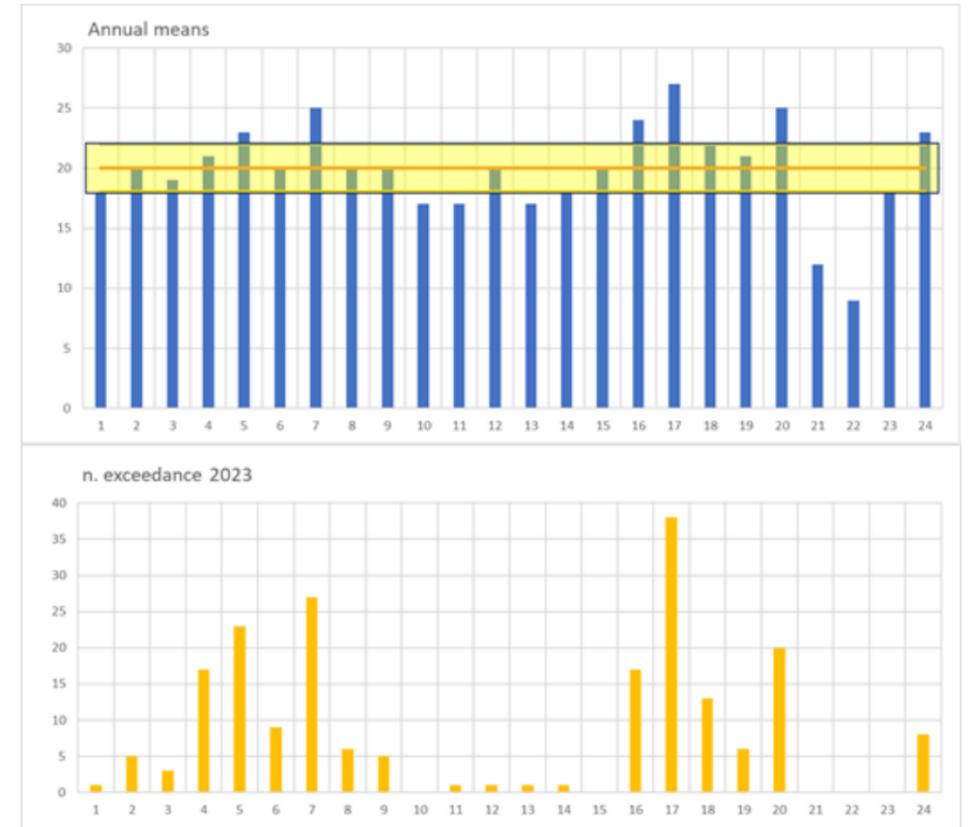
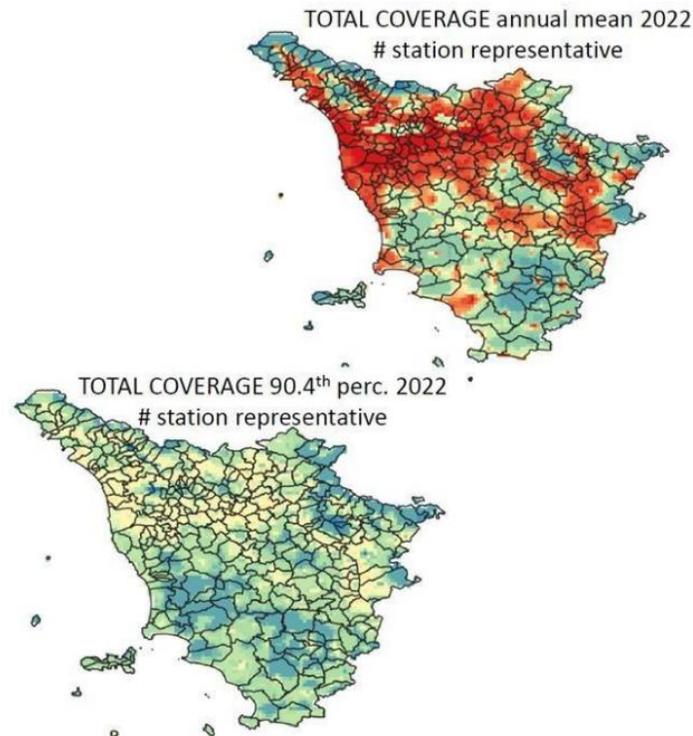
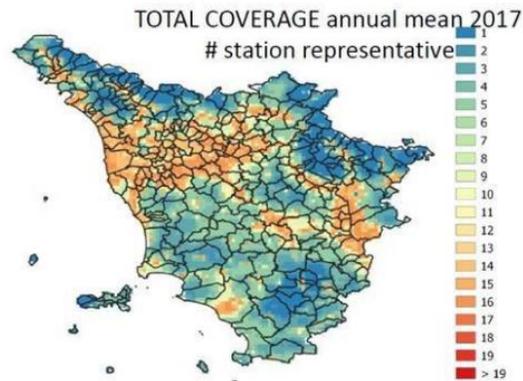
Le aree di rappresentatività calcolate con questo metodo possono essere molto estese e superare i confini delle zone di qualità dell'aria. E' raccomandato quindi di ritagliare a posteriori le aree risultanti sui confini delle zone



Questo è il metodo selezionato da FAIRMODE

Possibili problematiche sul metodo scelto in ambito FAIRMODE

Per un territorio come quello della Toscana, in cui le medie annuali di PM10 sono abbastanza uniformi, questo metodo produce aree di rappresentatività eccessivamente estese. La figura mostra il numero di stazioni da cui è coperta ciascuna cella del dominio, mentre nel grafico a barre blu sono riportate le medie annuali delle stazioni di rete regionale che, per l'anno 2023, sono quasi tutte ricomprese in un intervallo di +/- 10% intorno al valore di $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$



La rappresentatività stimata con i campi modellistici

Metodo di frequenza di similarità

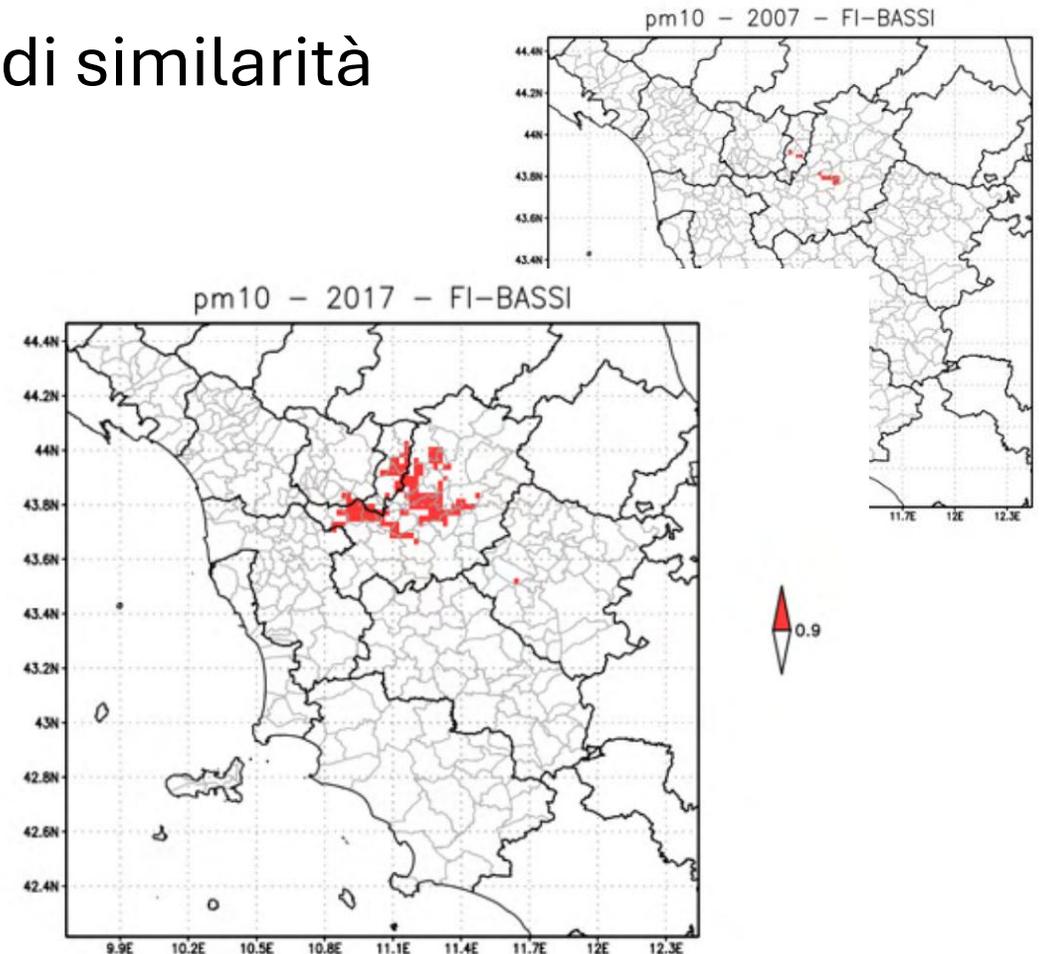
Lo stesso criterio applicato ai campi annuali viene applicato in Toscana ai dati giornalieri per cui, invece di avere una sola mappa, per ciascuna stazione si producono 365 mappe con le celle che, in base alla soglia stabilita, risultano «simili» a quella della stazione.

Per ciascuna mappa per ciascuna cella si definisce un indice di frequenza che è 1 se le celle sono simili e 0 se non lo sono.

$$f_t = \begin{cases} 1, & \text{se } d_t \leq 30\% \\ 0, & \text{se } d_t > 30\% \end{cases}$$

Il valore di f_t viene quindi sommato su tutte le mappe e se raggiunge un valore pari al 90% di 365 la cella è rappresentata dalla stazione (PM10: nel 2015 copertura 62 comuni su 273 e nel 2022 copertura 200 comuni su 273, 60.4% della superficie regionale)

La rappresentatività è anche variabile nel tempo, per questo motivo richiede un continuo aggiornamento.



Per che cosa è stata utilizzata la rappresentatività in Toscana



A parte gli usi che si renderanno necessari nei prossimi anni per la Direttiva, in Toscana la rappresentatività spaziale delle misure è stata utilizzata per:



- studi specifici di aree di esposizione della popolazione (Rapporto su PT-Montale, 2015, Rapporto sul Valdarno 2017)



- per la valutazione della copertura del territorio con le misure di qualità dell'aria (Rapporti regionali dal 2016)



- per la gestione degli indici di qualità dell'aria nelle aree di superamento per PM10 (ICQA)

Alcune delle questioni aperte:



Utilizzare altre metriche come i percentili o le medie stagionali



Indagare la variabilità temporale (interannuale e a lungo termine) delle SRA, che può essere determinata dall'influenza meteorologica o dall'andamento delle emissioni



Estendere i test sui punti di campionamento in aree industriali, in prossimità di porti e aeroporti o in punti critici di riscaldamento domestico



Applicare data fusion o data assimilation?