



**ARPAT**

Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana

Regione Toscana



# Quadro conoscitivo dei determinanti della salute: studio della qualità dell'aria in Regione Toscana attraverso misure e modelli

Bianca Patrizia Andreini, Elisa Bini, Chiara Collaveri, Fiammetta Dini  
ARPAT- Centro regionale tutela qualità dell'aria

AIDII 32° Congresso Nazionale- Varese



Dove si colloca la valutazione della qualità dell'aria all'interno di una

VIS

Perché il monitoraggio della qualità dell'aria

- limiti normativi
- conoscenza ambientale

La qualità dell'aria come determinante della salute

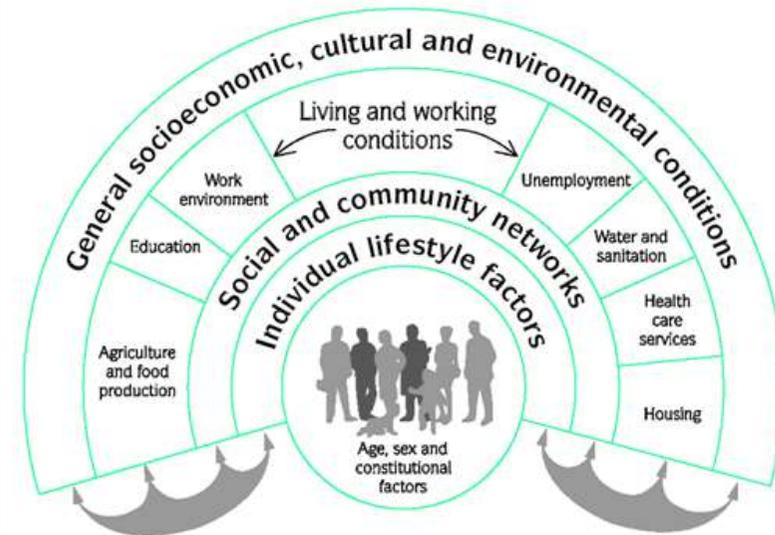
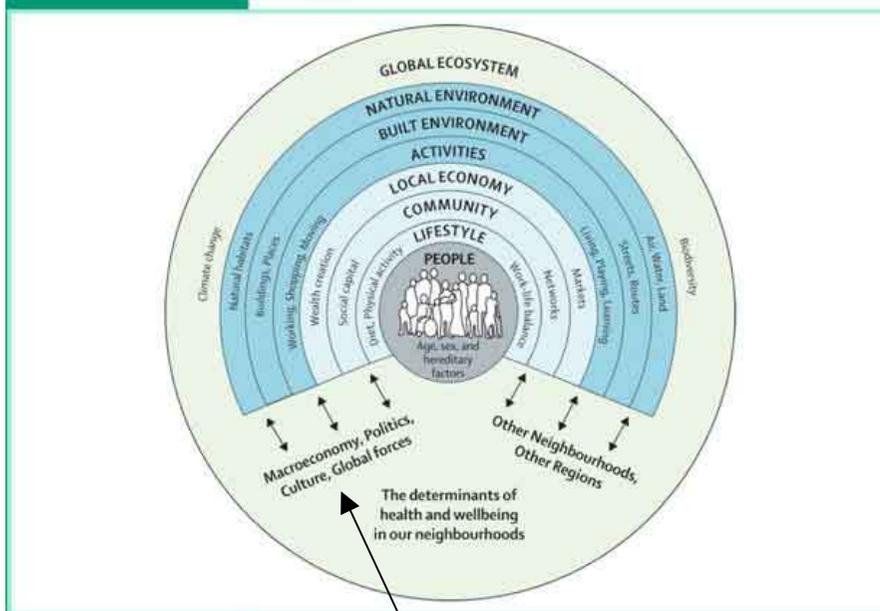




Fig. 1. The main determinants of health



Source: Barton & Grant (©2006:252). Reprinted by permission of SAGE.

Direttiva quadro per un'aria migliore in Europa  
 2008/50/UE

Miglioramento della QA:  
 Le politiche sulla QA

La qualità dell'aria all'interno delle procedure di VIA e VAS



**Scopo:** *valutazione degli impatti ambientali dell'inquinamento della qualità dell'aria finalizzata alla valutazione degli impatti sanitari.*

-Rete di qualità dell'aria: livelli di concentrazione di alcuni inquinanti al 2014

-Rappresentatività delle stazioni della rete e modelli di stima delle concentrazioni al suolo di PM

-Stima dell'esposizione della popolazione a PM 10 e PM 2,5 a supporto dei Piani regionali



**ARPAT**

Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana

Regione Toscana



# La qualità dell'aria in Toscana

## Rete di monitoraggio

1 agglomerato

5 zone omogenee

35 stazioni

### Inquinanti

PM10 / PM2,5

NO2

Ozono

CO

SO2

IPA

Benzene

Metalli

**2** Particolato- indicatore generale di esposizione a numerose fonti di inquinamento atmosferico outdoor.

**1** Alcuni inquinanti su cui può essere condotto l'approccio Health Impact Assessment (evidenza epidemiologica di causalità sufficiente)





## Rappresentatività spaziale dei siti di monitoraggio

Le stazioni si classificano in base a:

### Siti di monitoraggio

Urbano

Suburbano

Rurale

*In Toscana 10 UT e 25F:  
16 UF, 1 UF/I, 2 SF, 2  
SF/I,, 3 RF di cui 1 di  
fondo regionale , 1 SI*

### Fonti prevalenti

Traffico

Industria

Fondo=assenza di  
fonti predominanti

La rappresentatività spaziale di un sito è in genere variabile con la stagione, l'inquinante e gli indicatori considerati (tempo di mediazione del dato).

Le stazioni di fondo possono avere una rappresentatività spaziale pari ad alcuni km<sup>2</sup> in siti urbani e crescente tra siti suburbani e rurali.

**Secondo il D.Lgs 155/2010, che recepisce la Direttiva Quadro, l'esposizione media della popolazione è valutata attraverso le stazioni di misurazione di fondo nei siti urbani.**



## L'incertezza delle stime e delle misure

Sia i dati di monitoraggio della qualità dell'aria che le stime di emissione presenti nell'inventario (che sono alla base delle stime modellistiche e della valutazione della rappresentatività attraverso l'indice  $\beta$ ) sono affetti da un'incertezza.

L'incertezza è prevista dalla normativa di settore:

### **D.Lgs 155/2010**

Allegato I - Obiettivi di qualità dei dati	Incertezza massima	
	SO <sub>2</sub> /NO <sub>x</sub> /CO	PM10
Misurazioni in siti fissi	15%	25%
Modellizzazione	30 - 50%	50%
Stime obiettive (inventario)	75%	100%



# Monitoraggio PM10 e PM2,5: 2014

## Indicatori, valori di riferimento e limiti

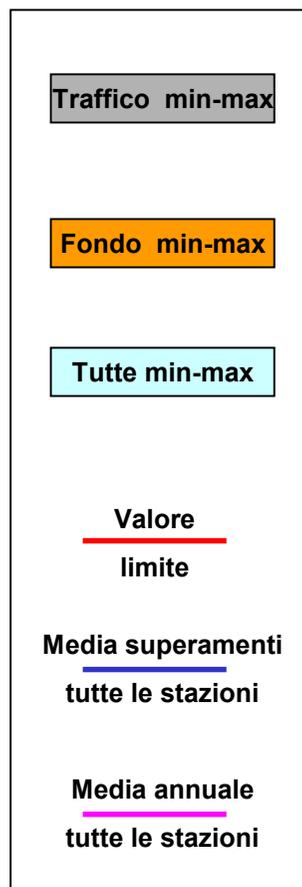
### PM10

Indicatore	Riferimento	Valore
Media annuale	D.Lgs 155/2010	<b>40 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>
Media annuale	OMS	<b>20 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>
Numero superamenti (soglia 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media giornaliera)	D.Lgs 155/2010	<b>35</b>

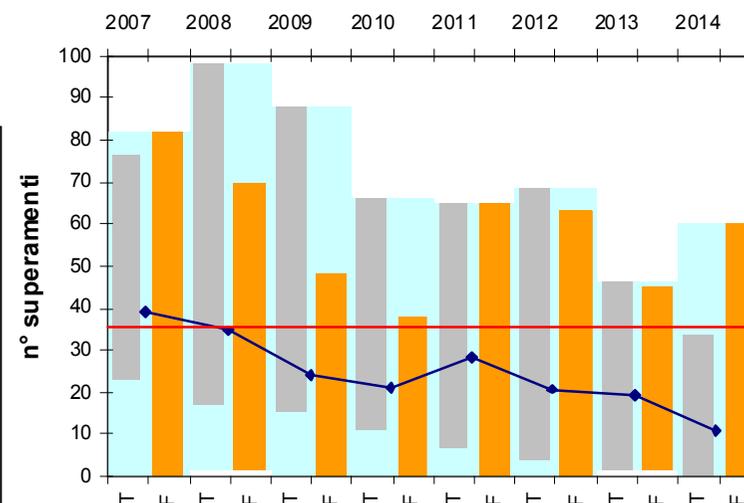
**PM10 fondo: 21 (min 8-max 29)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**   
**PM10 traffico: 26 (min 23-max 29)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

### PM2,5

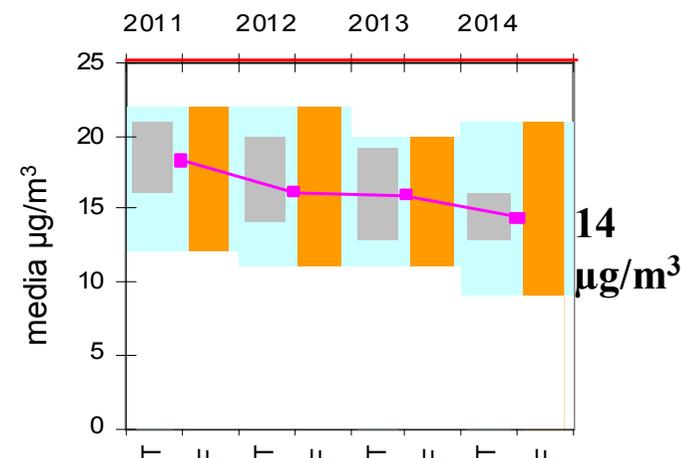
Indicatore	Riferimento	Valore
Media annuale	D.Lgs 155/2010	<b>25 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>
Media annuale	OMS	<b>10 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>



**PM10: Andamenti del n° sup max e min registrato in stazioni di tipo traffico e di tipo fondo**



**Andamenti medie annuali PM2,5 max e min registrate in stazioni di tipo traffico e di tipo fondo**





# Monitoraggio NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>: 2014

## Indicatori, valori di riferimento e limiti

### NO<sub>2</sub>

Indicatore	Riferimento	Valore
Media annuale	D.Lgs 155/2010	<b>40 µg/m<sup>3</sup></b>
Numero superamenti (soglia 200 µg/m <sup>3</sup> come media oraria)	D.Lgs 155/2010	<b>18</b>

Traffico min-max

Fondo min-max

Tutte min-max

Valore

limite

Media annuale

tutte le stazioni

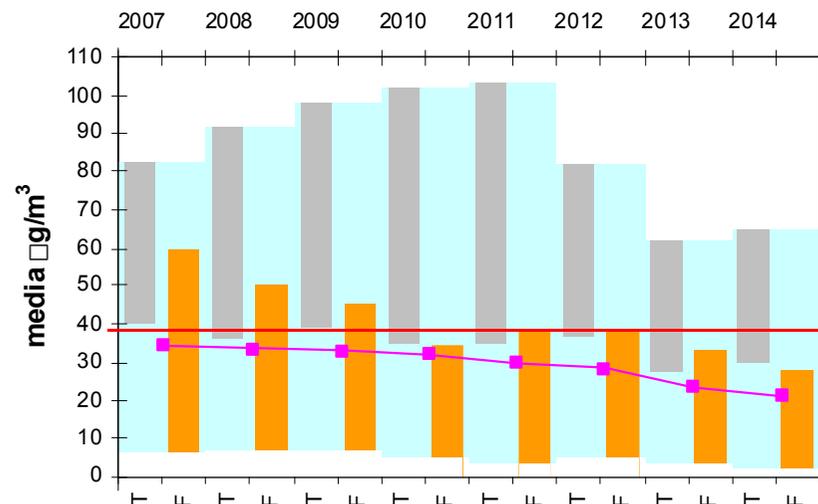
**NO<sub>2</sub> fondo: 18 (min 2-max 28) µg/m<sup>3</sup>**

**NO<sub>2</sub> traffico: 41 (min 30-max 65) µg/m<sup>3</sup>**

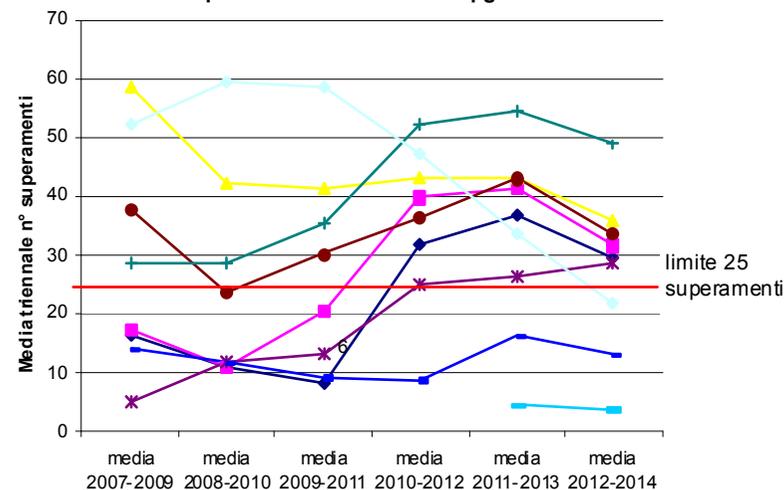
### O<sub>3</sub>

Indicatore	Riferimento	Valore
N. superamenti media massima 8 ore (soglia 120 µg/m <sup>3</sup> )	D.Lgs 155/2010	<b>25</b> giorni/anno come media su 3 anni
AOT40	D.Lgs 155/2010	<b>18.000</b> µg/m <sup>3</sup> come media su 5 anni

Andamenti delle media annuali max e min registrate in stazioni di tipo traffico e di tipo fondo



Media triennale N° super. media 8 ore di 120 µg/m<sup>3</sup>





## Rappresentatività spaziale delle stazioni (ENEA)

### Approccio modellistico **LAMMA**

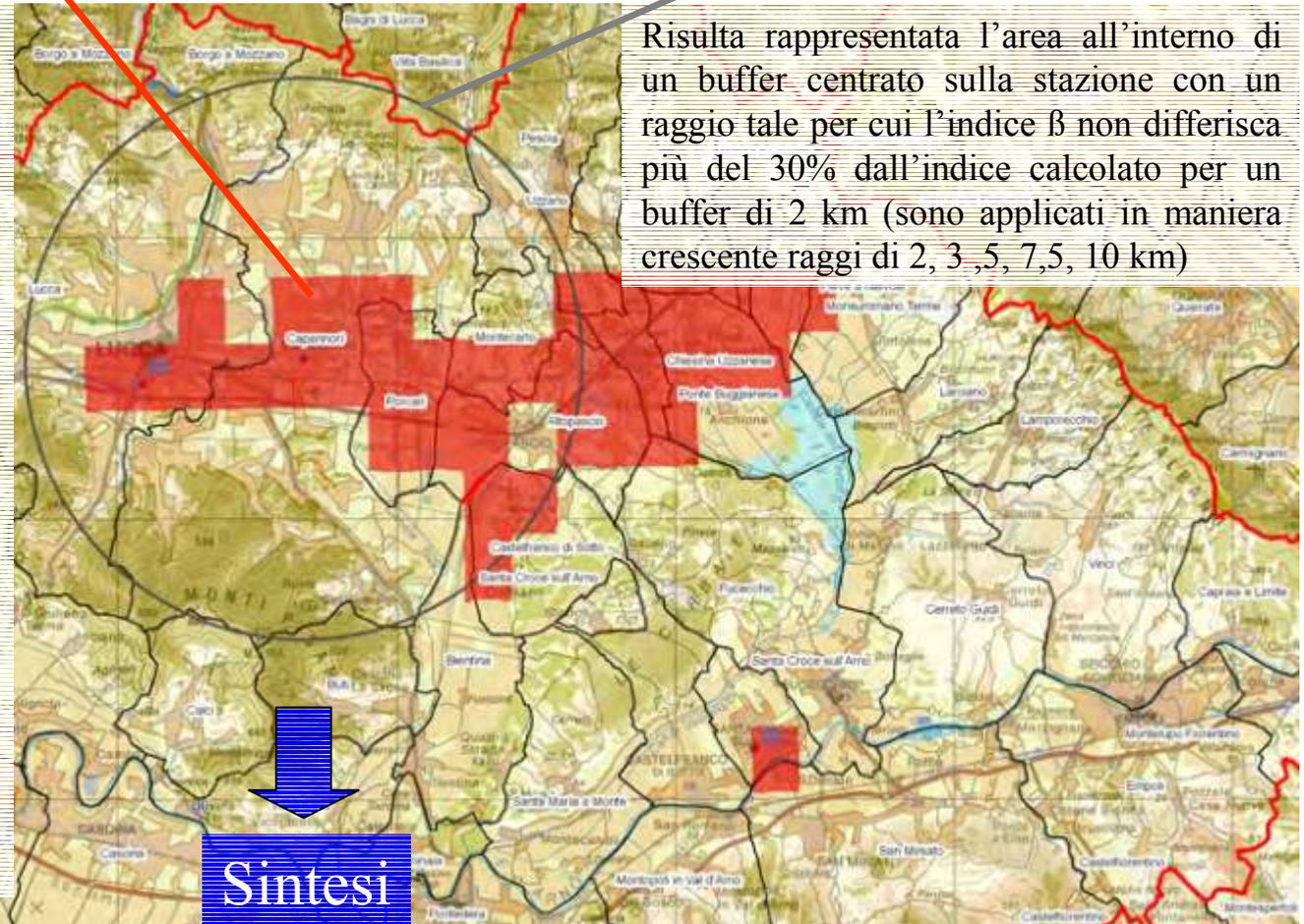
Risultano rappresentate da una stazione le celle le cui medie giornaliere calcolate non differiscano di più del 30% dal valore calcolato per la cella della stazione per più del 90% delle osservazioni relative ad un anno.

La base dati è costituita dalle stime dei campi di concentrazione elaborati dal Consorzio LAMMA attraverso il sistema di modelli WRF-CAMx, sulla base delle emissioni dell'inventario regionale IRSE. Le condizioni iniziali e al contorno derivano dal modello nazionale MINNI. **Il dominio di calcolo copre l'intera regione Toscana con una risoluzione di 2 Km**; il periodo temporale corrisponde all'anno 2007, con passo orario.

### Approccio $\beta$ **ARPAT**

PM10

Risulta rappresentata l'area all'interno di un buffer centrato sulla stazione con un raggio tale per cui l'indice  $\beta$  non differisca più del 30% dall'indice calcolato per un buffer di 2 km (sono applicati in maniera crescente raggi di 2, 3, 5, 7,5, 10 km)



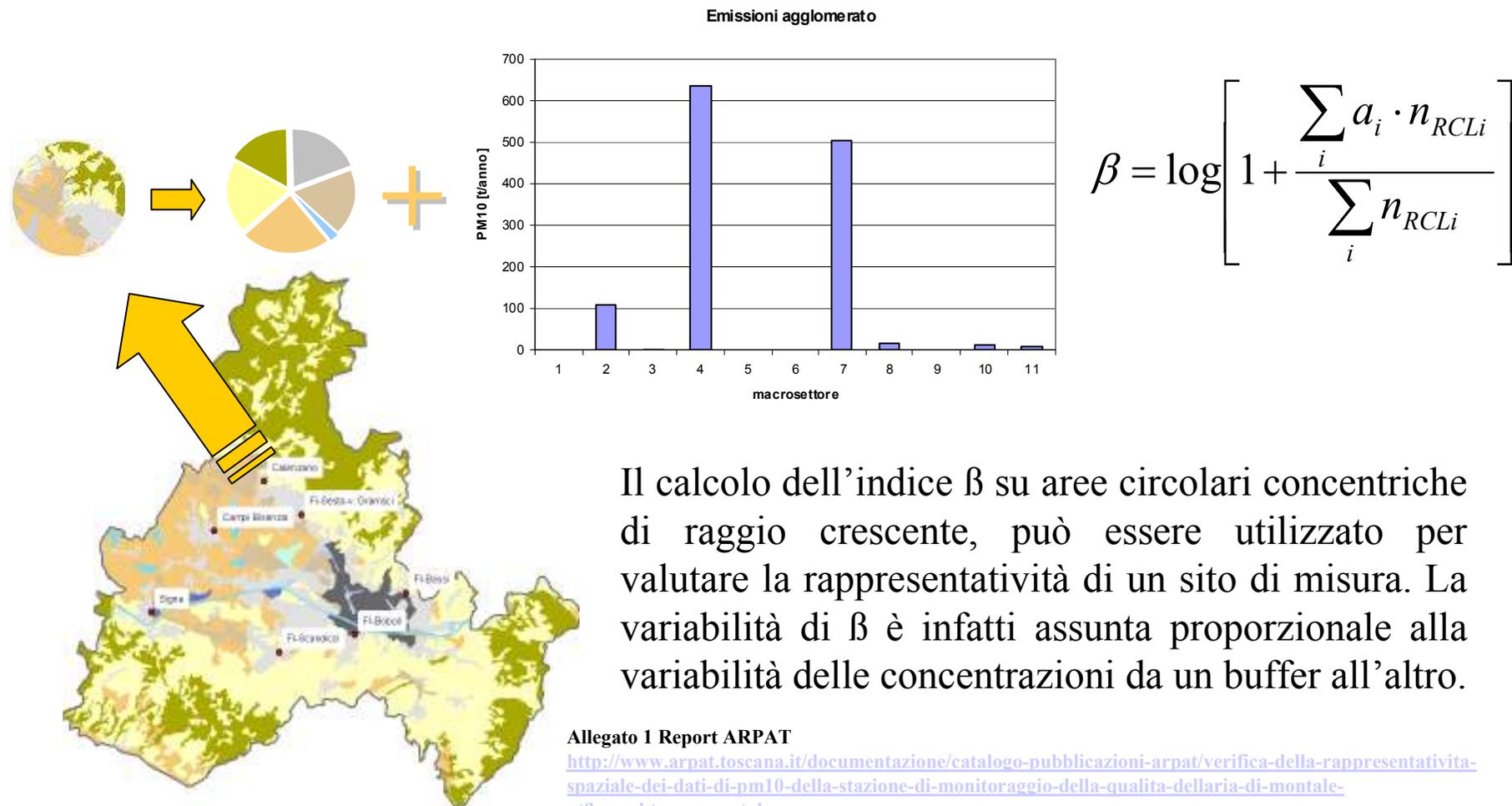
(combinazione delle % di copertura e rappresentatività a livello comunale)



# L'indice $\beta$

## (Jansen, ENEA)

L'indice  $\beta$  è un parametro che può essere associato ad ogni stazione di monitoraggio e che esprime le caratteristiche della localizzazione della stazione stessa sintetizzando in un unico valore le informazioni sull'uso del suolo e sulle pressioni emissive locali.





## Rappresentatività spaziale delle stazioni (ENEA)

### Approccio modellistico **LAMMA**

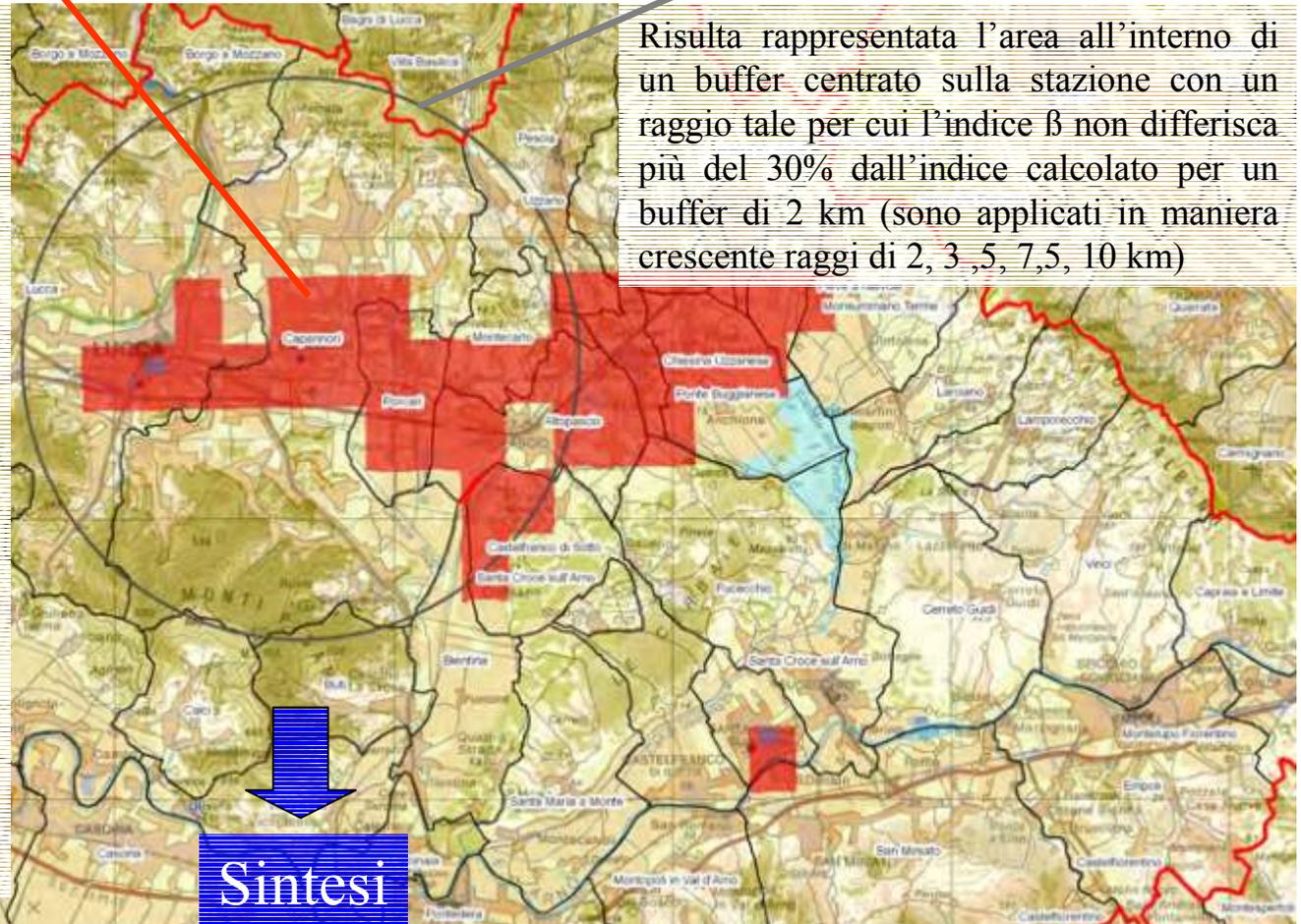
Risultano rappresentate da una stazione le celle le cui medie giornaliere calcolate non differiscano di più del 30% dal valore calcolato per la cella della stazione per più del 90% delle osservazioni relative ad un anno.

La base dati è costituita dalle stime dei campi di concentrazione elaborati dal Consorzio LAMMA attraverso il sistema di modelli WRF-CAMx, sulla base delle emissioni dell'inventario regionale IRSE. Le condizioni iniziali e al contorno derivano dal modello nazionale MINNI. **Il dominio di calcolo copre l'intera regione Toscana con una risoluzione di 2 Km**; il periodo temporale corrisponde all'anno 2007, con passo orario.

### Approccio $\beta$ **ARPAT**

PM10

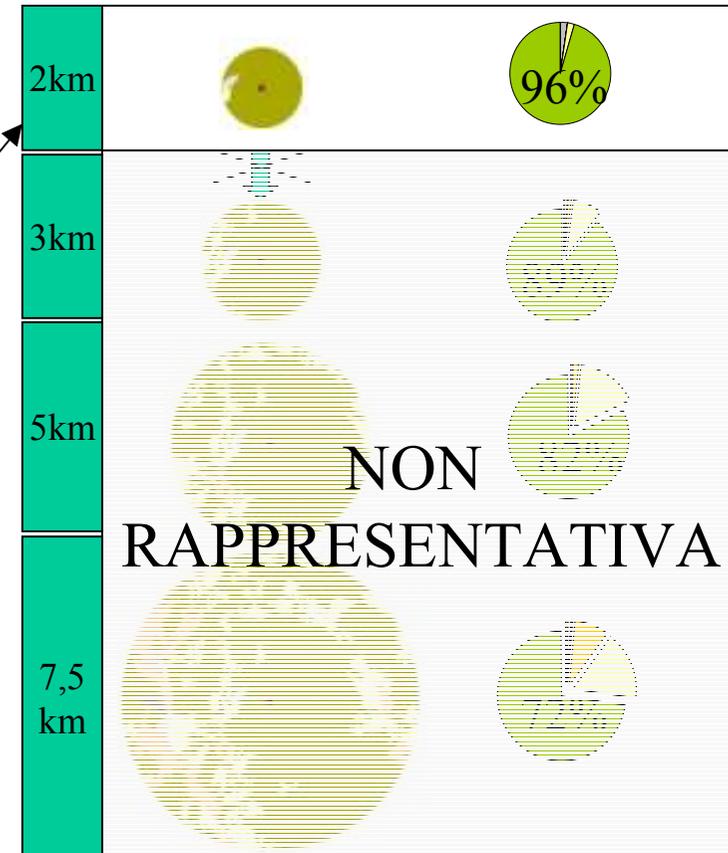
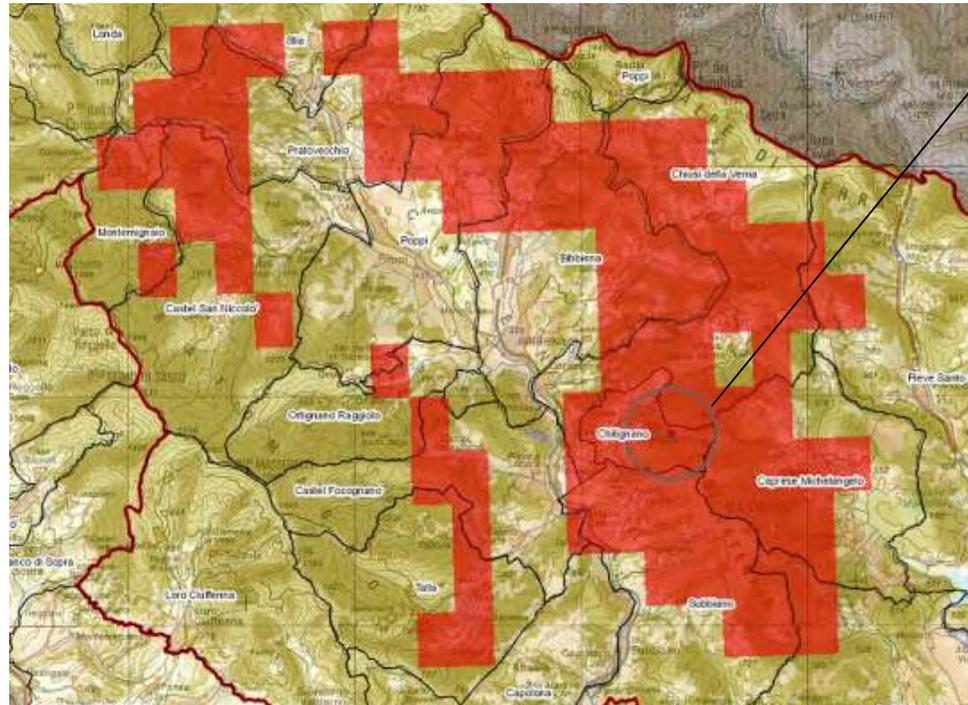
Risulta rappresentata l'area all'interno di un buffer centrato sulla stazione con un raggio tale per cui l'indice  $\beta$  non differisca più del 30% dall'indice calcolato per un buffer di 2 km (sono applicati in maniera crescente raggi di 2, 3, 5, 7,5, 10 km)



(combinazione delle % di copertura e rappresentatività a livello comunale)



Rappresentatività della stazione di Casa Stabbi e di Montecerboli



Il valore di  $\beta$ , vista l'alta percentuale di suolo ad uso naturale è molto basso per la stazione di Casa Stabbi; perciò piccole variazioni hanno un peso significativo in termini percentuali.

**Nel buffer dei 2 km l'uso del suolo è quasi esclusivamente naturale (96%) perciò la stazione può, in senso lato, essere considerata rappresentativa di questa tipologia di uso del suolo.**

La rappresentatività stimata attraverso la modellistica conferma in maniera indiretta questa ipotesi, restituendo un'area molto estesa che "evita" i centri urbani dei comuni interessati.



**ARPAT**

Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana



Regione Toscana



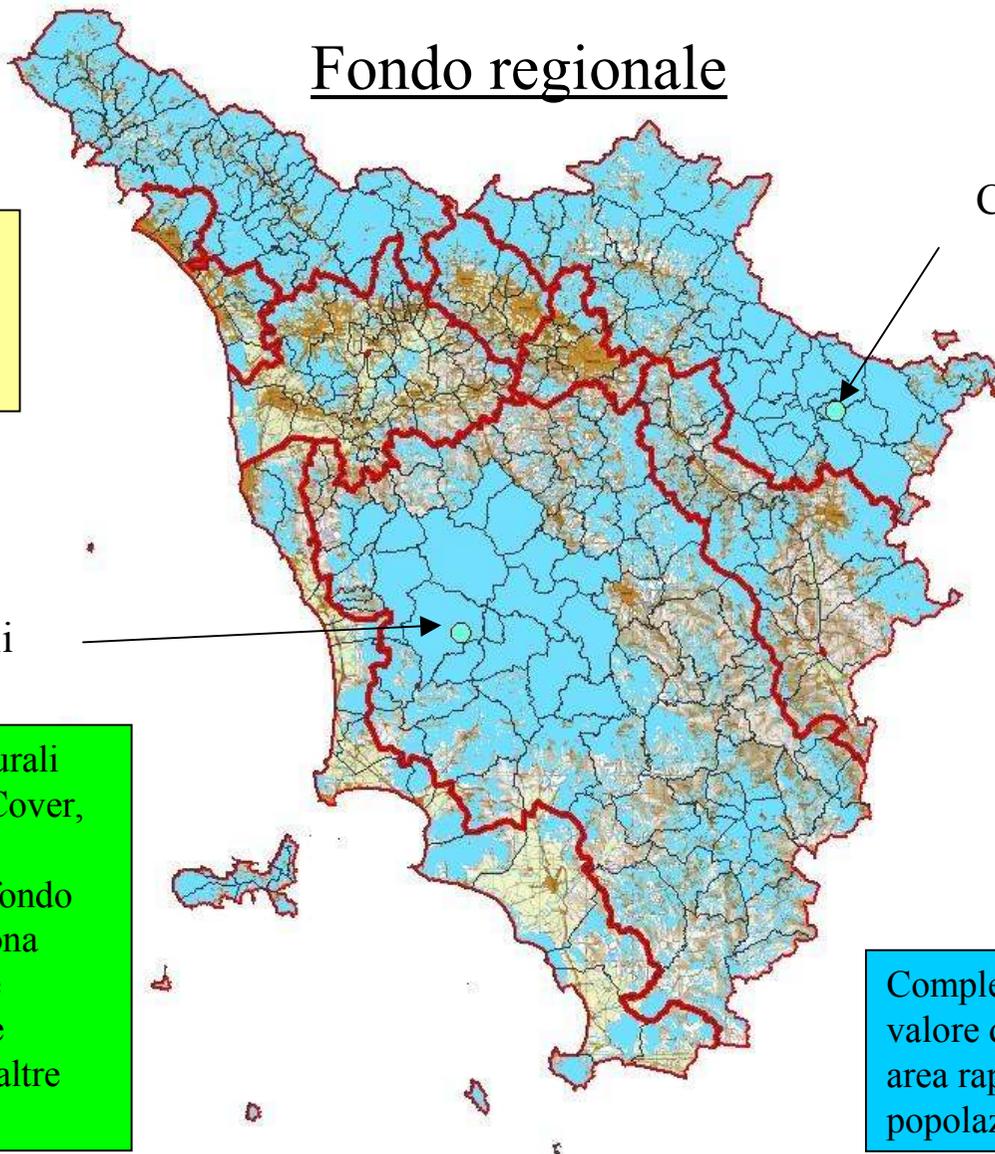
## Rappresentatività della stazione di Casa Stabbi e di Montecerboli

### Fondo regionale

Entrambe le stazioni hanno registrato nel 2014 medie annuali di PM10 inferiori a  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Montecerboli

Aggiungendo le aree naturali secondo il Corine Land Cover, si ottiene la copertura complessiva del dato di fondo regionale che, oltre a buona parte della zona collinare montana, descrive le aree naturali all'interno delle altre zone.



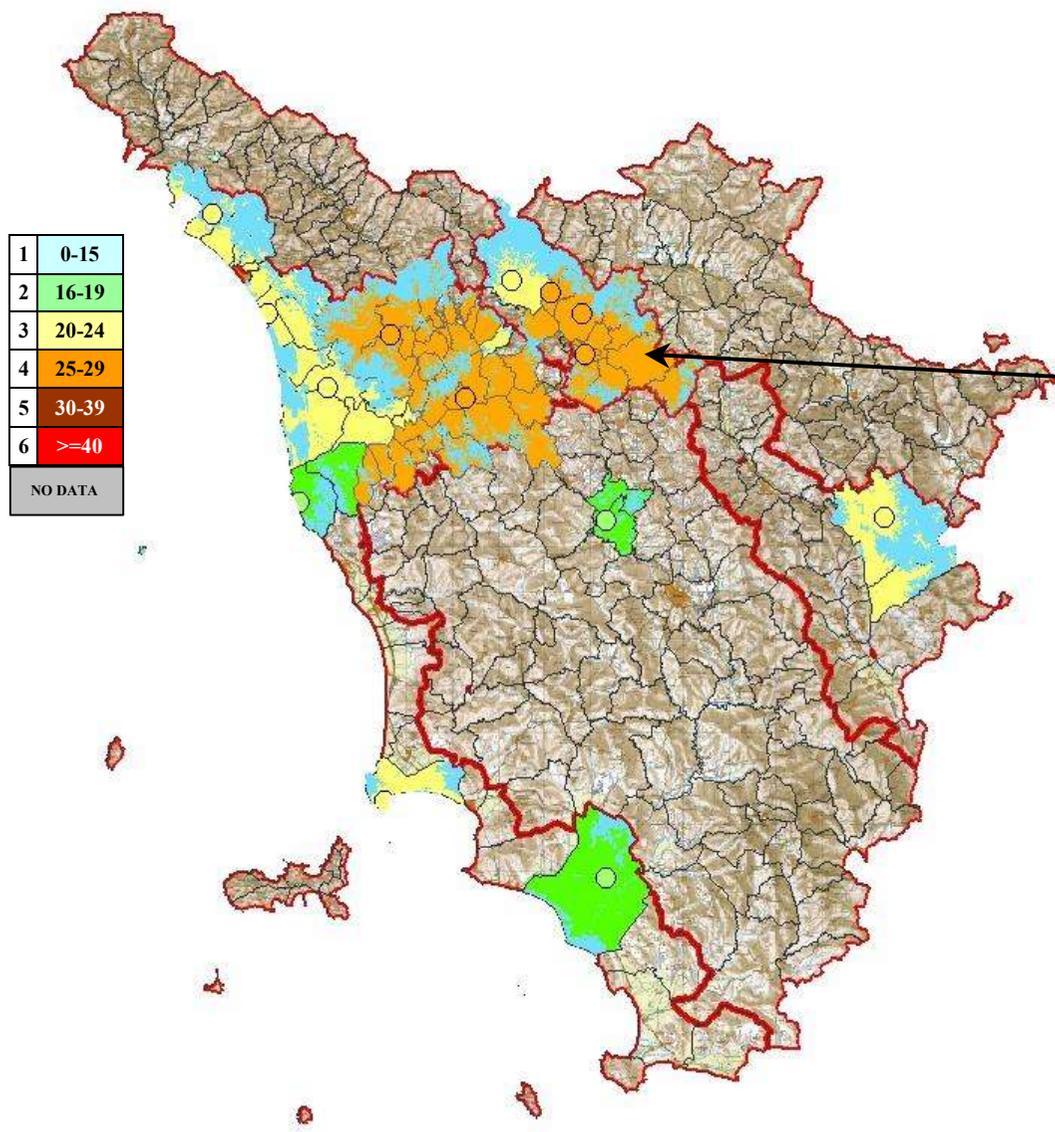
Casa Stabbi

I comuni rappresentati, secondo il metodo basato sulla modellistica sono 30, 15 nell'area appenninica (rappresentati dalla stazione di Casa Stabbi) e 15 nell'area al confine con la zona costiera (rappresentati dalla stazione di Montecerboli)

Complessivamente si ha per il valore di fondo regionale:  
area rappresentata: **55%**  
popolazione rappresentata: **16%**



## Rappresentatività delle stazioni di fondo urbano/suburbano



Medie annuali del 2014  
tra 25 e 29  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

All'agglomerato,  
considerato come  
unicum, si attribuisce  
cautelativamente il  
valore della stazione di  
fondo più alta.

Comuni rappresentati  
dalle 4 restanti stazioni  
di fondo

Al netto della natura,  
area rappresentata:  
7% del tot. regionale  
pop. rappresentata:  
31% del tot. regionale

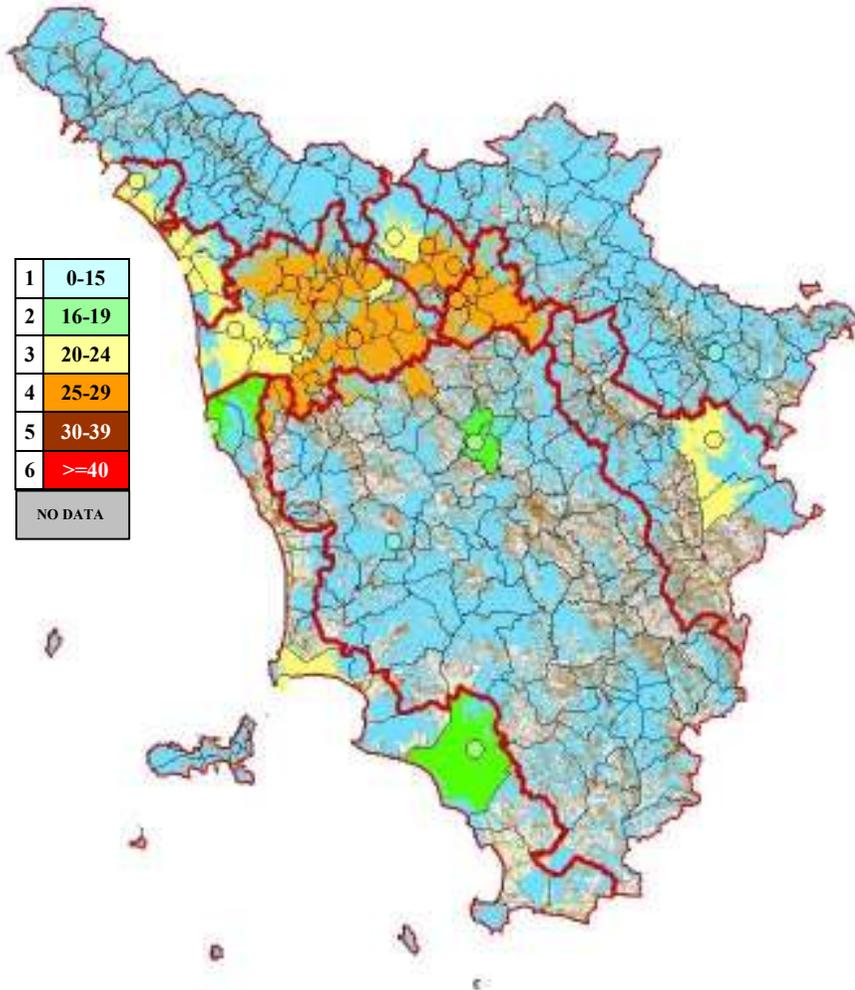


**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana

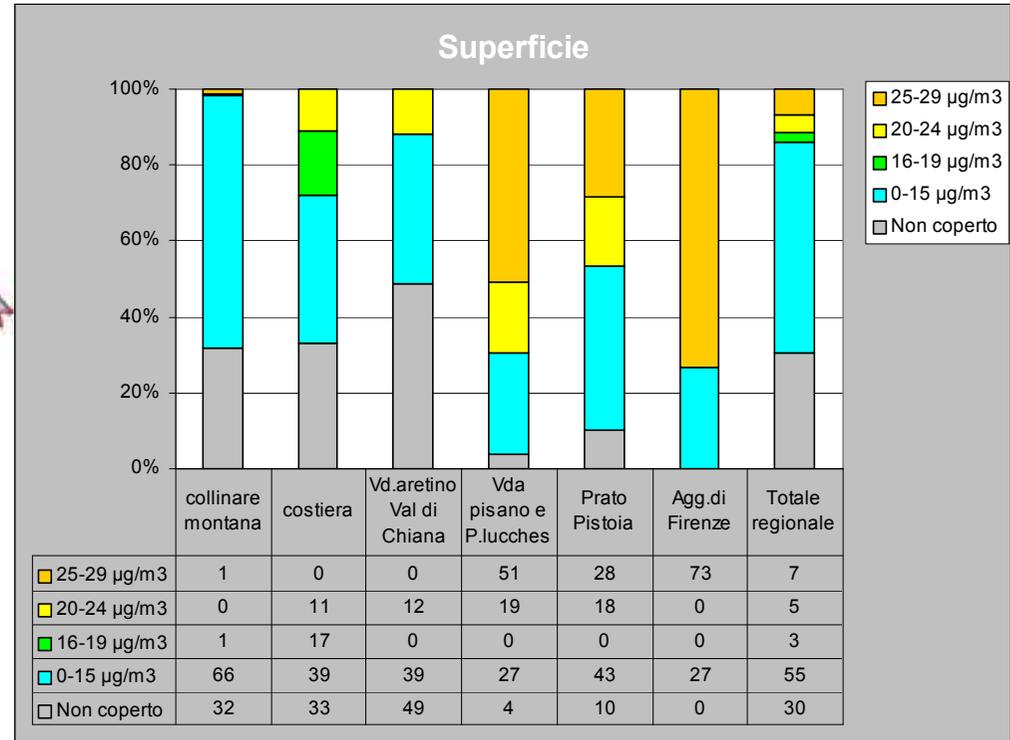
# Quadro complessivo

PM10

Regione Toscana

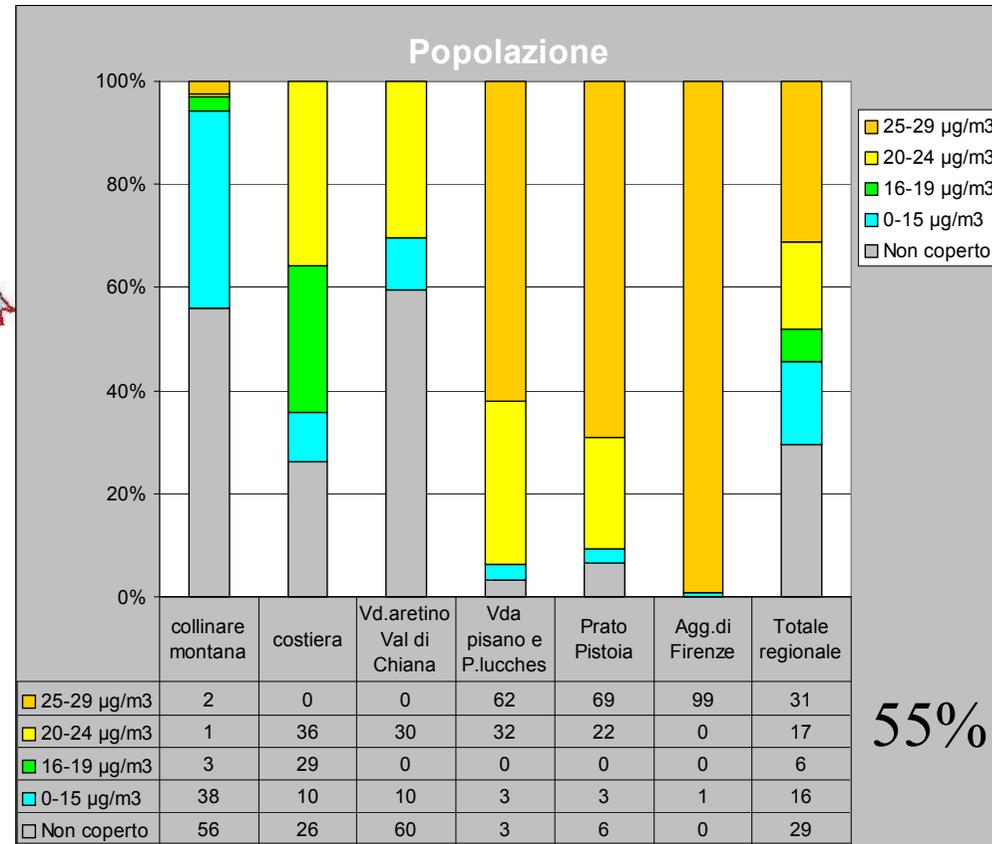
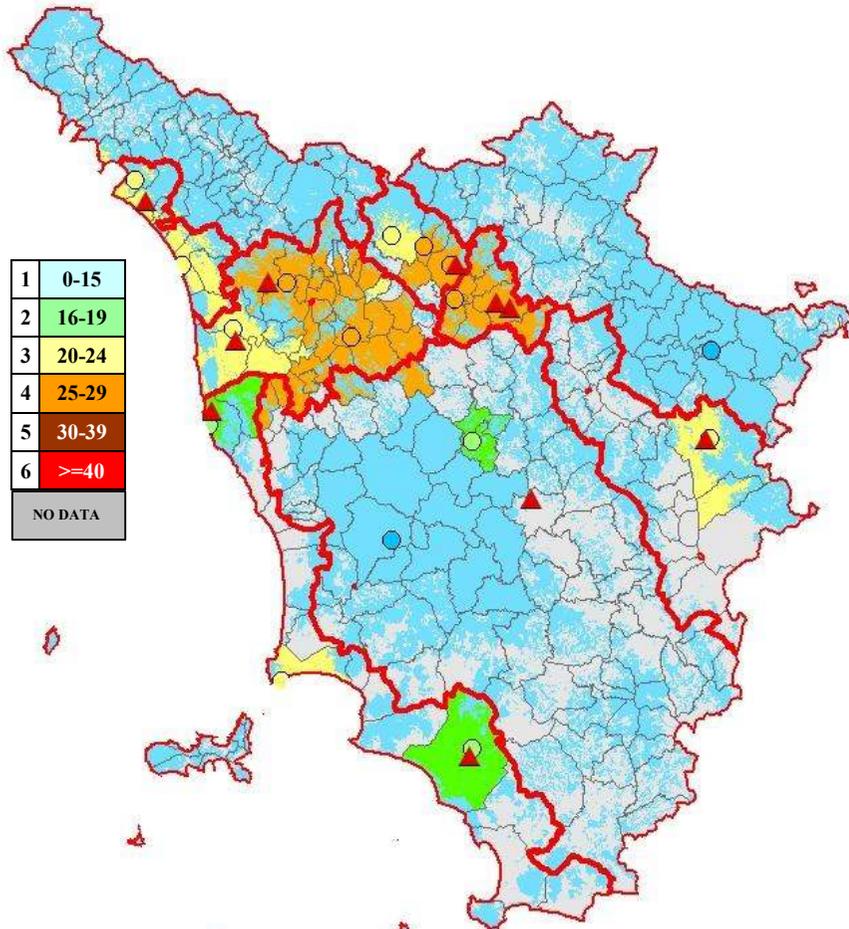


1	0-15
2	16-19
3	20-24
4	25-29
5	30-39
6	>=40
NO DATA	





Per il calcolo della popolazione esposta sono stati utilizzati i dati del censimento ISTAT 2011 su unità censuarie. Questo ha permesso di valutare aree subcomunali come sono ad esempio quelle coperte dalla natura.



Nel valutare l'esposizione si utilizzano le sole stazioni di fondo; per il PM10 esiste soprattutto in ambito urbano un contributo importante del traffico che può determinare in alcuni casi valori *hot spot* rispetto al fondo.



**ARPAT**  
Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana

# Trend ultimi 5 anni

PM10

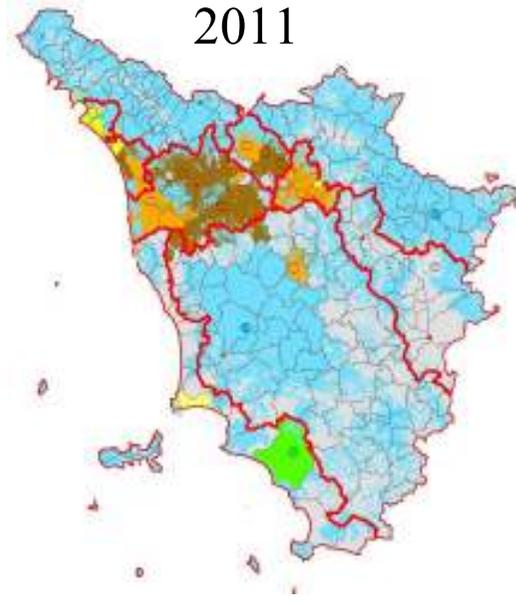
Regione Toscana



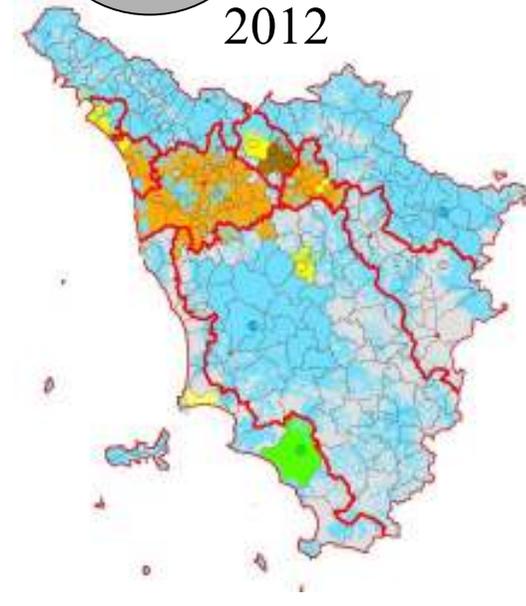
2010



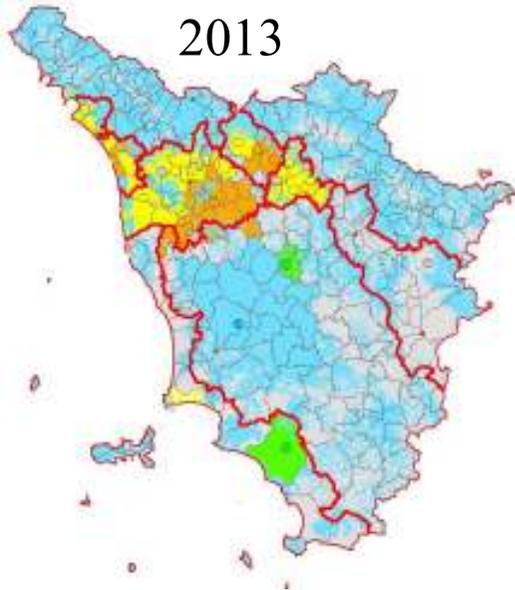
2011



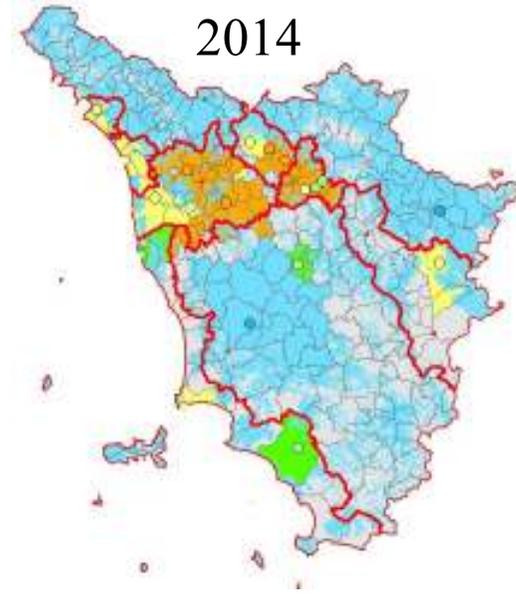
2012



2013



2014



1	0-15
2	16-19
3	20-24
4	25-29
5	30-39
6	$\geq 40$
NO DATA	



**ARPAT**

Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana

Regione Toscana

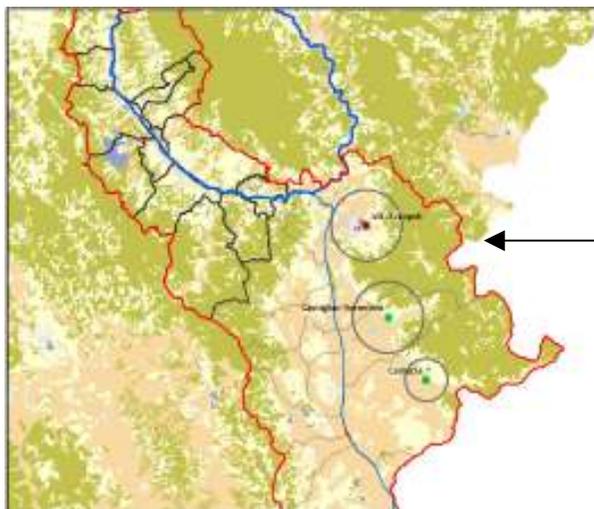


## PM10 in Zona del Valdarno aretino e Val di Chiana

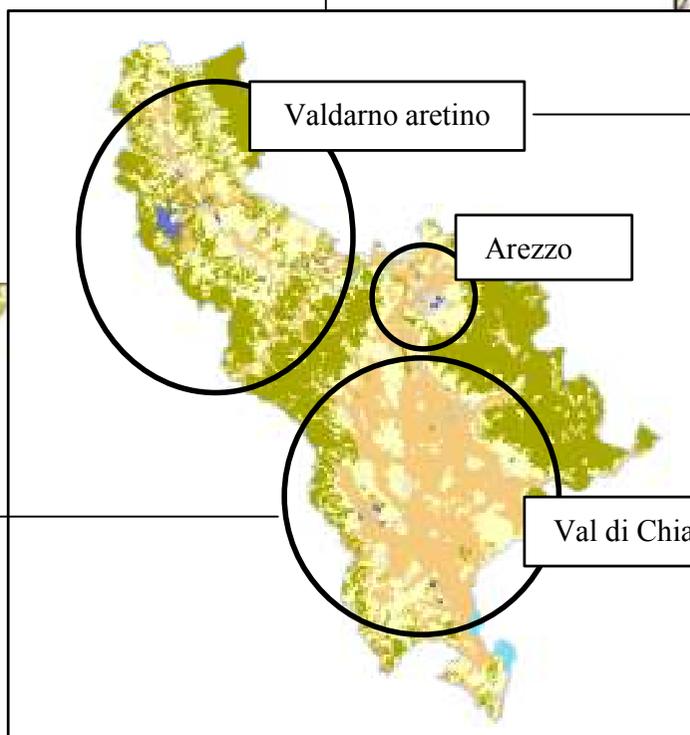
La “lacuna” più evidente in termini di superficie risulta essere la zona del Valdarno aretino e Val di Chiana con il 49% di copertura.

### Campagne di misura (Valdichiana)

- 2 campagne rappresentative dell'anno solare nelle aree più popolate della val di Chiana;
- confronto con i dati misurati dalla stazione di fondo di Arezzo



### Trattazione statistica (Valdarno)



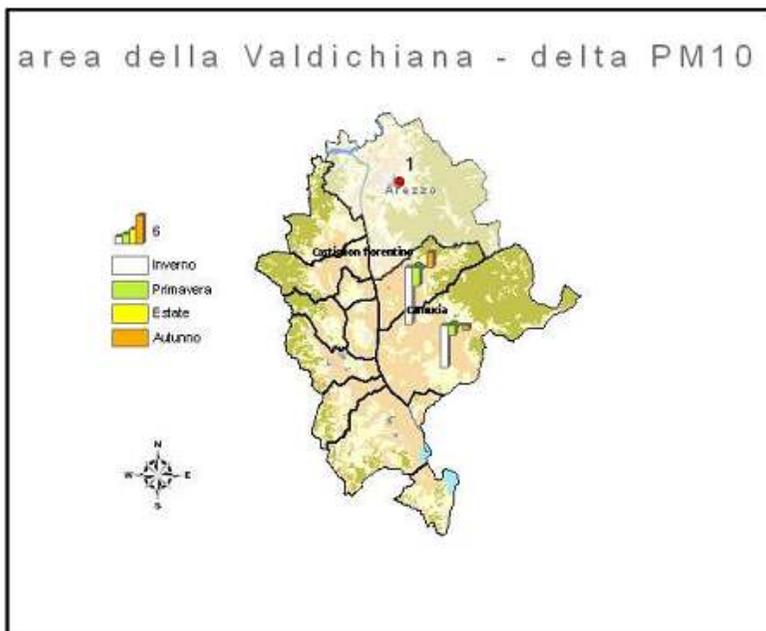
- Raccolta dei dati storici delle reti provinciali e delle reti private presenti nel territorio
- confronto, attraverso gli indici di correlazione, con la stazione di fondo di Arezzo



# Risultati delle campagne

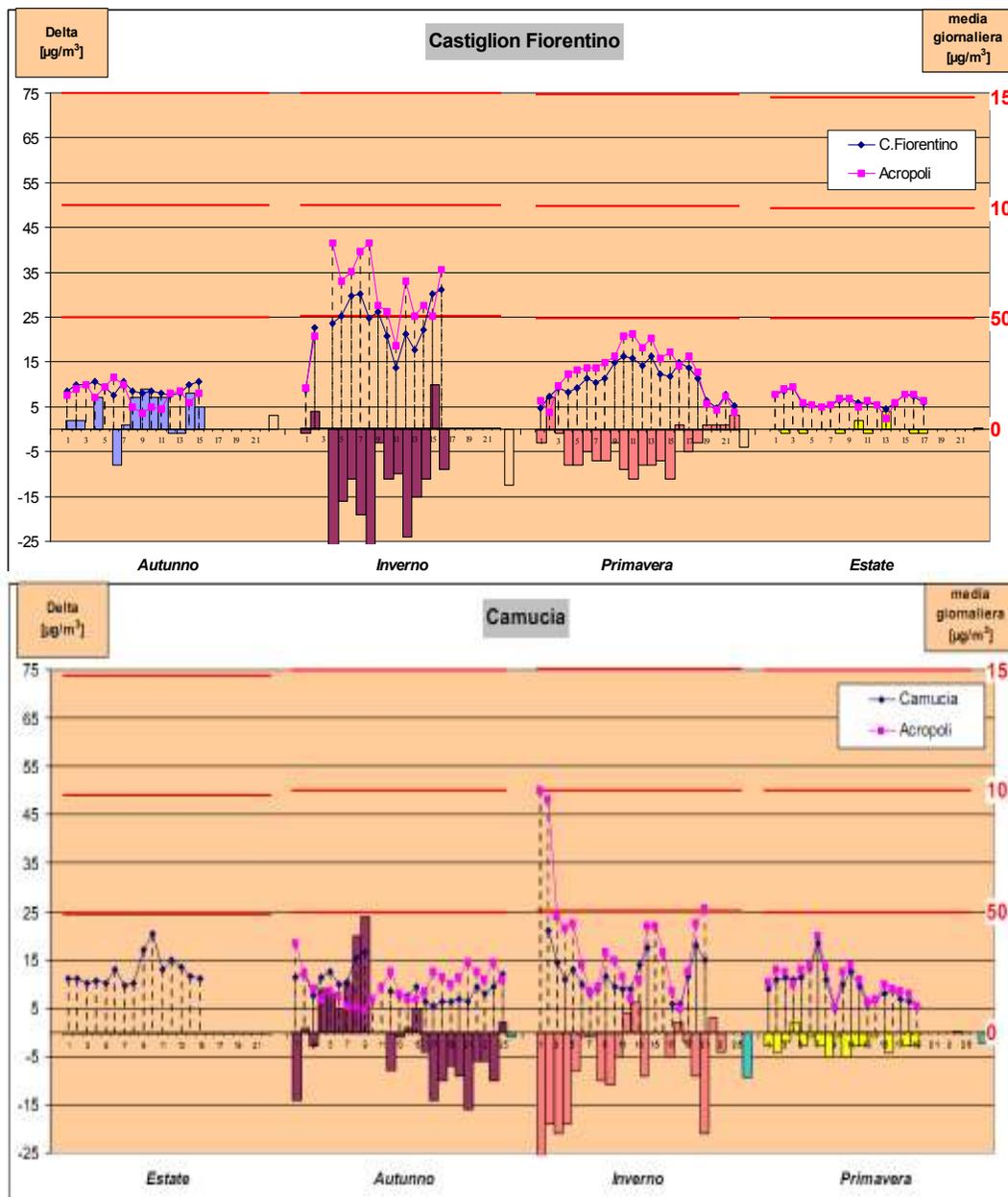


Per ciascuna campagna stagionale sono riportati i valori di PM10 misurati nel sito e nella stazione di Arezzo Acropoli (rete regionale) sovrapposti all'istogramma delle differenze calcolate per ciascun giorno tra sito di monitoraggio e stazione.



Si evidenziano:

- differente comportamento stagionale con differenze negative (valori più bassi per la Valdichiana) nelle stagioni in cui si hanno le concentrazioni più alte dell'anno.
- differenza tra i due siti di monitoraggio che mostrano un diverso grado di correlazione con la stazione di rete regionale in ragione della maggiore distanza del sito di Camucia

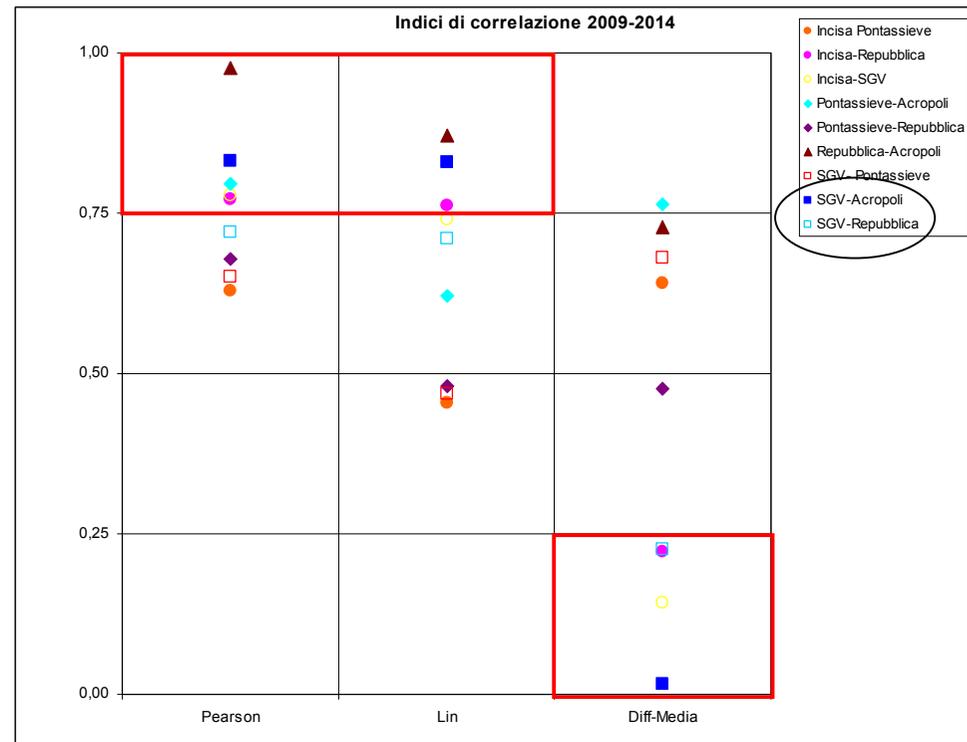




Sono stati utilizzati gli indici statistici di Pearson, Lin e l'indice di correlazione tra differenza e media

Le analisi statistiche effettuate hanno mostrato:

- correlazione tra 2 stazioni di fondo del Valdarno negli anni 2009-2012 appartenenti a reti diverse (ARPAT e ENEL)
- correlazione (Pearson e Lin) tra le stesse 2 stazioni e la stazione di traffico di Arezzo
- correlazione dell'unica stazione attiva in area Valdarno nel 2013-2014 appartenente alla rete ENEL, con la stazione di fondo di Arezzo attivata nel 2013



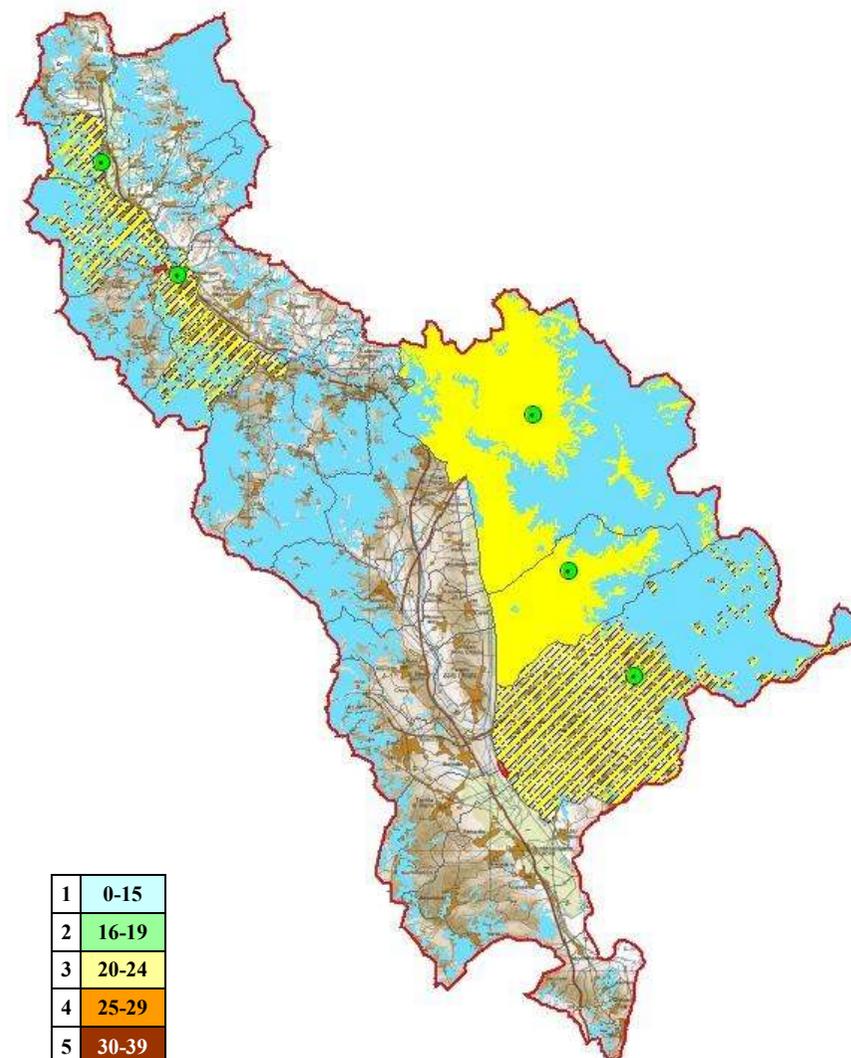
Anche in considerazione della densità di popolazione dell'area si ritiene necessario proseguire il monitoraggio a livello regionale.



## Conclusioni dello studio

- La Valdichiana può essere ricondotta ai dati di Arezzo in via cautelativa, poiché mostra mediamente valori di PM10 più bassi.
- È ritenuto opportuno integrare la rete regionale, mantenendo il monitoraggio dell'area del Valdarno, attualmente effettuato da una stazione ENEL. Dalle analisi effettuate tale stazione è ritenuta rappresentativa dei comuni tra Incisa e S. Giovanni in Valdarno.

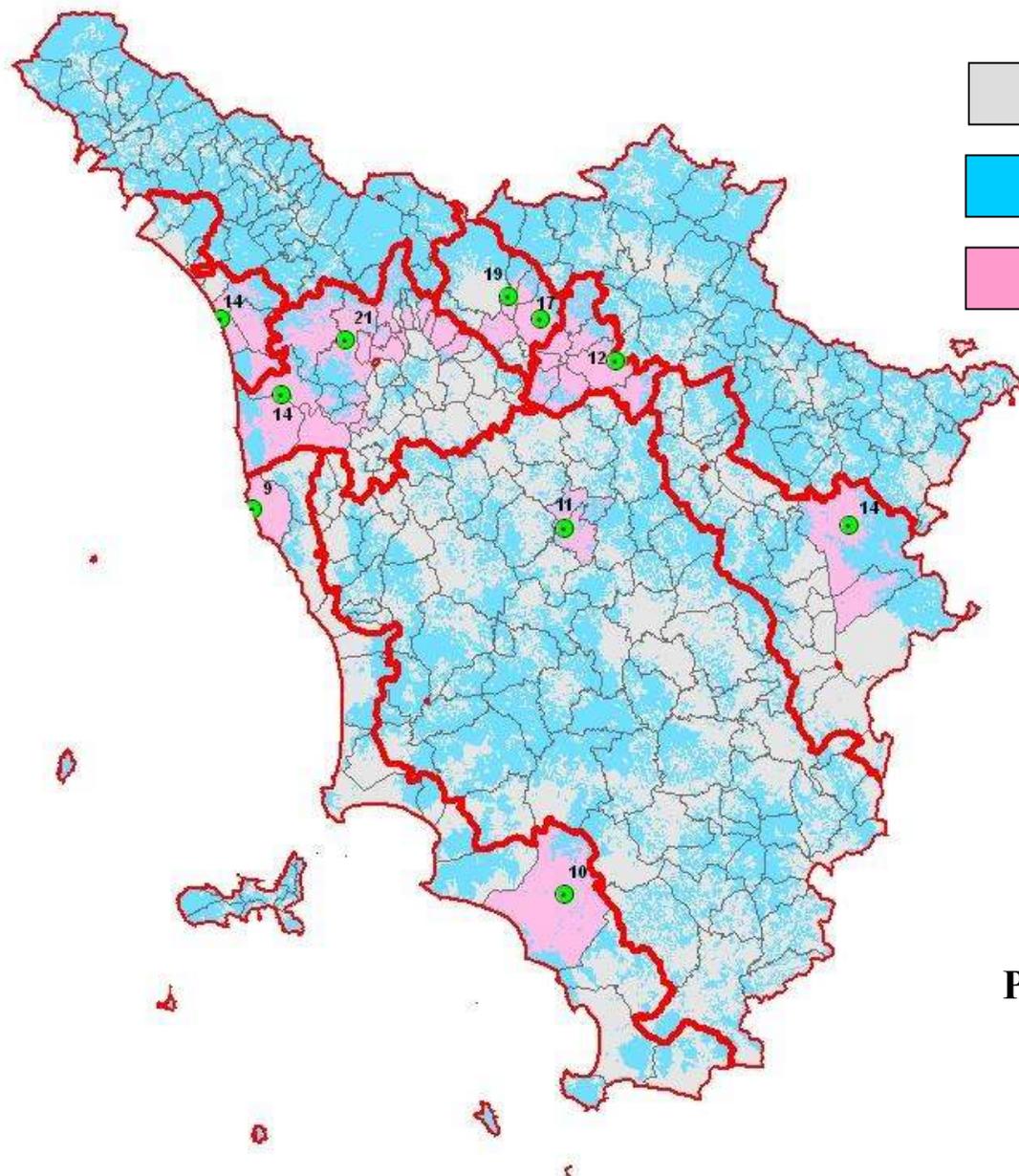
Questa stazione risulta ben correlata con la stazione di fondo di Arezzo negli anni 2013 e 2014; tuttavia tale risultato non è ritenuto sufficiente ad interrompere il monitoraggio, sia per l'alta densità di popolazione dell'area sia per i valori elevati registrati negli anni precedenti al 2013.



1	0-15
2	16-19
3	20-24
4	25-29
5	30-39
6	≥40
NO DATA	



## Una valutazione sul PM<sub>2,5</sub>: 2014



Aree scoperte



Aree di fondo regionale



Aree coperte  
(secondo rappresentatività PM<sub>10</sub>)



Stazioni di fondo con misura PM<sub>2,5</sub>

Tutte le stazioni di fondo sono al di sotto del limite di legge di 25 µg/m<sup>3</sup> come media annuale, ma la quasi totalità supera il valore indicato dall'OMS di 10 µg/m<sup>3</sup>.

**PM<sub>2,5</sub> fondo: 14 (min 9-max 21) µg/m<sup>3</sup>**



**ARPAT**

Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana

Regione Toscana



**Grazie per l'attenzione**

**E grazie a tutte i colleghi che quotidianamente  
collaborano alla gestione della rete**

AIDII 32° Congresso Nazionale- Varese