



## Gli aspetti meteoclimatici

*Zauli Sajani S., Marchesi S.*

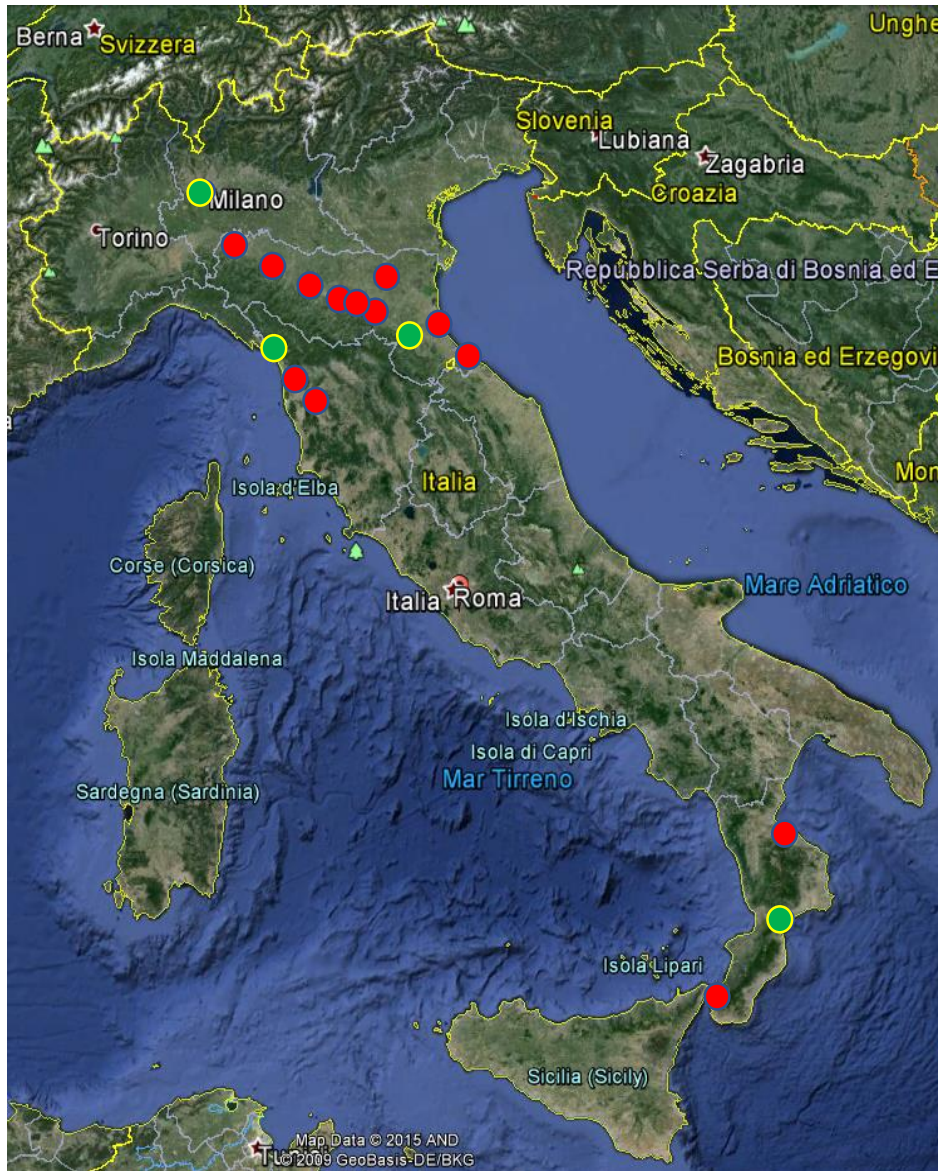
**PATOLOGIE CRONICHE  
E MICROCLIMA IN CARCERE**

Bologna, 25 maggio 2017





## Monitoraggi microclima e qualità dell'aria indoor



- Sono stati collocati 96 punti di misura di temperatura ed umidità distribuiti nelle 19 carceri coinvolte nel progetto

- Il monitoraggio del monossido di carbonio (CO) è stata effettuato in un punto di misura per ogni carcere.

- La misura delle polveri fini (PM<sub>2.5</sub>) e dei Composti Organici Volatili (COV) è stata invece possibile in un solo carcere per regione e in particolare a Forlì, Opera, Massa e Catanzaro.

Il periodo di monitoraggio contestuale dei parametri microclimatici in tutte le carceri è stato Ottobre 2015 – Agosto 2016 compresi.

Il periodo di campionamento per i parametri di qualità dell'aria ha riguardato i mesi da Marzo ad Agosto 2016.



## Impostazione monitoraggi microclima







## Impostazione monitoraggi microclima





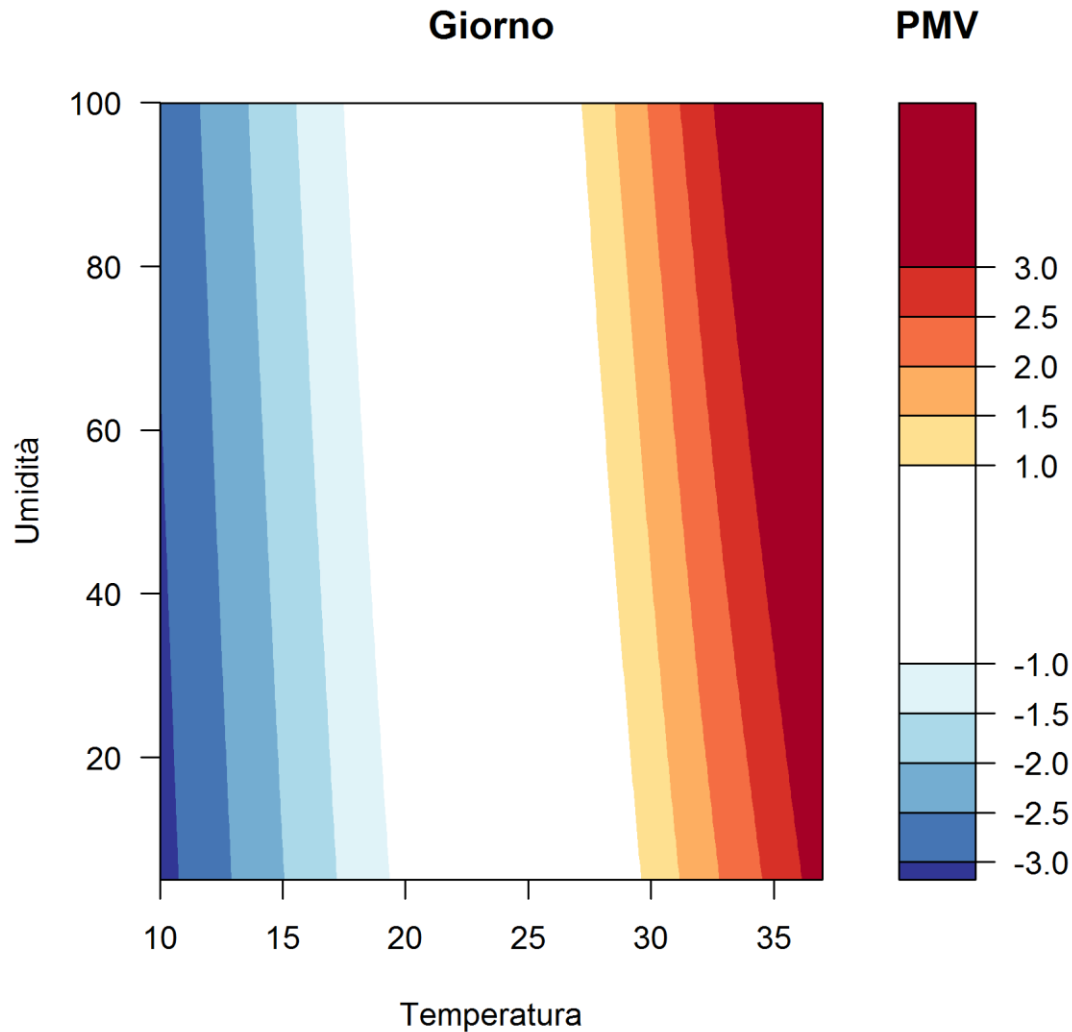


# Impostazione monitoraggi microclima





## Indici bioclimatici - PMV



L'indice PMV, è stato indicato dalla ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) come uno degli indici di riferimento per gli ambienti indoor.

### Valori di riferimento

- + 3** molto caldo
- + 2** caldo
- + 1** leggermente caldo
- 0** neutralità termica o benessere
- 1** leggermente freddo
- 2** freddo
- 3** molto freddo





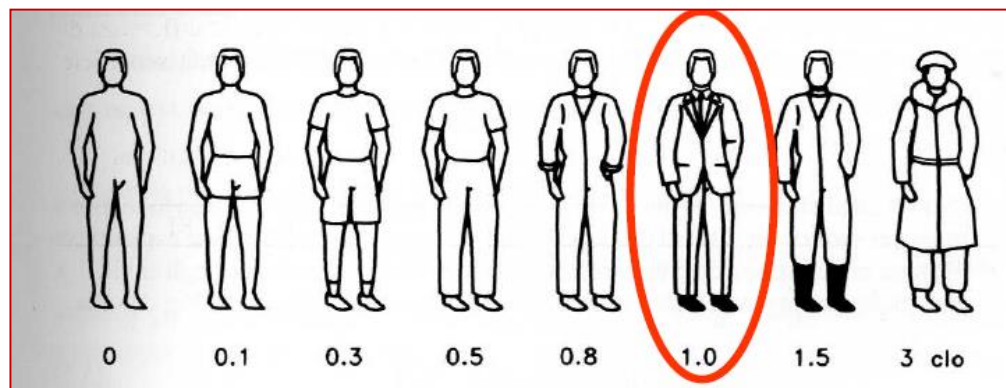
## Indici bioclimatici - PMV

Per il calcolo dell'indice è necessario fare delle ipotesi su due parametri di estrema importanza: **il livello di attività fisica** (chiamato met) e **il tipo di vestiario** (chiamato clo).

| Attività  | Met |
|---|-----|
| Disteso   | 0.8 |
| Seduto  | 1   |
| Attività sedentaria (ufficio al terminale)          | 1.2 |
| Attività leggera in piedi (attività di laboratorio) | 1.6 |
| Attività media in piedi (lavori domestici)          | 2   |
| Camminare a 3 km/h                                  | 2.4 |
| Camminare a 5 km/h                                  | 3.4 |

Per quanto riguarda il met si è impostato un valore pari a 1,15 per il giorno (dalle 7 alle 22) e a 0,8 per la notte (dalle 22 alle 7).

Più complessa è stata la modellizzazione del clo in funzione delle ore del giorno e della temperatura. Nella tabella sono riportati i valori e le funzioni utilizzate nelle diverse condizioni.



|               | $T < 20^{\circ}\text{C}$ | $20 < T < 27^{\circ}\text{C}$ | $T > 27^{\circ}\text{C}$ |
|---------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| <b>Giorno</b> | Clo = 0.9                | Clo = $2.33 - 0.07 T$         | Clo = 0.4                |
| <b>Notte</b>  | Clo = 1.8                | Clo = $5.8 - 0.2 T$           | Clo = 0.4                |



## Indici bioclimatici - Indice di Thom

Questo indice è stato proposto da Thom nel 1959 ed è considerato uno dei migliori indici di stima della sensazione di caldo. La temperatura effettiva tiene conto della temperatura di bulbo umido e della temperatura di bulbo asciutto misurata da termometri posti in luoghi ombreggiati e protetti dal vento.

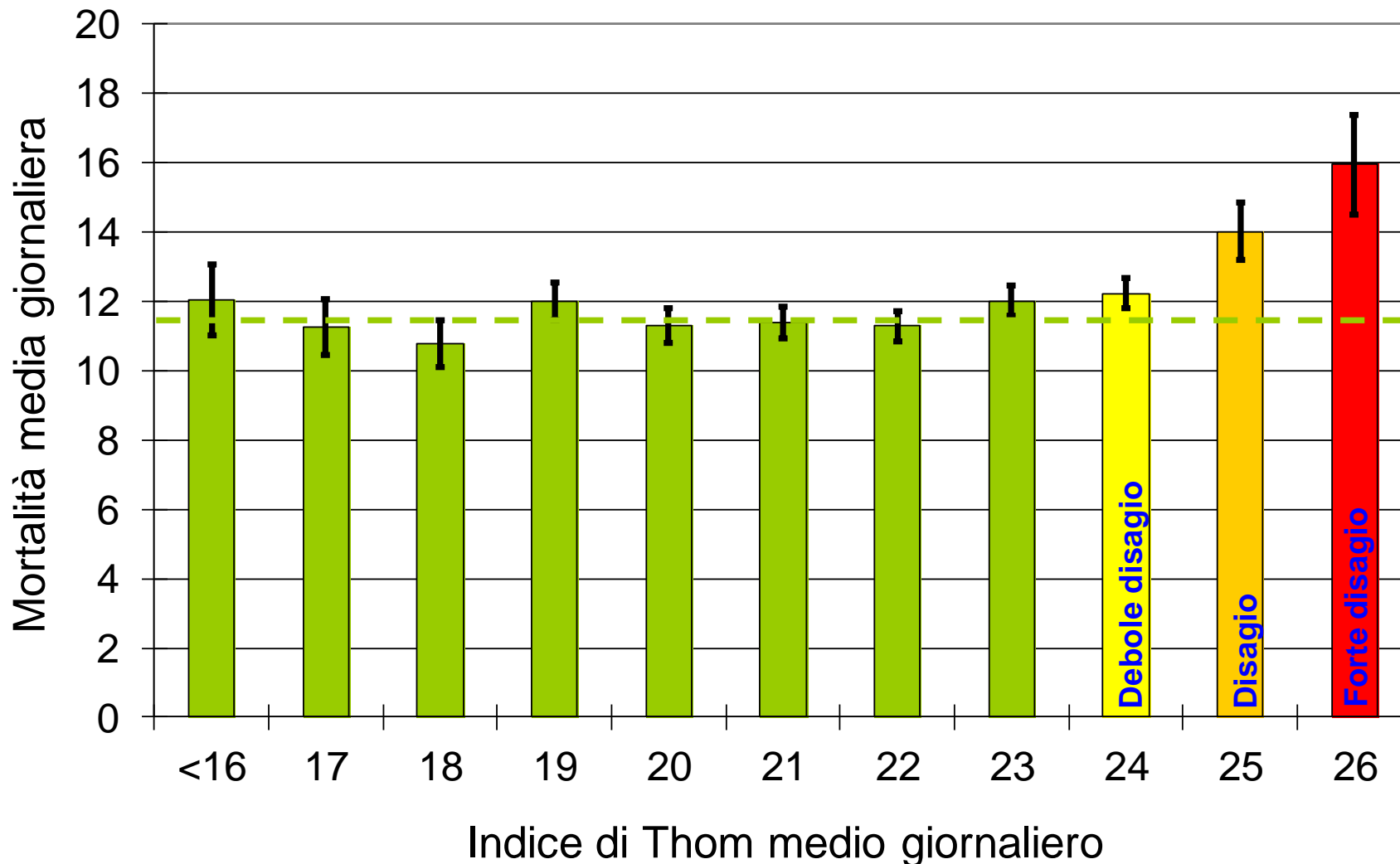
L'indice viene calcolato mediante la seguente relazione lineare:

| DESCRIZIONE   | CLASSE               |
|---|----------------------|
| Benessere   | $DI < 21$            |
| Meno del 50% della popolazione prova un leggero disagio       | $21 \leq DI \leq 24$ |
| Oltre il 50% della popolazione prova un crescente disagio     | $24 \leq DI \leq 27$ |
| La maggioranza della popolazione prova un forte disagio       | $27 \leq DI \leq 29$ |
| Tutti provano un forte disagio                                | $29 \leq DI \leq 32$ |
| Stato di emergenza medica. Elevato rischio di colpi di calore | $DI \geq 32$         |





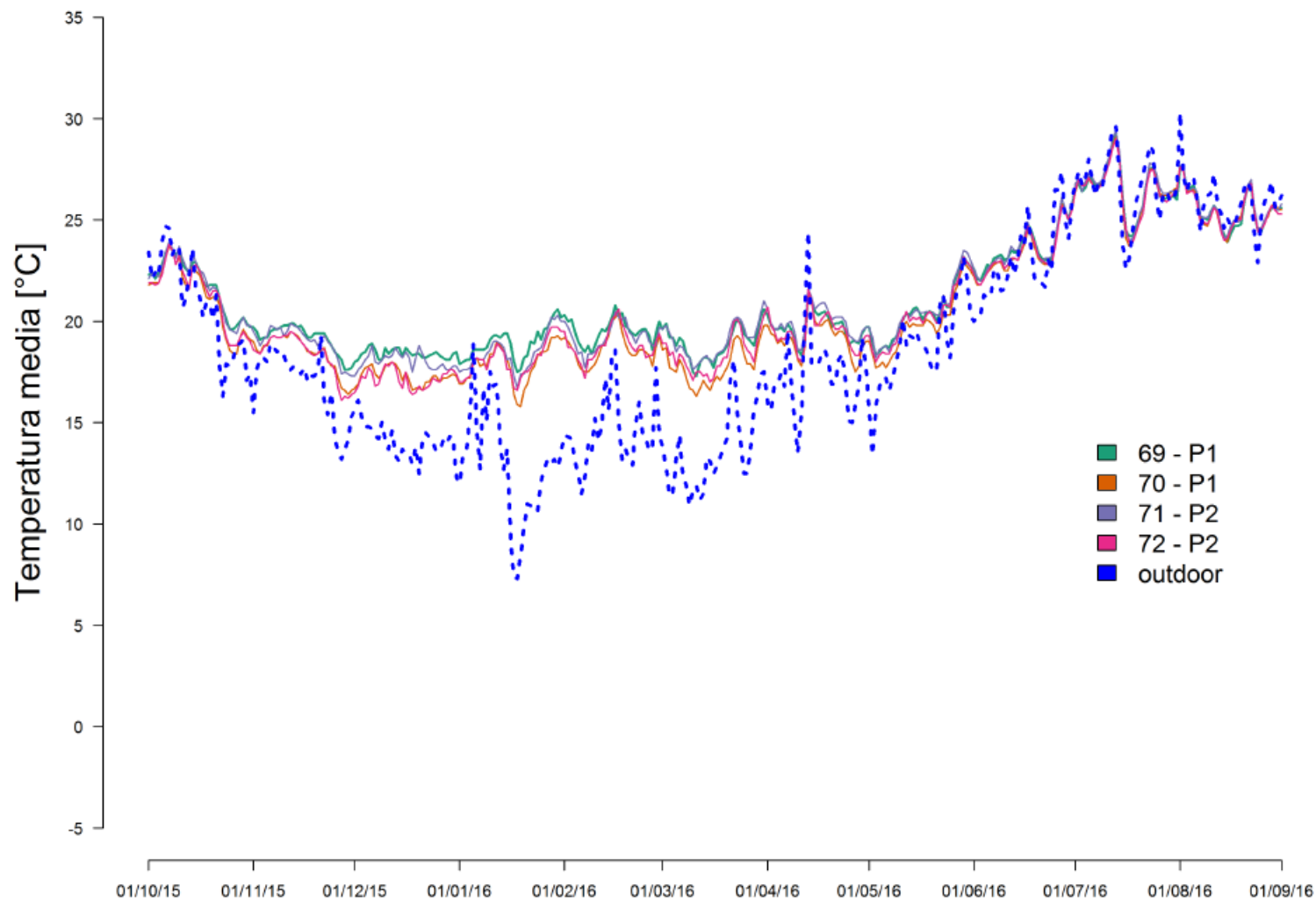
## Indici bioclimatici – Indice di Thom





## Risultati microclima

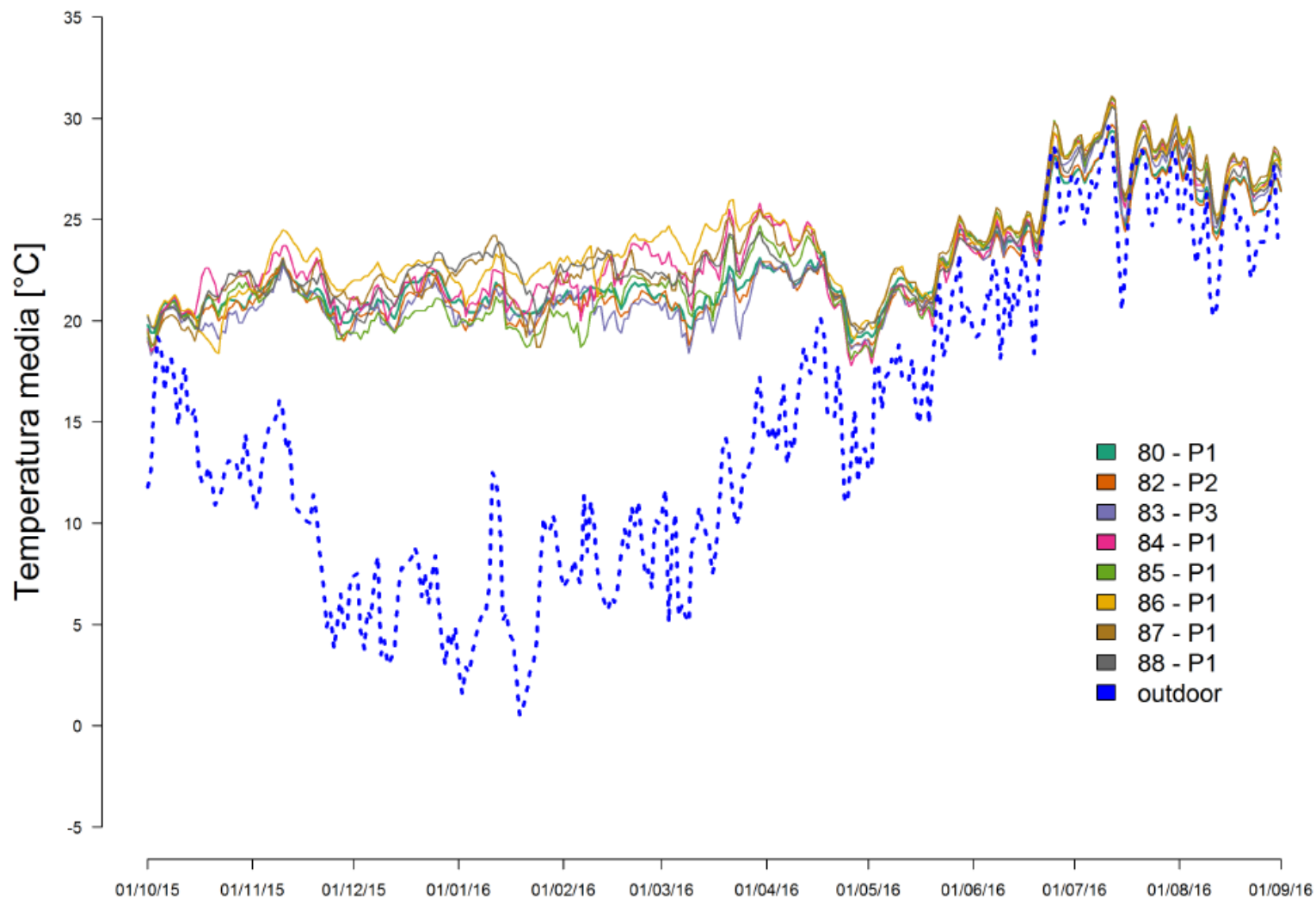
### Reggio Calabria





## Risultati microclima

### Bologna







## Risultati microclima

### Reggio Emilia

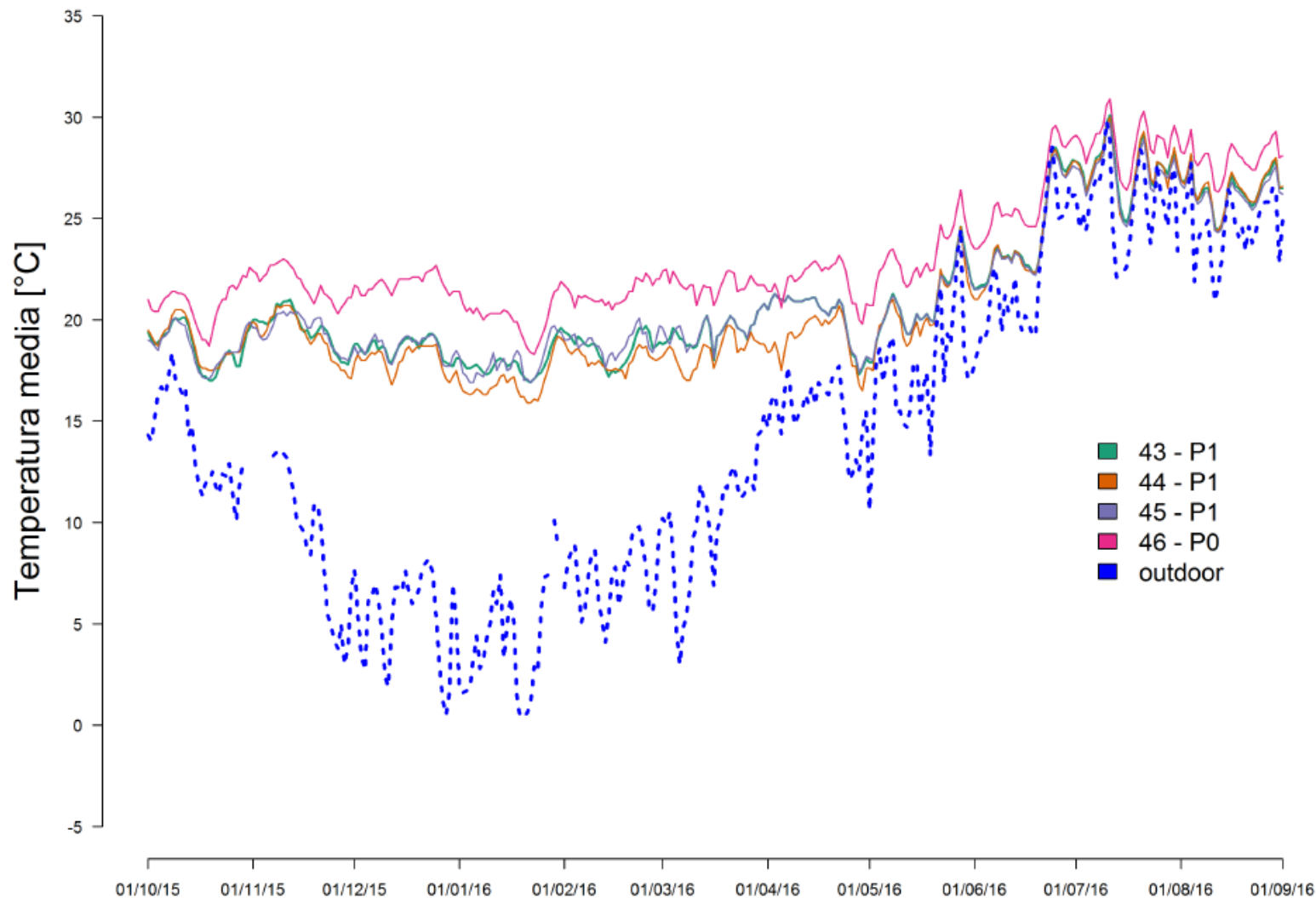




# Risultati microclima

## Bollate

...



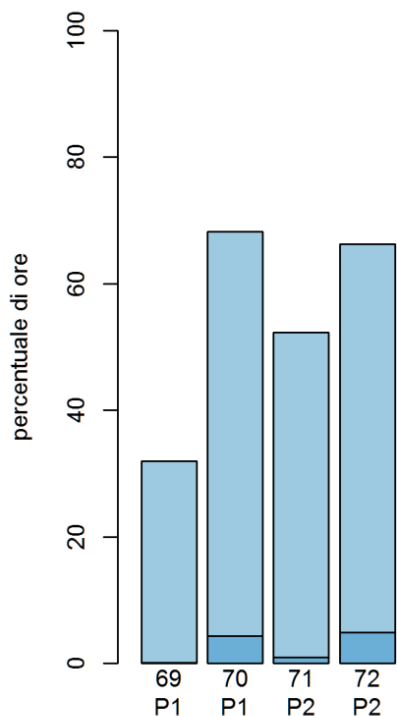


# Resultati microclima invernale

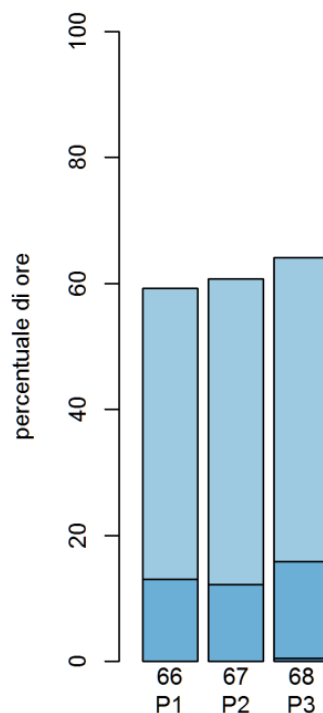
## Calabria

- -1.5 < PMV < -1
- -2 < PMV < -1.5
- -2.5 < PMV < -2
- -3 < PMV < -2.5
- PMV < -3

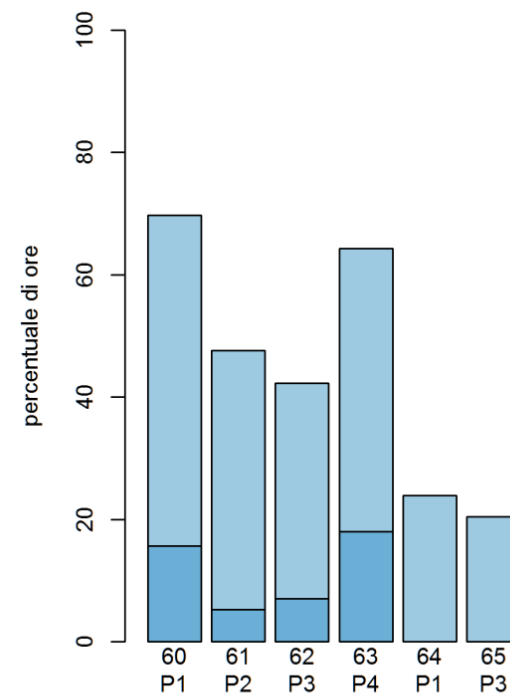
Reggio Calabria



Rossano



Catanzaro





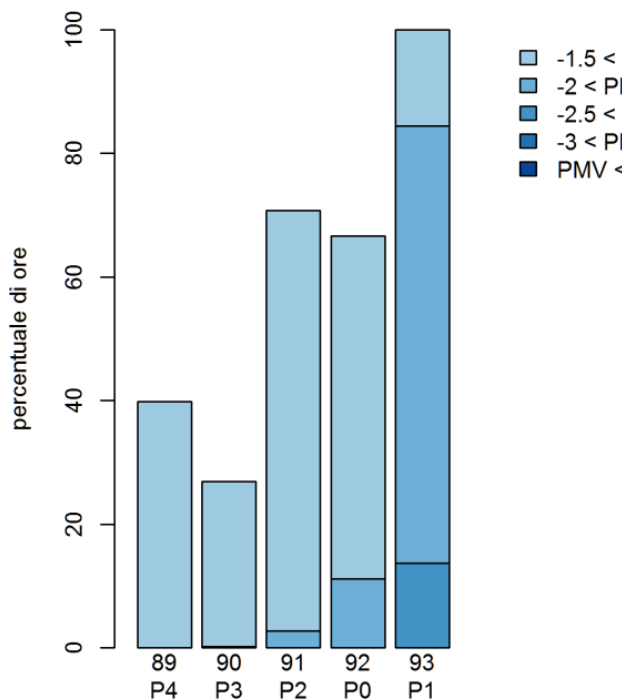


# Risultati microclima invernale

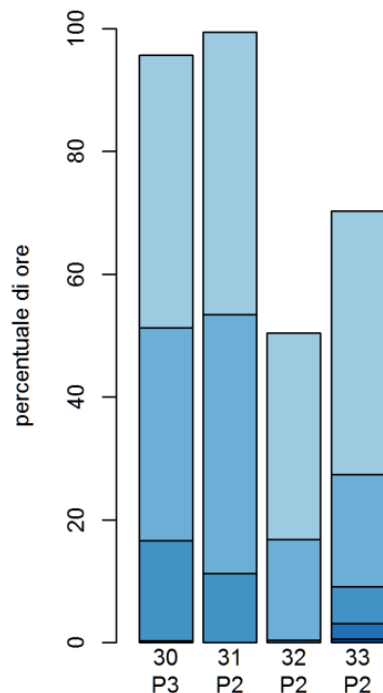
## Emilia-Romagna

- -1.5 < PMV < -1
- -2 < PMV < -1.5
- -2.5 < PMV < -2
- -3 < PMV < -2.5
- PMV < -3

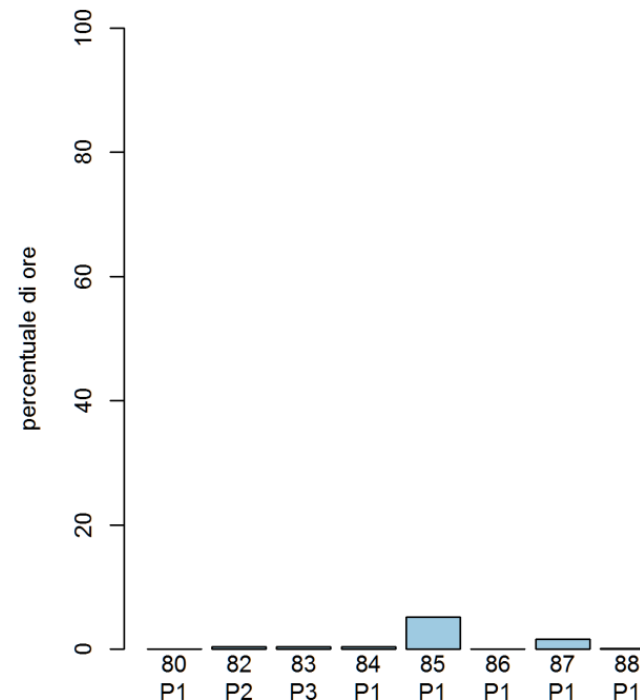
Ferrara



Reggio Emilia



Bologna



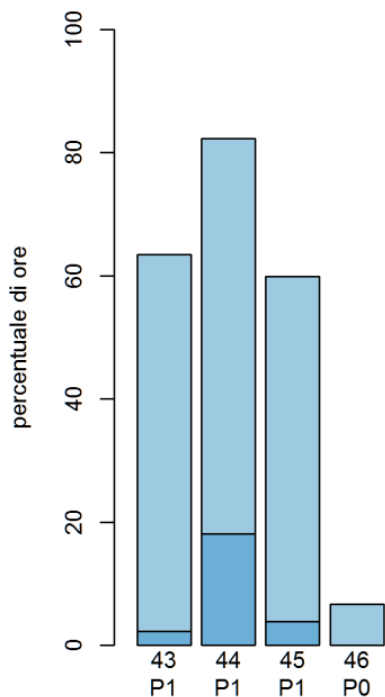


# Risultati microclima invernale

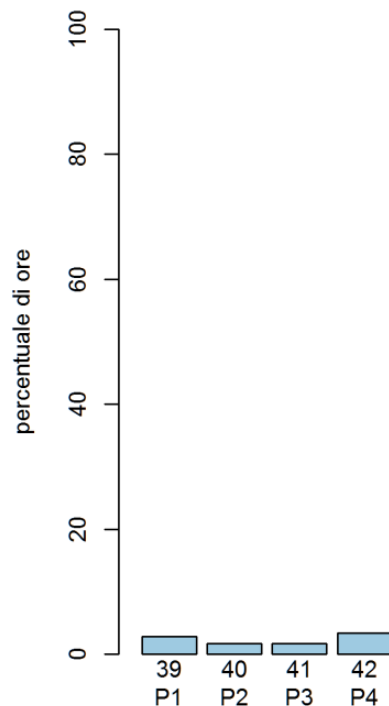
## Lombardia

- -1.5 < PMV < -1
- -2 < PMV < -1.5
- -2.5 < PMV < -2
- -3 < PMV < -2.5
- PMV < -3

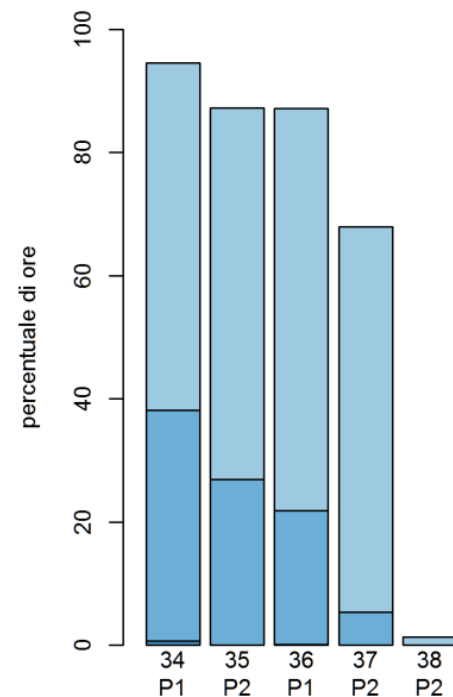
Bollate



Pavia



Opera



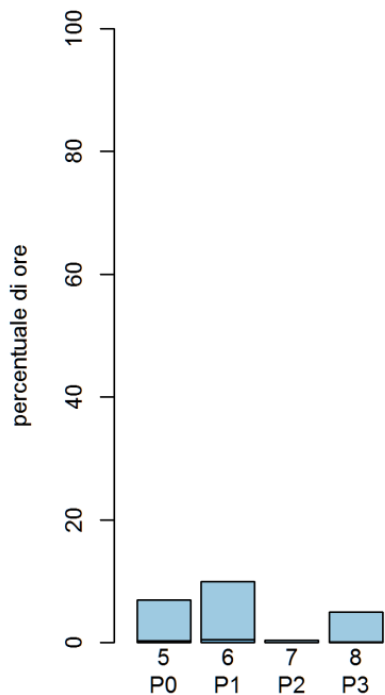


# Risultati microclima invernale

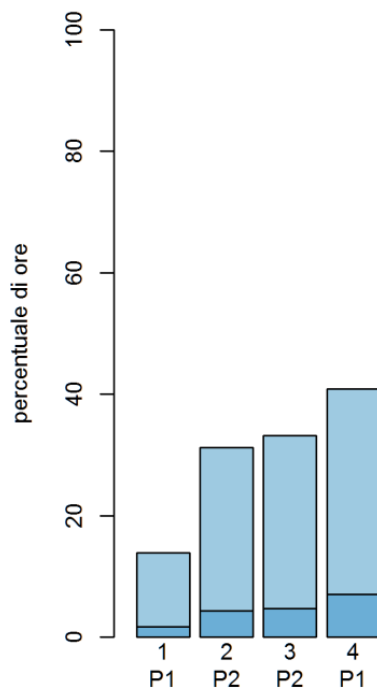
## Toscana

- -1.5 < PMV < -1
- -2 < PMV < -1.5
- -2.5 < PMV < -2
- -3 < PMV < -2.5
- PMV < -3

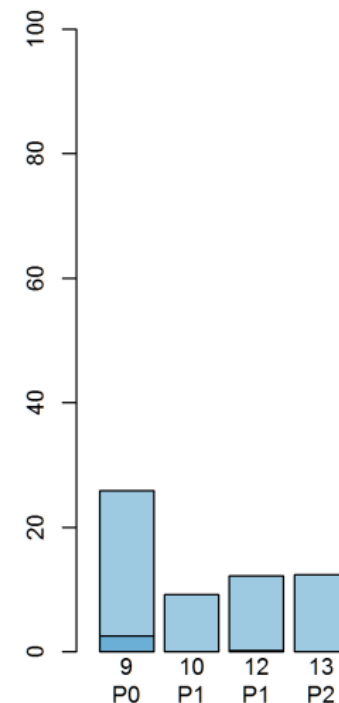
Pisa



Volterra



Massa



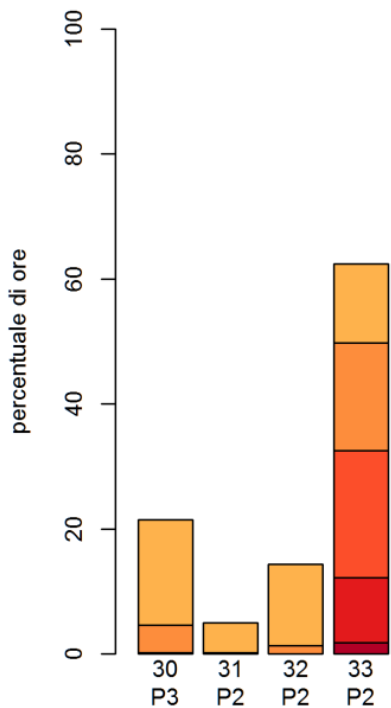




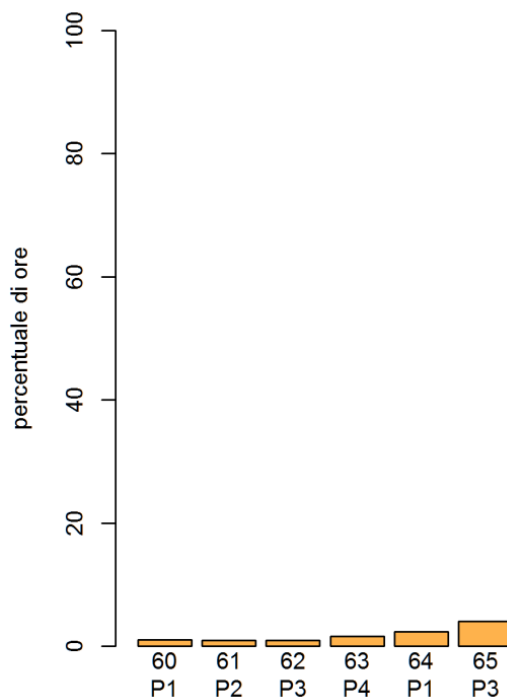
## Risultati microclima estivo

- 1.5 > PMV > 1
- 2 > PMV > 1.5
- 2.5 > PMV > 2
- 3 > PMV > 2.5
- PMV > 3

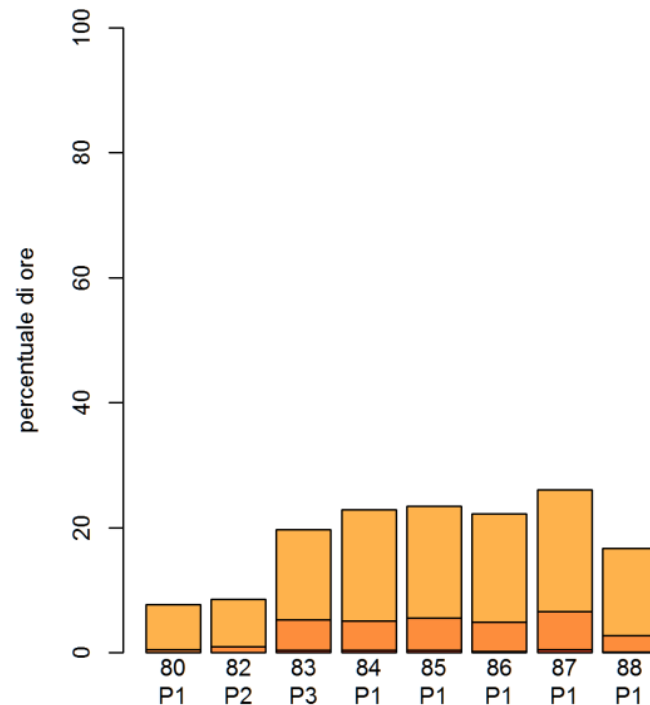
Reggio Emilia



Catanzaro



Bologna





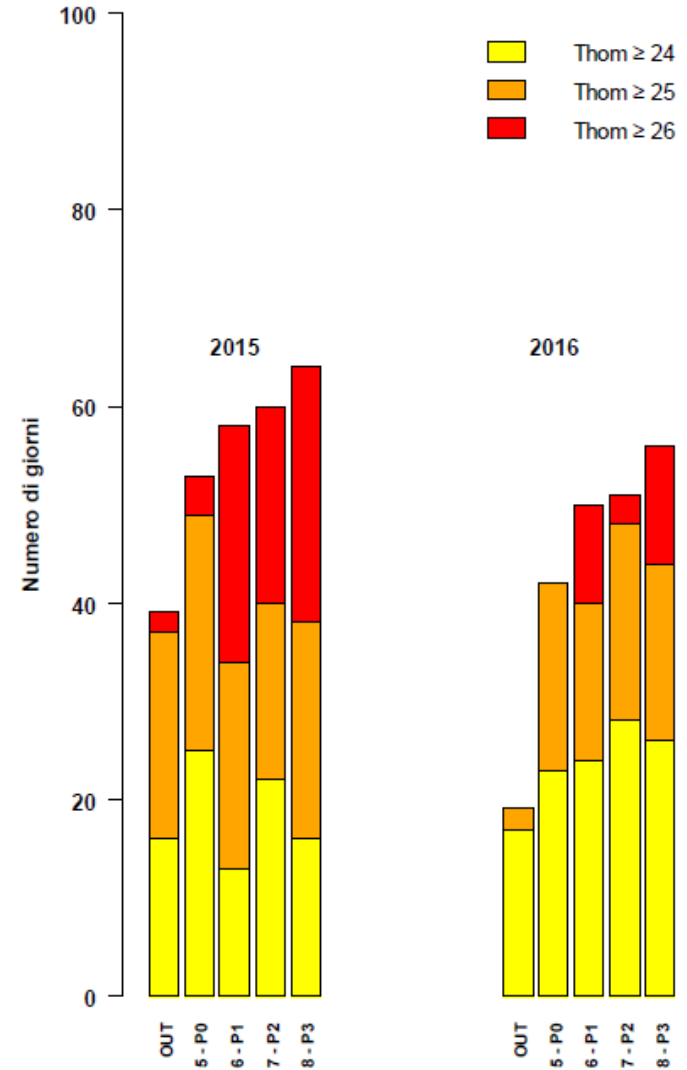
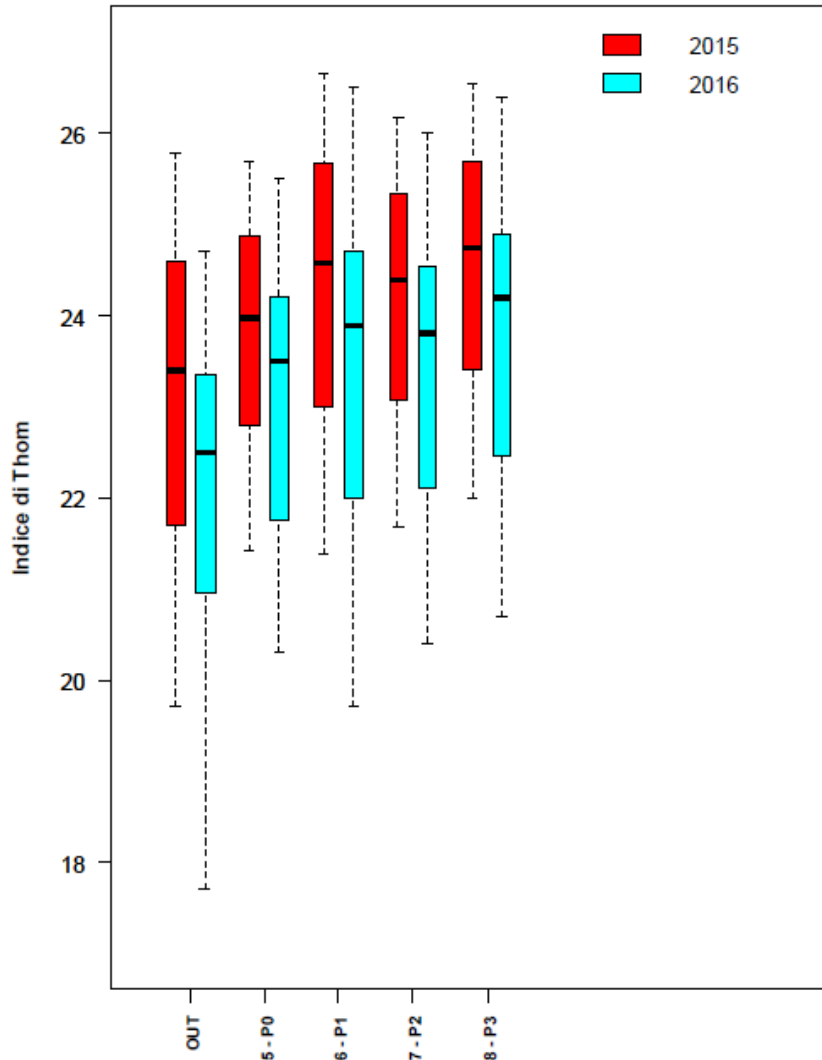
## Simulazione estate 2015 - Metodologia

- Si è voluto simulare **quali sarebbero state le condizioni bioclimatiche** nei penitenziari oggetto di monitoraggio **se le misure fossero state effettuate nell'estate 2015**.
- Per stimare i dati di temperatura ed umidità relativa “indoor” **si è deciso di usare la relazione tra i dati misurati all'interno delle carceri nel corso dell'estate 2016 ed i dati misurati, nello stesso periodo, dalla centralina meteorologica “outdoor” più vicina**.
- In particolare, è stata costruita una regressione lineare tra queste serie temporali di dati; i coefficienti della regressione sono stati poi utilizzati per ottenere la stima giornaliera della temperatura e dell'umidità relativa “indoor” per il 2015.
- La procedura è stata applicata ai valori medi giornalieri di temperatura ed umidità relativa per ottenere una stima più robusta rispetto a quella che sarebbe stata ottenuta sui dati orari.



# Simulazione estate 2015

Pisa





## Effetto del piano

- Per stimare l'effetto del piano sulla temperatura sono stati considerati i valori medi giornalieri di temperatura rilevati in ognuno dei piani delle carceri selezionate.
- L'effetto è stato stimato globalmente adottando una regressione lineare che ha tenuto conto del carcere e del giorno di calendario.
- I risultati hanno evidenziato un aumento statisticamente significativo della temperatura con l'altezza rispetto al piano strada.
- In particolare, l'incremento della temperatura media giornaliera per ogni passaggio da un piano a quello soprastante è risultato pari a  $0.35^{\circ}\text{C}$  (pari quindi a circa  $1^{\circ}\text{C}$  in media per ogni 3 piani).
- Si tratta quindi di una variazione abbastanza rilevante e percepibile dalle persone.



## Monitoraggio qualità dell'aria indoor - CO

Monitoraggio di qualità dell'aria indoor con una particolare attenzione alle emissioni legate al fumo di sigaretta e all'uso di fornellini a gas





# Monitoraggio qualità dell'aria indoor – PM<sub>2.5</sub> e COV







## Monitoraggio qualità dell'aria indoor – Strumentazione

La misura del monossido di carbonio (CO) è stata effettuata tramite 19 Langan T15z (Langan Products, Inc., San Francisco, CA, USA). Il principio di misura di questi strumenti si basa sulle variazioni di corrente elettrica generate dalla trasformazione di CO in CO<sub>2</sub>. Tali correnti sono convertite in concentrazioni di CO opportunamente corrette sulla base dei dati di temperatura forniti da un altro sensore. Il range di misura è 0 – 150 ppm e la risoluzione è di 5 ppb. L'alimentazione è fornita da una batteria. Allo strumento è connesso un datalogger per la memorizzazione dei dati.

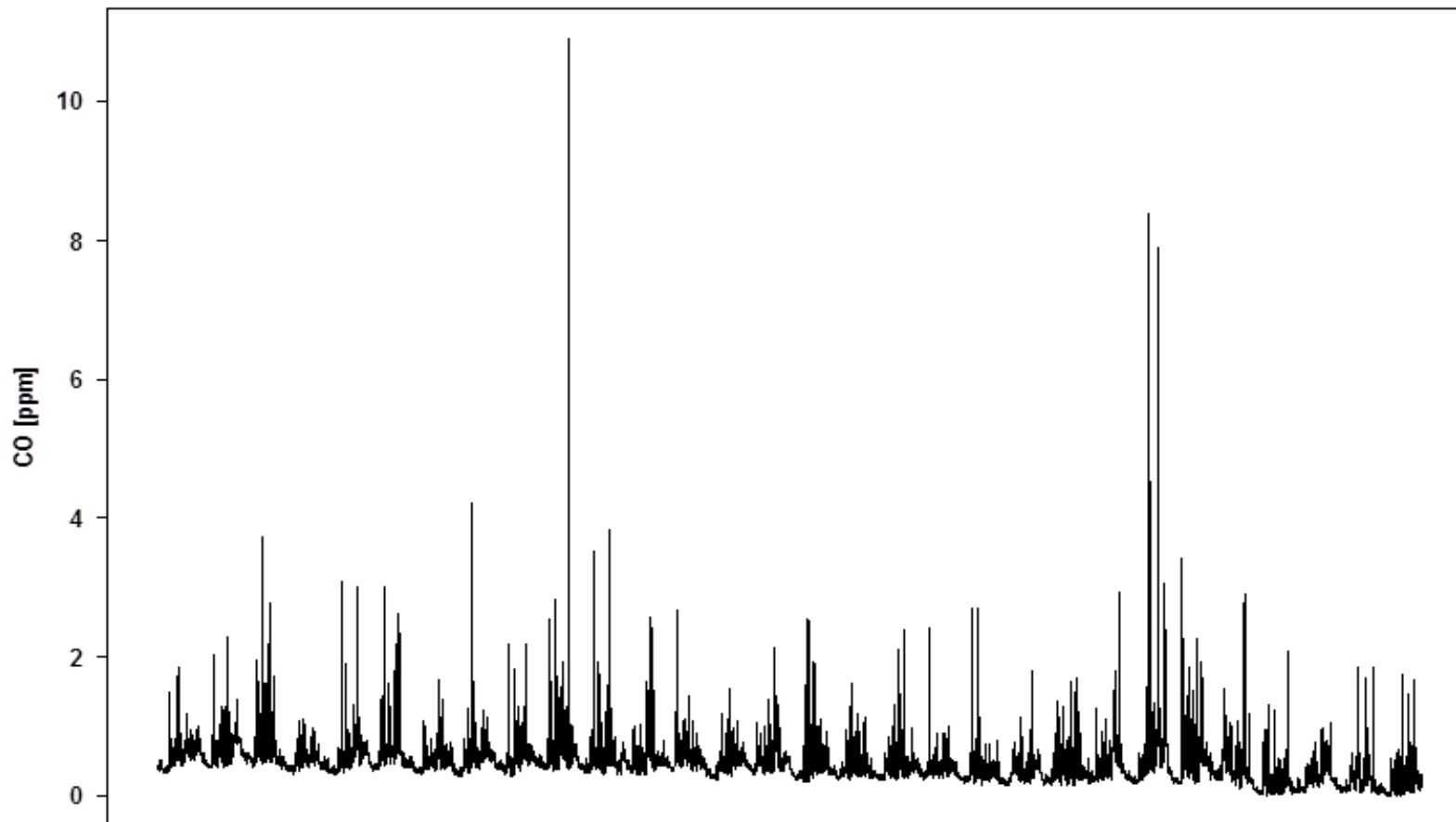
La misura del particolato fine (PM<sub>2.5</sub>) è stata effettuata tramite 4 strumenti LCT-14 (Qbit S.r.l., Firenze, Italy). LCT-14 è un sistema portatile di misura di PM ad alta risoluzione temporale basato sul metodo Laser-scattering. Il range di misura è 0 – 1500 µg/m<sup>3</sup> e la risoluzione è di 2 µg/m<sup>3</sup>. La memorizzazione dei dati avviene tramite un tablet inserito nel case dello strumento. Lo strumento funziona tramite connessione alla rete elettrica.

La misurazione dei COV è avvenuta tramite quattro CORVUS (Ion Science Ltd, Cambs, UK). La misura comprende i principali COV tra cui Benzene, Etilbenzene, Stirene, Tetracloroetilene, Trimetilbenzene, Toluene e Xylene. Lo strumento si basa sulla tecnologia PID (Photo-Ionization Detector) e permette la memorizzazione di più di 20.000 dati. Il range di misura è 0 – 50 ppm e la sensibilità è pari a 5 ppb. Analogamente al Qbit per la misura del PM<sub>2.5</sub>, anche per il CORVUS è richiesta l'alimentazione tramite rete elettrica.



## Risultati monossido di carbonio

Emilia Romagna - Ferrara



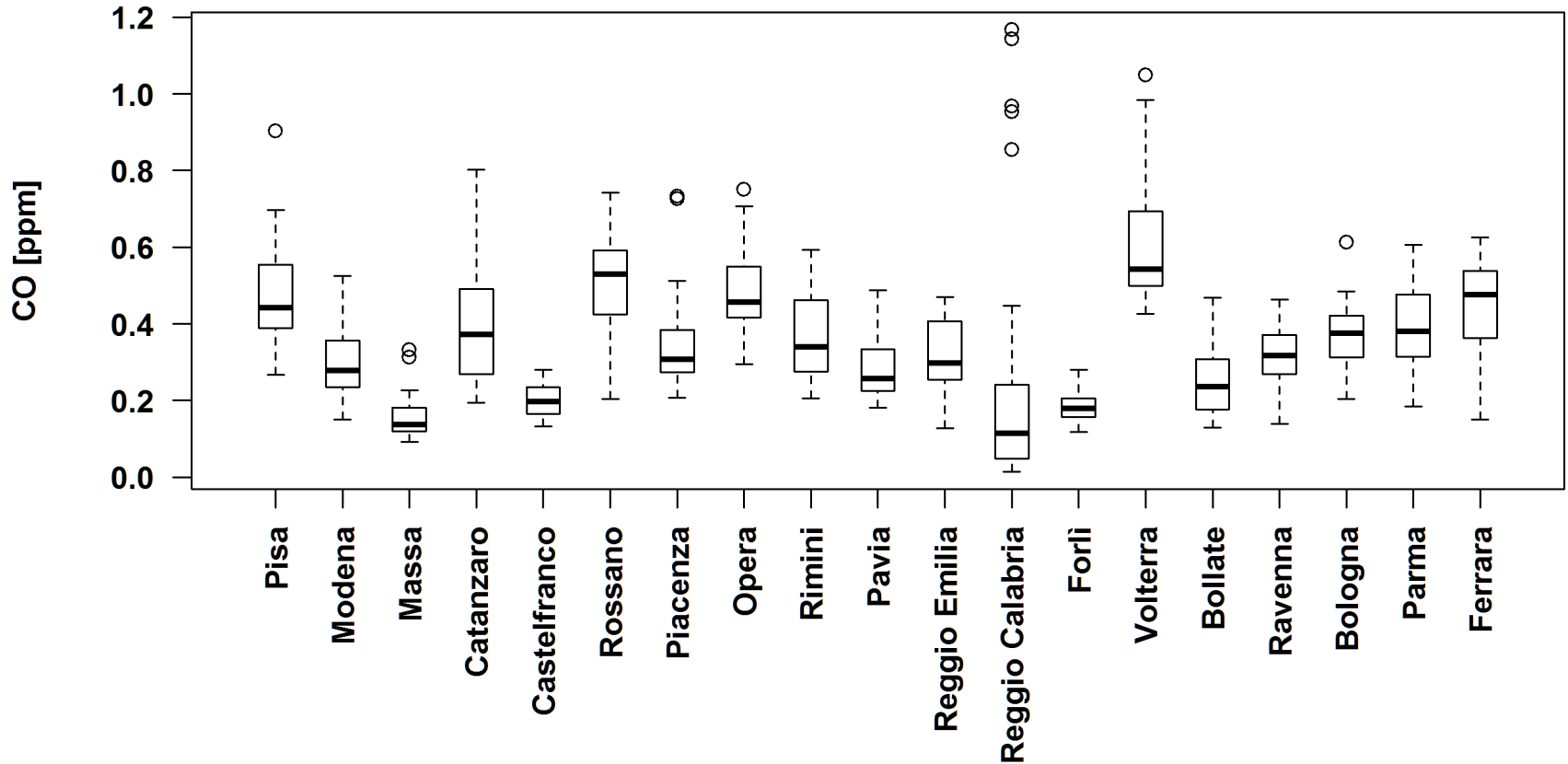
Limiti OMS

15 min = 86 ppm, 1 h = 30 ppm, 8 h = 8.6 ppm, 24 h = 6 ppm



# Risultati monossido di carbonio

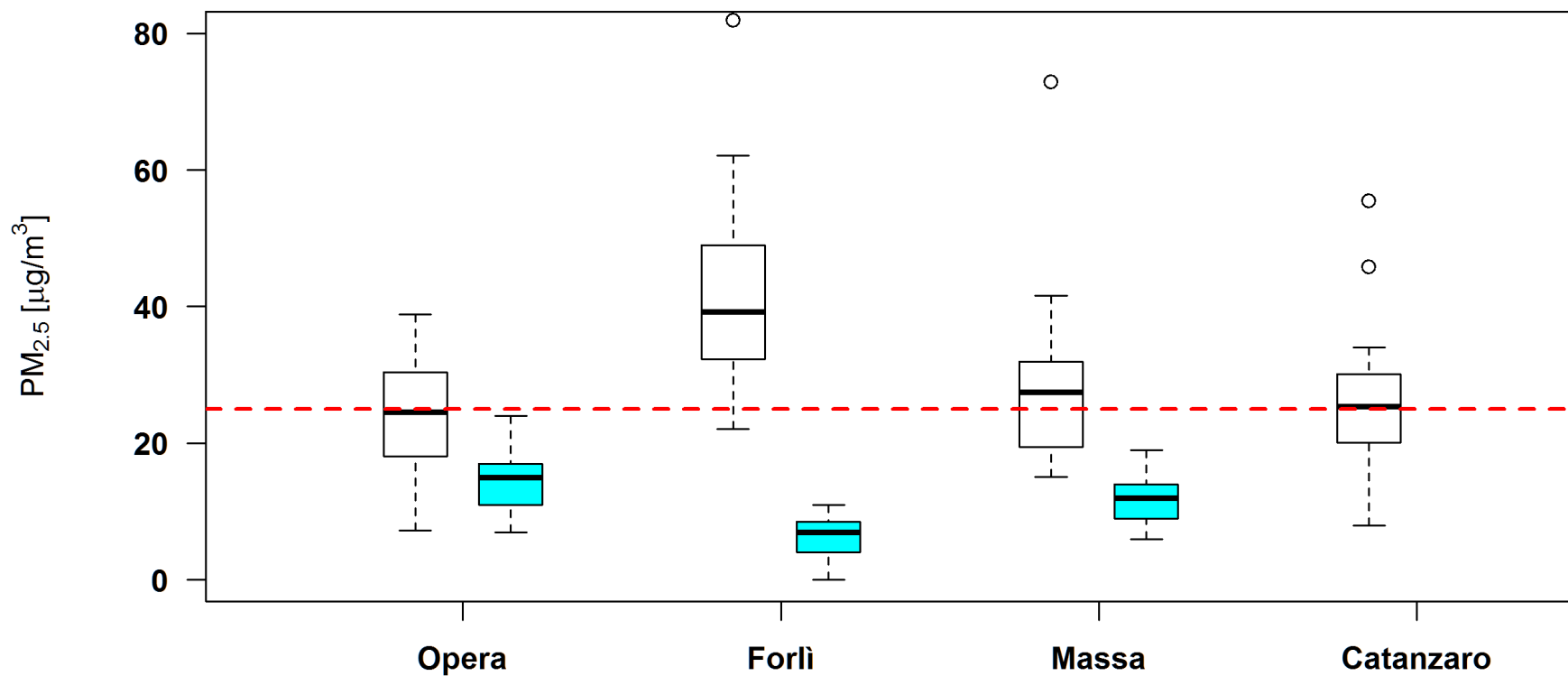
## Quadro generale CO – Dati giornalieri





# Risultati particolato

## Quadro generale PM<sub>2.5</sub> – Dati giornalieri



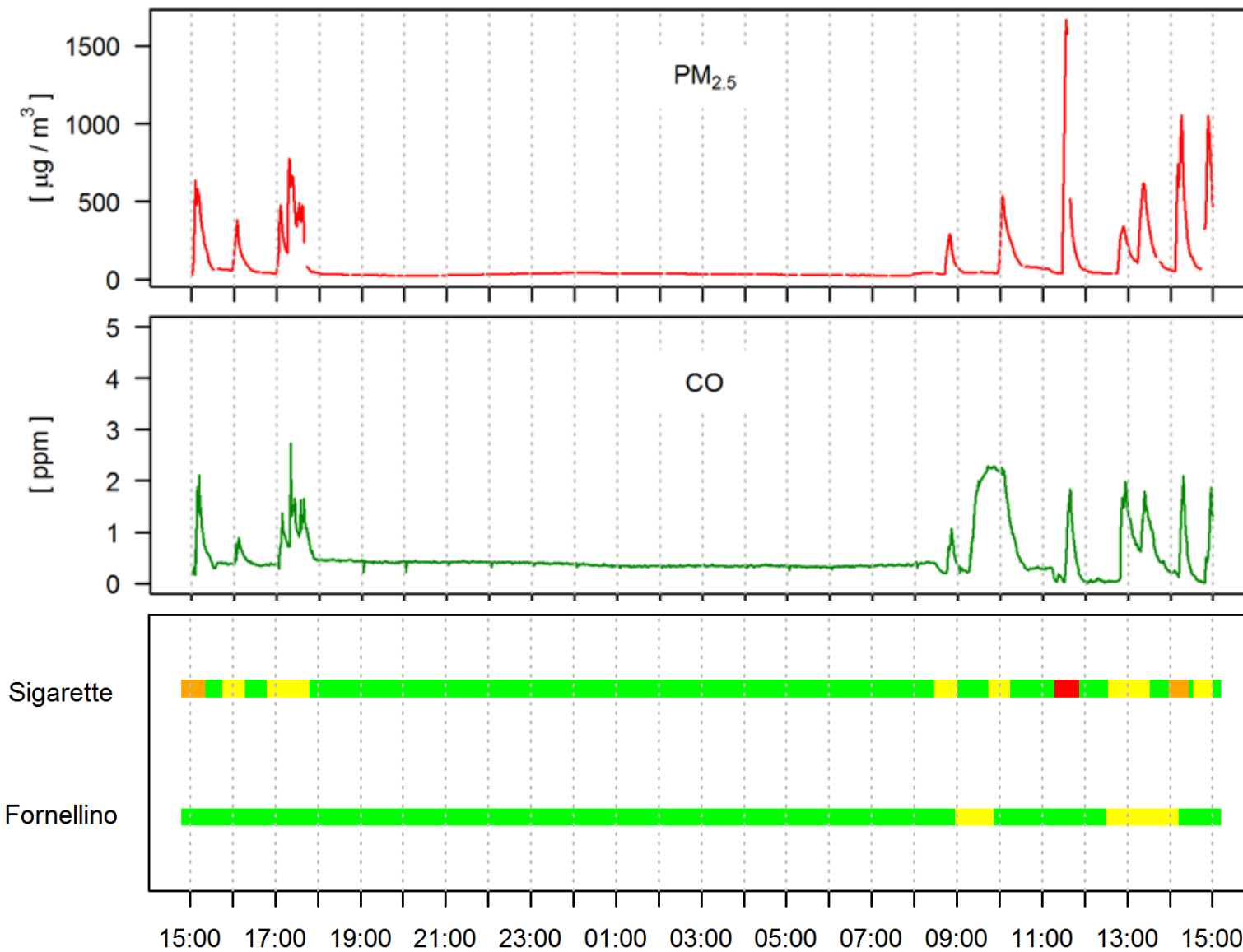


## Simulazione cella – Motivazione e metodologia





# Simulazione cella - Risultati





Grazie per  
l'attenzione