



# Termovalorizzatore di Torino

## Effetti a breve termine sulla salute

Ennio Cadum<sup>1</sup>

Moreno Demaria<sup>1</sup>

Martina Gandini<sup>2,3</sup>

Barbara Lorusso<sup>1</sup>

Maria Rowinski<sup>1</sup>

Antonella Bena<sup>3</sup>

Manuela Oreggia<sup>3</sup>

1. Dipartimento Tematico di Epidemiologia e Salute Ambientale – ARPA Piemonte

2. Dipartimento di Scienze Cliniche e Biologiche - Università di Torino “San Luigi Gonzaga”

3. Struttura Complessa a Direzione Universitaria Servizio Sovrazonale di Epidemiologia - ASL TO3



# Premessa

**Il Programma di Sorveglianza sulla salute della Popolazione nei pressi del Termovalorizzatore di Torino (SPoTT) prevede 5 linee di attività:**

**1. Monitoraggio epidemiologico degli effetti sulla salute dell'inceneritore di Torino – effetti a breve termine**

Responsabile: Dip.to di Epidemiologia e salute Ambientale, Arpa Piemonte.

**2. Sorveglianza epidemiologica degli effetti sulla salute dell'inceneritore di Torino – effetti a lungo termine**

Responsabile: Dip.to di Epidemiologia e salute Ambientale, Arpa Piemonte.

**3. Monitoraggio tossicologico mediante misura di biomarker di esposizione**

Responsabili: Enrico Procopio, ASL TO3, Dip.to di Prevenzione; Giuseppe Salamina, ASL TO1, Dip.to di Prevenzione;

**4. Monitoraggio della salute dei lavoratori addetti all'impianto di termovalorizzazione del Gerbido**

Responsabili: dott.ssa Antonella Bena, S.C.aD.U. Servizio Sovrazonale di Epidemiologia, ASL TO3;

**5. Comunicazione dei risultati e rapporti con la popolazione**

Responsabile: dott.ssa Antonella Bena, S.C.D.U. Servizio Sovrazonale di Epidemiologia, ASL TO3



# 3 Approcci

(validati dal Comitato Tecnico Scientifico)

- 1. Confronto preliminare tra i tassi di accesso al pronto soccorso nella popolazione esposta e non esposta tra periodo precedente e seguente\* l'inizio dell'attività del Termovalorizzatore
- 2. Analisi degli accessi al pronto soccorso nel periodo immediatamente successivo a picchi di emissioni a camino
- 3: Analisi di serie temporali prima e dopo l'avvio dell'impianto\* nella popolazione residente nell'area di maggiore ricaduta e in un'area di controllo
- (pre-post: 27 mesi prima - 27 mesi dopo, con uguale composizione di mesi invernali ed estivi, separati da un intervallo di quattro mesi di attività parziale dell'impianto)



# 1. Confronto tra i tassi di ospedalizzazione Area in studio

Area in studio:

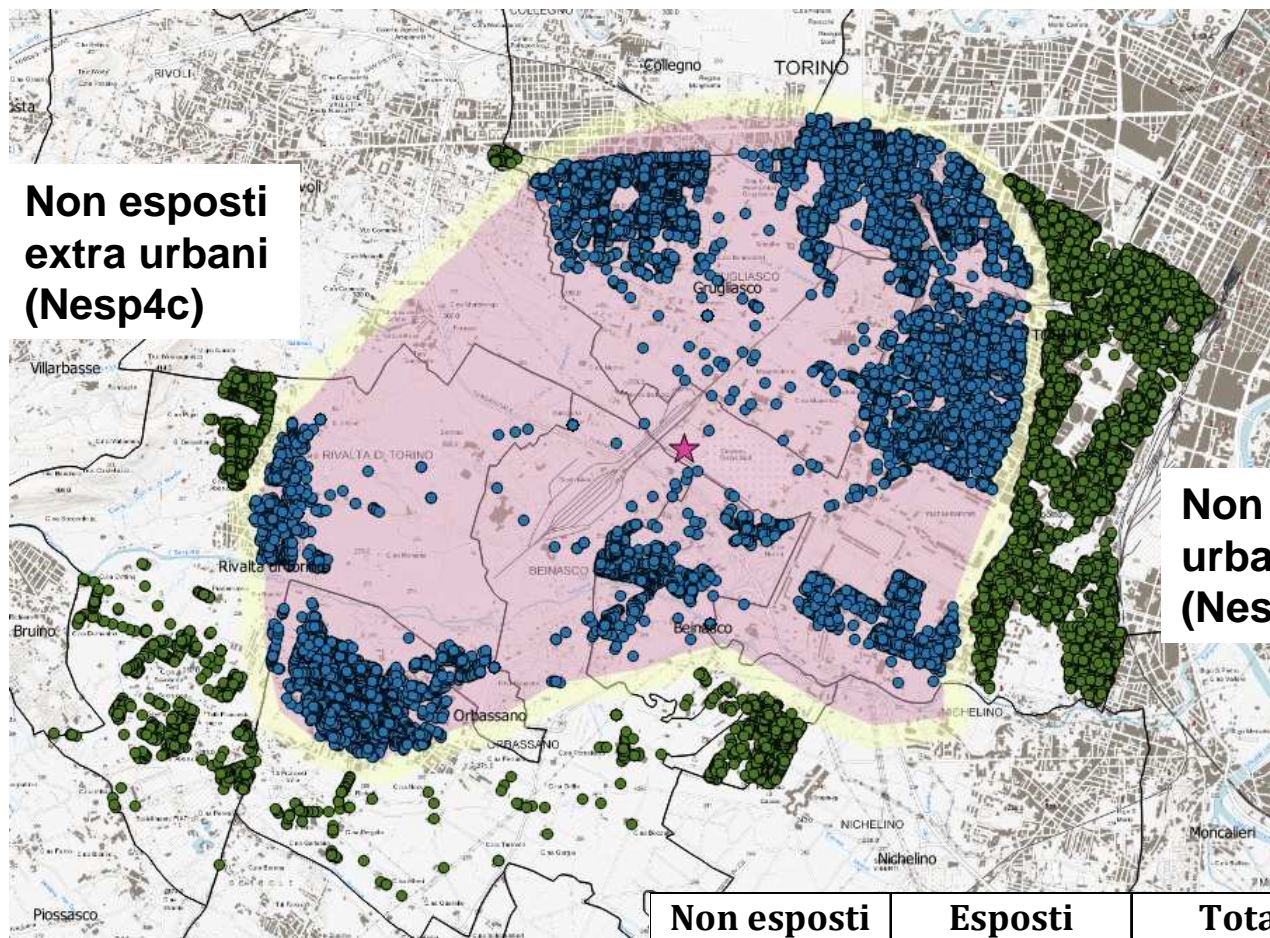
Blu:  
esposti

Verde:  
non  
esposti

(In giallo  
un'area  
esclusa  
dall'analisi)



impianto



Non esposti	Esposti	Totale
107100	156136	263236
41%	59%	



# 1. Confronto tra i tassi di ospedalizzazione Eventi in studio

**Accessi in PS per cause cardio-respiratorie (ICD IX 460-519) nella popolazione in studio e nel periodo in studio, per comune**

	<b>Non esposti</b>	<b>Esposti</b>	<b>Totale</b>
Beinasco	1617 (38.0%)	2641 (62.0%)	4258
Grugliasco	0 (0%)	6945 (100%)	6945
Orbassano	178 (3.8%)	4486 (96.2%)	4664
Rivalta	1609 (53.2%)	1418 (46.8%)	3027
Torino	15102 (49.2%)	15594 (50.8%)	30696
Totale	18506 (37.3%)	31084 (62.7%)	49590

 **Non esposti extra urbani (Nesp4c)**

 **Non esposti urbani (NespTo)**



# 1. Confronto tra i tassi di ospedalizzazione

## Risultati

**Rapporti tra tassi di accesso al pronto soccorso (standardizzati per età) tra esposti e non esposti nesp4c e nespTo secondo il periodo di attività dell'impianto (pre-post)**

periodo	esposizione	Tasso std (x 100.000)	Tasso std 95% i.c	Rate ratio (esp/nesp)	Rate ratio 95% i.c.
PRE	Esp	3871.2	3654.7-4087.7		
PRE	Nesp4c	4577.1	3719.8-5434.3	0,85	0,70-1,03
PRE	NespTo	3362.3	3114.6-3610.0	1,15	1,05-1,26
POST	Esp	4151.3	3937.5-4365.1		
POST	Nesp4c	4738.3	3939.6-5537.1	0,88	0,73-1,05
POST	Nespto	3307.6	3070.2-3545.1	1,26	1,15-1,37



# 1. Confronto tra i tassi di ospedalizzazione Risultati

**Rapporto tra i tassi standardizzati per età (CMF Comparative Morbidity Figure) per periodo (post verso pre): esposti e non esposti**

periodo	esposizione	Tasso std (x 100.000)	Rate ratio (CMF) POST/PRE
POST	esp	4151.3	
PRE	esp	3871.2	1.072
POST	nespto	3362.3	
PRE	nespto	3307.6	1,016
POST	Nesp4C	4738.3	
PRE	Nesp4C	4577.1	1.035

Risk Ratio (POST/PRE) di accesso al pronto soccorso

Esposti verso non esposti residenti a Torino:  $1,072 / 1,016 = 1,055$

Esposti verso non esposti residenti nei 4 comuni:  $1,072 / 1,035 = 1,036$



# 1. Confronto tra i tassi di ospedalizzazione


## Commento

I tassi ottenuti indicano che:

1. Nel periodo POST accensione si è registrato un aumento dei tassi di accesso al Pronto Soccorso in tutta la popolazione in studio (sia tra esposti sia tra non esposti)
2. La popolazione residente nei comuni della cintura ha registrato il tasso maggiore di accesso al pronto soccorso
3. I valori superiori si registrano tra i non esposti dei comuni della cintura metropolitana
4. Il rapporto tra rischi indica un rischio maggiore tra gli esposti rispetto ai non esposti, che tuttavia non è statisticamente significativo (p-value del test DID pari a 0.3578).

Pertanto, sebbene ci sia una tendenza ad una maggiore propensione all'accesso al pronto soccorso dopo la messa in funzione dell'impianto, questa non è statisticamente significativa, neanche considerando un p-value pari a 0.10, derivante dal livello di significatività meno conservativo possibile.





## 2. Analisi degli accessi al pronto soccorso nel periodo immediatamente successivo a picchi di emissioni a camino


### Introduzione

L'analisi è stata condotta nel periodo di 6 giorni successivi ai picchi di emissione (il giorno stesso e i 5 giorni successivi)

È stata svolta confrontando gli eccessi al pronto soccorso in tali giorni con una media su un periodo di 30 giorni (15 giorni prima del picco e 15 giorni dopo)

Sono state individuate due soglie per valutare eventuali eccessi:

- superamenti semplici della media del periodo di 30 giorni
- superamenti significativi (superiori al terzo quartile della distribuzione nei 30 giorni più 1,5 volte il range interquartile).



## 2. Analisi degli accessi al pronto soccorso nel periodo immediatamente successivo a picchi di emissioni a camino

### Definizione dei giorni di picco

Sono state considerate le serie storiche di tutti i metalli autorizzati e di tutte le molecole disponibili all'analisi dello SME

Sono stati individuati i giorni di picco emissivo in base al criterio di presenza di un livello emissivo superiore alla media giornaliera di tutta la serie più due volte la deviazione standard

Tra i parametri studiati i seguenti hanno risposto ai criteri definiti :

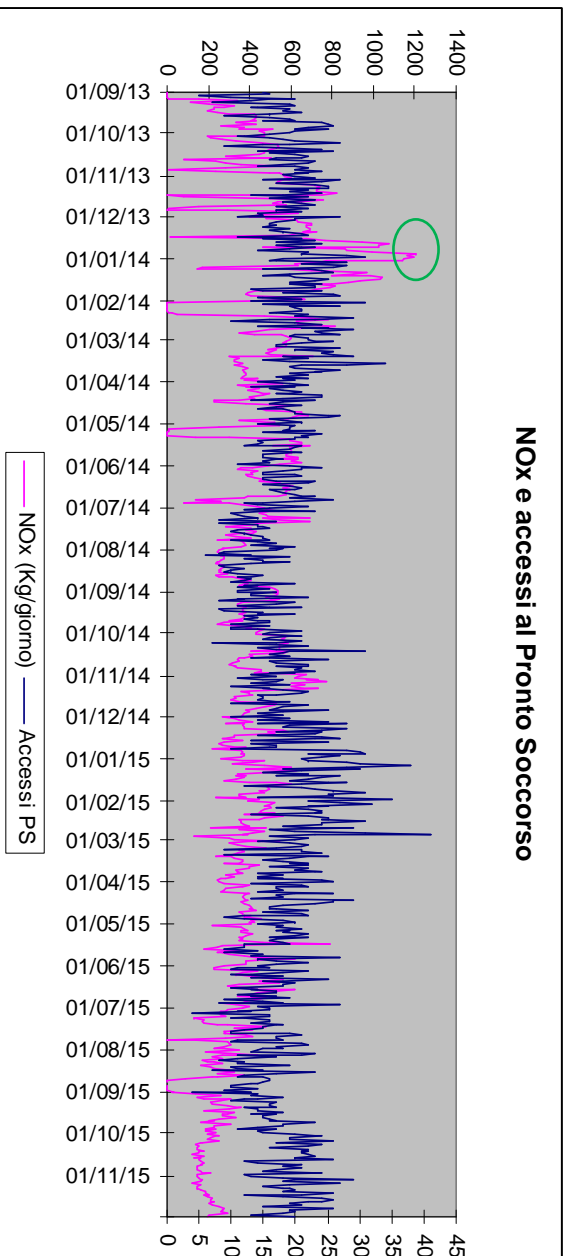
- No<sub>x</sub> (Ossidi di azoto)
- CO (Monossido di carbonio)
- HF (Acido Fluoridrico)
- Hg (Mercurio)

Per il mercurio, oggetto di attenzione particolare, è stato definito un criterio più sensibile (livello emissivo superiore alla media di tutta la serie più una volta la deviazione standard )

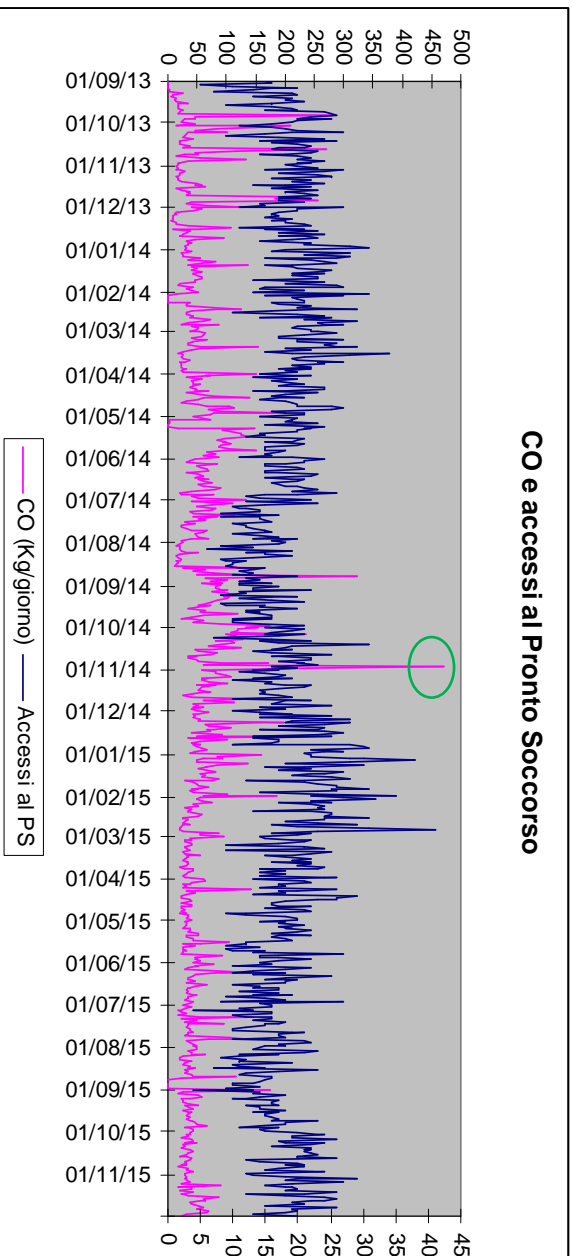


## 2. Analisi degli accessi al pronto soccorso nel periodo immediatamente successivo a picchi di emissioni a camino Andamento di periodo

**NOx e accessi al Pronto Soccorso**



**CO e accessi al Pronto Soccorso**



## 2. Analisi degli accessi al pronto soccorso nel periodo immediatamente successivo a picchi di emissioni a camino

### Risultati

**Effetti delle emissioni a camino: accessi al Pronto Soccorso per cause cardio-respiratorie tra gli esposti nei giorni successivi agli episodi di “picco”.**

Data	Picco	Valore (kg/giorno)	n. PS lag 0-5	PS medi *	Dev.Std *	PS medi **	Dev.Std **	Valore outlier (>q3+1.5xIQR)
29.12.2013	NO <sub>x</sub>	1160,2	28, <u>31</u> ,18,16, 17,28	23,00	6,69	20,77	4,74	34
30.12.2013	NO <sub>x</sub>	1198,2	<u>31</u> ,18,16, 17,28,21	21,83	6,24	20,71	4,74	34
12.03.2014	CO	154,53	29,18,22,15,19, <u>34</u>	22,83	10,37	22,33	4,16	35
09.12.2014	CO	160,09	28,24,17,24,23,14	21,67	5,16	18,90	5,36	38
03.01.2015	HF	0,84	28,30,38,28,18,30	28,67	6,41	23,00	6,15	42
18.01.2015	HF	1,01	28,21,12,21,23,26	21,83	5,56	24,13	5,85	38
23.02.2015	HF	0,86	31, <u>41</u> ,23,16,22,20	25,50	9,05	21,77	6,17	33

#### Note:

\* calcolo sul periodo di 5 gg successivi al picco

\*\* calcolo sul periodo di 30 gg (15 gg prima e 15 gg dopo il picco)

In carattere sottolineato il numero di accessi al P.S. superiori alla media del periodo calcolata sui 30 giorni (quindici prima e quindici dopo il valore in analisi) più due volte la Deviazione Standard.

In grassetto e sottolineato i valori che superano il “valore outlier”, con il test non parametrico.

## 2. Analisi degli accessi al pronto soccorso nel periodo immediatamente successivo a picchi di emissioni a camino

### Risultati

**Effetti dei picchi di emissioni di Mercurio (Hg) a camino: numero di accessi al Pronto Soccorso (n. PS) per cause cardio-respiratorie tra gli esposti nei giorni successivi agli episodi di “picco”, media, dev. Std e confronto con la media di periodo**

Data	Picco	Valore (g/giorno)	n. PS lag 0-5	PS medi *	Dev.Std *	PS medi **	Dev.Std **	1	2	Valore outlier (>q3+1.5xIQR)
18.03.2014	Hg	151,51	<u>28</u> ,21,19,20, <u>27</u> ,23	23	3,74	21,60	4,51	26.11	30.6	31
25.12.2014	Hg	101,38	28, <u>30</u> , <u>31</u> ,22,27,24	27	3,46	22,87	6,40	29.27	35.67	43
05.01.2015	Hg	138,14	<u>38</u> ,28,18, <u>30</u> ,21,15	25	8,58	23,33	5,93	29.26	35.19	41
08.01.2015	Hg	153,1	<u>30</u> ,21,15,22,17,27	22	5,73	23,53	5,92	29.45	35.37	38
18.01.2015	Hg	151,26	28,21,12,21,23,26	21,83	5,56	24,13	5,85	29.98	35.83	38
02.02.2015	Hg	118,23	<u>32</u> ,22,25,17,22,24	23,67	4,93	23,77	5,16	28.93	34.09	32

Note:

\*media dei 5 gg successivi al picco (più il giorno stesso del picco)

\*\*media di periodo su 30 gg (15 gg prima e 15 gg dopo il picco)

1: MEDIA + DEVIAZIONE STANDARD, 2: MEDIA + (2\*DEVIAZIONE STANDARD)

In carattere sottolineato il numero di accessi al P.S. superiori alla media del periodo calcolata sui 30 giorni (quindici prima e quindici dopo il valore in analisi) più una Deviazione Standard.

In **grassetto e sottolineato** i valori che superano il “valore outlier”, con test non parametrico.

## 2. Analisi degli accessi al pronto soccorso nel periodo immediatamente successivo a picchi di emissioni a camino

### Commento ai Risultati

L'analisi non ha rilevato eccessi sistematici statisticamente significativi (indipendentemente dai valori soglia scelti) dopo episodi di picco

Sono stati riscontrati alcuni casi sporadici di valori giornalieri in eccesso.

L'interpretazione di tali risultati, dato il carattere sporadico degli eccessi riscontrati, depone per eventi casuali, senza una correlazione sistematica con tali episodi di picco



## 3. Analisi di serie temporali

Questa parte dello studio ha analizzato gli effetti a breve termine delle concentrazioni di NO<sub>2</sub> nell'area dell'inceneritore di rifiuti sugli accessi in pronto soccorso e sulla ospedalizzazione;

Il modello di studio case-crossover presenta un impianto metodologico che utilizza un approccio pre-post e una popolazione di riferimento come confronto dei rischi rilevati;

I metodi di studio degli effetti a breve termine sono stati mutuati dagli studi di serie temporale degli inquinanti atmosferici nazionali



## 3. Analisi di serie temporali

Sono stati analizzati i seguenti esiti sanitari:

- Ricoveri ospedalieri urgenti per patologie cardiorespiratorie
- Accessi al Pronto soccorso per patologie cardiorespiratorie
- Accessi al Pronto soccorso per eventi coronarici acuti
- Accessi al Pronto soccorso per cause violente (*causa di controllo*)

Non è stata analizzata la mortalità a causa dell'esiguità degli eventi

Gli esiti sanitari sono stati studiati in relazione all'andamento delle concentrazioni di NO<sub>2</sub>, unico inquinante misurato nell'area dalle centraline di monitoraggio della qualità dell'aria in tutto il periodo di studio





## Metodi: le analisi di serie temporali

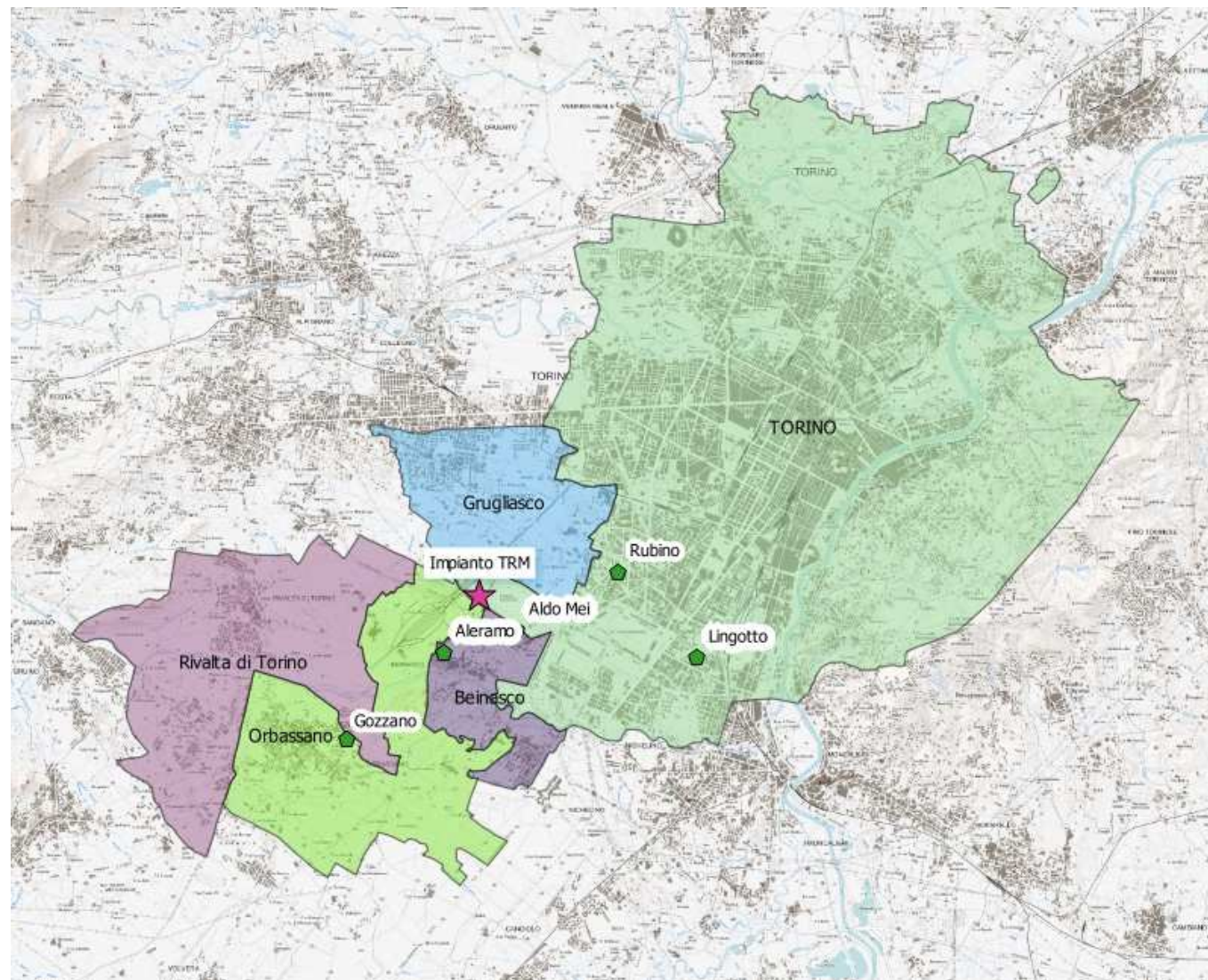
---

Nel modello di analisi di serie temporali sono stati inseriti i dati relativi a possibili confondenti conosciuti della relazione inquinamento-esiti sanitari:

- *epidemie di influenza*
- *periodi di decremento della popolazione*
- *giorno della settimana*
- *festività*
- *concentrazioni polliniche*
- *ondate di calore*
- *Temperatura (sia come massima sia come minima)*
- *pioggia (mm al giorno registrati nelle centraline)*
- *umidità relativa*

# 3. Analisi di serie temporali

Centraline di monitoraggio della qualità dell'aria nella zona dello studio

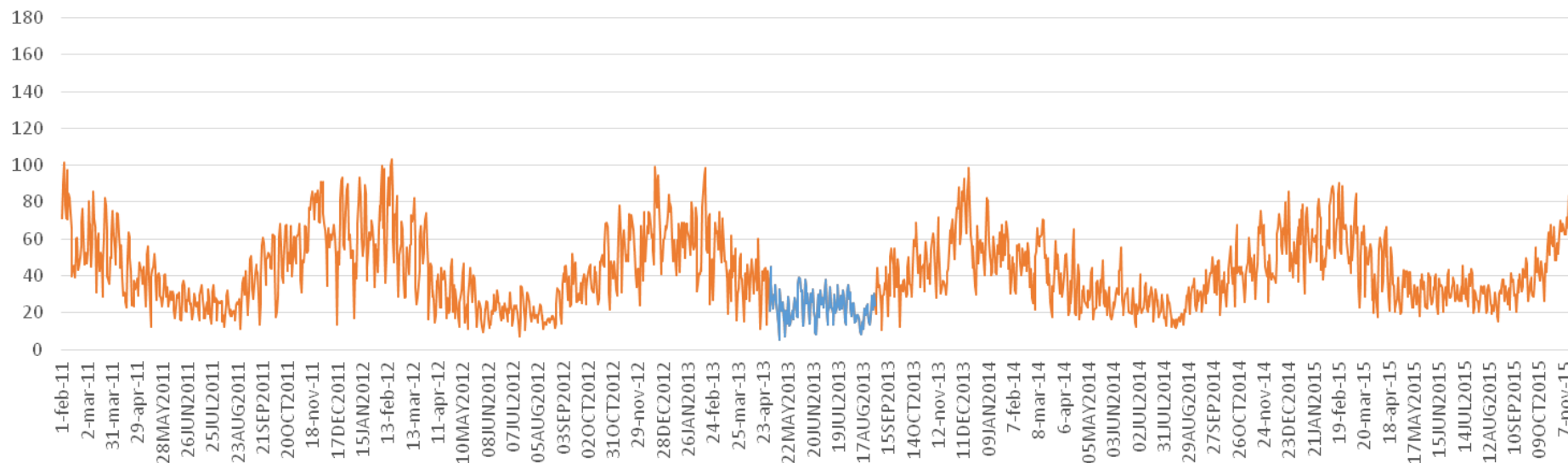


# 3. Analisi di serie temporali

**Statistica descrittiva dei valori di NO<sub>2</sub> registrati nelle 5 centraline nel periodo in studio**

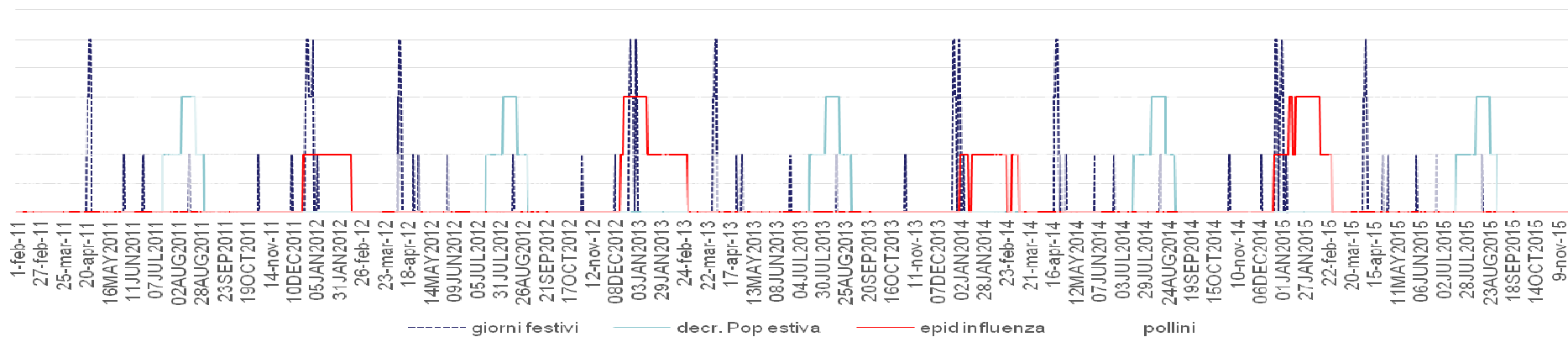
	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Dev std</b>	<b>Minimo</b>	<b>Massimo</b>
Beinasco_Aldo_Mei	1196	42.61	18.61	5.25	99.25
Torino_Lingotto	1745	43.00	22.72	5.58	127.92
Aleramo_Beinasco	1452	34.65	20.65	3.08	120.86
Torino_Rubino	1792	44.56	21.38	8.58	123.17
Orbassano_Gozzano	1790	34.48	19.47	3.79	108.83

**Andamento delle concentrazioni di NO<sub>2</sub> (media centraline Aldo mei – Lingotto –Rubino) nel periodo in studio**



# 3. Analisi di serie temporali

Andamento dei periodi pollinici, influenzali, festività e di decremento della popolazione nel periodo in studio





# 3. Analisi di serie temporali

## Risultati principali

Variazioni percentuale di rischio per cause cardio-respiratorie all'incremento di  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  di  $\text{NO}_2$  al lag 0-5 (media delle centraline di esposti e non esposti), con relativo IC al 95%. Risultati complessivi dell'effetto dell' $\text{NO}_2$  per i 2 periodi PRE e POST, dettagliati per area di esposizione. **Accessi in PS.**

		<b>RR (IC 95%)</b>
Esposti	TUTTO IL PERIODO	1.55 (-0.37; 3.51)
	PRE	-0.17 (-2.72; 2.45)
	POST	1.74 (-1.31; 4.89)
Non esposti TO+4C	TUTTO IL PERIODO	0.46 (-2.46; 3.46)
	PRE	1.11 (-2.74; 5.12)
	POST	-1.26 (-6.19; 3.93)



# 3. Analisi di serie temporali

## Risultati principali

### Mesi estivi (aprile-settembre)

Variazioni percentuale di rischio per cause cardio-respiratorie all'incremento di  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  di  $\text{NO}_2$  al lag 0-5 (media delle centraline di esposti e non esposti), con relativo IC al 95%. Risultati complessivi dell'effetto dell' $\text{NO}_2$  per i 2 periodi PRE e POST, dettagliati per area di esposizione. In grassetto gli incrementi statisticamente significativi.

Accessi al P.S.

		<b>RR (IC 95%)</b>
Esposti	TUTTO IL PERIODO	<b>5.88 (1.37; 10.58)</b>
	PRE	4.76 (-1.77; 11.73)
	POST	6.55 (-0.02; 13.54)
Non esposti TO+4C	TUTTO IL PERIODO	0.61 (-6.05; 7.74)
	PRE	-4.91 (-13.98; 5.12)
	POST	6.04 (-4.36; 17.57)

# 3. Analisi di serie temporali

## Risultati principali

Effetti dell'NO<sub>2</sub> per popolazione esposta e non esposta, pre e post avvio dell'impianto  
Variazioni percentuale di rischio per eventi coronarici acuti all'incremento di 10 µg/m<sup>3</sup> di NO<sub>2</sub> al lag 0-5 (media delle centraline di esposti e non esposti), con relativo IC al 95%. Risultati complessivi dell'effetto dell'NO<sub>2</sub> per i 2 periodi PRE e POST, dettagliati per area di esposizione. **Ricoveri ospedalieri.**

		RR (IC 95%)	p-value
Esposti	TUTTO IL PERIODO	4.41 (-3.81; 13.34)	0.8174
	PRE	-2.77 (-12.33; 7.82)	
	POST	<b>18.81 (2.77; 37.35)</b>	
Non esposti TO+4C	TUTTO IL PERIODO	-3.22 (-13.59; 8.40)	0.0663
	PRE	6.83 (-7.75; 23.70)	
	POST	-13.81 (-29.01; 4.63)	
Non esposti TO	TUTTO IL PERIODO	-4.26 (-13.43; 5.88)	<b>0.0277</b>
	PRE	4.33 (-8.04; 18.38)	
	POST	-15.17 (-29.27; 1.73)	
Non esposti 4C	TUTTO IL PERIODO	14.46 (-7.61; 41.79)	0.6523
	PRE	19.36 (-10.36; 58.93)	
	POST	12.53 (-19.47; 57.24)	



# 3. Analisi di serie temporali

## Commento

I risultati delle analisi di serie temporali condotte devono essere valutati con molta prudenza.

La dimensione della popolazione in studio, in particolare della popolazione esposta, non ha permesso le analisi classiche di mortalità.

Sono state invece effettuate le analisi dei ricoveri ospedalieri, ma i risultati presentano intervalli di confidenza ampi (e quindi incertezza nelle stime), proprio a causa della piccola dimensione della popolazione.

Infine sono state condotte analisi anche per gli accessi al pronto soccorso nei nosocomi vicini all'area in studio, che presentano la numerosità maggiore. Proprio al fine di ottenere stime sufficientemente robuste dal punto di vista statistico il periodo in studio è stato inoltre prolungato rispetto al protocollo (in cui era fissato nei 12 mesi successivi all'inizio dell'attività dell'impianto) fino al periodo considerato di 27 mesi.

Sempre a causa della bassa numerosità della popolazione in studio, non si sono potute fare analisi su cause particolari, ma sono state prese tutte le cause cardio-respiratorie (ed un approfondimento sugli eventi coronarici acuti)





# 3. Analisi di serie temporali

## Commento

La lettura dei risultati per la categoria più numerosa di eventi (passaggi in pronto soccorso) evidenzia una tendenza ad avere rischi maggiori nella popolazione residente nell'area della cintura metropolitana, sia tra gli esposti sia tra i non esposti.

Tuttavia gli intervalli di confidenza tra i rischi riscontrati tra gli esposti e i non esposti sono sempre sovrapponibili, quindi si può parlare solo di tendenza e non di risultati statisticamente significativi.

La motivazione di tale rischio aumentato, presente anche per una causa non correlata con l'esposizione, quali le cause esterne, porta ad evidenziare una maggiore propensione ad accedere al pronto soccorso e al ricovero nella popolazione della cintura metropolitana rispetto alla popolazione di Torino, così come visto con l'approccio 1 (confronto tra tassi di accesso, PRE e POST)



# 3. Analisi di serie temporali

## Commento

Gli effetti sui ricoveri ospedalieri documentano rischi per lo più non significativi e con intervalli di confidenza molto ampi (risultato dovuto alla bassa numerosità degli eventi in studio), con poche eccezioni, ma concentrate tra la popolazione esposta e nel periodo post avvio dell'impianto.

Se da un lato tra i ricoveri vi sono meno eventi e quindi le stime sono più instabili (intervalli di confidenza più ampi), dall'altro sono eventi generalmente più chiaramente definiti sotto l'aspetto nosologico rispetto agli accessi in pronto soccorso.

È poco probabile che tale maggiore rischio riscontrato nella popolazione esposta, per lo più nel periodo post avvio dell'impianto, in alcune occasioni significativo, rappresenti un effetto del mix di sostanze emesse solo dal termovalorizzatore, di cui l'NO<sub>2</sub> è il tracciante, purtroppo unico parametro presente in tutto il periodo considerato



# Effetti a breve termine

## Conclusioni complessive

Non è stato riscontrato complessivamente un effetto a breve termine dell'impianto di incenerimento dei rifiuti.

Eccessi di ricoveri e passaggi in pronto soccorso presenti nella cintura metropolitana torinese suggeriscono di indagare le altre sorgenti presenti in tale area ed il loro contributo locale