

Sistema Socio Sanitario



Regione
Lombardia

ATS Milano
Città Metropolitana

VALUTAZIONE DELLO STATO DI SALUTE DELLA POPOLAZIONE RESIDENTE NELL'AREA INTORNO ALL'INCENERITORE SILLA 2

Marzo 2019

SOMMARIO

PREMESSA	5
MATERIALI E METODI	6
Disegno dello studio	6
Definizione della coorte, georeferenziazione e follow-up	6
Figura 1. Comuni e CAP inclusi nel dominio di interesse in un quadrato di 20Km incentrato sul Termovalorizzatore	7
Caratterizzazione dell'area in studio	8
Tabella 1. Uso del suolo, classificazione CORINE 2012	8
Figura 2. Tratti stradali e autostradali ricadenti nel dominio di interesse. In rosso le autostrade, in blu le strade principali e in verde le strade secondarie	8
Figura 3. Punti di interesse attorno al termovalorizzatore: stabilimenti a rischio di incidente rilevante (RIR), impianti sottoposti ad Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) e depuratori (dati ARPA Lombardia)	9
Tabella 2. Emissioni di NOx e PTS (t/anno e percentuale sul totale) differenziati per macrosettore (dati ARPA Lombardia) nell'area in studio	10
Figura 4. Distribuzione spaziale delle medie annuali di PM10 sul territorio lombardo 2016 (fonte ARPA Lombardia)	11
Figura 5. Distribuzione spaziale delle medie annuali di NO2 sul territorio lombardo 2016 (fonte ARPA Lombardia)	11
Emissioni e simulazioni	12
Dati meteorologici	12
Tabella 3. Stazioni di monitoraggio ARPA utilizzate per la creazione dell'input meteorologico, coordinate della centralina e distanza della centralina dal termovalorizzatore	14
Tabella 4. Distribuzione percentuale della velocità del vento in classi, centraline ARPA	14
Tabella 5. Percentuale di dati invalidi per mese e per centralina per i parametri di direzione del vento, velocità del vento e temperatura	15
Tabella 6. Percentuale di dati invalidi per mese e per centralina per i parametri di umidità e precipitazione	16
Figura 6. Rosa dei venti centralina ARPA di Cinisello Balsamo	17
Figura 7. Rosa dei venti simulata dal processore meteorologico CALMET nelle vicinanze della centralina ARPA di Cinisello Balsamo	17
Figura 8. Rosa dei venti alle coordinate dell'impianto produttivo a 10 metri dal suolo	18
Figura 9. Rosa dei venti alle coordinate dell'impianto produttivo all'altezza del camino (120m)	18
Dati di emissione	19
Tabella 7. Stato dell'impianto (semi-ore) per anno e linea di emissione	20

Tabella 8. Descrittive di portata (Nm ³ /h a 20°C riferita ai fumi secchi), concentrazione di NOx (g/s), di PTS (g/s), tenore di ossigeno (%V), velocità dei fumi (m/s) e temperatura (°C) relativi all'anno di emissione 2015.....	20
Modelli di dispersione	21
Figura 13. Linee di isoconcentrazione PTS, ricadute anno 2015.	25
Gli indicatori di salute	26
Mortalità.....	26
Tabella 9. Esiti di mortalità investigati, classificazione ICD9 e ICD10.....	27
Incidenza di tumori maligni	28
Tabella 10. Tumori investigati, classificazione ICDO3.	28
Ricoveri Ospedalieri.....	28
Pronto Soccorso.....	28
Consumo di farmaci.....	29
Analisi Statistica	29
RISULTATI	30
MORTALITÀ.....	30
INCIDENZA DI TUMORI	30
RICOVERI OSPEDALIERI.....	30
ACCESSI A PRONTO SOCCORSO	31
CONSUMO DI FARMACI RESPIRATORI	31
ANALISI DELLA FRAZIONE ATTRIBUIBILE DI EVENTI	31
ANALISI DI SENSIBILITÀ	32
CONCLUSIONI	33
Tabella 11. Sintesi dei risultati dello studio	34
BIBLIOGRAFIA	36
Tabella 12. Distribuzione di alcune variabili sociodemografiche per le differenti aree in studio negli anni 2015-2017.....	37
ANALISI DELLA MORTALITÀ PER CAUSA	38
Tabella 13. Analisi del rischio di decesso.....	39
Figura 14. Rischio di decesso e intervalli di confidenza al 95% per l'esposizione alta vs non esposizione all'NOx (a) e PTS (b).	39
ANALISI DELLA INCIDENZA DI TUMORI MALIGNI	40
Tabella 14. Analisi del rischio di tumore.....	41
Figura 15. Rischio di tumore e intervalli di confidenza al 95% per l'esposizione alta vs non esposizione all'NOx (a) e PTS (b).	41
ANALISI DEI RICOVERI OSPEDALIERI	42
Tabella 15. Analisi del rischio di ricovero	43
Figura 16. Rischio di ricovero e intervalli di confidenza al 95% per l'esposizione alta vs non esposizione all'NOx (a) e PTS (b).	43
ANALISI DEGLI ACCESSI AL PRONTO SOCCORSO	44

Tabella 16. Analisi del rischio di accesso al pronto soccorso in codice bianco	45
Figura 17. Rischio di accesso al PS in codice bianco e intervalli di confidenza al 95% per l'esposizione alta vs non esposizione all'NOx (a) e PTS (b).	45
Tabella 17. Analisi del rischio di accesso al pronto soccorso in codice verde	46
Figura 18. Rischio di accesso al PS in codice verde e intervalli di confidenza al 95% per l'esposizione alta vs non esposizione all'NOx (a) e PTS (b).	46
Tabella 18. Analisi del rischio di accesso al pronto soccorso in codice rosso o giallo	47
Figura 19. Rischio di accesso al PS in codice giallo o rosso e intervalli di confidenza al 95% per l'esposizione alta vs non esposizione all'NOx (a) e PTS (b).....	47
ANALISI DEL CONSUMO DI FARMACI RESPIRATORI	48
Tabella 19. Analisi del rischio di consumo dei farmaci respiratori	49
Figura 20. Rischio di consumo di farmaci respiratori e intervalli di confidenza al 95% per l'esposizione alta vs non esposizione all'NOx (a) e PTS (b).	49
ANALISI DELLA FRAZIONE ATTRIBUIBILE	50
Tabella 20. Analisi della frazione attribuibile di eventi per l'esposizione all'NOx.....	51
Figura 21. Rischio di decesso e accesso al pronto soccorso e intervalli di confidenza al 95% per l'esposizione alta vs non esposizione all'NOx, analisi degli eccessi significativi.	51
Tabella 21. Analisi di sensibilità dei risultati significativi per l'esposizione all'NOx	52
Tabella 22. Analisi di sensibilità per l'outcome mortalità	52

PREMESSA

La comunità scientifica studia da molti anni le possibili associazioni tra l'esposizione alle emissioni degli inceneritori e la salute umana. Alcuni studi sono risalenti ad un periodo in cui gli impianti di incenerimento non adottavano le moderne tecnologie per limitare emissioni e dispersione degli inquinanti. Ciò nonostante esistono indicazioni che non fanno escludere una serie di effetti negativi sulla salute umana di questa metodica di trattamento dei rifiuti.

In data 27 marzo 2018 l'Assessore Marco Granelli del Comune di Milano, il Sindaco di Pero Maria Rosa Belotti, l'Assessore Gianluigi Forloni del Comune di Rho, il Sindaco di Settimo Milanese Sara Santagostino, il Sindaco di Cornaredo Yuri Santagostino e il referente CTS Bruno Villavecchia si sono incontrati presso l'Agenzia di Tutela della Salute della Città Metropolitana di Milano con il Direttore Generale Marco Bosio per chiedere l'effettuazione di una indagine epidemiologica per valutare lo stato di salute della popolazione residente esposta alle ricadute delle emissioni dell'inceneritore Silla2.

Questo documento, prodotto dalla Unità di Epidemiologia della ATS della Città Metropolitana di Milano, analizza lo stato di salute della popolazione residente nell'area dell'inceneritore Silla 2. Nel presente studio si è deciso di basare la maggior parte della scelta degli indicatori sulla consolidata esperienza italiana del gruppo di lavoro SENTIERI che ha dettagliatamente analizzato quanto disponibile in letteratura sull'argomento. Inoltre, sono state prodotte alcune estensioni alla luce di recenti studi che analizzano gli effetti acuti utilizzando ulteriori indicatori di outcome.

MATERIALI E METODI

Disegno dello studio

È stato utilizzato un disegno di studio di coorte residenziale aperta e dinamica, in linea con altri studi condotti per valutare la salute dei residenti in aree critiche dal punto di vista ambientale.¹ Sono stati considerati i movimenti migratori in entrata e in uscita nell'area considerata, i movimenti all'interno dell'area, le nascite e i decessi avvenuti durante il periodo di follow-up. In particolare, per i soggetti con variazioni di residenza nel periodo considerato sono stati calcolati i periodi di residenza ed è stato preso in considerazione quello maggiore.

Definizione della coorte, georeferenziazione e follow-up

La coorte residenziale è stata costruita in tre passaggi distinti:

- 1) Tramite il software ArcGIS sono stati individuati i comuni che ricadono nel dominio di interesse rappresentato da un quadrato di 20Km di lato, il cui centro è rappresentato dal termovalorizzatore Silla2 (Coordinate UTM 32N 505440;5039023) come indicato in Figura 1. I comuni compresi sono 40: Albairate, Arese, Arluno, Assago, Baranzate, Bareggio, Bollate, Bresso, Buccinasco, Canegrate, Cerro Maggiore, Cesano Boscone, Cesate, Cinisello Balsamo, Cislino, Corbetta, Cormano, Cornaredo, Corsico, Cusago, Cusano Milanino, Gaggiano, Garbagnate Milanese, Lainate, Milano, Nerviano, Novate Milanese, Paderno Dugnano, Parabiago, Pero, Pogliano Milanese, Pregnana Milanese, Rho, San Vittore Olona, Sedriano, Senago, Settimo Milanese, Trezzano sul Naviglio, Vanzago, Vittuone. Per il comune di Milano sono stati considerati i CAP come unità elementari e pertanto sono stati considerati i residenti nei seguenti CAP (in totale 29): 20162, 20161, 20157, 20156, 20151, 20153, 20152, 20147, 20142, 20141, 20139, 20146, 20148, 20149, 20144, 20145, 20155, 20154, 20121, 20123, 20122, 20124, 20135, 20158, 20159, 20125, 20136, 20143;
- 2) Tramite l'anagrafe degli assistiti storicizzata (NAR) sono stati individuati i residenti nei comuni interessati e assistiti dall'ATS Città Metropolitana di Milano negli anni 2015-2017. Il disegno dello studio utilizzato è, quindi, di

coorte dinamica in quanto sono stati considerati tutti i movimenti migratori, in entrata e uscita;

- 3) Per ciascun soggetto residente individuato nel punto 2, è stata eseguita la geolocalizzazione sulla base dell'indirizzo della residenza. Sono stati infine selezionati gli assistiti con indirizzo ricadente nel dominio di interesse.

Essendo lo studio condotto con un approccio di coorte residenziale dinamica è stata considerata come data di ingresso nella coorte l'anno 2015 e come data di censura il follow-up dello stato o la data del decesso o del primo evento di incidenza di tumore, ricovero ospedaliero, accesso al pronto soccorso, consumo di farmaci respiratori. L'approccio retrospettivo di coorte residenziale è basato sulla ricostruzione della storia residenziale utilizzando i dati reperiti dalle anagrafi degli assistiti storicizzate. La popolazione della ATS è stata georeferenziata completamente nel corso del 2017 e mediante l'utilizzo del programma ArcGis viene mantenuto l'aggiornamento dei nuovi ingressi in anagrafe.

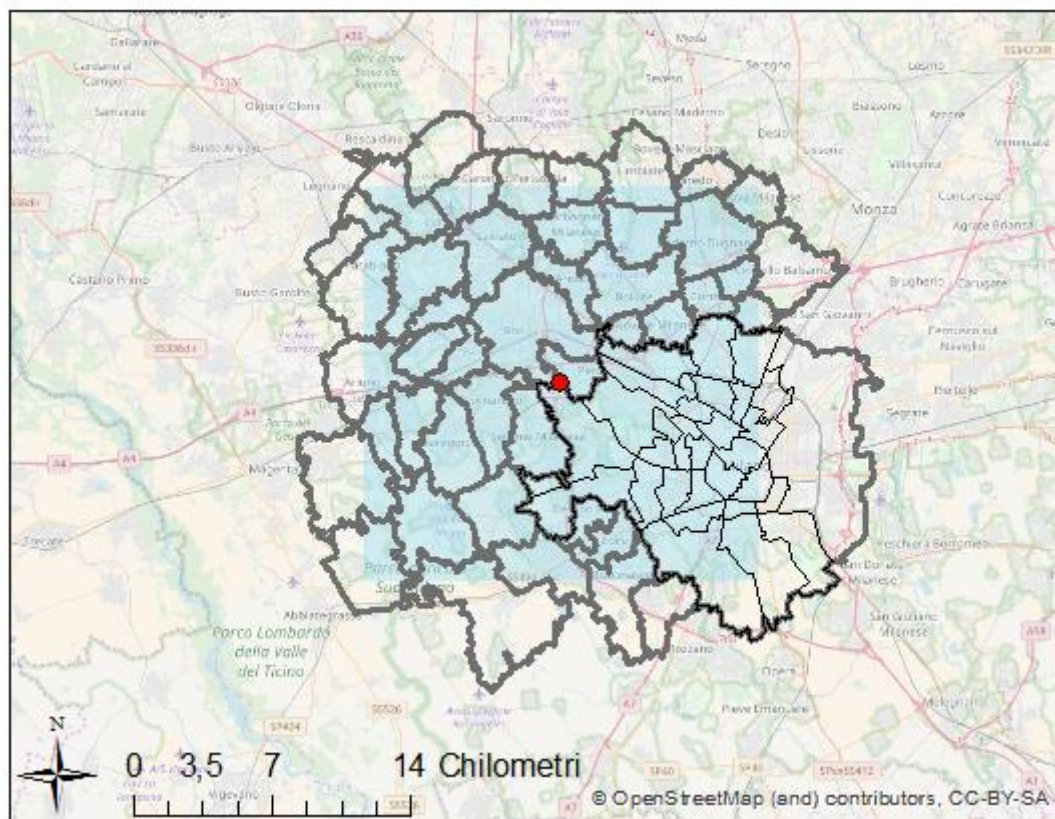


Figura 1. Comuni e CAP inclusi nel dominio di interesse in un quadrato di 20Km incentrato sul Termovalorizzatore

Caratterizzazione dell'area in studio

Secondo la classificazione CORINE 2012² il dominio interessato è ricoperto per quasi il 29% da aree industriali o commerciali e per il 26% da aree residenziali, perlopiù a tessuto discontinuo e rado (Tabella 1).

Uso del Suolo (CORINE 2012)	Frequenza	Percentuale
Zone residenziali a tessuto continuo	18	9,47
Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado	31	16,32
Aree industriali o commerciali	55	28,95
Reti stradali, ferrovie e infrastrutture tecniche	5	2,63
Aeroporti	1	0,53
Aree estrattive	5	2,63
Aree verdi urbane	11	5,79
Aree ricreative e sportive	4	2,11
Seminativi in aree non irrigue	26	13,68
Risaie	8	4,21
Prati stabili	2	1,05
Sistemi colturali e particellari complessi	4	2,11
Aree prevalentemente occupate da colture agrarie	6	3,16
Boschi di latifoglie	8	4,21
Boschi di conifere	1	0,53
Boschi misti di conifere e latifoglie	1	0,53
Bacini d'acqua	4	2,11

Tabella 1. Uso del suolo, classificazione CORINE 2012.

Il dominio interessato è inoltre caratterizzato da una vasta rete stradale che comprende le maggiori arterie autostradali della provincia di Milano (Figura 2).

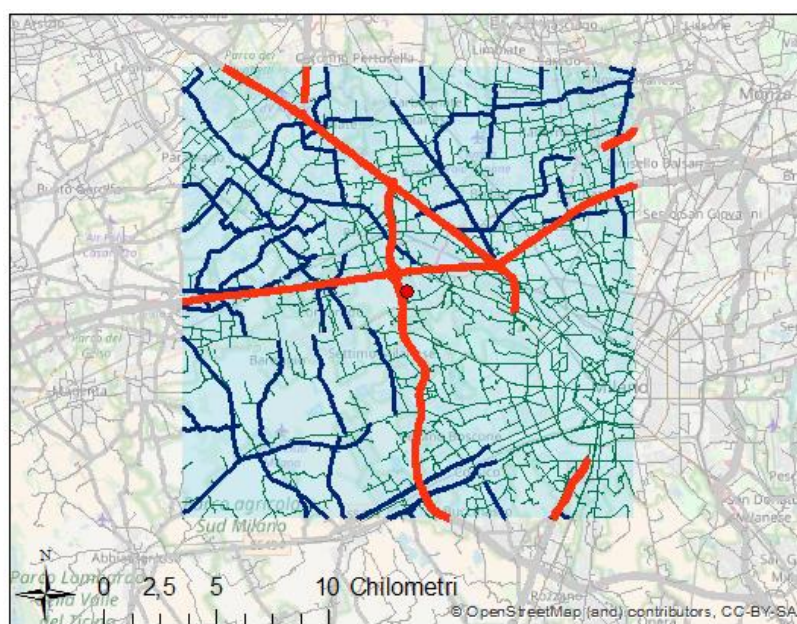


Figura 2. Tratti stradali e autostradali ricadenti nel dominio di interesse. In rosso le autostrade, in blu le strade principali e in verde le strade secondarie.

Secondo i database amministrativi di ARPA Lombardia insistono, nell'area in studio, 22 stabilimenti identificati come a rischio di incidente rilevante (RIR; D.Lgs. 105/15), 6 depuratori e 67 impianti (non per tutti sono contemplate emissioni) sottoposti ad Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA; D.Lgs. 46/2014) (Figura 3).

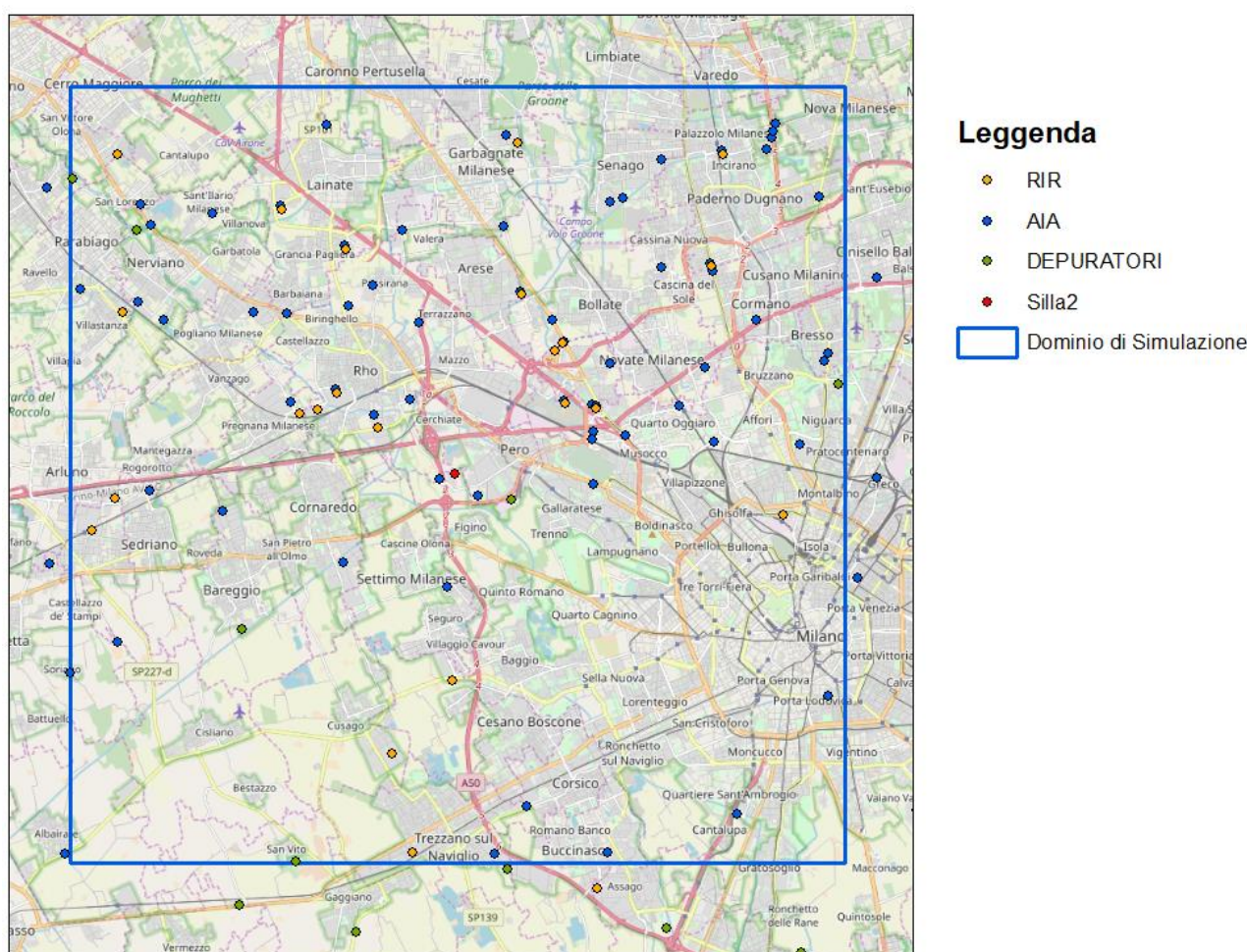


Figura 3. Punti di interesse attorno al termovalorizzatore: stabilimenti a rischio di incidente rilevante (RIR), impianti sottoposti ad Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) e depuratori (dati ARPA Lombardia).

Nell'area di interesse, il 9% delle emissioni di NOx sono attribuibili alla combustione nell'industria, l'1.2% al trattamento e smaltimento rifiuti mentre il 70% è attribuibile al trasporto su strada (Tabella 2, dati ARPA Lombardia). Per il PTS: la combustione nell'industria è responsabile del 7% delle emissioni totali, il trattamento e smaltimento rifiuti è responsabile dello 0.3% mentre il 44% è attribuibile al trasporto su strada.

Emissioni per macrosettore	NOx (t/anno; %)	PTS (t/anno; %)
Produzione energia e trasformazione combustibili	353,48 (2,8)	4,52 (0,2)
Combustione non industriale	1727,77 (13,7)	381,31 (20,3)
Combustione nell'industria	1118,93 (8,9)	131,03 (7,0)
Processi produttivi	309,74 (2,5)	62,86 (3,4)
Estrazione e distribuzione combustibili	0 (0)	19,35 (1)
Uso di solventi	0,05 (0)	243,93 (13,0)
Trasporto su strada	8899,08 (70,6)	826,81 (44,1)
Altre sorgenti mobili e macchinari	298,44 (2,4)	21,58 (1,2)
Trattamento e smaltimento rifiuti	157,49 (1,2)	4,99 (0,3)
Agricoltura	18,73 (0,1)	22,89 (1,2)
Altre sorgenti e assorbimenti	82,29 (0,7)	161,09 (8,6)
TOTALE	12.612,50	1.875,86

Tabella 2. Emissioni di NOx e PTS (t/anno e percentuale sul totale) differenziati per macrosettore (dati ARPA Lombardia) nell'area in studio.

Come tutta la provincia di Milano, l'area mostra un alto livello di inquinamento atmosferico complessivo (PM10 e NO2), maggiormente concentrato sul capoluogo di provincia (Figure 4 e 5), fonte ARPA Lombardia anno 2016^{3,4}.

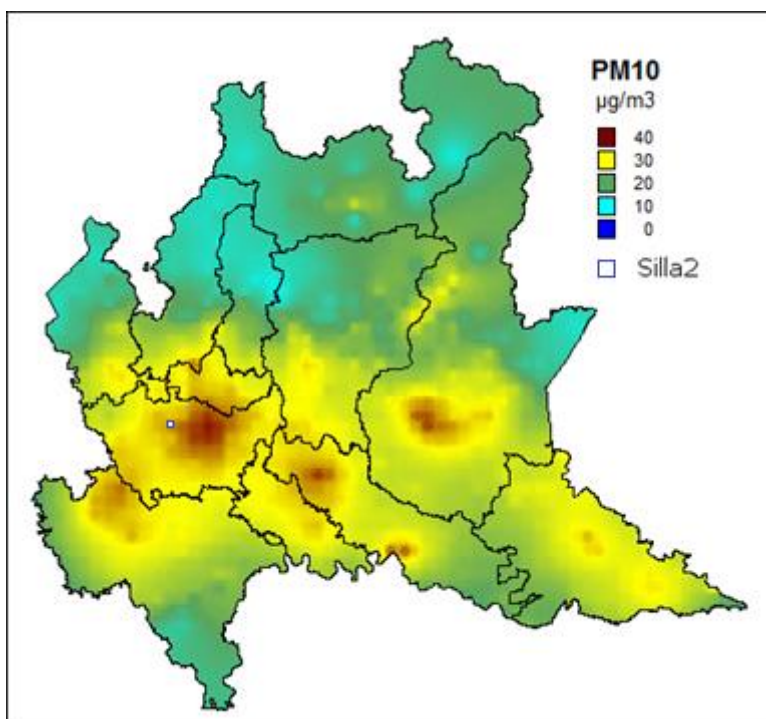


Figura 4. Distribuzione spaziale delle medie annuali di PM10 sul territorio lombardo 2016 (fonte ARPA Lombardia).

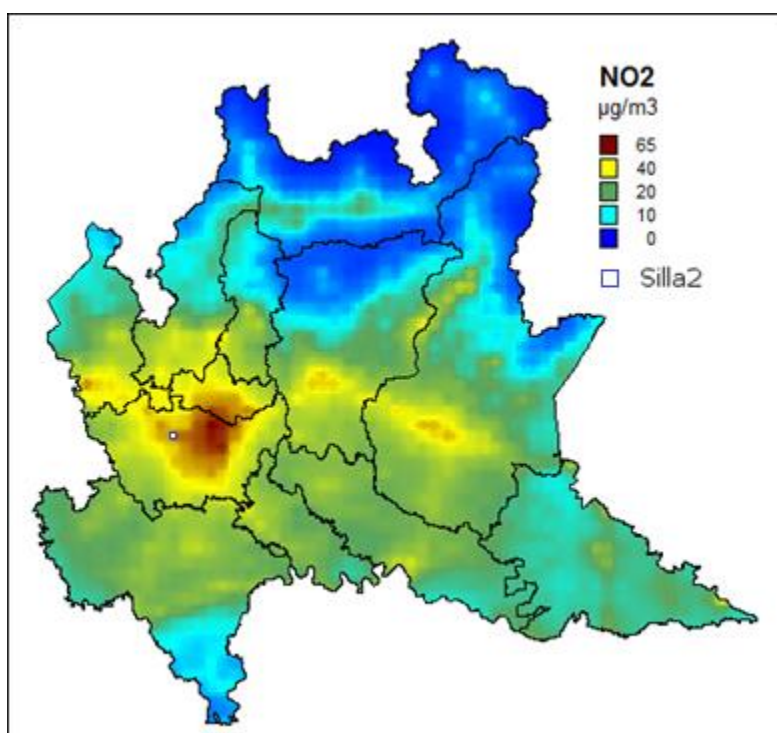


Figura 5. Distribuzione spaziale delle medie annuali di NO2 sul territorio lombardo 2016 (fonte ARPA Lombardia).

Emissioni e simulazioni

Il presente documento e le relative mappe di ricaduta simulate sono state sviluppate in accordo alle indicazioni fornite dalla Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Lombardia (ARPA) relative all'utilizzo di tecniche modellistiche per la simulazione della dispersione di inquinanti negli studi di impatto sulla componente atmosfera.

Dati meteorologici

L'input meteorologico per il calcolo delle concentrazioni è il campo meteorologico generato in output da CALMET⁵ nella versione 5.8.5. Il dominio di calcolo è il quadrato di 20 km di lato incentrato sul Termovalorizzatore con passo di griglia pari a 250m. I dati meteorologici utilizzati per le simulazioni sono quelli relativi alle stazioni di monitoraggio a terra elencate nella Tabella 3 appartenenti alla rete di monitoraggio di ARPA Lombardia dal 01.01.2017 al 31.12.2017 aventi frequenza oraria. Ogni centralina inserita nel modello ha un raggio di influenza di 20km, per questo motivo, per la ricostruzione del campo meteorologico del dominio di interesse, sono state utilizzate anche centraline poste al di fuori del dominio di calcolo delle simulazioni. In Tabella 4 è rappresentata la distribuzione percentuale della velocità del vento in classi delle centraline ARPA selezionate.

In Tabella 5 e 6 sono riportate le percentuali di dati invalidi per mese, centralina e parametro utilizzato. Per i parametri di direzione del vento, velocità del vento, temperatura e precipitazione il numero massimo di dati invalidi si è riscontrato per la centralina di Corsico nel mese di agosto con meno del 25% di dati mancanti. Per il parametro di umidità, quasi tutte le centraline hanno riportato nel mese di febbraio una percentuale di dati invalidi superiore del 20%. Tutte le centraline soddisfano il requisito di una percentuale mensile di dati invalidi inferiore del 70% su tutti i parametri utilizzati.

Il campo meteorologico ottenuto è stato validato ricostruendo la rosa dei venti nelle vicinanze della centralina di Cinisello Balsamo (utilizzata solo in una fase di validazione) come rappresentato dalle rose dei venti in Figura 6 e Figura 7. I valori di temperatura, direzione e velocità del vento alle varie quote della troposfera sono stati desunti dal radio sondaggio di Milano Linate dal 01.01.2017

al 31.12.2017. Infine, come ulteriore input di CALMET, è stato utilizzato il campo meteorologico prognostico prodotto dal sistema WRF⁶. Come anno meteorologico è stato scelto il 2017 in quanto paragonabile, in media, agli anni 2015 e 2016.

L'informazione sull'orografia del territorio proviene dai database pubblici della USGS ⁷ in cui ricade il fuso 32N. L'informazione sull'uso del suolo proviene invece dalla classificazione CORINE 2012².

Per supportare l'aspetto delle linee di isoconcentrazione, sono state prodotte le rose dei venti per l'anno meteorologico di simulazione nelle coordinate dell'impianto produttivo a 10 e 120 metri di altezza (Figura 8 e Figura 9).

Centralina ARPA	Coordinata X	Coordinata Y	Distanza (m)
Landriano Cascina Marianna	520713	5018618	25488
Motta Visconti SMR	499103	5014273	25548
Rho Scalo Fiorenza-Tetto	507155	5040421	2213
Arconate SMR	488082	5043898	18030
Corsico	507619	5031403	7925
Lacchiarella	510542	5019010	20653
Saronno v.Santuario	503123	5052520	13694
Milano Brera	514782	5035365	10033
Ferno	481053	5051773	27519

Tabella 3. Stazioni di monitoraggio ARPA utilizzate per la creazione dell'input meteorologico, coordinate della centralina e distanza della centralina dal termovalorizzatore.

	Landriano	Motta Visconti SMR	Arconate SMR	Corsico	Lacchiarella	Saronno v.Santuario	Milano v.Brera	Ferno	Rho Scalo
Calma	0,05	0,05	0,27	0,27	0,33	0,11	0,00	0,33	0,01
0.5 - 1	0,16	0,28	0,19	0,29	0,32	0,37	0,13	0,23	0,14
1 - 2	0,46	0,47	0,35	0,34	0,31	0,40	0,51	0,31	0,42
2 - 3	0,23	0,14	0,12	0,09	0,04	0,09	0,26	0,09	0,27
3 - 4	0,07	0,03	0,03	0,02	0,00	0,02	0,07	0,02	0,10
4 - 5	0,02	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,04
> 5	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02

Tabella 4. Distribuzione percentuale della velocità del vento in classi, centraline ARPA.

DIREZIONE DEL VENTO	Landriano	Motta Visconti	Arconate	Corsico	Lacchiarella	Saronno	Milano Brera	Ferno	Rho
Gennaio	0,00	0,00	0,00	0,94	0,00	0,00	0,00	0,13	0,13
Febbraio	0,00	0,15	0,00	0,45	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00
Marzo	0,67	0,67	0,67	0,40	0,27	0,40	0,94	0,67	0,67
Aprile	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Maggio	0,00	0,40	0,00	2,28	0,00	0,00	0,27	0,13	0,00
Giugno	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00
Luglio	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00
Agosto	0,00	0,00	0,00	24,33	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00
Settembre	0,00	0,00	1,81	1,67	7,08	0,00	0,00	0,00	0,00
Ottobre	0,00	0,00	0,00	1,34	0,00	0,13	0,00	0,13	0,00
Novembre	0,00	0,00	0,00	2,50	0,14	0,00	0,00	0,97	0,00
Dicembre	0,00	0,00	0,00	15,99	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00
VELOCITÀ DEL VENTO									
Gennaio	0,00	0,00	0,00	0,94	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00
Febbraio	0,00	0,00	0,00	0,45	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00
Marzo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00	0,00
Aprile	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Maggio	0,00	0,40	0,00	2,28	0,00	0,00	0,27	0,13	0,00
Giugno	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00
Luglio	0,00	0,00	0,00	17,20	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00
Agosto	0,00	0,00	0,00	24,19	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00
Settembre	0,00	0,00	1,81	1,67	7,08	0,00	0,00	0,00	0,00
Ottobre	0,00	0,00	0,00	1,34	0,00	0,13	0,00	0,13	0,00
Novembre	0,00	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00	0,00	0,97	0,00
Dicembre	0,00	0,00	0,00	15,99	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00
TEMPERATURA									
Gennaio	0,00	0,00	0,00	0,94	0,00	0,00	0,00		0,00
Febbraio	0,00	0,00	0,00	0,45	0,00	0,00	0,00		0,00
Marzo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67		0,00
Aprile	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
Maggio	0,00	0,40	0,00	2,28	0,00	0,00	0,27		0,00
Giugno	0,00	1,25	0,00	0,00	0,28	0,00	0,14		0,00
Luglio	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00		0,00
Agosto	0,00	0,00	0,00	24,19	0,00	0,00	0,00		0,00
Settembre	0,00	0,00	1,81	1,67	7,08	0,00	0,00		0,00
Ottobre	0,00	0,00	0,00	1,34	0,00	0,13	0,00		0,00
Novembre	0,00	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00	0,00		0,00
Dicembre	0,00	0,00	0,00	15,99	0,00	0,27	0,00		0,00

Tabella 5. Percentuale di dati invalidi per mese e per centralina per i parametri di direzione del vento, velocità del vento e temperatura.

UMIDITÀ	Landriano Cascina Marianna	Motta Visconti SMR	Arconate SMR	Corsico	Lacchiarella	Saronno v.Santuario	Milano v.Brera	Ferno	Rho Scalo Fiorenza - Tetto
Gennaio	9,81	3,90	0,00	3,63	4,30	0,00	0,00		0,27
Febbraio	28,57	26,49	0,15	20,68	26,19	20,24	0,00		0,89
Marzo	0,81	0,54	0,67	0,40	0,27	0,40	0,94		0,40
Aprile	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
Maggio	0,00	0,40	0,00	2,28	0,00	0,00	0,27		6,18
Giugno	0,00	1,25	0,00	0,00	0,28	0,00	0,14		0,00
Luglio	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00		0,00
Agosto	0,00	0,00	0,00	24,19	0,00	0,00	0,00		0,00
Settembre	0,00	0,00	1,81	1,67	7,08	0,00	0,00		0,00
Ottobre	0,00	0,00	0,00	1,34	0,00	0,13	0,00		0,00
Novembre	0,00	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00	0,00		0,00
Dicembre	0,00	0,00	0,00	15,99	0,00	0,27	0,00		0,00
PRECIPITAZIONE									
Gennaio	0,00	0,00	0,13	1,21	100,00	0,00	0,00	2,15	0,00
Febbraio	0,60	0,00	0,00	0,45	100,00	0,00	0,00	2,53	0,00
Marzo	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,13	0,81	2,02	0,00
Aprile	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	2,08	0,00
Maggio	0,00	0,40	0,00	2,42	100,00	0,13	0,27	2,15	0,00
Giugno	0,00	0,97	0,00	0,14	100,00	0,00	0,42	2,08	1,94
Luglio	0,00	0,00	0,00	0,13	100,00	0,27	0,00	2,42	0,00
Agosto	0,00	0,00	0,00	24,46	100,00	0,00	0,00	2,15	0,00
Settembre	0,00	0,00	1,81	1,81	100,00	0,00	0,00	2,08	0,00
Ottobre	0,00	0,00	0,00	1,34	100,00	0,27	0,54	2,28	0,27
Novembre	0,00	0,00	0,00	2,64	100,00	0,00	0,00	3,47	0,00
Dicembre	0,00	0,00	0,00	16,26	100,00	0,27	0,00	2,02	0,00

Tabella 6. Percentuale di dati invalidi per mese e per centralina per i parametri di umidità e precipitazione.

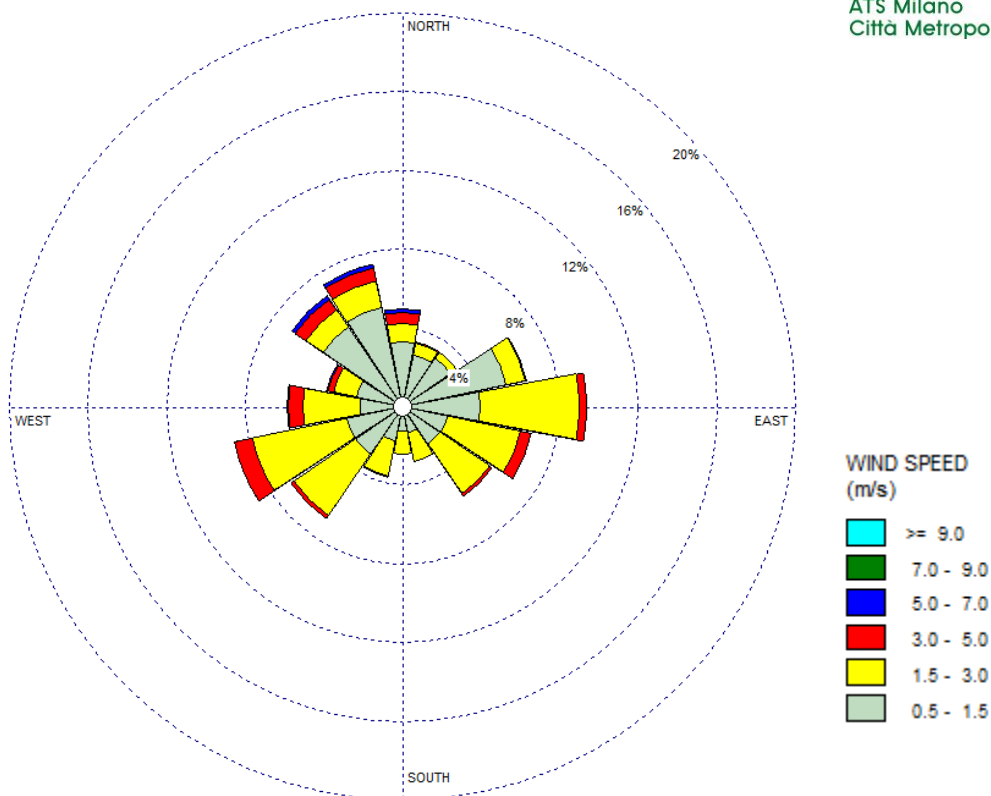


Figura 6. Rosa dei venti centralina ARPA di Cinisello Balsamo

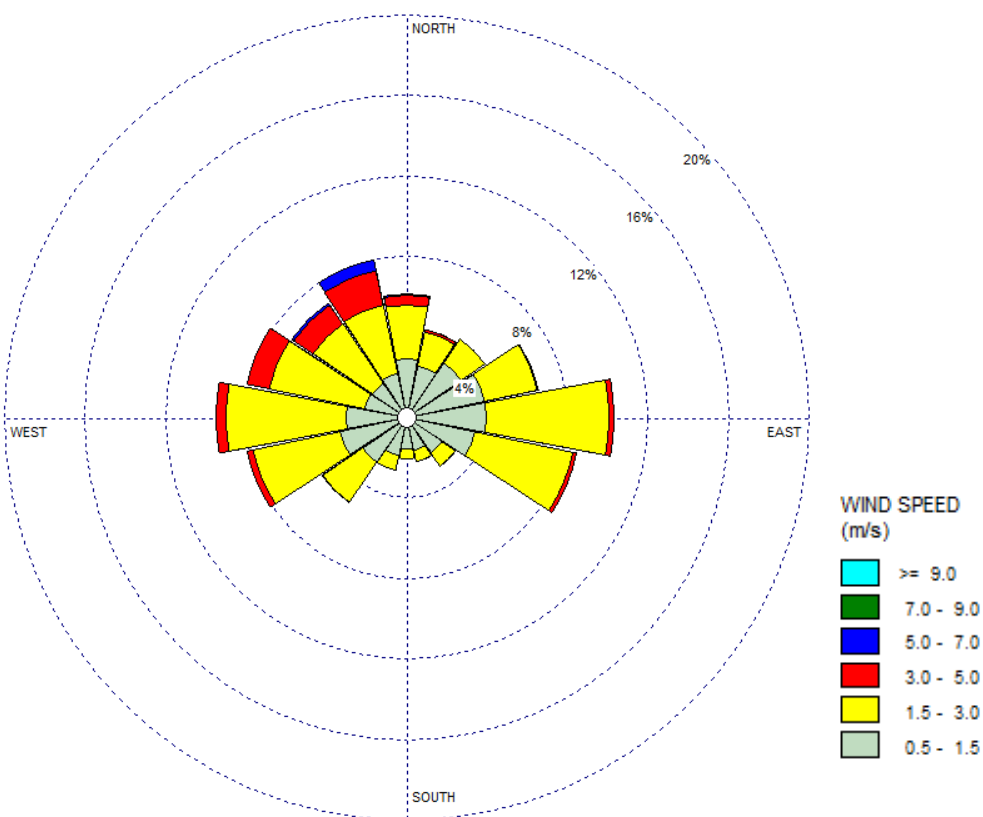


Figura 7. Rosa dei venti simulata dal processore meteorologico CALMET nelle vicinanze della centralina ARPA di Cinisello Balsamo

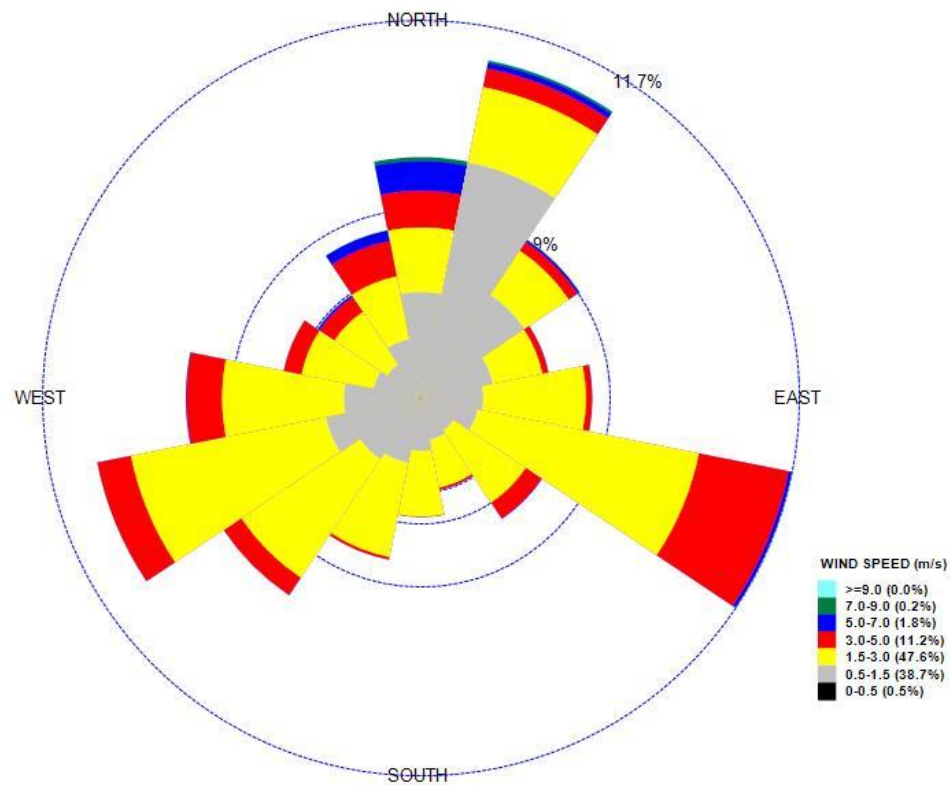


Figura 8. Rosa dei venti alle coordinate dell'impianto produttivo a 10 metri dal suolo.

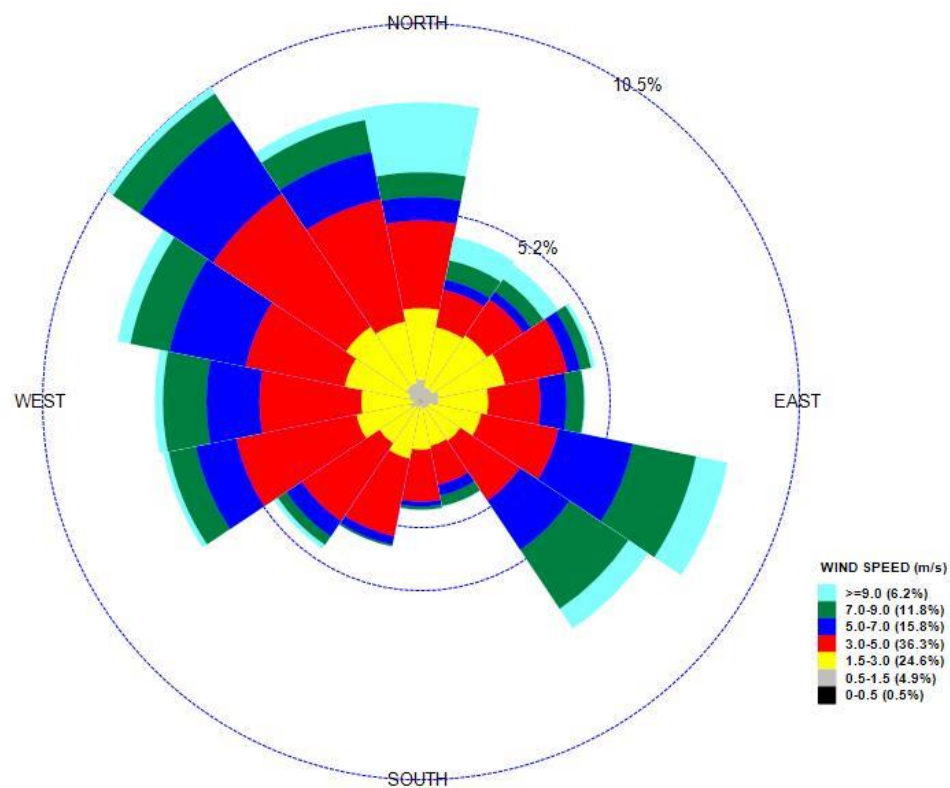


Figura 9. Rosa dei venti alle coordinate dell'impianto produttivo all'altezza del camino (120m).

Dati di emissione

L'impianto di termovalorizzazione rifiuti "Silla 2" è dotato di tre linee di combustione indipendenti poste una accanto all'altra alle coordinate UTM 32N (505440;5039023) e poste ad una quota altimetrica di circa 145m. La bocca del camino è posta ad una altezza 120m e ciascuna linea presenta un diametro di 2.2m. Al fine della modellizzazione delle ricadute degli inquinanti emessi dall'impianto produttivo si è scelto di utilizzare i dati registrati dal Sistema di Monitoraggio Emissioni (SME) dal 01.01.2015 al 31.12.2015. È stato scelto il 2015 come anno rappresentativo per il calcolo delle ricadute in quanto, tra i dati disponibili relativi agli anni 2014-2017, il 2015 è risultato l'anno con una minor percentuale di semi-ore in stato di fermo e con un ammontare di rifiuti termovalorizzati maggiore rispetto al 2016 (Tabella 7). A seguito della disponibilità dei dati SME, come inquinanti traccianti, sono stati utilizzati le Polveri Totali Sospese (PTS) e gli Ossidi di Azoto (NO_x). In Tabella 8 sono sintetizzati i dati di portata (Nm³/h a 20°C riferita ai fumi secchi), concentrazione di NO_x (g/s), di PTS (g/s) e tenore di ossigeno (%V) relativi all'anno 2015. In Tabella 8 sono stati inoltre sintetizzati i dati di velocità (m/s) e temperatura (°C) dei fumi per il calcolo dell'innalzamento termico del pennacchio.

Il contributo emissivo del termovalorizzatore Silla2 è di 123,0 tonnellate / anno di NO₂ su un totale di 12.612,0 tonnellate / anno di NO₂ prodotto da tutte le sorgenti presenti nell'area in studio (Tabella 2).

	ANNO 2014				ANNO 2015				ANNO 2016				ANNO 2017			
	linea				linea				Linea				linea			
Stato dell'impianto	1	2	3	Totale (%)	1	2	3	Totale (%)	1	2	3	Totale (%)	1	2	3	Totale (%)
Avviamento [31]									38	52	32	122 (0,23)	84	72	21	177 (0,33)
Fermo [34]	1567	1482	1993	5042 (9,6)	1555	1539	1471	4565 (8,7)	1517	2079	3425	7021 (13,3)	3277	2846	1482	7605 (14,4)
Guasto [35]	1	6	0	7 (0,01)	1	9	8	18 (0,03)	40	0	0	40 (0,08)	0	1	0	1 (0)
Marcia [30]	15801	15917	15376	47094 (89,6)	15838	15807	15906	47551 (90,5)	15913	15289	13958	45160 (85,7)	14051	14469	15946	44466 (84,1)
SME Fermo [99]									30	30	30	90 (0,17)	1	1	1	3 (0,01)
Senza Rifiuto [31]	151	115	151	417 (0,79)	126	165	135	426 (0,81)	7	85	76	168 (0,32)	13	52	14	79 (0,15)
Spegnimento [32]									22	28	38	88 (0,17)	46	16	22	84 (0,16)
Transitorio [37]									1	5	9	15 (0,03)	48	63	34	145 (0,27)
Totale	17520	17520	17520	52560	17520	17520	17520	52560	17568	17568	17568	52704	17520	17520	17520	52560
Rifiuti Termo valorizzati (Tonnellate)	502248				497672				475715							

Tabella 7. Stato dell'impianto (semi-ore) per anno e linea di emissione.

	Descrittive			
Parametri fisici	Minino	Mediana	Media	Massimo
Portata (Nm ³ /h)	0	111106	107714	187928
NOx (g/s)	0	1,43	1,33	5,81
PTS (g/s)	0	0,0013	0,0023	0,0617
Ossigeno (%V)	0	8,44	9,47	21,19
Velocità (m/s)	0	13,92	13,24	17,00
Temperatura (°C)	12,43	123,72	115,01	186,91

Tabella 8. Descrittive di portata (Nm³/h a 20°C riferita ai fumi secchi), concentrazione di NOx (g/s), di PTS (g/s), tenore di ossigeno (%V), velocità dei fumi (m/s) e temperatura (°C) relativi all'anno di emissione 2015.

Modelli di dispersione

Si è proceduto a simulare le ricadute a due metri dal suolo mediante il modello Lagrangiano a particelle LAPMOD⁸, tridimensionale e non stazionario, adatto a simulare la dispersione in atmosfera di sostanze inerti o radioattive, emesse sia in fase gassosa sia in forma di aerosol. Per quanto riguarda le calme di vento, il modello non applica nessun algoritmo specifico per il calcolo della dispersione in quanto il modello Lagrangiano è in grado di gestire anche situazioni con venti molto bassi.

A scopo cautelativo le simulazioni sono state effettuate considerando sia gli effetti della deposizione umida sia quelli della deposizione secca. Le ricadute sono state simulate su dominio di calcolo di 20 per 20 Km con passo di griglia pari a 400 metri. Le mappe prodotte fanno riferimento alle ricadute a terra calcolate come media annua dei seguenti inquinanti: Polveri Totali Sospese (PTS) e Ossidi di Azoto (NO_x). Le mappe della concentrazione media annua relative all'anno 2015 per l'NO_x e il PTS sono rappresentate in Figura 10 e Figura 12 mentre le mappe di isoconcentrazione sono rappresentate in Figura 11 e 13, rispettivamente. L'esposizione alle ricadute è stata definita tramite una variabile ordinale crescente a 3 livelli. Per l'NO_x i soggetti non esposti sono stati definiti come quelli residenti in aree con un livello concentrazione a terra compreso in 0|-0.06 µg/m³, mediamente esposti se compreso in 0.06|-0.1 µg/m³, altamente esposti se maggiore o uguale di 0.1 µg/m³. Per il PTS i soggetti non esposti sono stati definiti come quelli residenti in aree con un livello concentrazione a terra compreso in 0|-0.0001 µg/m³, mediamente esposti se compreso in 0.0001|-0.00015 µg/m³, altamente esposti se maggiore o uguale di 0.00015 µg/m³. L'area ad alta esposizione, identificata da valori di concentrazione media al suolo maggiori o uguali a 0.1 µg/m³ di NO_x, fa parte dell'area di studio dove i livelli medi di concentrazione di NO₂ al suolo è di circa 60 µg/m³ (Figura 5).

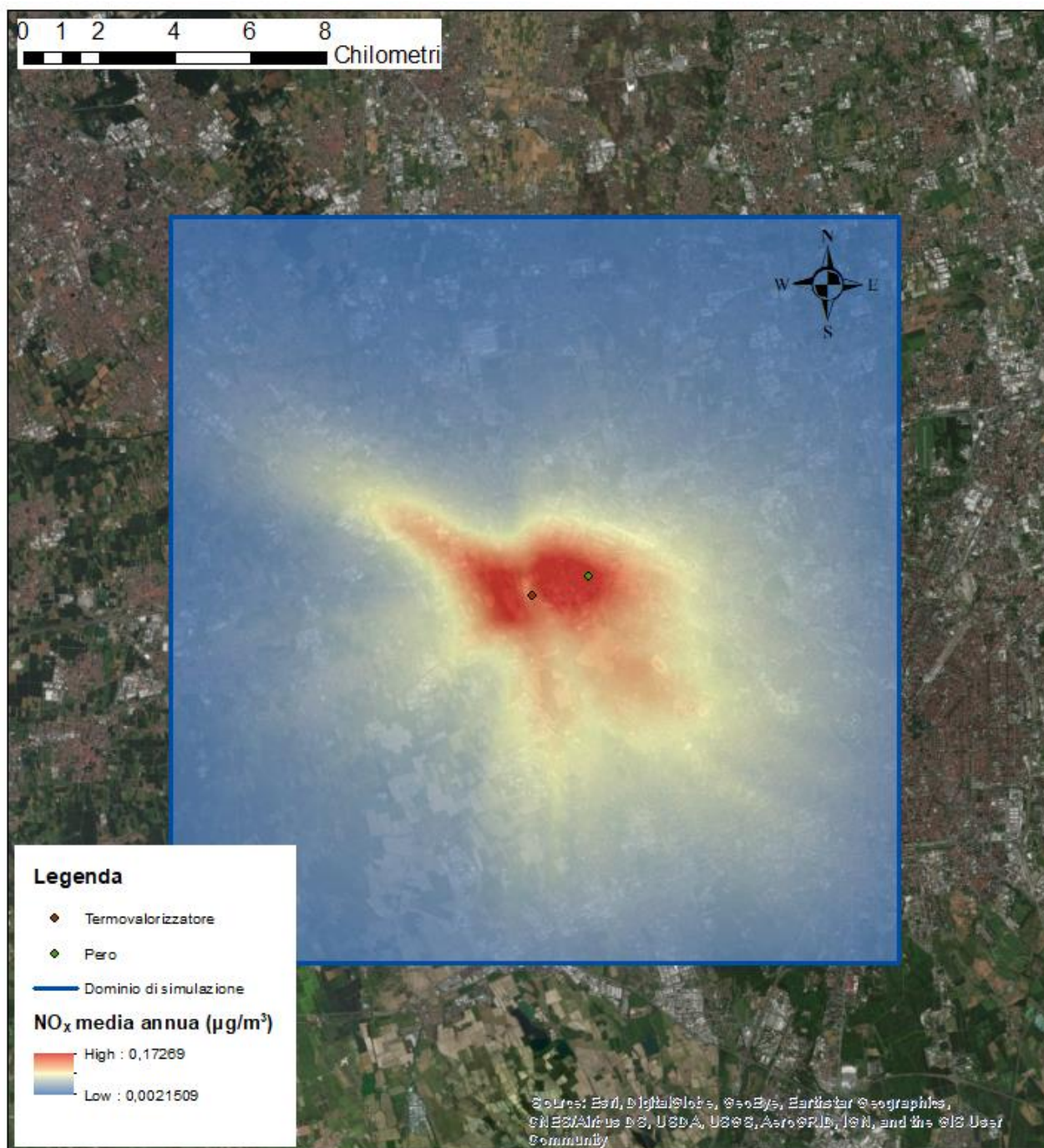


Figura 10. Concentrazioni medie annue di NO_x nell'area interessata, ricadute anno 2015.

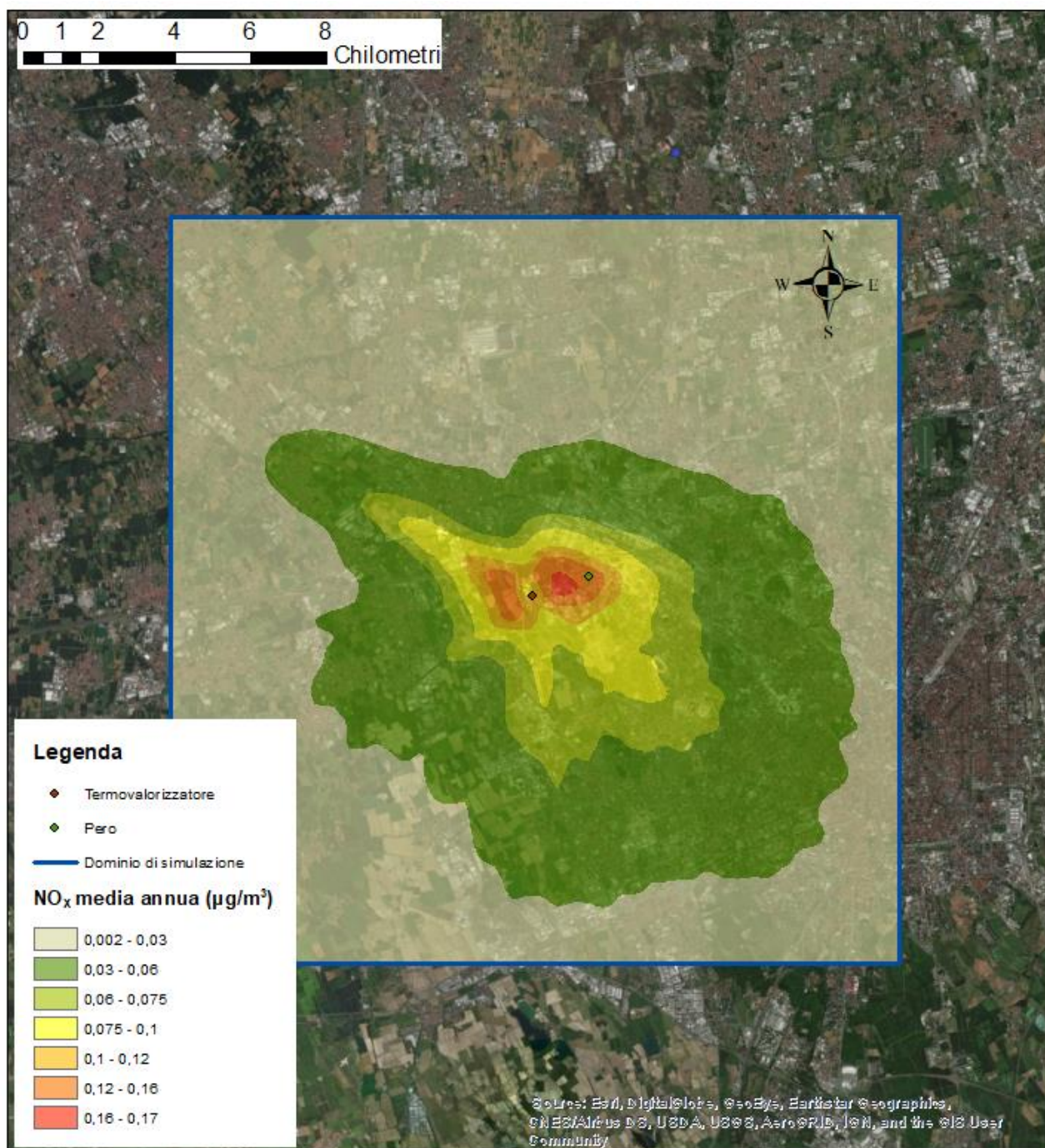


Figura 11. Linee di isoconcentrazione NO_x, ricadute anno 2015.

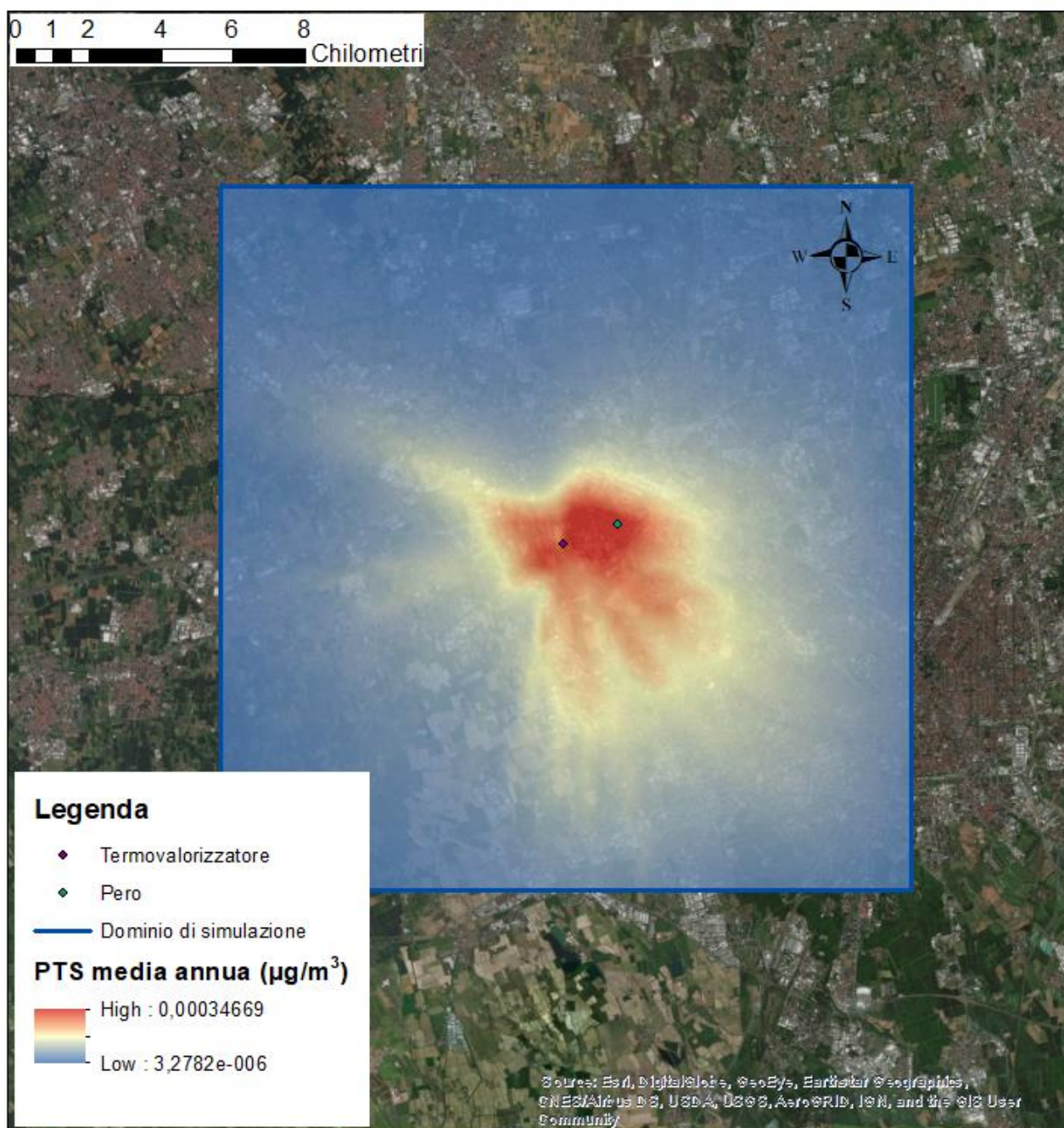


Figura 12. Concentrazioni medie annue di PTS nell'area interessata, ricadute anno 2015.

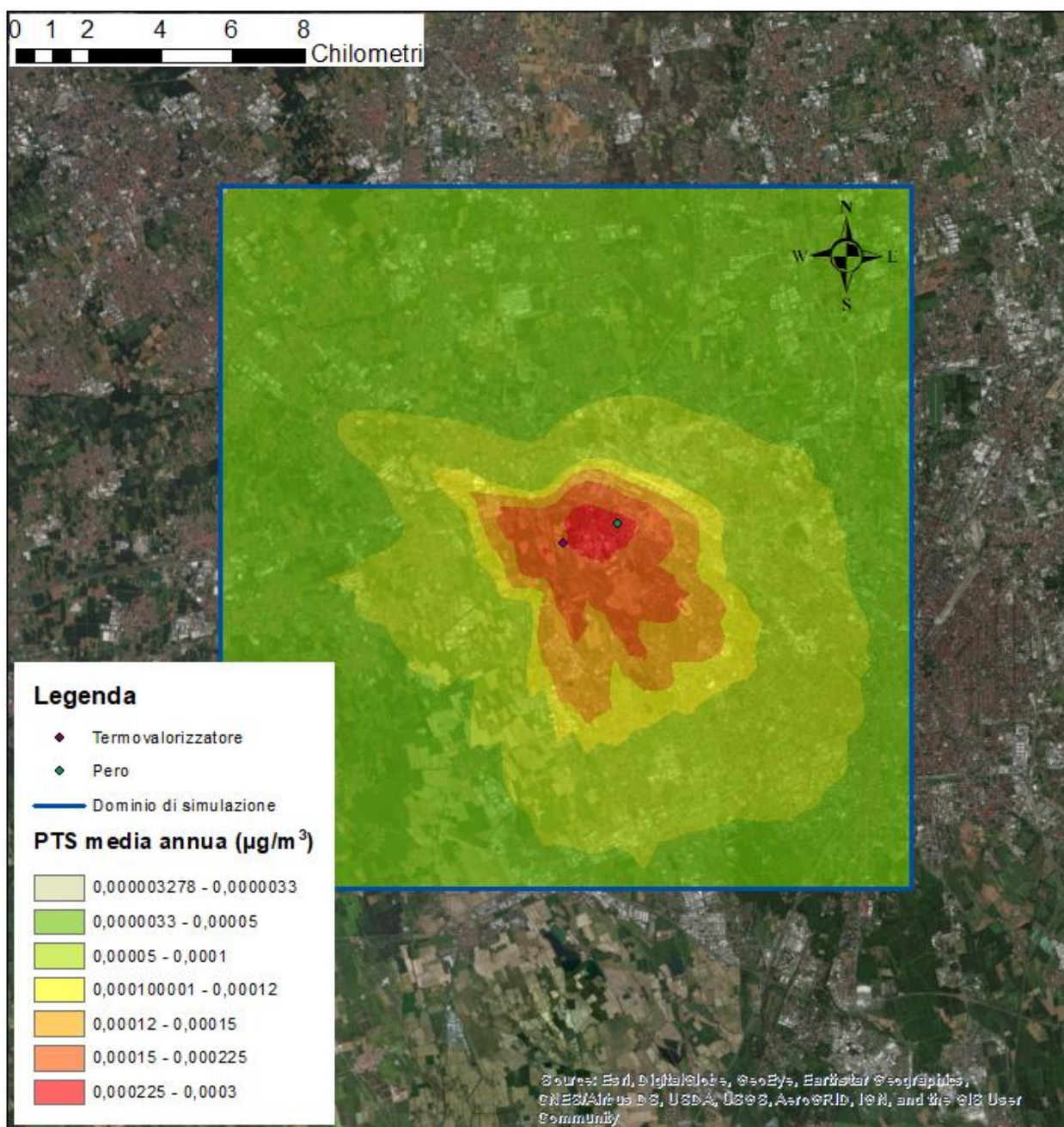


Figura 13. Linee di isoconcentrazione PTS, ricadute anno 2015.

Gli indicatori di salute

Gli indicatori selezionati per la valutazione dello stato di salute della popolazione nell'area interessata sono quelli indicati in letteratura in quanto associati agli effetti dell'inquinamento sulla salute umana: mortalità, incidenza di tumori, ricoveri, accessi al pronto soccorso e consumo di farmaci respiratori. Tale approccio permette di analizzare sia gli effetti acuti (ricoveri, accessi a pronto soccorso e consumo i farmaci), sia gli effetti cronici (mortalità e incidenza di tumori).

Mortalità

L'attribuzione del decesso e della relativa causa dei decessi della coorte è stata effettuata attraverso una procedura di record-linkage con il Registro Nominativo delle Cause di Decesso che rileva tutti i decessi che occorrono nei residenti dell'intera ATS (provincia di Milano e di Lodi). Vista la disponibilità delle misurazioni SME fornite dall'azienda e la disponibilità dei dati del Registro di Mortalità dell'ATS di Milano, l'analisi di mortalità del presente rapporto riguarda gli anni 2015-2016. Gli esiti di mortalità considerati, con le relative codifiche ICD10 e ICD9, sono descritte in Tabella 9.

Esiti considerati	Codifica ICD9	Codifica ICD10	Patologia
Mortalità generale (tutte le cause)	0-999	A00-T98	
Patologie cardiovascolari	410-414	I20-I25	Cardiopatie ischemiche
	415-416	I26-I28	Patologie cardiopolmonari
	426	I44	Disturbi della conduzione
	427	I47	Disturbi del ritmo cardiaco
	428	I50	Insufficienza cardiaca
	429	I51	Altre cardiopatie
	444	I74	Trombosi arteriose
	785	R00	Sintomi cardiaci
Patologie respiratorie	478	J34	Malattie delle vie respiratorie superiori
	480-487	J10 - J18	Polmonite e influenza
	490-496	J40-J47	Malattie polmonari croniche ostruttive
	510	J86	Empiema
	511	R091	Pleurite
	518	J98	Altre malattie polmonari
	786	R06	Sintomi respiratori
Tumori	151	C16	Stomaco
	155.0-155.1	C22	Fegato e dei dotti biliari intraepatici
	162	C33-C34	Trachea, bronchi e polmoni
	171	C49	Connettivo e di altri tessuti molli
	200-208	C81-C96	Emolinfopoietico
Patologie respiratorie (0-17 anni)	460	J00	Rinofaringite acuta
	461	J01	Sinusite
	462	J02	Faringite acuta
	463	J03	Tonsillite acuta
	464	J04	Laringite e tracheite acute
	465	J06	Infezioni acute delle vie respiratorie superiori
	466	J20	Bronchite e bronchiolite acute
	472	J31	Faringite cronica
	473	J32	Sinusite cronica
	474	J35	Malattie croniche di tonsille e adenoidi
	475	J36	Ascesso peritonsillare
	476	J37	Laringiti croniche
	477	J30	Rinite allergica
	478	J34	Altre malattie vie respiratorie superiori
	490-496	J40-47	Malattie polmonari croniche ostruttive

Tabella 9. Esiti di mortalità investigati, classificazione ICD9 e ICD10.

Incidenza di tumori maligni

L'identificazione della occorrenza di tumori maligni è stata effettuata attraverso una procedura di record-linkage utilizzando il Registro dei Tumori della ATS che rileva tutti i nuovi casi di tumore dell'intera ATS (provincia di Milano e di Lodi). Vista la disponibilità delle misurazioni SME fornite dall'azienda e la disponibilità dei dati del Registro dei Tumori dell'ATS di Milano, l'analisi del presente rapporto riguarda gli anni 2015-2016. Le sedi tumorali selezionate e codificate in ICD03 sono elencate in Tabella 10.

Tumori	ICD03
Tutte le cause (escluso cute)	Tutti escluso C44
Stomaco	C16
Fegato e dei dotti biliari intraepatici	C22
Trachea, dei bronchi e dei polmoni	C33, C34
Connettivo e di altri tessuti molli	C49
Emolinfopoietico	C42, C77

Tabella 10. Tumori investigati, classificazione ICD03.

Ricoveri Ospedalieri

Sono stati considerati tutti i ricoveri ordinari occorsi nella coorte selezionata attraverso una procedura di record-linkage con il sistema di datawarehouse della ATS. Per l'analisi dei ricoveri è stato considerato il primo ricovero in regime ordinario per causa nel periodo di studio (2015-2017) escludendo i ricoveri nelle lungodegenze e nelle riabilitazioni. Le cause di ricovero considerate, in diagnosi principale e codificata secondo la classificazione ICD9, sono descritti nella Tabella 9.

Pronto Soccorso

Sono stati considerati tutti gli accessi al pronto soccorso (PS) occorsi nella coorte selezionata attraverso una procedura di record-linkage con il sistema di datawarehouse della ATS. Per l'analisi degli accessi al PS è stato considerato il primo accesso per causa nel periodo di studio (2015-2017). Gli esiti considerati, in diagnosi principale codificata secondo la classificazione ICD9, sono descritti in Tabella 9. I risultati sono stati stratificati per codice di triage assegnato: bianco, verde e aggregando i ricoveri con codice maggiore giallo e rosso.

Consumo di farmaci

È stato quantificato il consumo di farmaci respiratori attraverso una procedura di record-linkage con il flusso della farmaceutica territoriale (compreso il doppio canale). Per l'analisi sul consumo di farmaci è stato considerato il primo accesso nel periodo di studio (2015-2017) di soggetti che hanno utilizzato almeno tre scatole di farmaci respiratori codificati con il codice ATC R03.

Analisi Statistica

Per valutare l'eccesso di rischio nelle popolazioni considerate è stato utilizzato un modello di regressione di Cox per stimare il rischio nelle classi **alta esposizione** e **media esposizione** rispetto alla classe dei **non esposti** agli inquinanti NOx e PTS. I modelli hanno previsto l'inclusione di età (inserita nel modello in classi quinquennali), genere, indice di deprivazione della sezione di censimento di residenza, residenza vicino ad un'autostrada, una strada principale o una secondaria. L'informazione sulla vicinanza ad una strada è stata inserita nel modello tramite una variabile dicotomica che assume valore uno per residenze entro 150 metri dalla strada, zero altrimenti. La scelta di inserire nel modello le variabili relative alla vicinanza ad autostrade e alle strade a elevata percorrenza è stata determinata dalle evidenze disponibili in letteratura che mostrano un incremento di rischio del 5-10% per i residenti entro i 150 metri.⁹ L'indicatore di associazione di rischio è stato calcolato come rapporto tra Hazard (HR), prendendo come riferimento l'Hazard della classe **non esposti**. Gli HR sono accompagnati dall'intervallo di confidenza al 95% di probabilità (IC95%). Gli esiti per altre cause sono stati considerati come censurati per l'esito considerato.

Per i risultati significativi è stata calcolata la frazione di casi attribuibile all'esposizione come:

$$FA = N \times \frac{HR - 1}{HR}$$

In cui N è il numero di casi per esito ed esposizione considerata e HR è l'effetto significativo di riferimento.

Le analisi sono state implementate tramite il software statistico SAS 9.4.

RISULTATI

Nel dominio di interesse, definito come un quadrato di 20km di lato centrato sul Termovalorizzatore, la popolazione residente nel triennio 2015-2017 include 1.483.109 individui, di cui il 98.7% è stato geolocalizzato, le cui informazioni anagrafiche sono sintetizzate in Tabella 12.

Risulta evidente come non ci siano differenze sostanziali per genere ed età, mentre la popolazione più esposta alle ricadute del termovalorizzatore risulta essere in proporzione maggiore più vicina ad una autostrada rispetto alla popolazione non esposta (5% vs 1%), e maggiormente deprivata (82% vs 50%). Ovviamente i modelli statistici utilizzati sono corretti per queste informazioni ma la vicinanza ad una autostrada o la presenza di una deprivazione sociale determinano un maggior rischio di eventi sanitari che identificano una popolazione residente con un profilo sociosanitario differente rispetto alla popolazione di controllo **che i metodi statistici non possono correggere completamente.**

MORTALITÀ

Le analisi condotte sulla popolazione residente (Tabella 13) nel dominio interessato evidenziano eccessi di rischio significativi per la mortalità per patologie respiratorie nella zona ad alta esposizione **HR=1.71 (IC 95% 1.11-2.64).**

INCIDENZA DI TUMORI

Per quanto riguarda l'incidenza di tumori maligni (Tabella 14) non è stato riscontrato nessun eccesso nella popolazione residente nell'area interessata.

RICOVERI OSPEDALIERI

Per quanto riguarda i ricoveri ospedalieri (Tabella 15) sono presenti eccessi di ricovero per tutte le cause sia per l'esposizione agli ossidi di azoto (**HR: 1.10; IC 95% 1.05-1.16**) sia per le polveri (**HR: 1.07; IC 95% 1.04-1.10**). Le associazioni presenti esclusivamente nella zona a media esposizione sono state considerate come spurie.

ACCESSI A PRONTO SOCCORSO

L'analisi degli accessi a pronto soccorso per i codici bianchi (Tabella 16) non evidenzia associazioni. Sono, invece, presenti eccessi per tutti gli accessi per codice verde di triage (Tabella 17) solo per gli esposti ad ossidi di azoto. Mentre per le patologie cardiovascolari e respiratorie esiste una coerenza tra le due esposizioni valutate che identificano eccessi significativi per le patologie cardiovascolari **del 29% per i soggetti** con le esposizioni maggiori agli ossidi di azoto e del 10% per gli esposti alle polveri. Per le patologie respiratorie negli adulti sono presenti **eccessi di rischio del 17% per** i soggetti con le esposizioni maggiori agli ossidi di azoto e del 6% per gli esposti alle polveri. Per la classe 0-17 anni sono presenti eccessi di rischio di accesso con codice di urgenza (giallo o rosso) del 44% per i soggetti (Tabella 18) con le esposizioni maggiori agli ossidi di azoto e del 33% per gli esposti alle polveri.

CONSUMO DI FARMACI RESPIRATORI

È presente un eccesso di rischio significativo nella classe di età 0-17 (Tabella 19) ma per l'esiguità dei soggetti consumatori identificati si riporta l'associazione rimarcandone l'estrema debolezza in termini di utilizzabilità del risultato.

ANALISI DELLA FRAZIONE ATTRIBUIBILE DI EVENTI

Al fine di valutare il numero di eventi potenzialmente attribuibile alla residenza nell'area a maggiore esposizione e del fatto che gli ossidi di azoto sono considerati dalla letteratura internazionale la misura migliore per stimare l'inquinamento in Tabella 20 viene riportato, per gli Hazard Ratio significativi all'esposizione a NOx, il numero di eventi nei due anni di osservazione per la mortalità e nei tre anni di osservazione per gli accessi a pronto soccorso per causa specifica.

Da questa analisi si evince che circa **4 decessi per anno e 20** accessi a pronto soccorso per anno sono avvenuti nella coorte di soggetti che risiedono nell'area a maggiore esposizione alle ricadute del termovalorizzatore. Occorre rimarcare che tali eccessi non possono essere letti in termini di nesso causale.

ANALISI DI SENSIBILITÀ

Al fine di produrre una validazione dei risultati significativi è stato sviluppato un approccio che utilizza un disegno di tipo caso controllo.

Per ciascun evento (mortalità e accesso a pronto soccorso), sono stati identificati quattro controlli definiti come i soggetti non affetti dalla medesima patologia, uniformi rispetto ai casi in termini di età e genere.

Le associazioni sono presentate come rapporto tra Odds (OR) derivanti da un modello logistico che include quali confondenti l'indice di deprivazione, la vicinanza ad una autostrada, strada principale e secondaria, prendendo come riferimento l'Odds della classe dei controlli **non esposti**. Gli OR sono accompagnati dall'intervallo di confidenza al 95% di probabilità (IC95%).

La Tabella 21 riporta il confronto tra le stime prodotte con l'approccio di coorte e con l'approccio caso controllo e la corrispondente stima dei casi attribuibili all'esposizione derivato dai due disegni sperimentali.

Come ulteriore analisi di sensibilità si è provveduto a ridurre l'area di non esposizione alle ricadute di NOx definendo i soggetti non esposti come quelli residenti in aree con un livello concentrazione a terra compreso in 0.03|-0.06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mediamente esposti se compreso in 0.06|-0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ed altamente esposti se maggiore o uguale di 0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La Tabella 22 riporta gli HR per l'outcome di mortalità.

CONCLUSIONI

La valutazione dello stato di salute della popolazione residente nell'area intorno all'inceneritore Silla 2 è stata effettuata valutando l'esistenza di eccessi di rischio di ricoveri per causa specifica, mortalità per causa, incidenza di neoplasie maligne, accessi a pronto soccorso e consumo di farmaci respiratori. Tale approccio permette di analizzare gli effetti acuti (ricoveri, accessi a pronto soccorso e consumo i farmaci) e cronici (mortalità e incidenza di tumori).

Va sottolineata la sostanziale differenza evidenziata tra l'area ad alta esposizione rispetto a quella a bassa esposizione agli inquinanti (sia per l'NOx sia per il PTS) della distribuzione per indici che identificano una specifica vulnerabilità sociale.

L'indice di deprivazione rappresenta un'informazione fondamentale sulle condizioni di svantaggio dell'area in studio, esso sintetizza infatti le dimensioni rappresentative della vulnerabilità sociale: scarsa istruzione, carenza di lavoro, condizioni abitative e familiari peggiori. L'associazione tra stato di salute e indice di deprivazione è ampiamente discussa in letteratura sia sull'outcome mortalità¹⁰⁻¹² sia sulle malattie respiratorie infantili¹³ mostrando come lo stato di salute è altamente correlato con la condizione socioeconomica in quanto chi ha uno svantaggio socioeconomico ha un rischio di malattia e di decesso maggiore rispetto a chi non ha questo svantaggio. In particolare è un dato consolidato che i tassi di mortalità hanno un andamento crescente, con stime più alte, in corrispondenza del livello di deprivazione maggiore.¹⁰

La popolazione ad alta esposizione comprende infatti circa il 43% di individui con un livello maggiore di vulnerabilità sociale, contro il 26% appartenenti alla classe bassa esposizione. L'area in studio considerata presenta delle differenze sostanziali in termini di indice di deprivazione il che suggerisce la presenza di uno svantaggio sociale importante che può potenzialmente modificare lo stato di salute.

Nella Tabella 11 vengono riportati i risultati significativi dello studio evidenziando la presenza di eccessi per le patologie respiratorie e cardiovascolari principalmente sugli outcome che valutano la presenza di effetti acuti nell'area dove risiede la popolazione maggiormente esposta alle ricadute dell'inceneritore sia sulla popolazione adulta sia sulla popolazione 0-17 anni.

Patologia	Outcome	Esposizione	Esposizione Alta vs NON esposti HR (IC 95%)
Patologie respiratorie	mortalità	NOx	1.71 (1.11-2.64)
Patologie cardiovascolari	Pronto Soccorso (Verde)	NOx	1.29 (1.11-1.49)
Patologie cardiovascolari	Pronto Soccorso (Verde)	PTS	1.10 (1.01-1.20)
Patologie respiratorie	Pronto Soccorso (Verde)	NOx	1.17 (1.06-1.29)
Patologie respiratorie	Pronto Soccorso (Verde)	PTS	1.06 (1.00-1.13)
Patologie respiratorie (0-17 anni)	Pronto Soccorso (G+R)	NOx	1.44 (1.00-2.06)
Patologie respiratorie (0-17 anni)	Pronto Soccorso (G+R)	PTS	1.33 (1.04-1.68)
Patologie respiratorie	Farmaci Respiratori (0-17 anni)	NOx	2.91 (1.19-7.11)

Tabella 11. Sintesi dei risultati dello studio

Per completezza si segnala l'eccesso di rischio per i decessi per patologie respiratorie che competono più alla valutazione di effetti a lungo termine.

La presenza di numerosi outcome legati all'accesso a pronto soccorso potrebbe evidenziare anche problemi di accesso nel territorio per la presa in carico delle patologie in essere, in particolare gli eventi acuti: aspetto sul quale è opportuno effettuare ulteriori approfondimenti.

Al fine di valutare il numero di eventi potenzialmente attribuibile alla residenza nell'area a maggiore esposizione e del fatto che gli ossidi di azoto sono considerati dalla letteratura internazionale la migliore misura per stimare l'inquinamento in Tabella 20 viene riportato, per gli Hazard Ratio significativi all'esposizione a NOx, il numero di eventi nei due anni di osservazione per la mortalità e nei tre anni di osservazione per gli accessi a pronto soccorso per causa specifica.

Da questa analisi è possibile stimare che circa 4 decessi e 20 accessi a pronto soccorso per anno sono attribuibili alla residenza nell'area a maggiore esposizione.

Occorre ribadire che gli eccessi di rischio non sono associabili con un nesso di causalità con le ricadute dell'inceneritore, considerando anche il limitato apporto dell'inceneritore alla esposizione cumulativa dell'area in studio (poco più dell'1% per gli ossidi di azoto). I dati, comunque, identificano che la popolazione che risiede nell'area maggiormente esposta presenta uno stato di salute differente se confrontata con la popolazione che risiede nell'area non esposta alle ricadute.

La considerazione che lo stato di salute della popolazione residente nell'area in studio sia modificata dalla maggiore presenza di una vulnerabilità causata da condizioni socioeconomiche differenti e dalla residenza in un territorio complessivamente esposto alla combinazione di molte e diversificate sorgenti impone una riflessione sulle possibili azioni di mitigazione e riqualificazione del territorio stesso.

BIBLIOGRAFIA

1. Minichilli F, Santoro M, Linzalone N, et al. [Epidemiological population-based cohort study on mortality and hospitalization in the area near the waste incinerator plant of San Zeno, Arezzo (Tuscany Region, Central Italy)]. *Epidemiol Prev* 2016; 40: 33–43.
2. Corine Land Cover (CLC), <http://www.isprambiente.gov.it/it/temi/biodiversita/documenti/corine-land-cover-clc>.
3. Particolato PM10 2016. *ARPA Lombardia*, <http://www.arpalombardia.it:80/Pages/Indicatori/Particolato-PM10-2016.aspx?tipodati=0&tema=Tema+Ambientale&sottotema=Sottotema+Ambientale&ordine=1> (accessed 11 December 2018).
4. Biossido di azoto 2016. *ARPA Lombardia*, <http://www.arpalombardia.it:80/Pages/Indicatori/Biossido-di-azoto-2016.aspx?tipodati=0&tema=Tema+Ambientale&sottotema=Sottotema+Ambientale&ordine=1> (accessed 11 December 2018).
5. Scire, J.S., Robe, F.R., Fernau, M.E., et al. A user's guide for the CALMET meteorological model (Version 5.0).
6. Weather Research and Forecasting Model | MMM: Mesoscale & Microscale Meteorology Laboratory, <https://www.mmm.ucar.edu/weather-research-and-forecasting-model> (accessed 6 June 2018).
7. USGS.gov | Science for a changing world, <https://www.usgs.gov/> (accessed 20 June 2018).
8. Bellasio R, Bianconi R, Mosca S, et al. Formulation of the Lagrangian particle model LAPMOD and its evaluation against Kincaid SF6 and SO2 datasets. *Atmospheric Environment* 2017; 163: 87–98.
9. Pedde M, Szpiro AA, Adar SD. Traffic Congestion as a Risk Factor for Mortality in Near-Road Communities: A Case-Crossover Study. *Am J Epidemiol* 2017; 186: 564–572.
10. Caranci N, Biggeri A, Grisotto L, et al. L'indice di deprivazione italiano a livello di sezione di censimento: definizione, descrizione e associazione con la mortalità. *Epidemiol Prev* 2010; 34: 167–176.
11. Pinzone F, Casuccio N, Mancuso A, et al. Mortalità in aree a differenti caratteristiche socioeconomiche nella città di Palermo. *Epidemiol Prev* 2008; 32: 229–237.
12. Michelozzi, P, Perucci, CA, Forastiere, F, et al. Differenze sociali nella mortalità a Roma negli anni 1990-1995. *Epidemiol Prev* 1999; 23: 230–38.
13. Cesaroni G, Farchi S, Davoli M, et al. Individual and area-based indicators of socioeconomic status and childhood asthma. *Eur Respir J* 2003; 22: 619–624.

Tabella 12. Distribuzione di alcune variabili sociodemografiche per le differenti aree in studio negli anni 2015-2017

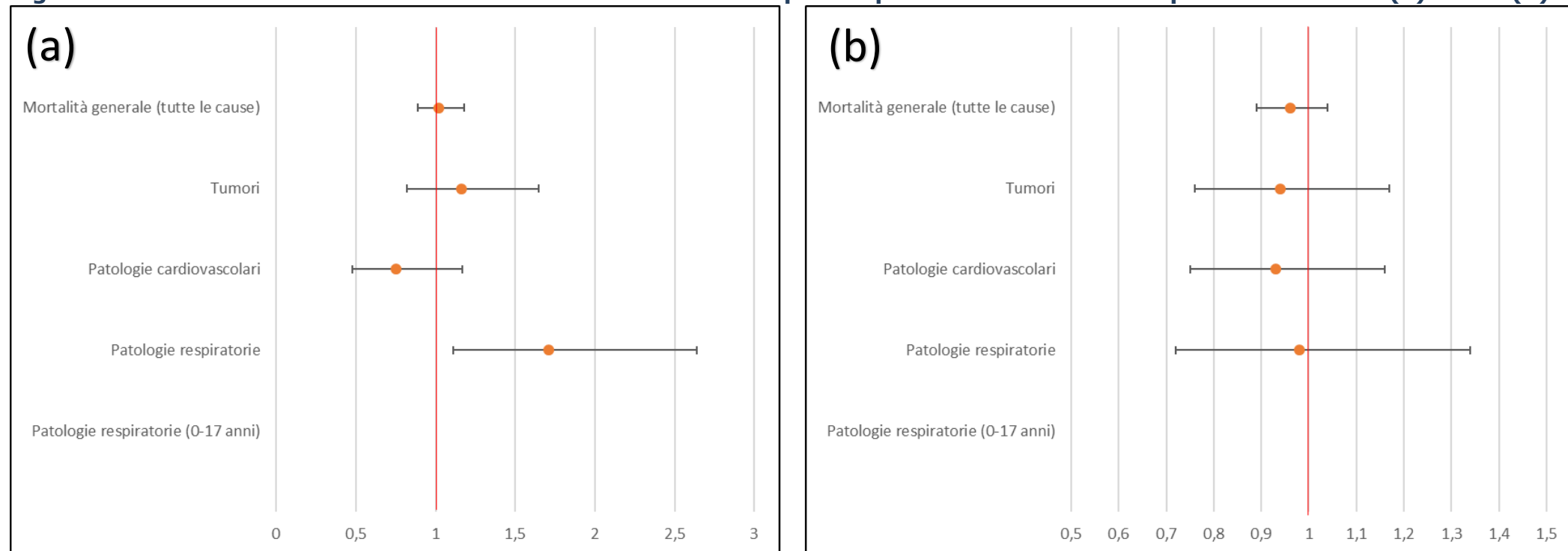
Genere	Totale		NOx						PTS					
			Non Esposti		Poco Esposti		Molto Esposti		Non Esposti		Poco Esposti		Molto Esposti	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Uomini	712315	48,0	664323	48,0	42764	48,2	5226	48,3	644459	48,0	52731	48,2	15123	48,4
Donne	770794	52,0	719285	52,0	45903	51,8	5605	51,7	697959	52,0	56710	51,8	16124	51,6
Classe di età														
0-4	94462	6,4	88693	6,4	5121	5,8	648	6,0	85955	6,4	6898	6,3	1609	5,1
5-9	67495	4,6	63218	4,6	3803	4,3	474	4,4	61220	4,6	5035	4,6	1240	4,0
10-14	64890	4,4	60580	4,4	3885	4,4	425	3,9	58709	4,4	4995	4,6	1186	3,8
15-19	60782	4,1	56520	4,1	3768	4,2	494	4,6	54704	4,1	4793	4,4	1285	4,1
20-24	64859	4,4	60702	4,4	3670	4,1	486	4,5	58812	4,4	4760	4,3	1286	4,1
25-29	79080	5,3	74447	5,4	4102	4,6	531	4,9	72336	5,4	5285	4,8	1459	4,7
30-34	94024	6,3	88686	6,4	4716	5,3	622	5,7	86248	6,4	6110	5,6	1666	5,3
35-39	106315	7,2	99857	7,2	5659	6,4	799	7,4	96969	7,2	7238	6,6	2108	6,7
40-44	122820	8,3	114876	8,3	7057	8,0	887	8,2	111359	8,3	9060	8,3	2401	7,7
45-49	123149	8,3	114815	8,3	7449	8,4	883	8,2	111437	8,3	9210	8,4	2500	8,0
50-54	109433	7,4	101829	7,4	6754	7,6	850	7,8	98844	7,4	8357	7,6	2232	7,1
55-59	90215	6,1	84229	6,1	5333	6,0	653	6,0	81828	6,1	6577	6,0	1810	5,8
60-64	79761	5,4	74508	5,4	4670	5,3	583	5,4	72460	5,4	5611	5,1	1690	5,4
65-69	83117	5,6	77340	5,6	5181	5,8	596	5,5	75248	5,6	5833	5,3	2036	6,5
70-74	74935	5,1	68978	5,0	5339	6,0	618	5,7	67042	5,0	5685	5,2	2208	7,1
75-79	70080	4,7	63949	4,6	5505	6,2	626	5,8	61829	4,6	6047	5,5	2204	7,1
80-84	51003	3,4	46781	3,4	3856	4,3	366	3,4	45250	3,4	4381	4,0	1372	4,4
85+	46689	3,1	43600	3,2	2799	3,2	290	2,7	42168	3,1	3566	3,3	955	3,1
Distanza da un'autostrada														
≤150m	19434	1,3	18028	1,3	845	1,0	561	5,2	17011	1,3	1598	1,5	825	2,6
>150m	1463675	98,7	1365580	98,7	87822	99,0	10270	94,8	1325407	98,7	107843	98,5	30422	97,4
Distanza da una strada principale														
≤150m	129666	8,7	128067	9,3	1599	1,8	0	0,0	127838	9,5	1410	1,3	418	1,3
>150m	1353443	91,3	1255541	90,7	87068	98,2	10831	100,0	1214580	90,5	108031	98,7	30829	98,7
Distanza da una strada secondaria														
≤150m	1012847	68,3	950962	68,7	52756	59,5	9129	84,3	925353	68,9	65520	59,9	21974	70,3
>150m	470262	31,7	432646	31,3	35911	40,5	1702	15,7	417065	31,1	43921	40,1	9273	29,7
Indice di deprivazione														
Missing	8478	0,6	8058	0,6	415	0,5	2	0,0	8047	0,6	309	0,3	119	0,4
Molto agiato	214359	14,5	204875	14,8	9421	10,6	63	0,6	201545	15,0	12245	11,2	569	1,8
Agiato	247270	16,7	233947	16,9	13170	14,9	153	1,4	229987	17,1	14899	13,6	2384	7,6
Medio	265123	17,9	245041	17,7	18348	20,7	1734	16,0	242658	18,1	16334	14,9	6131	19,6
Deprivato	354372	23,9	330934	23,9	19310	21,8	4128	38,1	323694	24,1	21848	20,0	8830	28,3
Molto deprivato	393507	26,5	360753	26,1	28003	31,6	4751	43,9	336487	25,1	43806	40,0	13214	42,3
Totale	1.483.109		1.383.608		88.667		10.831		1.342.418		109.441		31.247	

ANALISI DELLA MORTALITÀ PER CAUSA

Tabella 13. Analisi del rischio di decesso

	Totale	Esposizione NOx						Esposizione PTS					
		Non esposti		Media		Alta		Non esposti		Media		Alta	
		N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)
Mortalità generale (tutte le cause)	24523	22662	1	1665	0.99 (0.94-1.04)	196	1.02 (0.89-1.18)	21912	1	1996	1.01 (0.96-1.05)	615	0.96 (0.89-1.04)
Tumori	3202	2953	1	217	0.94 (0.82-1.08)	32	1.16 (0.82-1.65)	2858	1	258	0.98 (0.86-1.11)	86	0.94 (0.76-1.17)
Patologie cardiovascolari	3447	3187	1	240	1.02 (0.89-1.16)	20	0.75 (0.48-1.17)	3058	1	307	1.11 (0.98-1.25)	82	0.93 (0.75-1.16)
Patologie respiratorie	1588	1469	1	98	0.87 (0.71-1.07)	21	1.71 (1.11-2.64)	1430	1	116	0.86 (0.71-1.05)	42	0.98 (0.72-1.34)
Patologie respiratorie (0-17 anni)	0	0	1	0	-	0	-	0	1	0	-	0	-

Figura 14. Rischio di decesso e intervalli di confidenza al 95% per l'esposizione alta vs non esposizione all'NOx (a) e PTS (b).

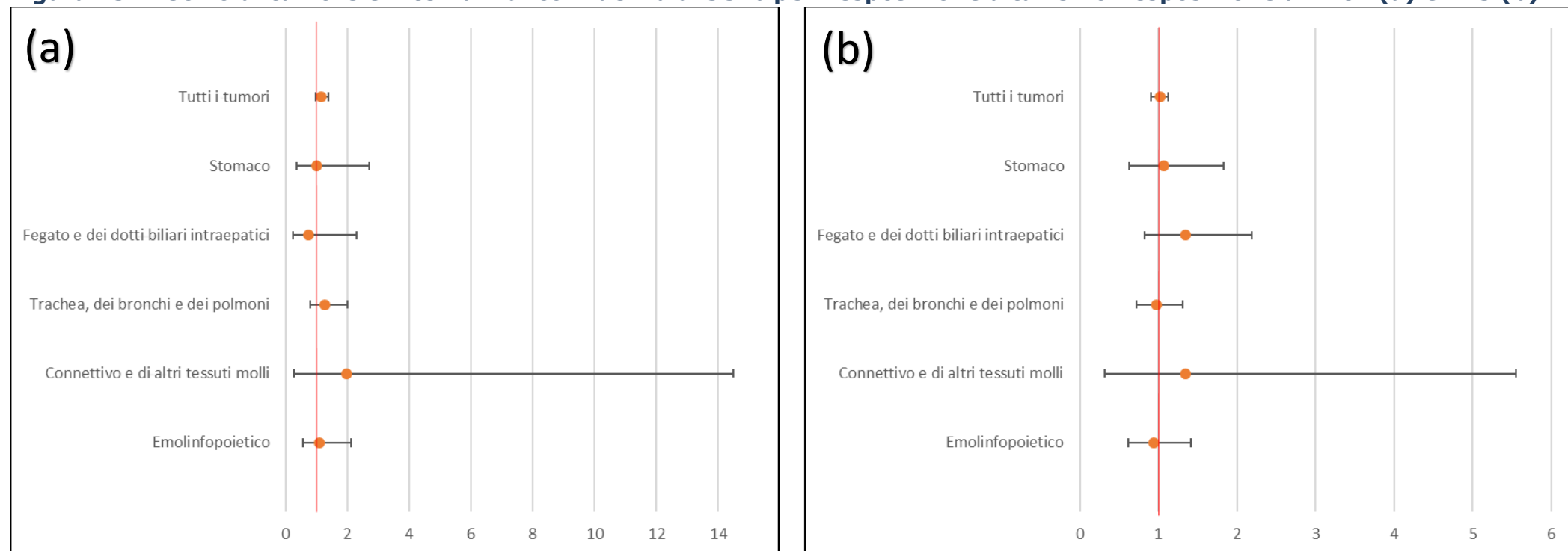


ANALISI DELLA INCIDENZA DI TUMORI MALIGNI

Tabella 14. Analisi del rischio di tumore

	Totale	Esposizione NOx						Esposizione PTS					
		Non esposti		Media		Alta		Non esposti		Media		Alta	
		N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)
Tutti i tumori	13573	12561	1	886	0.97 (0.91-1.04)	126	1.16 (0.97-1.38)	12203	1	1016	0.96 (0.90-1.03)	354	1.02 (0.91-1.13)
Stomaco	484	442	1	38	1.15 (0.82-1.60)	4	1.00 (0.37-2.70)	429	1	41	1.09 (0.79-1.51)	14	1.07 (0.63-1.83)
Fegato e dei dotti biliari intraepatici	445	406	1	36	1.15 (0.82-1.63)	3	0.74 (0.24-2.31)	392	1	36	0.99 (0.70-1.40)	17	1.34 (0.82-2.19)
Trachea, dei bronchi e dei polmoni	1634	1502	1	114	0.99 (0.82-1.20)	18	1.26 (0.79-2.01)	1454	1	135	1.02 (0.85-1.22)	45	0.97 (0.72-1.31)
Connettivo e di altri tessuti molli	66	63	1	2	0.47 (0.11-1.94)	1	1.98 (0.27-14.5)	59	1	5	1.02 (0.40-2.57)	2	1.34 (0.32-5.55)
Emolinfopoietico	991	926	1	56	0.84 (0.64-1.11)	9	1.10 (0.57-2.12)	902	1	65	0.85 (0.66-1.10)	24	0.94 (0.62-1.41)

Figura 15. Rischio di tumore e intervalli di confidenza al 95% per l'esposizione alta vs non esposizione all'NOx (a) e PTS (b).

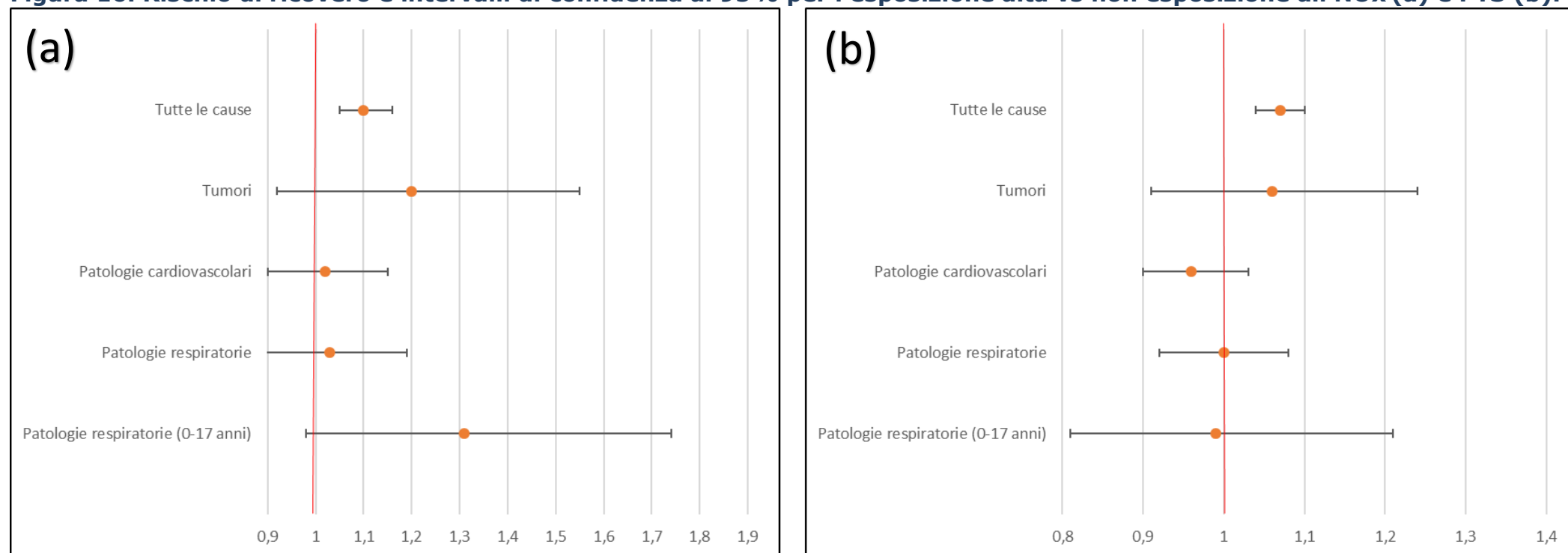


ANALISI DEI RICOVERI OSPEDALIERI

Tabella 15. Analisi del rischio di ricovero

	Totale	Esposizione NOx						Esposizione PTS					
		Non esposti		Media		Alta		Non esposti		Media		Alta	
		N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)
Tutte le cause	201754	186577	1	13489	1.05 (1.03-1.07)	1688	1.10 (1.05-1.16)	180838	1	15832	1.03 (1.01-1.04)	5084	1.07 (1.04-1.10)
Tumori	5836	5370	1	408	1.01 (0.92-1.12)	58	1.20 (0.92-1.55)	5206	1	463	1.00 (0.91-1.10)	167	1.06 (0.91-1.24)
Patologie cardiovascolari	31737	29282	1	2196	1.01 (0.97-1.05)	259	1.02 (0.90-1.15)	28362	1	2566	1.02 (0.98-1.06)	809	0.96 (0.90-1.03)
Patologie respiratorie	21931	20150	1	1596	1.08 (1.03-1.14)	185	1.03 (0.89-1.19)	19405	1	1958	1.12 (1.07-1.18)	568	1.00 (0.92-1.08)
Patologie respiratorie (0-17 anni)	5119	4803	1	268	0.93 (0.83-1.06)	48	1.31 (0.98-1.74)	4713	1	312	0.79 (0.71-0.89)	94	0.99 (0.81-1.21)

Figura 16. Rischio di ricovero e intervalli di confidenza al 95% per l'esposizione alta vs non esposizione all'NOx (a) e PTS (b).



ANALISI DEGLI ACCESSI AL PRONTO SOCCORSO

Tabella 16. Analisi del rischio di accesso al pronto soccorso in codice bianco

	Totale	Esposizione NOx						Esposizione PTS					
		Non esposti		Media		Alta		Non esposti		Media		Alta	
		N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)
Tutte le cause	116484	108717	1	6827	0.94 (0.92-0.96)	940	0.97 (0.91-1.03)	105597	1	8317	0.90 (0.88-0.92)	2570	0.94 (0.90-0.98)
Patologie cardiovascolari	1235	1133	1	96	1.22 (0.99-1.50)	6	0.64 (0.29-1.43)	1074	1	134	1.46 (1.21-1.75)	27	0.97 (0.66-1.42)
Patologie respiratorie	3648	3436	1	182	0.80 (0.69-0.92)	30	0.94 (0.65-1.34)	3358	1	217	0.72 (0.62-0.82)	73	0.83 (0.65-1.04)
Patologie respiratorie (0-17 anni)	5480	5212	1	220	0.69 (0.60-0.79)	48	1.04 (0.78-1.38)	5133	1	263	0.57 (0.50-0.65)	84	0.72 (0.58-0.89)

Figura 17. Rischio di accesso al PS in codice bianco e intervalli di confidenza al 95% per l'esposizione alta vs non esposizione all'NOx (a) e PTS (b).

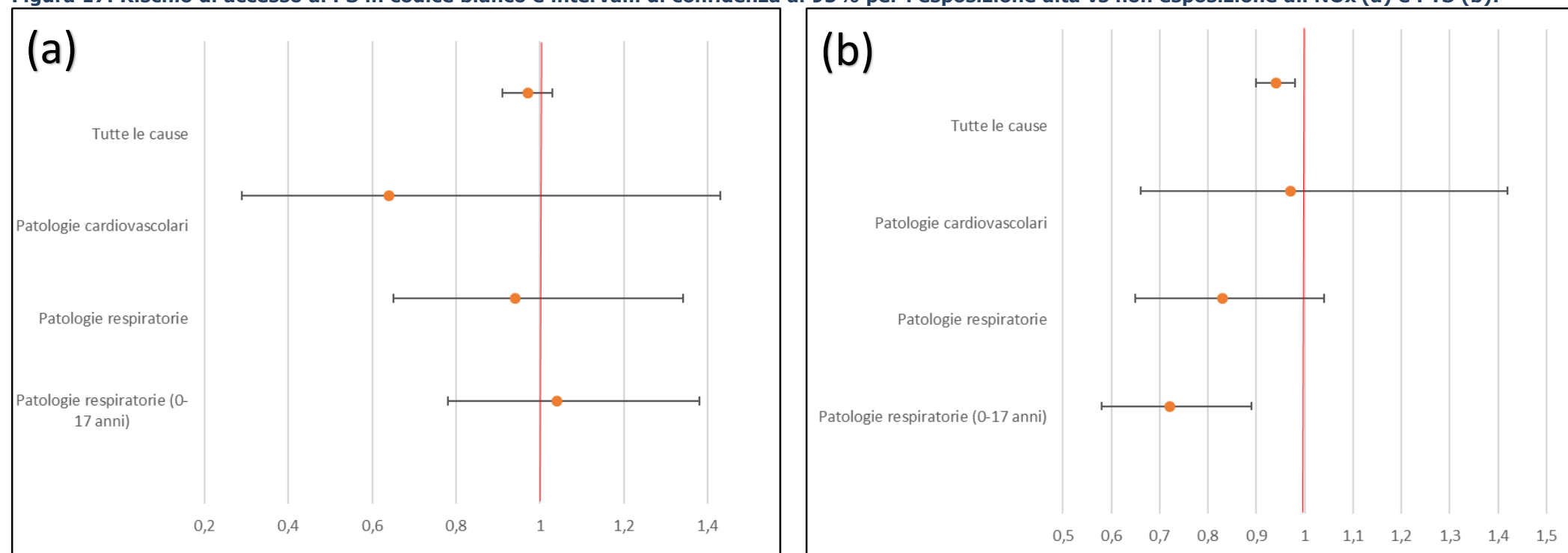


Tabella 17. Analisi del rischio di accesso al pronto soccorso in codice verde

	Totale	Esposizione NOx						Esposizione PTS					
		Non esposti		Media		Alta		Non esposti		Media		Alta	
		N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)
Tutte le cause	352053	327315	1	21772	1.00 (0.98-1.01)	2966	1.07 (1.03-1.11)	317287	1	26750	0.99 (0.97-1.00)	8016	0.99 (0.97-1.01)
Patologie cardiovascolari	17982	16506	1	1295	1.08 (1.02-1.14)	181	1.29 (1.11-1.49)	15970	1	1511	1.08 (1.02-1.14)	501	1.10 (1.01-1.20)
Patologie respiratorie	43505	40234	1	2860	1.04 (1.00-1.08)	411	1.17 (1.06-1.29)	38931	1	3477	1.02 (0.99-1.06)	1097	1.06 (1.00-1.13)
Patologie respiratorie (0-17 anni)	30538	28608	1	1696	0.98 (0.93-1.03)	234	0.98 (0.86-1.11)	27547	1	2456	1.04 (1.00-1.09)	535	0.89 (0.82-0.97)

Figura 18. Rischio di accesso al PS in codice verde e intervalli di confidenza al 95% per l'esposizione alta vs non esposizione all'NOx (a) e PTS (b).

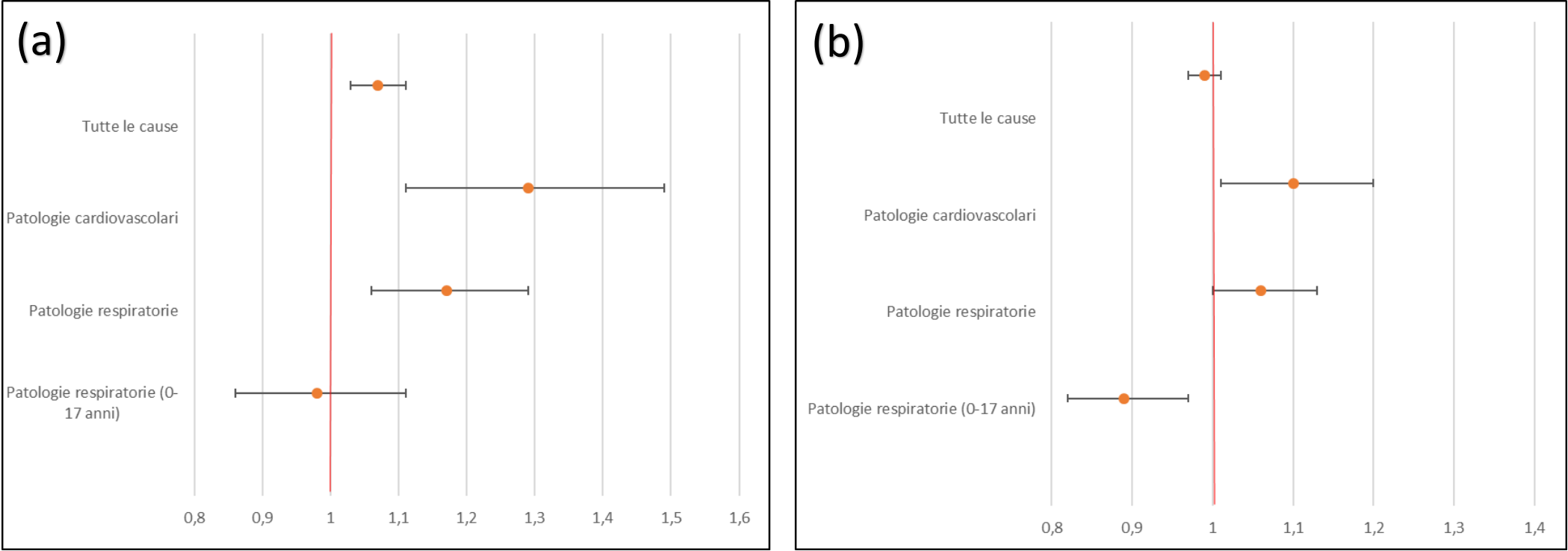
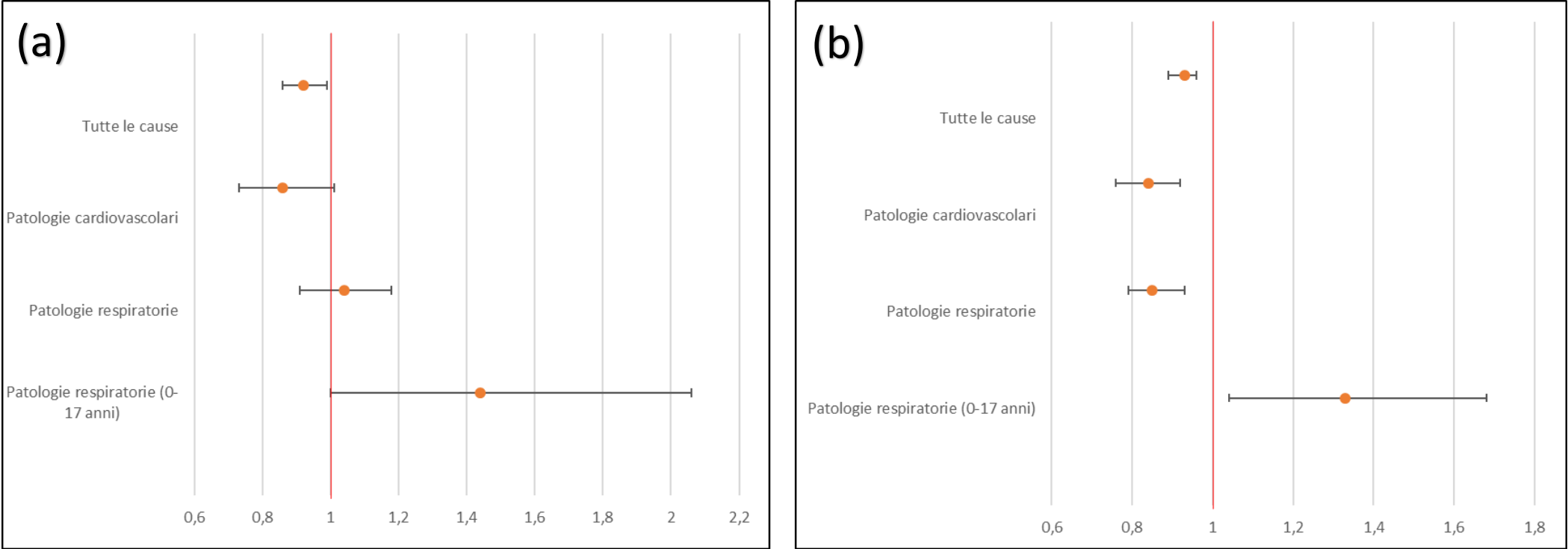


Tabella 18. Analisi del rischio di accesso al pronto soccorso in codice rosso o giallo

	Totale	Esposizione NOx						Esposizione PTS					
		Non esposti		Media		Alta		Non esposti		Media		Alta	
		N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)
Tutte le cause	117718	109195	1	7653	0.98 (0.96-1.01)	870	0.92 (0.86-0.99)	105536	1	9454	1.02 (0.99-1.04)	2728	0.93 (0.89-0.96)
Patologie cardiovascolari	21177	19675	1	1352	0.92 (0.87-0.97)	150	0.86 (0.73-1.01)	19131	1	1567	0.91 (0.87-0.96)	479	0.84 (0.76-0.92)
Patologie respiratorie	26501	24639	1	1636	0.91 (0.86-0.96)	226	1.04 (0.91-1.18)	23852	1	2056	0.96 (0.92-1.00)	593	0.85 (0.79-0.93)
Patologie respiratorie (0-17 anni)	2987	2780	1	177	1.06 (0.91-1.23)	30	1.44 (1.00-2.06)	2668	1	249	1.11 (0.97-1.26)	70	1.33 (1.04-1.68)

Figura 19. Rischio di accesso al PS in codice giallo o rosso e intervalli di confidenza al 95% per l’esposizione alta vs non esposizione all’NOx (a) e PTS (b).

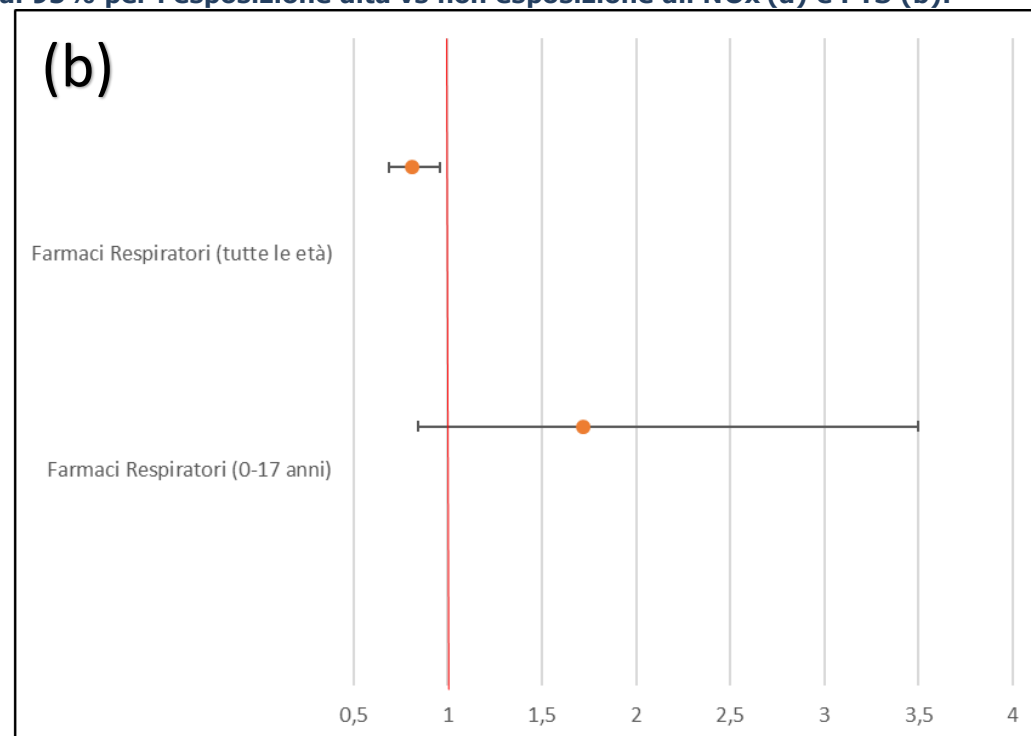
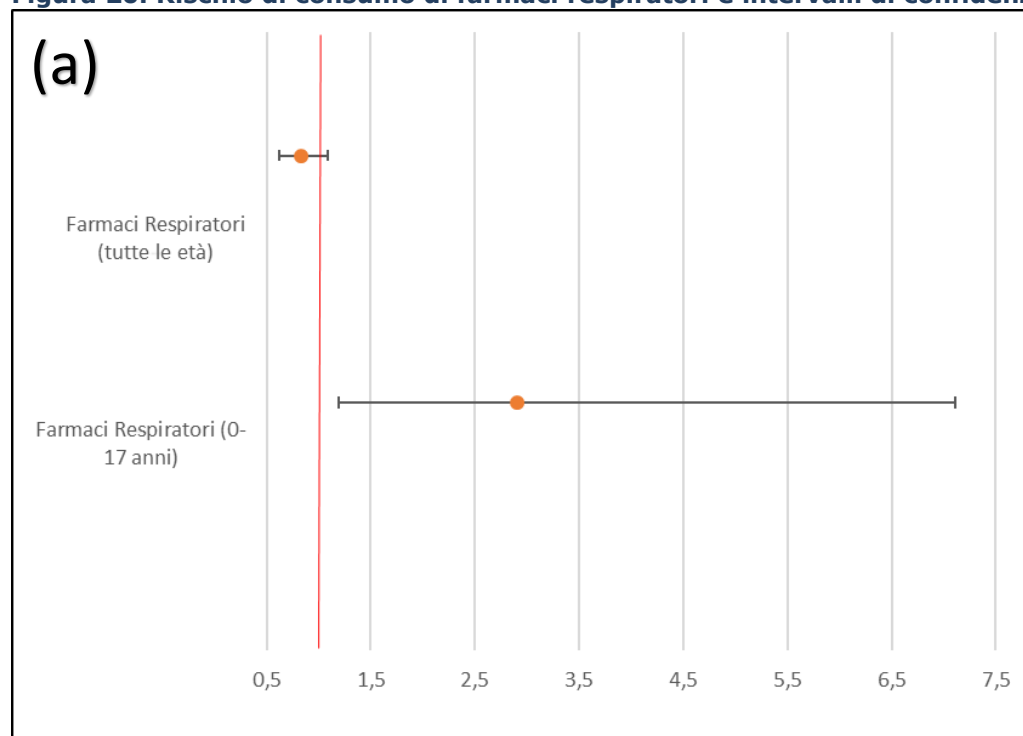


ANALISI DEL CONSUMO DI FARMACI RESPIRATORI

Tabella 19. Analisi del rischio di consumo dei farmaci respiratori

	Totale	Esposizione NOx						Esposizione PTS					
		Non esposti		Media		Alta		Non esposti		Media		Alta	
		N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)
Farmaci Respiratori (tutte le età)	7293	6784	1	460	0.96 (0.88-1.06)	49	0.83 (0.62-1.09)	6621	1	521	0.91 (0.83-0.99)	151	0.81 (0.69-0.96)
Farmaci Respiratori (0-17 anni)	235	221	1	9	0.63 (0.32-1.24)	5	2.91 (1.19-7.11)	215	1	12	0.67 (0.37-1.20)	8	1.72 (0.84-3.50)

Figura 20. Rischio di consumo di farmaci respiratori e intervalli di confidenza al 95% per l'esposizione alta vs non esposizione all'NOx (a) e PTS (b).



ANALISI DELLA FRAZIONE ATTRIBUIBILE

Tabella 20. Analisi della frazione attribuibile di eventi per l'esposizione all'NOx

Patologia	Outcome	Esposizione	N. di eventi osservati	Esposizione Alta vs NON esposti HR (IC 95%)	N. di eventi attribuibili
Patologie respiratorie	Mortalità	NOx	21	1.71 (1.11-2.64)	8.7
Patologie cardiovascolari	Pronto Soccorso (Verde)	NOx	181	1.29 (1.11-1.49)	40.7
Patologie respiratorie	Pronto Soccorso (Verde)	NOx	411	1.17 (1.06-1.29)	59.7
Patologie respiratorie (0-17 anni)	Pronto Soccorso (G+R)	NOx	30	1.44 (1.00-2.06)	9.2

Figura 21. Rischio di decesso e accesso al pronto soccorso e intervalli di confidenza al 95% per l'esposizione alta vs non esposizione all'NOx, analisi degli eccessi significativi.

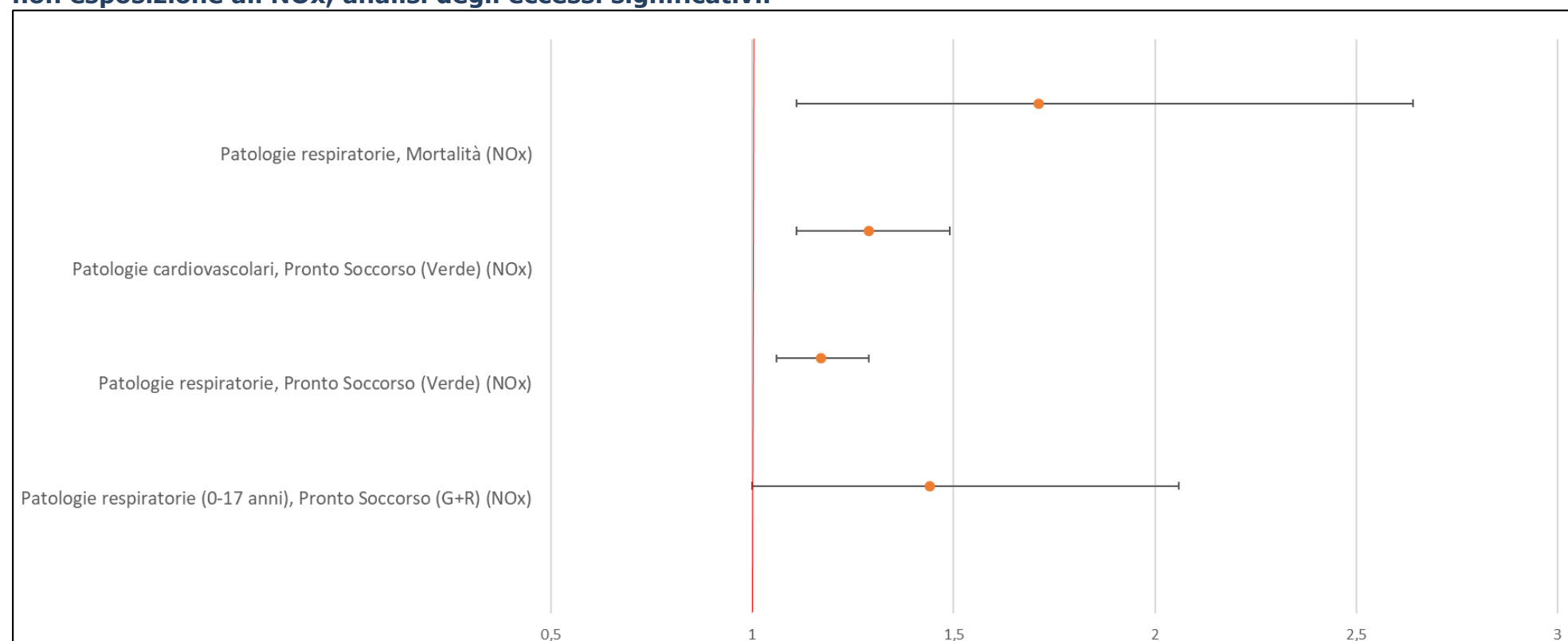


Tabella 21. Analisi di sensibilità dei risultati significativi per l'esposizione all'NOx

Patologia	Outcome	Esposizione	N. di eventi Osservati Esposizione Alta	Esposizione Alta vs NON esposti HR (IC 95%)	Esposizione Alta vs NON esposti OR (IC 95%)	N. di eventi Attribuibili HR	N. di eventi Attribuibili OR
Patologie respiratorie	Mortalità	NOx	21	1.71 (1.11-2.64)	2.21 (1.28-3.82)	8.7	11.50
Patologie cardiovascolari	Pronto Soccorso (Verde)	NOx	181	1.29 (1.11-1.49)	1.24 (1.05-1.47)	40.7	35.0
Patologie respiratorie	Pronto Soccorso (Verde)	NOx	411	1.17 (1.06-1.29)	1.20 (1.07-1.34)	59.7	68.5
Patologie respiratorie (0-17 anni)	Pronto Soccorso (G+R)	NOx	30	1.44 (1.00-2.06)	1.36 (0.90-2.07)	9.2	7.9

Tabella 22. Analisi di sensibilità per l'outcome mortalità

	Totale	Esposizione NOx					
		Non esposti		Media		Alta	
		N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)	N.	HR (IC 95%)
Mortalità generale (tutte le cause)	13025	11164	1	1665	0.97 (0.92-1.02)	196	0.99 (0.86-1.14)
Tumori	1620	1371	1	217	0.94 (0.82-1.09)	32	1.16 (0.81-1.65)
Patologie cardiovascolari	1861	1601	1	240	0.98 (0.85-1.12)	20	0.71 (0.46-1.11)
Patologie respiratorie	857	738	1	98	0.85 (0.69-1.06)	21	1.63 (1.05-2.54)
Patologie respiratorie (0-17 anni)	0	0	1	0	-	0	-