



Osservatorio ambiente e salute



Indagine epidemiologica ambientale nell'area Monfalconese

Parte prima:
inquinamento atmosferico e tumori, 1995 - 2009

DIREZIONE GENERALE ARPA FVG

Responsabile dell' Osservatorio Ambiente e Salute:
LUCA MARCHESI¹

GRUPPO DI LAVORO:

Referente dell' attività:
DIEGO SERRAINO²

FABIO BARBONE^{3,4,5}
ETTORE BIDOLI²
PAOLO COLLARILE¹
SIMONETTA FUSER¹
IRENE GALLAI¹
FULVIO STEL¹
LORIS ZANIER⁶

1 Agenzia Regionale Protezione Ambiente Friuli Venezia Giulia (ARPA FVG)

2 Centro di Riferimento Oncologico ,IRCCS CRO, Aviano

3 Università degli Studi di Udine

4 Università degli Studi di Trieste

5 Azienda Ospedaliera Universitaria di Udine

6 Direzione centrale salute, integrazione sociosanitaria, politiche sociali e famiglia- Servizio di Epidemiologia Regione Friuli Venezia Giulia

SOMMARIO	4
1 INTRODUZIONE.....	8
2 OBIETTIVI DELLO STUDIO	12
3 IL MONFALCONESE: INQUADRAMENTO AMBIENTALE E METODI DI INDAGINE	13
Il Monfalconese: calcolo del quadro emissivo	17
Source apportionment	20
Area in studio	22
Georeferenziazione delle residenze e della popolazione del Monfalconese.....	24
Popolazione in studio	26
Selezione delle diverse aree di esposizione	26
Analisi del rischio neoplastico per distanza dal camino della A2A.....	31
Identificazione dei casi di tumore	31
Indicatori statistici di rischio neoplastico	32
4 I RISULTATI DELL' INDAGINE.....	33
Primo approccio statistico.....	33
Secondo approccio statistico.....	34
Terzo approccio statistico	36
Tumori polmonari.....	36
Tumori del Rene e delle vie urinarie	39
Tumori della vescica	42
Linfomi non Hodgkin	46
Leucemie	48
Tumori del connettivo e dei tessuti molli.....	50
5 CONCLUSIONI	52
6 BIBLIOGRAFIA	54
7 APPENDICI	55
Analisi del rischio neoplastico per periodi temporali.....	55
Georeferenziazione	59

SOMMARIO

Vengono qui sintetizzati i principali aspetti dell'indagine compiuta dal Gruppo di lavoro dell'Osservatorio Ambiente e Salute Friuli Venezia Giulia (OAS-FVG¹ - costituito da: ARPA FVG; Azienda Ospedaliera Universitaria di Udine; Direzione Centrale Salute FVG; Direzione Centrale Ambiente FVG; IRCCS Centro di Riferimento Oncologico, Aviano) sulla frequenza dei tumori nella popolazione del Monfalconese in relazione all'inquinamento atmosferico.

Obiettivo:

Obiettivo principale di questa indagine descrittiva era valutare la diffusione dei tumori nei cittadini residenti nell'area del Monfalconese in relazione ai livelli di esposizione residenziale all'inquinamento atmosferico, per quanto riguarda in particolare le emissioni della centrale A2A.

Metodi:

- *Tipo di studio:* osservazionale, epidemiologico descrittivo
- *Residenza:* il sistema di georeferenziazione messo a punto dal gruppo di lavoro OAS-FVG ha permesso di associare le coordinate geografiche alla residenza di più del 90% dei cittadini residenti in 14 comuni del Monfalconese esposti ad inquinanti dispersi in atmosfera (Aquileia, Fiumicello, Doberdò del Lago, Fogliano-Redipuglia, Grado, Monfalcone, Ronchi dei Legionari, Sagrado, San Canzian d'Isonzo, San Pier d'Isonzo, Savogna d'Isonzo, Staranzano, Turriaco e Duino-Aurisina). La residenza è stata usata come indicatore delle esposizioni ambientali derivanti da numerose sorgenti emissive puntuali (centrale A2A, altre industrie, riscaldamento di edifici pubblici o privati) e lineari (strade, autostrada, porto e aeroporto). In particolare, il sistema di georeferenziazione è stato impiegato per localizzare ciascun residente dei 14 comuni del Monfalconese all'interno di numerose micro-aree di 400x400 metri di lato. Ciascuna di queste micro-aree corrispondeva a 3-5 livelli crescenti (i.e., terzili o quintili di esposizione) di esposizione ambientale residenziale per ciascuno dei quattro inquinanti atmosferici: benzene (cancerogeno di gruppo 1, IARC); PM₁₀ (cancerogeno di gruppo 1, IARC); biossido di zolfo -SO₂; biossido di azoto -NO₂. Inoltre, per ciascun residente, è stata calcolata la distanza della residenza dal camino della centrale A2A -punto di riferimento per l'estensione del dominio geografico su cui sono stati elaborati i modelli matematici di dispersione in atmosfera degli inquinanti.
- *Misura dell'esposizione:* le esposizioni ambientali a sostanze potenzialmente dannose alla salute sono quelle involontarie -cioè quelle a cui i cittadini non possono sottrarsi e sono state elencate nel punto precedente. Va sottolineato che, in questo studio, si è proceduto ad una stima indiretta della esposizione a inquinanti diffusi nell'atmosfera del Monfalconese dalle sorgenti elencate in precedenza. Sono state quindi prodotte stime delle esposizioni ambientali basate sulla residenza degli individui, senza misure di esposizione individuali non praticabili in questo contesto di indagine epidemiologica descrittiva. In aggiunta alla esposizione associata alla semplice distanza della residenza dal camino della centrale A2A, sono stati usati modelli matematici di dispersione dei principali inquinanti dispersi in atmosfera provenienti dalle fonti

¹ Rif. Delibera Giunta Regionale n. 532 del 21/03/2014 di Istituzione dell' Osservatorio Ambiente e Salute.
Rif. Delibera DG ARPA FVG n. 90 del 16/05/2014 di Costituzione dell'Osservatorio Ambiente e Salute.

inquinanti sopra citate. I modelli usati, validati a livello internazionale, sono stati riferiti all'anno 1998 per coerenza con il periodo di attività del registro tumori del FVG (1995-2009). Come già descritto, il fine era definire fino a cinque livelli crescenti di esposizione residenziale agli inquinanti sopra descritti per ciascuna delle micro-aree di 400x400 metri di lato.

- *Diagnosi di tumore:* la presenza di una diagnosi tumorale per ognuna delle persone residenti nei 14 comuni del Monfalconese è stata accertata tramite il database del registro tumori del FVG per tutto il periodo disponibile di registrazione, cioè 1995-2009. In accordo con la letteratura internazionale, sono state esaminate le sedi neoplastiche con associazione certa (polmone), molto probabile (vescica) o presunta (linfomi, leucemia, tumori del tessuto connettivo) con l'inquinamento atmosferico. In aggiunta, è stata valutata specificamente la frequenza dei tumori diagnosticati nei bambini (0- 12 anni di età).
- *Analisi statistica:* separatamente in uomini e donne sono stati calcolati: i tassi standardizzati di incidenza dei tumori -ASR; i rapporti standardizzati di incidenza -RSI- cioè il rapporto tra il numero dei casi osservati e il numero di casi attesi sulla base dell'incidenza in aree del FVG diverse dal Monfalconese; i rapporti tra i tassi di incidenza - IRR; e i loro intervalli di confidenza al 95% (IC 95%).

Risultati:

Ai fini dell'indagine, sono state condotte tre tipologie di analisi statistica:

1. *Stima del rischio neoplastico dei residenti in 14 comuni del Monfalconese, in confronto ai residenti in altre aree della regione FVG.* Questa analisi ha messo in luce un eccesso statisticamente significativo di 30 casi in 15 anni (1995-2009) per il tumore della vescica nelle donne (153 casi osservati, 123 attesi). Nessun eccesso di rischio statisticamente significativo è emerso, in questo approccio statistico, tra gli uomini. Nei bambini (0-12 anni) è stato osservato un numero complessivo di 25 tumori in 15 anni, contro 20 tumori attesi - un eccesso non statisticamente significativo di 5 casi in 15 anni. Per la bassa numerosità dei casi osservati in 15 anni e per la varietà dei tipi di tumore riscontrati [si trattava di leucemia (6 casi); neuroblastoma (4 casi); linfomi (3 casi); retinoblastoma (3 casi); sistema nervoso centrale (3 casi); altri tipi (9 casi) non è stato possibile condurre ulteriori analisi sul rischio neoplastico nei bambini.
2. *Stima del rischio neoplastico basato sulla distanza della residenza dal camino della A2A.* Quest'analisi ha permesso di documentare: i) assenza di eccessi di rischio statisticamente significativi negli uomini residenti entro 1 km dal camino della A2A; ii) eccesso di rischio statisticamente significativi tra le donne residenti entro 1 km dal camino della A2A (in confronto alle residenti a distanza di oltre 2.2 km) per il tumore del polmone (1.6 volte) e per il tumore della vescica (2.1 volte).
3. *Stima del rischio neoplastico basata sulla graduazione della esposizione residenziale a livelli crescenti dei 4 inquinanti atmosferici.* Si sottolineano i seguenti risultati:
 - Uomini: Assenza di eccesso di rischio per qualunque tipo di tumore considerato per l'esposizione ai 4 inquinanti in studio. Questa assenza di rischio è stata registrata anche per i tumori per i quali le attuali evidenze scientifiche hanno

evidenziato un nesso di causalità (polmone) o una forte associazione positiva (vescica).

- Donne: Questa analisi per livelli crescenti di esposizione residenziale non ha confermato l'aumento di rischio per il tumore del polmone osservato nelle donne residenti entro 1 km dalla centrale A2A. Al contrario, è stato confermato l'eccesso di rischio per il tumore della vescica (cioè 30 casi in eccesso in 15 anni - in media 2 casi in eccesso per anno).

Relativamente all'impatto di ciascuno degli inquinanti studiati sul rischio di tumore della vescica, tale eccesso di rischio è stato costantemente documentato in modo statisticamente significativo solo nelle donne esposte ad alti livelli di biossidi di azoto (rispetto alle donne esposte al livello più basso) nell'analisi dei terzi, per quintili e nel confronto esterno verso le donne residenti in altre aree del FVG.

Per l'esposizione al benzene, al PM₁₀, o ai biossidi di zolfo, aumenti di rischio statisticamente significativi sono stati documentati nell'analisi per terzi (i.e., solo benzene), non nell'analisi per quintili, e nel confronto esterno (benzene e biossido di zolfo, non PM₁₀).

La attribuzione della percentuale emissiva a ciascun parametro ambientale da parte delle singole sorgenti inquinanti ha offerto un notevole contributo per quantificare l'origine dell'eccesso di rischio per il tumore della vescica nelle donne del Monfalconese (assumendo che la frequenza dei principali fattori di rischio noti per il tumore della vescica -i.e., fumo di sigarette, occupazione, abitudini alimentari- fosse uguale nei vari livelli di esposizione residenziale). Per il biossido di azoto, l'agente con il più alto rischio relativo per il tumore della vescica documentato in questa indagine, va sottolineato che, nel 1998 nelle aree abitate del Monfalconese, il 54.0% dell'inquinamento era dovuto al traffico veicolare; il 26.8% alle industrie diverse da A2A; il 13.4% alla centrale A2A; il rimanente alle attività del porto e dell'aeroporto (3.3%) e al riscaldamento domestico (2.5%).

Conclusioni

Per i fini di questa Indagine sulla frequenza dei tumori nel periodo 1995-2009, il quadro dell'inquinamento atmosferico nel Monfalconese è stato parametrato all'anno 1998, per coerenza con i dati del registro tumori. Sebbene questa scelta non possa tener completamente conto dei lunghi tempi di latenza dei tumori (le esposizioni associate con i tumori precedono di circa 20-40 anni la comparsa della malattia, p.es., dal 1975 o prima per i casi diagnosticati nel 1995; o dal 1989 o prima per i casi diagnosticati nel 2009), i risultati di questa analisi mettono sostanzialmente in evidenza:

1) negli uomini, assenza di qualunque associazione con il rischio di tumore in generale, in relazione alla distanza dal camino dalla centrale A2A, o a esposizioni residenziale crescenti agli inquinanti atmosferici;

2) nelle donne, eccesso di rischio di circa 30 casi nei 15 anni di studio per il tumore della vescica associato a esposizioni residenziale crescenti ai 4 inquinanti atmosferici, soprattutto a livelli crescenti di biossido di azoto; eccesso di rischio per il tumore del polmone non confermato poi dall'analisi per livelli crescenti di esposizione residenziale.

Come discusso nella introduzione, il ruolo causale dell'inquinamento ambientale nell'eziologia del

tumore del polmone è ormai accertato, mentre una forte associazione positiva è documentata per il tumore della vescica. Nelle donne, l'eccesso di rischio per il tumore del polmone documentato nelle residenti entro 1 km dal camino della centrale A2A non è stato poi confermato dalle analisi per livelli crescenti di esposizione residenziale specifica agli inquinanti ambientali. Questo dato è probabilmente interpretabile come il prodotto di un insieme di fattori attualmente non distinguibili (tra cui fumo e inquinamento da traffico probabilmente i più importanti). Per gli uomini, l'assenza di aumento di rischio per incrementi di esposizione residenziale agli inquinanti dispersi in atmosfera da noi riscontrata nei residenti nei 14 comuni del Monfalconese oggetto di questa analisi non è tuttavia sorprendente. Infatti, negli uomini la gran maggioranza dei tumori del polmone è causata dal fumo di sigaretta o da fattori occupazionali. E' quindi ragionevole ipotizzare che questo tipo di studio descrittivo, basato sulla misura indiretta della esposizione ambientali, non sia idoneo a rilevare eventuali differenze di rischio di dimensioni limitate in presenza di possibile confondimento da fumo e occupazione.

Diverso appare, invece, il quadro epidemiologico emerso tra le donne residenti nei 14 comuni del Monfalconese, per l'eccesso di rischio documentato per il tumore della vescica. La minor prevalenza del fumo di sigarette e dei fattori occupazionali nelle donne (i principali fattori di rischio noti assieme ad abitudini alimentari) rispetto agli uomini rappresenta, molto probabilmente, il principale fattore che ha fatto emergere l'eccesso di rischio di tumore della vescica nelle donne e che si attesta intorno ai 30 casi in 15 anni (2 casi per anno). Una stima compatibile con la letteratura internazionale, che riconosce all'inquinamento atmosferico una possibile (sebbene non definitivamente accertato) concausa nell'eziologia del tumore della vescica.

Per quanto riguarda le altre neoplasie (i.e., quelle diverse dal tumore del polmone o della vescica), i risultati della indagine che hanno mostrato assenza di associazione si sono dimostrati coerenti con le evidenze riassunte dalla IARC nel 2013.

In conclusione, i tre approcci statistici usati per stimare il rischio neoplastico negli abitanti dei 14 comuni del Monfalconese in relazione alle esposizioni residenziali a inquinanti dispersi in atmosfera (e originati dalle emissioni della centrale A2A, di altri insediamenti industriali, del traffico veicolare, dalle attività portuali e aeroportuali, e dal riscaldamento domestico) hanno prodotto risultati coerenti, offrendo un ulteriore elemento di validità al modello matematico usato per stimare la diffusione territoriale degli inquinanti atmosferici. I risultati indicano assenza di eccessi di rischio per gli uomini; un eccesso non statisticamente significativo di 5 casi di tumore in 15 anni nei bambini (0-12 anni) (0.3 casi/anno); e un eccesso di circa 30 casi in 15 anni (2 casi/anno) di tumore della vescica nelle donne. L'attribuzione della quota di inquinanti alle varie sorgenti emissive del Monfalconese, non ha fornito evidenze per attribuire, nel Monfalconese, un significativo effetto sulla diffusione dei tumori alle emissioni della centrale A2A – o a quelle di altre fonti industriali presenti nel Monfalconese. I modelli di dispersione calcolati per i soli quattro macroinquinanti nel periodo temporale considerato, indicano complessivamente il traffico veicolare come responsabile di buona parte degli inquinanti presenti in atmosfera. Ciò genera l'ipotesi che il traffico abbia un ruolo preminente tra i rischi ambientali che possono aver generato l'eccesso di 30 tumori della vescica nelle donne del Monfalconese tra il 1995 e il 2009.

1 INTRODUZIONE

L'area del Monfalconese è caratterizzata dalla presenza di diverse attività industriali (attive dal secondo dopoguerra), che hanno esercitato e tuttora esercitano una considerevole pressione antropica sull'ambiente. In particolare, nel Comune di Monfalcone sono presenti una centrale termoelettrica (dal 1963) e una rilevante attività portuale. L'aeroporto regionale del Friuli Venezia Giulia è situato (dal 1961) nel Comune di Ronchi dei Legionari, in aggiunta ad assi viari di rilevanza regionale (SR 305), nazionale, e sovranazionale (SS 14, SS 55, autostrada A4 e A34), e altre attività industriali di rilievo (p.es., cartiere). Nel corso degli ultimi tre decenni nel Monfalconese, come in altre aree del Friuli Venezia Giulia, sono state intraprese numerose azioni tese a ridurre al minimo la pressione antropica dovuta alle attività industriali. Tuttavia, l'inquinamento ambientale e le possibili ricadute sullo stato di salute della popolazione residente continua a destare una comprensibile preoccupazione nei cittadini, come nelle persone responsabili per la salute pubblica e la politica sanitaria. Questa situazione non è particolare del monfalconese, ma si inserisce in un più complesso scenario caratterizzato da un aumento della sensibilità dell'opinione pubblica nei confronti delle tematiche di salute legate a inquinamento ambientale. Sono sempre più frequenti le segnalazioni di presunte aggregazioni spaziali e/o temporali (cluster) di malattie in aree caratterizzate dalla presenza di sorgenti inquinanti che generano preoccupazione - in particolare tra le persone che risiedono o che lavorano in tali aree - quali insediamenti industriali, centrali nucleari o inceneritori.

E' qui importante sottolineare alcuni aspetti metodologici peculiari delle indagini di epidemiologia descrittiva condotte nelle aree a rischio ambientale, onde indirizzare il lettore verso un'appropriata collocazione contestuale dei risultati di questa indagine descrittiva in relazione alle conoscenze attuali sulle cause dei tumori.

Innanzitutto, è importante chiarire che le indagini epidemiologiche sulle esposizioni ambientali (cioè l'esposizione involontaria, non occupazionale, a sostanze presenti nell'ambiente e potenzialmente nocive per la salute) e i danni alla salute sono particolarmente complesse da condurre. Uno dei nodi cruciali negli studi di epidemiologia ambientale, infatti, è la misura, cioè la quantificazione, dell'esposizione. Questa può essere rilevata in modo diretto, attraverso il monitoraggio individuale (ad esempio, con sistemi di monitoraggio dell'aria e relativi biomarkers), o attraverso metodi indiretti: uso della residenza in prossimità della fonte inquinante, misurazioni o monitoraggi ambientali e modelli di dispersione dei contaminanti. Il ricorso alle misurazioni dirette è raro, essenzialmente per i costi elevati; la distanza dalla fonte inquinante e i modelli di dispersione degli inquinanti, invece, vengono spesso utilizzati come approssimazione dell'esposizione.

Relativamente all'uso dei modelli di dispersione degli inquinanti, si tratta di un approccio metodologico che consiste nell'utilizzo di modelli computerizzati per definire diversi livelli di esposizione. Tali modelli necessitano di informazioni sul rilascio degli inquinanti, unitamente ai dati di altezza alla quale avviene l'emissione stessa ed a dati meteorologici come temperatura, direzione e velocità dei venti prevalenti; tutto questo al fine di prevedere i livelli di concentrazione degli inquinanti ad altezze specifiche dal suolo e l'estensione dell'area interessata. In tal modo, la popolazione esposta può essere più accuratamente definita rispetto a quanto avviene con il solo utilizzo della vicinanza come parametro per valutare l'esposizione. Inoltre, le zone interessate alla dispersione degli inquinanti possono essere molto vaste,

ed è reale la possibilità che le persone vengano contemporaneamente esposte a numerosi inquinanti (p.es., quelli emessi da traffico veicolare o da svariate tipologie di impianti produttivi).

La popolazione, inoltre, non è un'entità statica, in quanto gli individui si muovono all'interno e all'esterno dell'area a rischio. A volte pur conservando la residenza in determinati comuni, alcuni individui posseggono un domicilio diverso, o trascorrono lunghi periodi lontano dalla propria abitazione. Ancora, è possibile che soggetti residenti in zone non considerate a rischio, passino regolarmente (ad esempio per motivi di lavoro) parte delle giornate in prossimità di sorgenti inquinanti. E' inevitabile, dunque, che ci siano degli ampi gradi di variabilità, in termini di esposizione, all'interno delle diverse sotto-aree. Nonostante tali limitazioni, la misurazione indiretta rimane comunque una tecnica ampiamente utilizzata.

La rarità degli eventi studiati può costituire un'ulteriore limitazione degli studi di epidemiologia ambientale. Infatti, le aree sotto indagine sono spesso relativamente piccole e, in genere, il numero di persone esposte, o i casi di malattia, sono pochi. Ciò comporta una riduzione della potenza statistica anche in studi ben disegnati, dando luogo a risultati di difficile interpretazione. Quando l'evento sanitario di interesse è una malattia con un lungo periodo di induzione (come i tumori che insorgono, in media, dopo 20-40 anni di esposizione), molto problematico può risultare il tentativo di ricostruzione dell'esposizione nel corso degli anni o dei decenni per una serie di ragioni tra cui, la possibile mancanza di dati attendibili sulle emissioni di inquinanti nel passato; le evoluzioni dei processi produttivi che portano a variazioni nelle emissioni; il turnover della popolazione esposta, nel corso dei decenni, laddove la stabilità del campione è pertanto parametro di notevole importanza.

Inoltre è sostanziale il problema dei confondenti (cioè, i più importanti fattori di rischio noti), in particolar modo negli studi ecologici di malattia nei dintorni di fonti puntiformi. Il livello socio-economico, ad esempio, è causa di una delle principali difficoltà interpretative di studi su piccole aree. Generalmente, le persone che risiedono nei pressi di insediamenti industriali, non costituiscono un campione casuale della popolazione, ma tendenzialmente presentano un basso livello socioeconomico ed è noto che la deprivazione si associa a un peggiore stato di salute, costituendo pertanto potenziale causa di confondimento.

Per quanto riguarda l'insorgenza di tumori, è ormai ben accertata da numerosi studi internazionali l'associazione tra esposizione ad inquinamento atmosferico e aumentata frequenza di malattie e morte. Relativamente ai tumori, l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) ha recentemente pubblicato la Monografia IARC n. 109 «*Ambient air pollution*» in cui viene documentato il ruolo cancerogeno svolto dall'inquinamento atmosferico. In particolare, le evidenze epidemiologiche e meccanicistiche raccolte in più di 50 anni di ricerche sono ora considerate sufficienti a stabilire un nesso di causalità tra vari inquinanti atmosferici e la insorgenza del carcinoma del polmone (*sufficient evidence, Gruppo 1 della classificazione IARC*) mentre viene ritenuta molto probabile (ma non ancora definitivamente accertata) la associazione con un aumentato rischio per il carcinoma della vescica [1].

Nel 2014 la European Environment Agency (EEA) ha pubblicato il report «*Air pollution fact sheet 2014 – Italy*» con l'obiettivo di verificare lo stato di qualità dell'aria nei Paesi europei e la conseguente esposizione ambientale della popolazione. Per l'Italia, sono state prodotte delle stime medie per una

area urbana per gli anni 2010-2012: i risultati hanno dimostrato come la popolazione sia stata esposta in termini di percentuale a valori maggiori rispetto ai limiti stabiliti dalla normativa Europea (recepita in Italia dal d.lgs 155/2010) (Figura 1).

Urban population exposed to air pollutant concentrations above the EU air quality objectives (2010-2012) ⁽²⁾

Italy	EU reference value	Exposure estimate (%)		
		2010	2011	2012
PM ₁₀	day (50 µg/m ³)	50.5	62.5	50.7
O ₃	8-hour (120 µg/m ³)	66.6	66.3	62.1
NO ₂	year (40 µg/m ³)	41.3	46.1	25.2

The colour coding of exposure estimates refers to the fraction of urban population exposed to concentrations above the reference level:

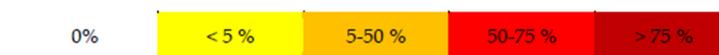


Figura 1. Percentuale di popolazione esposta a concentrazioni maggiori ai limiti fissati dall'UE. Italia, 2010-2012

Molti degli inquinanti atmosferici tossici ai quali la popolazione è esposta derivano da fenomeni di combustione. [2, 3, 4, 5]. Rientrano infatti nel Gruppo 1 della lista dei carcinogeni secondo IARC ad esempio il *benzene*, il particolato (PM), gli esausti dei motori diesel, il benzo[a]APrene, le emissioni indoor dovute alla combustione domestica di carbone e il 1,3-butadiene. La raccolta di evidenze di cancerogenicità dovuta a questi fattori sono descritte nella Monografia IARC n. 105 scritta grazie al contributo di esperti internazionali che indicano “*based on sufficient evidence that such exposures are associated with an increased risk for lung cancer*”.

Nonostante queste chiare evidenze, sono ancora insoddisfacenti le conoscenze relative ai fattori di esposizione ambientale - in particolar modo, come scritto in precedenza, la quantificazione del rischio individuale (*personal exposure*) associato a particolari concentrazioni di inquinante.

A questo proposito, l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), la IARC e l'AEA hanno più volte sottolineato la necessità di aumentare gli sforzi per diminuire l'inquinamento atmosferico e, conseguentemente, i rischi per la salute umana. Molto da fare rimane, tuttavia, per comprendere in termini quantitativi il ruolo relativo di ciascuna delle principali sorgenti emmissive (e.g., autoveicoli, industrie, riscaldamento domestico) per i danni alla salute umana. Inoltre, considerando solo gli inquinanti delle matrici ambientali, c'è il problema della molteplicità delle sostanze in esse presenti. La valutazione di tutti questi aspetti mediante studi di epidemiologia ambientale, necessita di diverse professionalità in un contesto multidisciplinare di analisi chimico-fisiche, modelli statistico-matematici e valutazioni clinico-epidemiologiche.

Consci di queste problematiche, le istituzioni politiche e sanitarie del Friuli Venezia Giulia hanno avviato una prima sperimentazione operativa nel 2008 e nel 2014 la Giunta Regionale ha deliberato la costituzione² dell'Osservatorio Ambiente e Salute del Friuli Venezia Giulia (OAS FVG). L'obiettivo generale è monitorare lo stato di salute delle popolazioni residenti in aree della regione considerate a rischio ambientale, compito svolto in collaborazione da parte delle istituzioni regionali competenti come da indicazione delle Delibere di Istituzione e di Costituzione dell'Osservatorio Ambiente e Salute.

Questa **“Indagine epidemiologica ambientale nell’area Monfalconese: Inquinamento atmosferico e tumori, 1995-2009”** è la prima parte di un vasto piano di monitoraggio sanitario (**“Studio epidemiologico dell’area del Monfalconese”**) che ha per oggetto, oltre alle neoplasie, le malattie cardiovascolari acute e le interruzioni spontanee della gravidanza.

² Rif. Delibera DG ARPA FVG n. 90 del 16/05/2014 - Costituzione dell'Osservatorio Ambiente e Salute

2 OBIETTIVI DELLO STUDIO

Obiettivo principale di questa indagine descrittiva era valutare la diffusione dei tumori nei cittadini residenti nell'area del Monfalconese in base alle esposizioni residenziali a quattro inquinanti ambientali dispersi nell'atmosfera: benzene (C₆H₆) (cancerogeno di gruppo 1 per IARC); biossidi di azoto (NO₂), particolato (PM₁₀) (cancerogeno di gruppo 1 per IARC); e biossidi di zolfo (SO₂).

Questa indagine è stata effettuata tramite la misura ed elaborazione di dati ambientali utili a caratterizzare lo stato dell'ambiente e ha potuto giovare i) della presenza dei registri di patologia su base di popolazione regionale (tra cui il registro tumori) e ii) della possibilità di incrociare questi dati con i dati anagrafici e, quindi, con la storia residenziale.

Le analisi statistiche sono state focalizzate sui tipi di tumore noti per la associazione certa (polmone) o possibile (vescica, altri tumori dell'apparato urinario e tumori ematologici) con l'inquinamento atmosferico come certificato dalla International Agency for Cancer Research, Lione (Francia) [6] e prodotte, nel Monfalconese, da: i) riscaldamento domestico; ii) traffico veicolare; iii) porto e aeroporto; iv) centrale termoelettrica A2A; e v) altre attività industriali.

Ai fini della indagine, sono state usate due prospettive per misurare l'esposizione indiretta agli inquinanti ambientali (tra cui due carcinogeni certi, benzene e PM): 1) calcolo della distanza (in metri) della residenza dal camino della Centrale A2A; 2) elaborazione di un modello matematico di dispersione degli inquinanti ambientali in aria.

Eventuali differenze nei tassi di incidenza dei tumori sono state valutate tramite: 1) un confronto esterno con la popolazione residente in aree del Friuli Venezia Giulia diverse dal Monfalconese; e 2) un confronto interno alla popolazione residente nel Monfalconese tra tassi d'incidenza (stratificati per sesso e standardizzati per età) in base a distanza dal camino della A2A; e 3) un confronto con 3-5 livelli crescenti di esposizione residenziale agli inquinanti ambientali in base ai risultati del modello matematico di dispersione degli stessi in atmosfera.

3 II MONFALCONESE: INQUADRAMENTO AMBIENTALE E METODI DI INDAGINE

La regione Friuli Venezia Giulia, nell'ottica di pervenire ad una sintesi della qualità dell'aria in regione in base alle caratteristiche orografiche e meteorologiche, del carico emissivo e del grado di urbanizzazione del territorio, viene suddivisa, per tutti gli inquinanti normati dal D.Lgs 155/2010, in tre zone: montagna; pianura; e zona triestina (Figura 2) [7]. L'area Monfalconese ricade nella zona di pianura, e a ridosso della zona triestina. Dal punto di vista microclimatico, l'area in questione è caratterizzata da una discreta ventilazione legata alla vicinanza ai rilievi orografici (brezze notturne) e ai meccanismi anemologici legati alla presenza della valle dell'Isonzo [8].

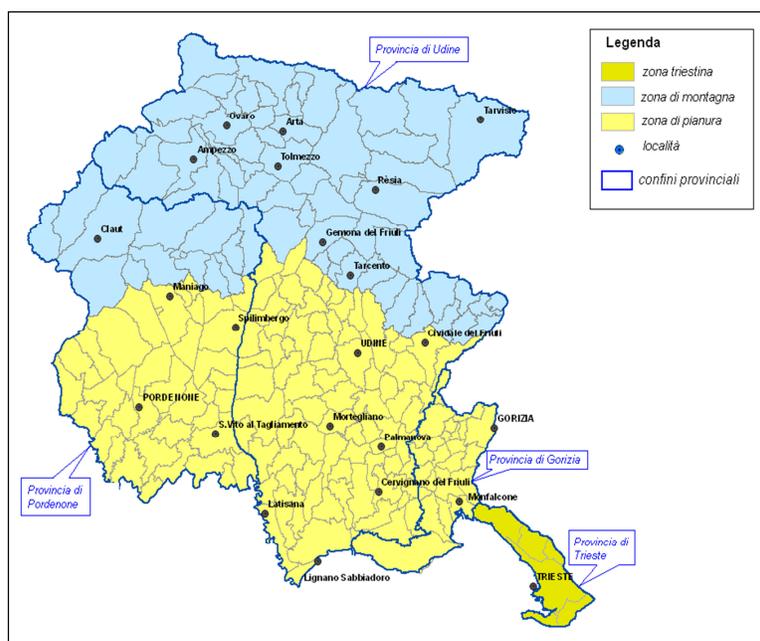


Figura 2: Suddivisione del territorio regionale in zone in base ai criteri del D.Lgs 155/2010

Per gli obiettivi di questa indagine, la valutazione della qualità dell'aria nel Monfalconese è stata condotta mediante tecniche di modellizzazione matematica. In funzione delle sorgenti presenti sul territorio (e.g., grafo stradale e flussi di traffico, emissioni industriali, attività portuale ed aeroportuale, produzione di energia), è stato possibile ottenere una stima del livello di inquinamento su una griglia regolare di circa 400x400 metri di risoluzione territoriale.

L'anno 1998 è stato scelto quale il miglior riferimento temporale disponibile per valutare la diffusione degli inquinanti ambientali per coerenza cronologica con il periodo di attività del registro tumori regionale. Il registro tumori regionale è stato istituito con legge regionale nel 1998, ed ha iniziato la registrazione di tutte le diagnosi tumorali fatte nei residenti in regione dal 1 gennaio 1995. La completezza e l'accuratezza delle diagnosi neoplastiche (tutti i tumori maligni secondo la classificazione internazionale delle malattie –ICD-9 e ICD-10) viene garantita dalla adesione ai criteri di qualità stabiliti dalla

Associazione Internazionale dei Registri Tumori (IACR) e dalla Associazione Italiana dei Registri Tumori (AIRTUM). L'ultimo anno di registrazione valido per quest'analisi è stato il 2009, permettendo quindi un'analisi temporale dei tumori diagnosticati in 15 anni in tutta la popolazione residente in Friuli Venezia Giulia- inclusa la popolazione residente nel Monfalconese oggetto particolare di questa analisi. Le misure delle emissioni in atmosfera degli inquinanti riferite all'anno 1998 rappresentano la miglior stima disponibile per simulare il quadro ambientale complessivo del periodo di registrazione dei tumori, in considerazione anche dei lunghi tempi di latenza necessari allo sviluppo dei tumori stessi (stimati tra i 25 e i 40 anni).

Tali stime della dispersione in atmosfera degli inquinanti sono state ottenute dall'inventario emissivo ISPRA, redatto a livello provinciale ogni cinque anni, come media pesata degli anni 1995 e 2000. Le simulazioni numeriche sono state condotte utilizzando il modello dispersivo SPRAY della ditta AriaNet Srl [9], partendo dalla configurazione delle sorgenti emissive così come rilevata nell'anno 2010, riportandole poi alle emissioni dell'anno 1998 in base all'inventario ISPRA. Nel dettaglio sono state individuate e analizzate cinque tipologie emissive per il Monfalconese: i) riscaldamento domestico; ii) traffico; iii) porto e aeroporto; iv) attività produttive; v) centrale termoelettrica A2A di Monfalcone.

Una volta ottenuto il campo delle concentrazioni medie dei diversi inquinanti, questo campo è stato adattato ai valori delle concentrazioni medie osservate dalle stazioni fisse con una tecnica di geostatistica. Tale tecnica ha consentito di unire i punti di forza tipici delle misure in punti fissi (precisione e accuratezza nella stima del valore assoluto dell'inquinamento) con i punti di forza delle simulazioni numeriche (omogeneità e completezza nella copertura spaziale). In questo modo si è pervenuti a quella che può essere considerata la miglior stima della qualità dell'aria per l'anno 1998 nel Monfalconese (Figure 3-6). La configurazione delle sorgenti emissive come rilevata nell'anno 2010, è stata realizzata dalla ditta Arianet per conto di A2A, con inventari regionali del FVG forniti da ARPA FVG - ai cui dati sono state aggiunte alcune informazioni necessarie per una migliore caratterizzazione delle emissioni. Sia il modello che i dati sono stati validati da ARPA FVG.

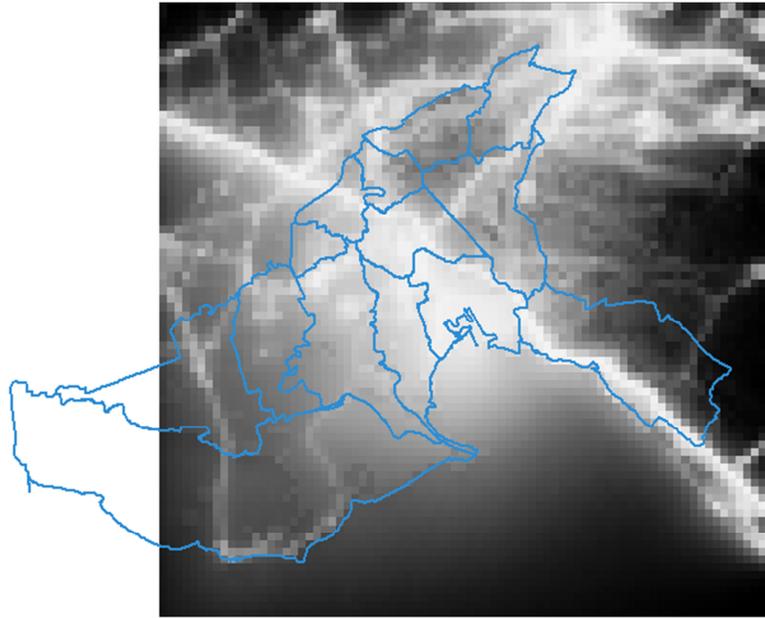


Figura 3: Modello della dispersione del benzene (C₆H₆) nel Monfalconese, 1998.

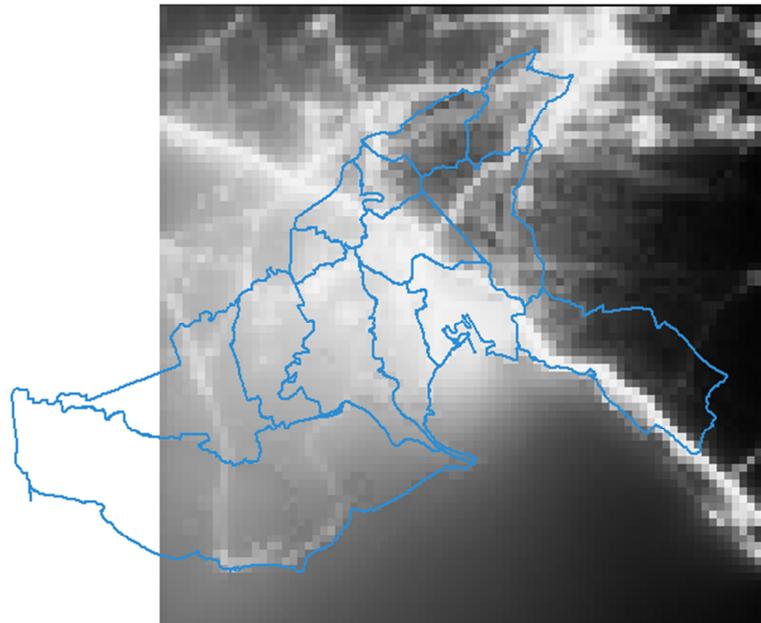


Figura 4: Modello della dispersione degli biossido di azoto (NO₂) nel Monfalconese, 1998.

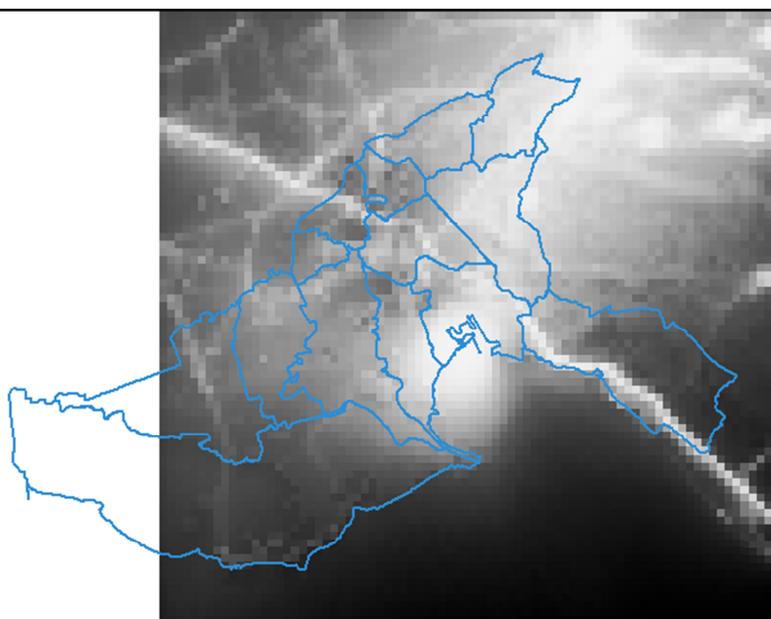


Figura 5: Modello della dispersione dei biossidi di zolfo (SO_2) nel Monfalconese, 1998.

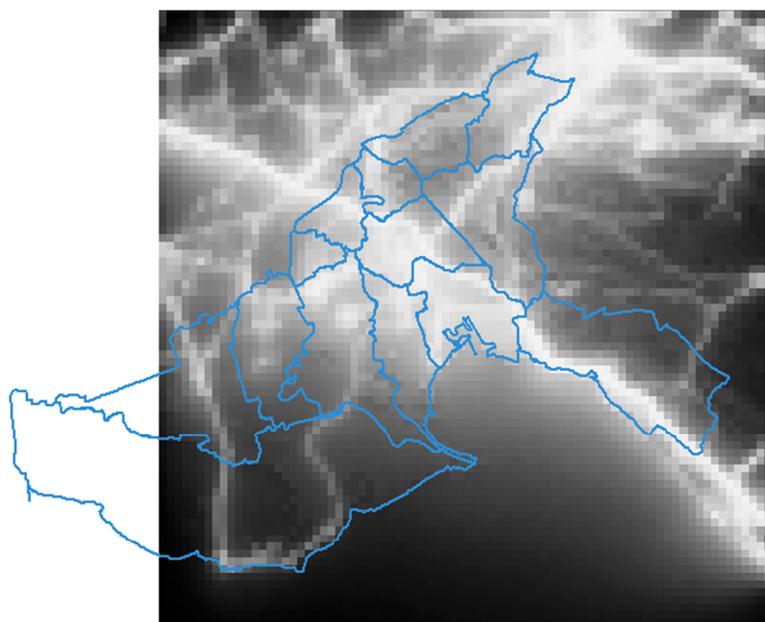


Figura 6: Modello della dispersione delle polveri sottili (PM_{10}) nel Monfalconese, 1998.

Il Monfalconese: calcolo del quadro emissivo

Ai fini di questa indagine, il carico emissivo di inquinanti atmosferici nel Monfalconese è stato calcolato utilizzando l'inventario emissivo INEMAR 2010, armonizzato con l'inventario nazionale ISPRA, con una risoluzione spaziale di livello comunale [10]. Al fine di pervenire ad una rappresentazione spaziale sufficientemente definita, l'inventario INEMAR 2010 è stato disaggregato su un grigliato regolare utilizzando la base dati del "corine land cover" [11] e, per la parte relativa ai flussi di traffico (numero e tipologia dei veicoli), le informazioni derivanti dal grafo stradale della regione Friuli Venezia Giulia [8]. In questo modo si è giunti ad una risoluzione spaziale delle emissioni in micro aree di 400 m x 400 metri di lato.

Per risalire alle emissioni relative all'anno 1998, le emissioni a scala di micro aree di 400 x 400 metri relative all'anno 2010 sono state riscalate all'anno di interesse, utilizzando l'inventario emissivo ISPRA realizzato a scala provinciale dal 1995 al 2010. Questo approccio ha permesso di tenere in considerazione il fatto che, nel corso degli anni, le emissioni dei diversi inquinanti sono variate grandemente per i diversi settori. Non sarebbe stato quindi corretto utilizzarle nelle simulazioni numeriche per l'anno 1998. A titolo di esempio vengono riportate le serie temporali delle emissioni cumulate per la provincia di Gorizia per il materiale particolato primario, gli ossidi di azoto anidride solforosa e benzene (Figure 7-9a).

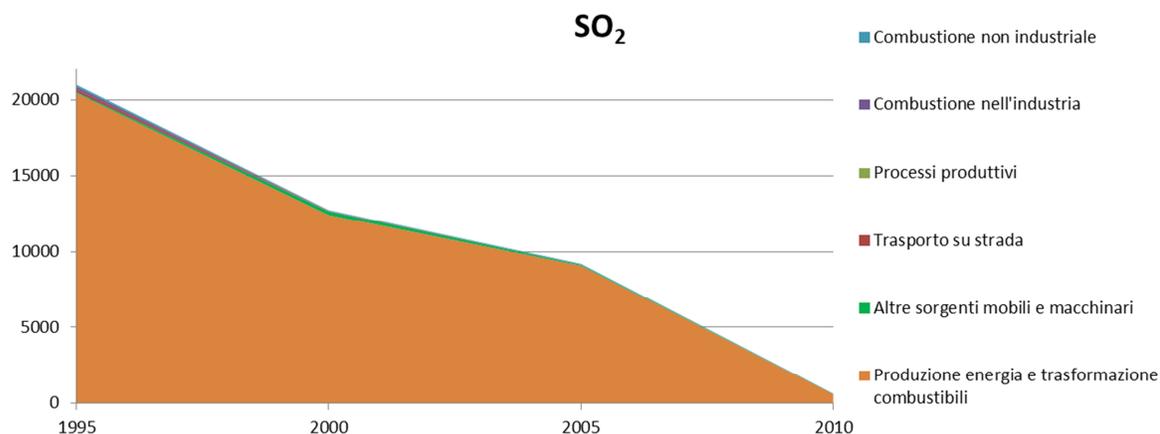


Figura 7. Provincia di Gorizia: serie temporali delle emissioni cumulate dei biossidi di zolfo per i diversi settori emissivi. Valori in tonnellate/anno.

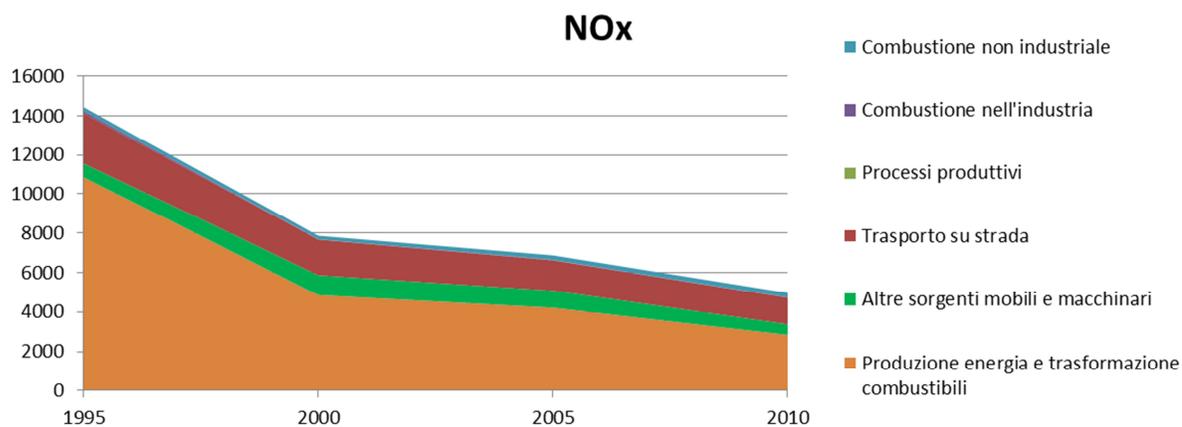


Figura 8. Provincia di Gorizia: serie temporali delle emissioni cumulate degli ossidi di azoto per i diversi settori emissivi. Valori in tonnellate/anno.

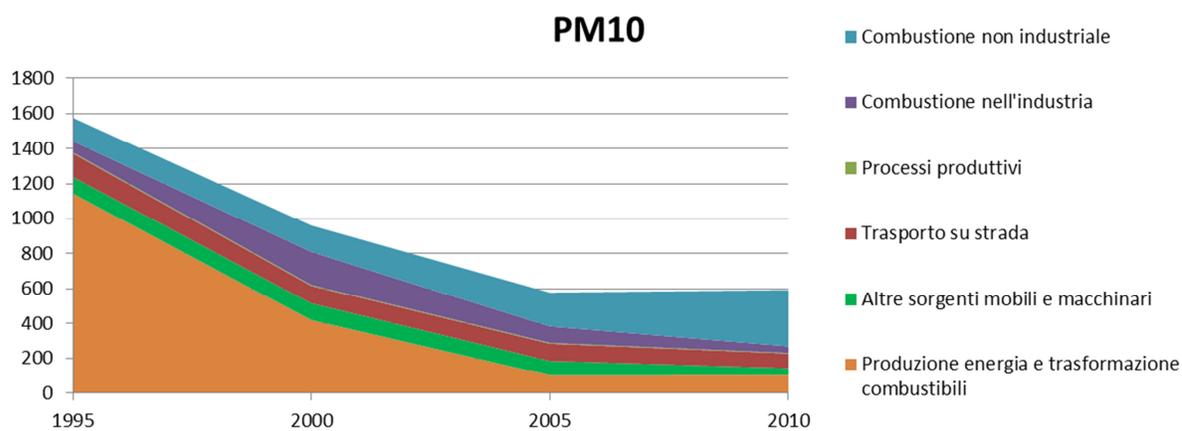


Figura 9. Provincia di Gorizia: serie temporali delle emissioni cumulate del materiale particolato primario per i diversi settori emissivi. Valori in tonnellate/anno.

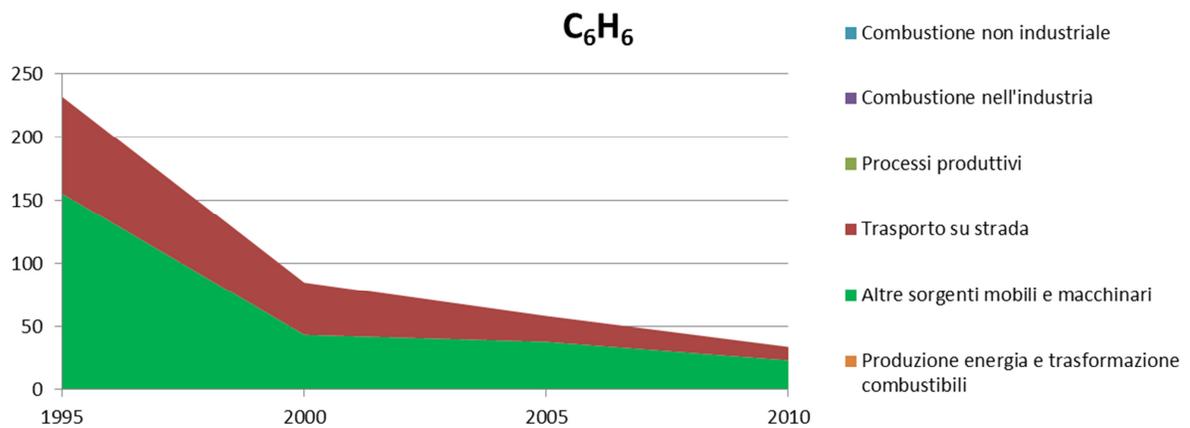


Figura 9 a. Provincia di Gorizia: serie temporali delle emissioni cumulate del materiale particolato primario per i diversi settori emissivi. Valori in tonnellate/anno.

Nel corso degli anni, un notevole cambiamento è stato registrato nella storia emissiva per la Centrale Termoelettrica A2A di Monfalcone, molto cambiata dal punto di vista emissivo (figura 10). Nel 1998, in particolare, la Centrale aveva in funzione sia i due gruppi a carbone che i due a olio combustibile e le emissioni venivano convogliate nel camino di 154 m. Il nastro di trasporto del carbone era già stato messo in depressione, mentre non era ancora in funzione il desolforatore (attivo dal 2008).

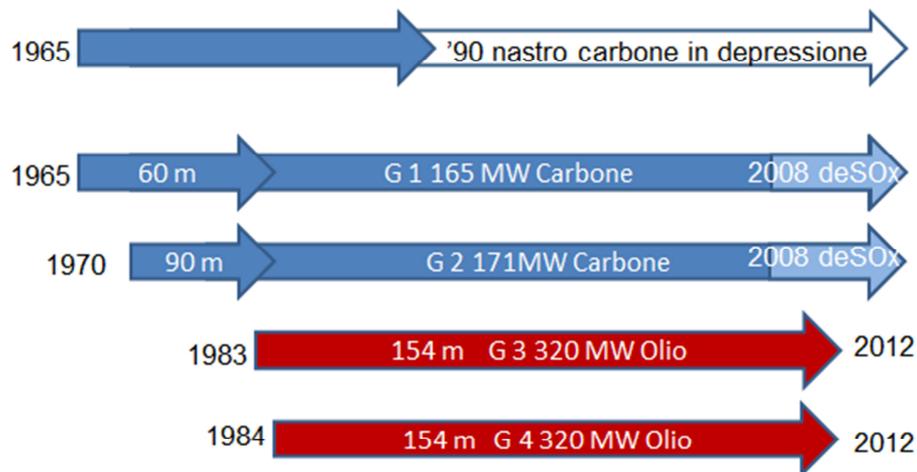


Figura 10: Rappresentazione grafica della storia emissiva della centrale termoelettrica A2A di Monfalcone.

Source apportionment

Il modello numerico Lagrangiano a particelle SPRAY, è stato elaborato sulla base della meteorologia dell'anno 2007, ritenuta avere un comportamento medio rispetto agli anni 1995-2003 e 2005-2007 sulla scorta dei risultati degli studi condotti nell'ambito del progetto MINNI finanziato dal Ministero dell'Ambiente e realizzato da ENEA [12]. Questo modello consente di trattare separatamente gli inquinanti emessi dalle diverse tipologie di sorgenti: è stato così possibile non solo simulare il livello complessivo delle concentrazioni di ogni inquinante, ma anche la percentuale di contributo ascrivibile alle cinque sorgenti emissive esaminate nel Monfalconese (i.e., riscaldamento domestico; traffico; porto e aeroporto; centrale A2A; attività produttive diverse da A2A).

L'importanza del contributo frazionario delle diverse sorgenti (*source apportionment*) consiste nel favorire l'individuazione delle tipologie di sorgenti maggiormente implicate nel raggiungimento di livelli critici di inquinamento -tenendo conto non solo delle emissioni effettive (massa di inquinante) ma anche della dispersione e diluizione dovuta al modo in cui le emissioni sono rilasciate in atmosfera. La figura 11 illustra il risultato ottenuto dal calcolo del contributo frazionario dell'inquinamento dai quattro inquinanti (Figura 11.a) nel Monfalconese o dal solo PM10 (Figura 11.b) per l'anno 1998.

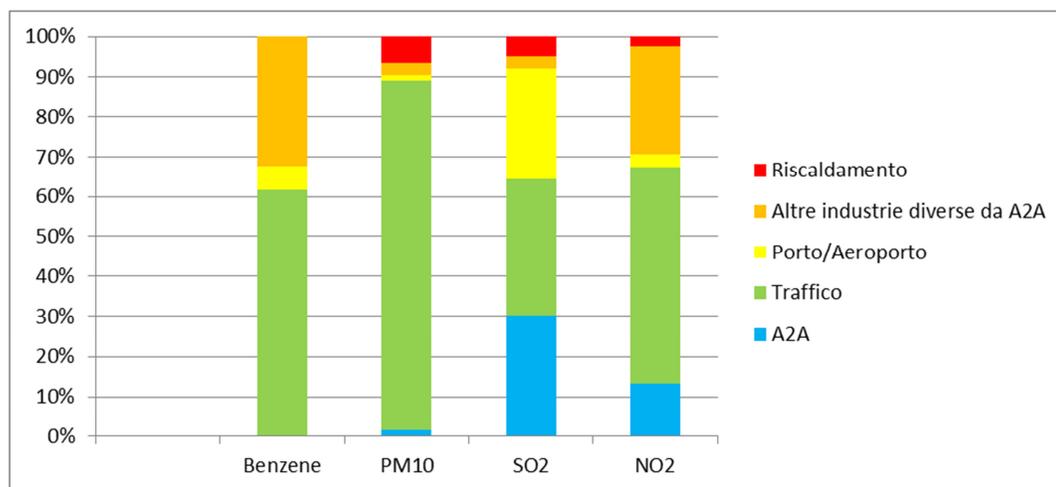


Figura 11.a. Stima del contributo frazionario (in percentuale) dei quattro inquinanti nelle aree abitate del Monfalconese . Anno 1998.

Legenda - valori in percentuale dei diversi contributi afferenti alle differenti sorgenti considerate per il PM10 (anno 1998).

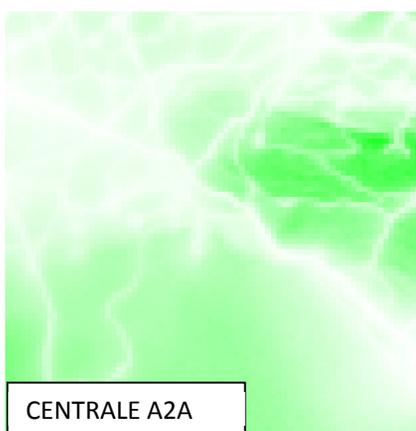
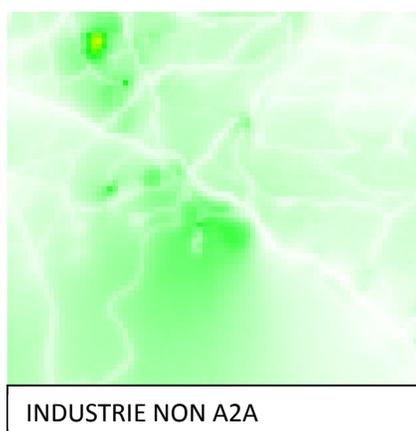
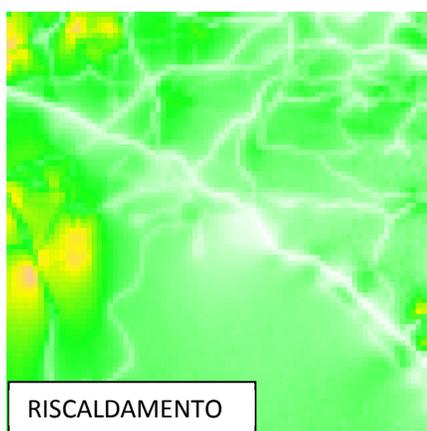
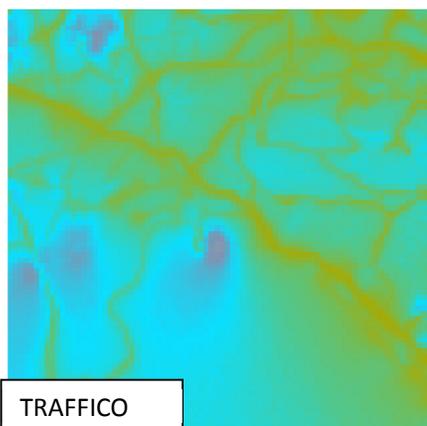
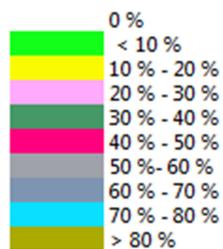


Figura 11.b. Stima del contributo frazionario (in percentuale) dell'inquinamento atmosferico da PM10 nel Monfalconese. Anno 1998

Area in studio

Per definire l'area in studio, sono state innanzitutto individuate le diversi fonti emissive di inquinanti atmosferici che comportano una pressione antropica nel territorio Monfalconese. Al fine di contestualizzare i modelli di dispersione degli inquinanti prima descritti, sono stati considerati come fonti emissive dell'area in studio: il camino della centrale termoelettrica A2A; il traffico veicolare; le industrie diverse dalla centrale termoelettrica A2A; il porto; l'aeroporto; e il riscaldamento degli edifici pubblici e privati. L'area di studio più idonea è stata identificata scegliendo come fonte inquinante di riferimento il camino della centrale termoelettrica A2A per la peculiarità strutturale del camino stesso. Essendo alto 154 metri, esso permette una dispersione e una ricaduta degli inquinanti su una vasta area, a differenza delle altre attività che hanno un impatto relativamente più circoscritto. In particolare, si è scelto come inquinante di riferimento al biossido di azoto (NO₂) per la sua natura gassosa e quindi per la capacità di disperdersi su ampie aree, a differenza di altri inquinanti che hanno un raggio di ricaduta relativamente più circoscritto. Il modello di dispersione dell'NO₂ emesso dal camino della centrale A2A (Figura 12) -anche se in concentrazioni al di sotto della rivelabilità degli strumenti di misura quando vengono escluse le altre fonti di emissione- ha permesso di individuare l'area del Monfalconese in studio. Si tratta di un'area costituita da 14 Comuni, 11 della provincia di Gorizia, 1 della provincia di Trieste e 2 della provincia di Udine (Tabella 1; figure 12 e 13).

I confini amministrativi di questi 14 Comuni sono stati acquisiti dalle banche dati del catalogo dei dati ambientali e territoriali (DAeT) dell'Infrastruttura Regionale di Dati Ambientali e Territoriali per il Friuli Venezia Giulia (IRDAT-FVG; <http://irdat.regione.fvg.it/consultatore-dati-ambientali-territoriali/>). Il camino della centrale termoelettrica A2A di Monfalcone è stata individuato mediante i dati della Carta Tecnica Regionale Numerica della Regione Friuli Venezia Giulia (catalogo DAeT) e ortofoto satellitari tramite Google Earth.

Tabella 1 : elenco dei 14 Comuni del Monfalconese in studio, relativo codice ISTAT e provincia.

Comune	Provincia	Codice ISTAT
Aquileia	UD	30004
Fiumicello	UD	30038
Doberdò del Lago	GO	31003
Fogliano-Redipuglia	GO	31006
Grado	GO	31009
Monfalcone	GO	31012
Ronchi dei Legionari	GO	31016
Sagrado	GO	31017
San Canzian d'Isonzo	GO	31018
San Pier d'Isonzo	GO	31021
Savogna d'Isonzo	GO	31022
Staranzano	GO	31023
Turriaco	GO	31024
Duino-Aurisina	TS	32001

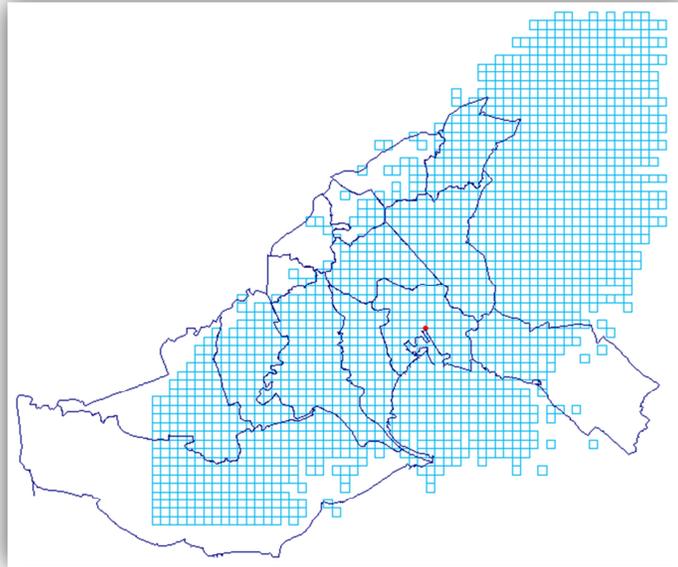


Figura 12: Modello di dispersione l'area di dispersione dell'NO₂ prodotto esclusivamente dalla centrale termoelettrica A2A di Monfalcone con concentrazioni > 0,5 µg/m³

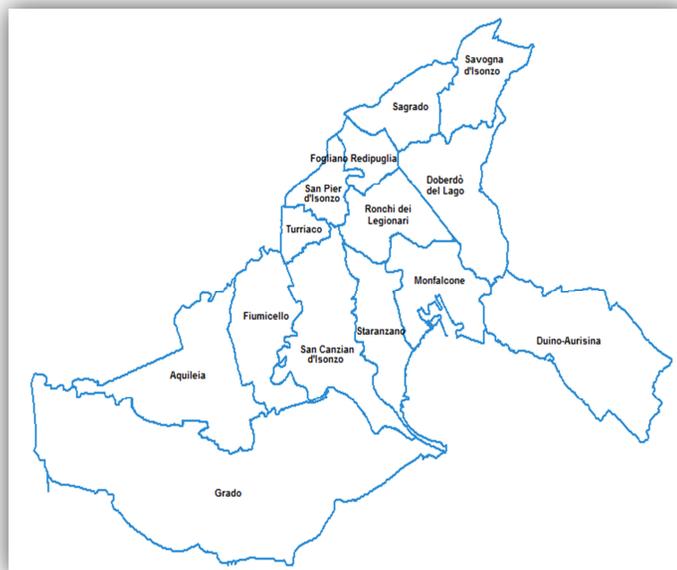


Figura 13: Area di studio dei 14 Comuni del Monfalconese

Georeferenziazione delle residenze e della popolazione del Monfalconese

Dal Repository Epidemiologico Regionale (RER) FVG, che contiene diverse banche dati derivanti dai flussi informativi sanitari correnti, è stata estratta l'Anagrafe degli Assistiti del Servizio Sanitario Regionale per i 14 Comuni del Monfalconese (vedi Tabella 1). Come valore aggiunto, l'Anagrafe degli Assistiti dispone della georeferenziazione di buona parte degli indirizzi stessi – in pratica, per ogni assistito è stato possibile identificare spazialmente la localizzazione della residenza. Questa procedura è stata svolta in modo del tutto anonimo, mediante una chiave numerica univoca, che ha permesso di identificare le persone e le relative informazioni all'interno del RER senza svelarne l'identità. Mediante questa chiave univoca anonima, si è quindi potuto fare il collegamento al Registro Tumori del FVG associando le informazioni geografiche degli indirizzi di residenza. Poiché l'associazione delle coordinate geografiche agli indirizzi degli assistiti risale a un primo lavoro di record linkage del 2010, e poiché molti Comuni, nel medesimo anno non avevano svolto, o avevano svolto solo in parte, la rilevazione delle coordinate geografiche di ciascun indirizzi, ciò ha comportato un ritardo nelle attività della presente indagine per rimediare alla bassa copertura di georeferenziazione dei soggetti residenti nei 14 Comuni in studio, come evidenziato in una fase preliminare di analisi (Figura 14).

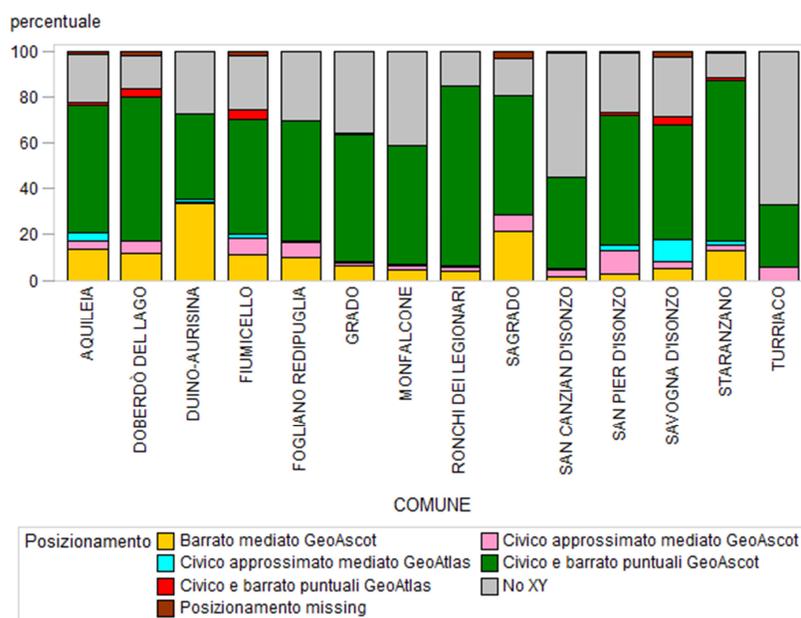


Figura 14: percentuale di georeferenziazione e suddivisione nei diversi metodi di assegnazione delle coordinate geografiche prima dell'aggiornamento delle banche dati comunali.

Si è reso quindi necessario un aggiornamento della georeferenziazione nei 14 Comuni in studio mediante interrogazione della banche dati Comunali aggiornate contenenti le coordinate geografiche degli indirizzi. L'associazione delle coordinate geografiche alla popolazione in studio residente nel Monfalconese è stata condotta mediante il software GeoAscot (versione 1.0, INSIEL S.p.A.). Laddove il dato non fosse stato disponibile per incompletezza della banca dati comunale, le coordinate geografiche

sono state acquisite dallo stradario Tele Atlas® (anno 2010), in dotazione al servizio del 118 Regionale, e associate ai singoli soggetti in studio mediante il software GeoAtlas (versione 1.0, INSIEL S.p.A.).

Alla fine della procedura di aggiornamento, della durata di circa 4 mesi, la percentuale di georeferenziazione delle residenze è aumentata notevolmente fino a raggiungere percentuali soddisfacenti per la qualità richiesta dagli studi epidemiologici (tabella 2 e figura 15).

Tabella 2 : stato definitivo di georeferenziazione dei 14 Comuni in studio dopo aggiornamento delle banche dati comunali.

Comuni	N° indirizzi assistiti	Indirizzi georeferenziati	Indirizzi non georeferenziati	% georef	% non georef
Aquileia	1601	1504	97	93,9	6,1
Doberdò del lago	700	689	11	98,4	1,6
Duino-Aurisina	3230	2883	347	89,3	10,7
Fiumicello	2745	2544	201	92,7	7,3
Fogliano-Redipuglia	1263	1140	123	90,3	9,7
Grado	3548	3355	193	94,6	5,4
Monfalcone	6343	6152	191	97,0	3,0
Ronchi dei legionari	4584	4509	75	98,4	1,6
Sagrado	1342	1279	63	95,3	4,7
San Canzian d'Isonzo	3243	3033	210	93,5	6,5
San Pier d'Isonzo	1288	1232	56	95,6	4,4
Savogna d'Isonzo	1383	1246	137	90,1	9,9
Staranzano	2589	2558	31	98,8	1,2
Turriaco	1263	1192	71	94,4	5,6

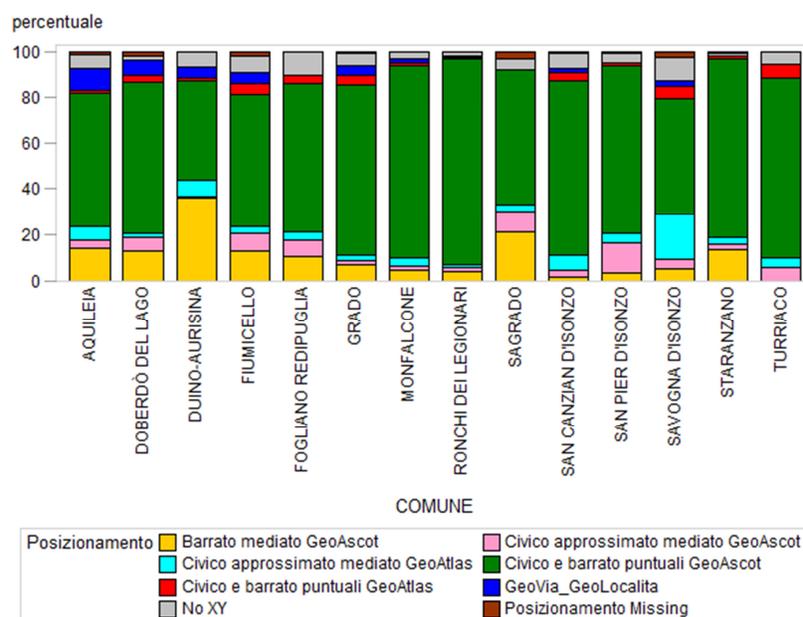


Figura 15: percentuale di georeferenziazione degli indirizzi e suddivisione nei diversi metodi di assegnazione delle coordinate geografiche dopo aggiornamento delle banche dati comunali.

Popolazione in studio

Tramite il Sistema Informativo Sanitario Regionale è stato reperito l'elenco aggiornato degli assistiti residenti nei 14 comuni del Monfalconese in studio. A tale elenco sono stati poi associati gli indirizzi aggiornati con le nuove coordinate tratte dalla georeferenziazione. Per gli scopi della presente analisi epidemiologica, sono stati selezionati i cittadini residenti al 01 luglio per singolo anno dal 1995 al 2009. Dall'analisi sono state escluse: 212 persone, con tumore ma mancata coerenza per comune di residenza; 106 persone con tumore con indirizzo alla diagnosi privo di coordinate geografiche; 52 persone la cui residenza si trovava spazialmente al di fuori dell'area del modello di dispersione. Infine, sono state escluse le persone che presentavano un indirizzo di residenza senza coordinate geografiche e/o per le quali non era disponibile la data di inizio e/o fine della residenza.

Il Sistema Informativo Sanitario Regionale FVG è stato scelto quale principale fonte dei dati in quanto unica sorgente informativa corredata dagli indirizzi dei residenti necessari alla georeferenziazione e, quindi, in grado di permettere la sovrapposizione delle mappe sanitarie a quelle ambientali. Inoltre, tutti i casi di tumore identificati in questo studio derivano dal Registro Tumori FVG, che a sua volta include esclusivamente soggetti assistiti identificati attraverso il Sistema Informativo Sanitario Regionale. Il Sistema Informativo Sanitario Regionale FVG ha anche permesso di valutare la mobilità della popolazione, per meglio comprendere la reale esposizione pregressa agli inquinanti. Una valutazione necessaria in quanto le malattie neoplastiche hanno un periodo di latenza variabile dai 20 ai 40 anni (a seconda del tumore), ed è importante verificare la storia di esposizione ambientali nei decenni precedenti l'insorgenza del tumore. Dalle analisi è emerso un valore di mobilità che si è attestato intorno al 10-14% per tutta la popolazione e tra il 2% e il 4% per la popolazione con tumore. La mobilità delle persone è quindi risultato un fattore trascurabile ai fini della validità delle analisi statistiche.

Selezione delle diverse aree di esposizione

Utilizzando il modello di dispersione degli inquinanti prodotto dal CRMA dell'ARPA-FVG, è stato possibile associare l'esposizione residenziale (stimata, come detto, in base alle emissioni relative all'anno 1998) per ogni singolo anno di calendario dal 1995 al 2009. Ad ogni soggetto sono stati associati (in base alla residenza) i valori medi annuali di concentrazione espressi in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per il benzene (C_6H_6), ai biossidi di azoto (NO_2), il particolato (PM_{10}) e gli biossidi di zolfo (SO_2). Sono state oggetto della nostra analisi le micro aree di 400x400 metri di lato risultanti dal modello e al cui interno è risultato esserci almeno un residente in almeno un anno tra il 1995 e il 2009. Successivamente, sono state definite le diverse aree di esposizione, e il rischio di tumore valutato in base alla distribuzione in terzili o quintili di esposizione residenziale calcolati singolarmente per ognuno dei quattro inquinanti esaminati (Figure da 16 a 23).

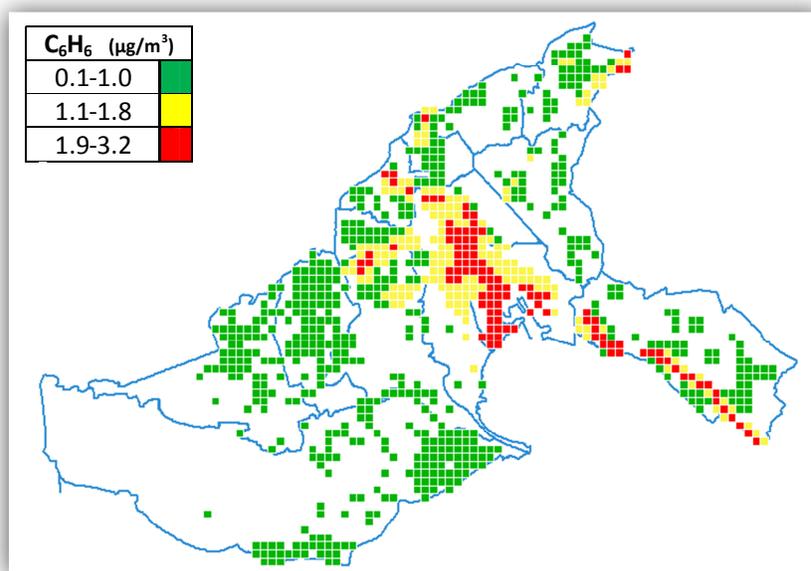


Figura 16: suddivisione delle aree in studio del Monfalconese in base ai terzili di esposizione residenziale al benzene (C_6H_6) stimati in riferimento al 1998.

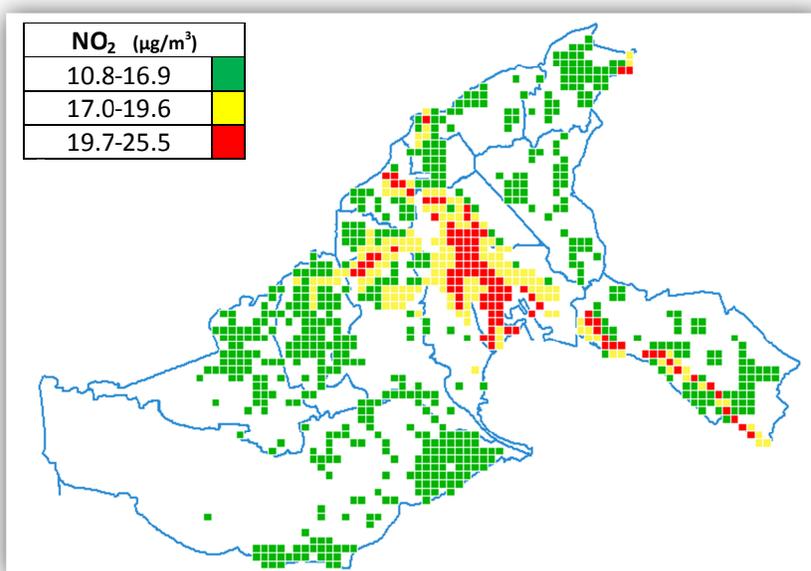


Figura 17: suddivisione delle aree in studio del Monfalconese in base ai terzili di esposizione residenziale ai biossidi di azoto (NO_2) stimati in riferimento al 1998.

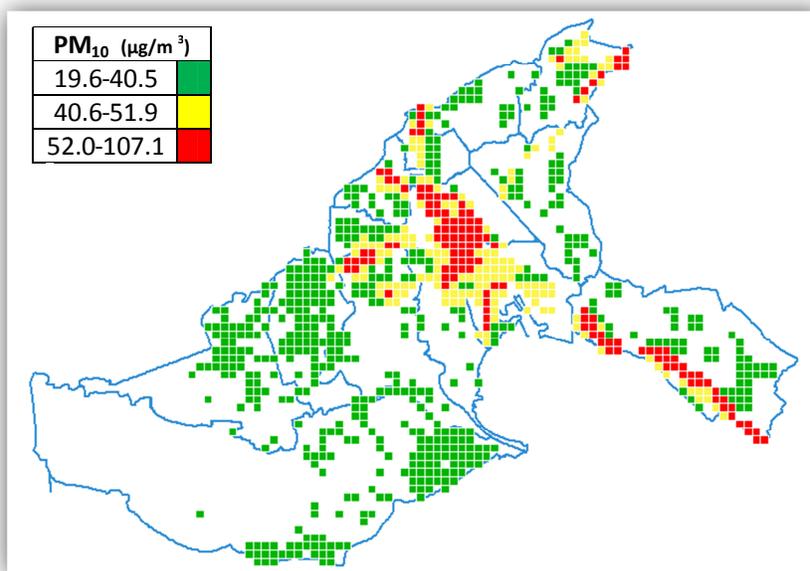


Figura 18: suddivisione delle aree in studio del Monfalconese in base ai tertili di esposizione residenziale al particolato (PM₁₀) stimati in riferimento al 1998.

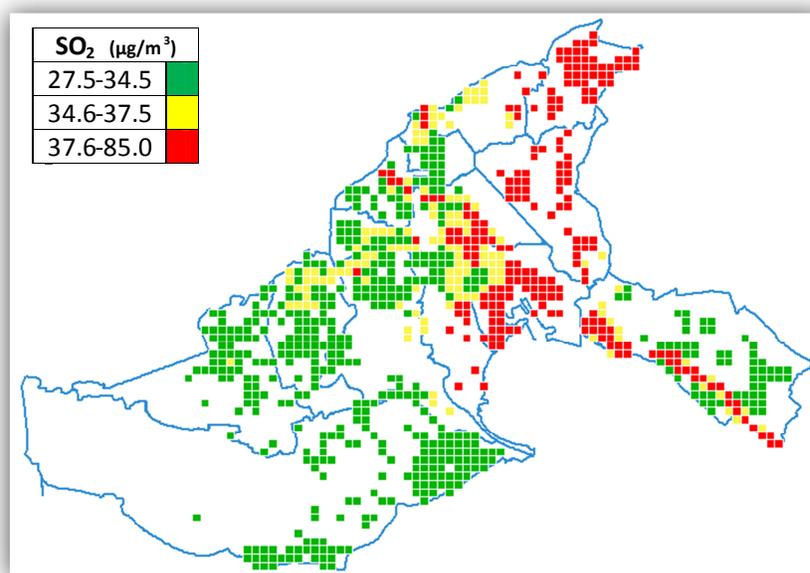


Figura 19: suddivisione delle aree in studio del Monfalconese in base ai tertili di esposizione residenziale ai biossidi di zolfo (SO₂) stimati in riferimento al 1998.

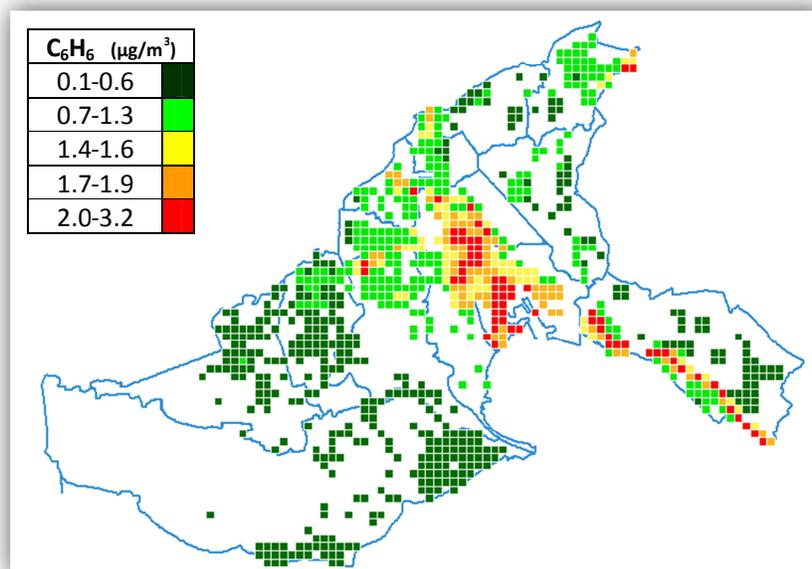


Figura 20: suddivisione delle aree in studio del Monfalconese in base ai quintili di esposizione residenziale al benzene (C_6H_6)

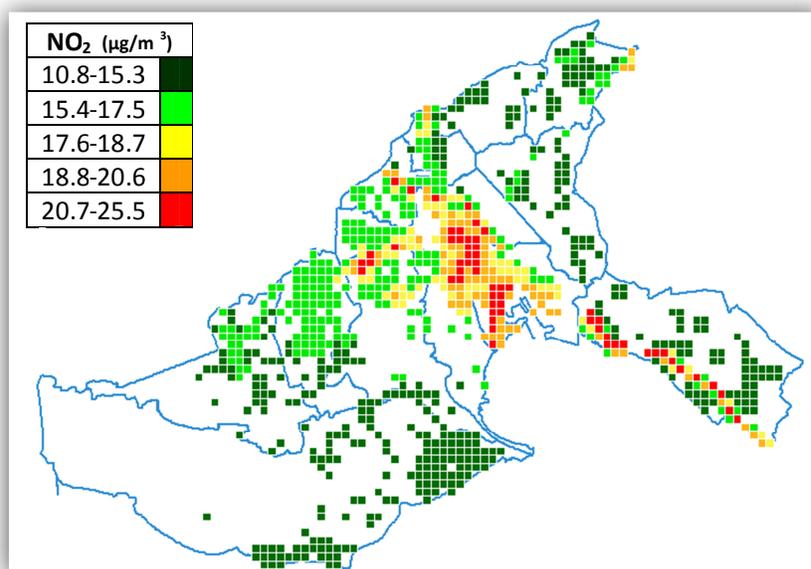


Figura 21: suddivisione delle aree in studio del Monfalconese in base ai quintili di esposizione residenziale ai biossidi di azoto (NO_2)

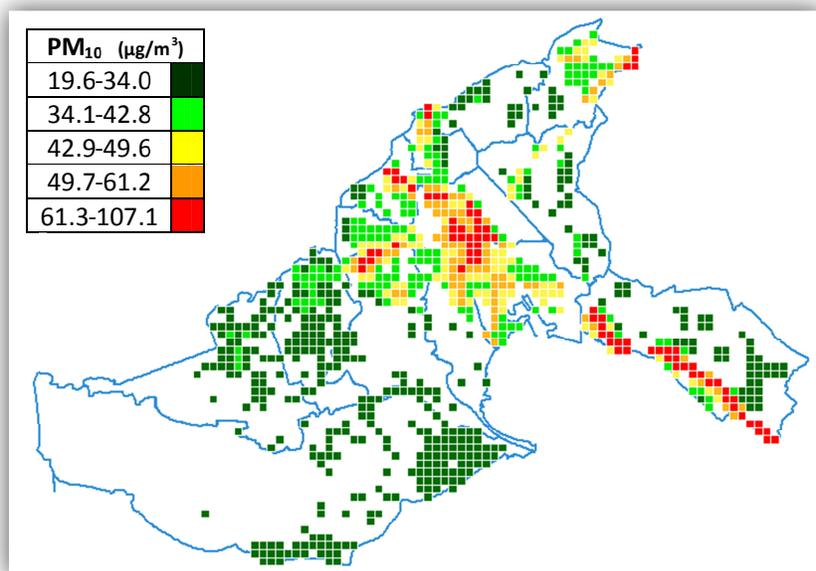


Figura 22: suddivisione delle aree in studio del Monfalconese in base ai quintili di esposizione residenziale al particolato (PM₁₀)

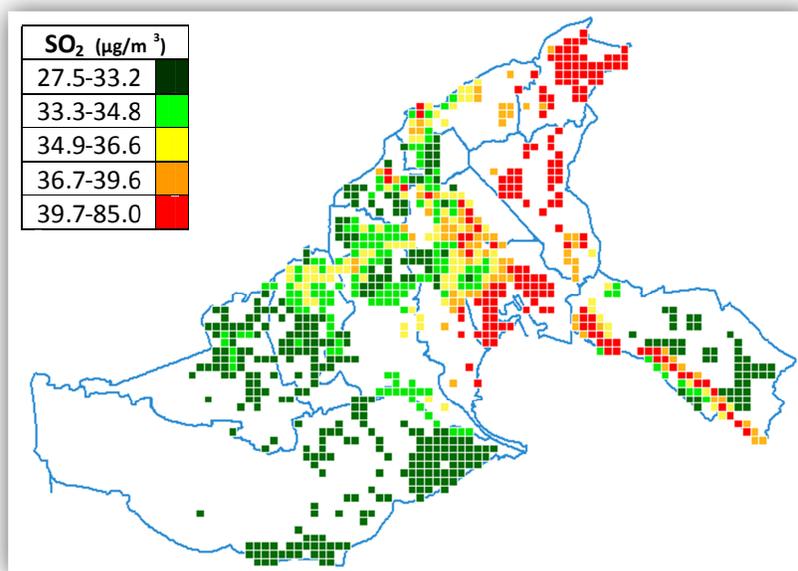


Figura 23: suddivisione delle aree in studio del Monfalconese in base ai quintili di esposizione residenziale ai biossidi di zolfo (SO₂)

Analisi del rischio neoplastico per distanza dal camino della A2A

In considerazione dei lunghi tempi di latenza dei tumori (20-40 anni, soprattutto i tumori solidi) (IARC 2013) e dalle conseguenti potenziali limitazioni interpretative dei risultati prodotti da modelli matematici basati sulla distribuzione degli inquinanti riferita al 1998, si è deciso di condurre anche una analisi statistica basata sulla semplice distanza della residenza dal camino della A2A. Il camino della centrale termoelettrica A2A costituisce il punto di riferimento per l'estensione del dominio geografico su cui sono stati elaborati i modelli matematici di dispersione in atmosfera degli inquinanti. Sono stati quindi individuati ulteriori cinque livelli di esposizione in base alla distanza residenziale dal camino della A2A: <1.000 metri (mt); tra 1.000 e 1399 mt; tra 1.400 e 1.799 mt; tra 1.800 e 2.199 mt; e 2.200 mt o più.

Identificazione dei casi di tumore

I casi di tumore maligno (esclusi i tumori della cute non melanoma) diagnosticati nella popolazione residente nei 14 comuni del Monfalconese oggetto di questa analisi sono stati estratti dal registro tumori di popolazione del Friuli Venezia Giulia – uno strumento epidemiologico regionale completo e accurato, certificato ISO 9001 e rispondente a standard internazionali di qualità – in cui vengono registrate informazioni sia personali che cliniche relative ai tumori diagnosticati in tutti i residenti in Friuli Venezia Giulia. Per gli obiettivi di questa indagine sono stati selezionati i casi di tumore diagnosticati tra 01/01/1995 (anno di inizio della registrazione su base regionale) al 31 Dicembre 2009 (ultimo anno di registrazione validata su base regionale) con residenza -alla data di incidenza- in uno dei 14 comuni in studio (Tabella 3).

L'elenco degli assistiti residenti in FVG (database presente nel Sistema informativo sanitario regionale) è stato incrociato con il data base contenente gli indirizzi dei residenti nei 14 comuni del Monfalconese in studio aggiornato con le nuove coordinate XY. È stata poi verificata la coerenza del comune di residenza alla data d'incidenza del tumore, come riportato nel Registro Tumori, e il comune di Residenza alla data d'incidenza del tumore, come riportato nell'Anagrafe degli Assistiti del FVG.

Attraverso questa procedura, sono stati selezionati 10.336 casi di tumore da cui (come descritto in precedenza in dettaglio) sono state escluse dall'analisi 319 persone, portando il numero finale di cittadini residenti nel Monfalconese con diagnosi di tumore a 10.017. Di questi 10.017 casi, sono poi stati selezionati i tumori per i quali esiste un'evidenza scientifica certa o limitata di associazione con gli specifici inquinanti atmosferici considerati nei nostri modelli di dispersione. L'analisi si è quindi focalizzata sui tumori maligni dell'apparato respiratorio (trachea, bronchi e polmoni) e urinario (rene e vie urinarie, vescica); sui tumori dell'apparato emolinfopoietico (linfomi e leucemie), e sui tumori dei tessuti molli/connettivo. Un'analisi particolare è stata anche condotta per i tumori infantili (i.e., 0-12 anni di età) estratti dal Registro Tumori secondo la classificazione ICD-10 e la classificazione internazionale dei tumori giovanili (ICCC, International Classification of Childhood Cancer).

Tabella 3: codici ICD-10 utilizzati per l'estrazione dei casi

Tipo/sede del tumore	Classificazione ICD-10
Polmone, trachea, bronchi	C33.x C34.x
Rene e Vie urinarie	C64.x C65.x C66.x C.68.x
Vescica	C67.x D09.0 D41.4
Linfomi	C81.x C82.x C83.x C84.x C85.x C96.x
Leucemie	C91.x C92.x C93.x C94.x C95.x
Tessuti molli e connettivo	C47.x C49.x
Tumori giovanili	(Nota*)

Nota: Classificazione Internazionale dei Tumori infantili disponibile al seguente link:

<http://seer.cancer.gov/iccc/iccc-who2008.html>

Indicatori statistici di rischio neoplastico

Per la presente indagine sono stati utilizzati i seguenti indicatori statistici: tassi standardizzati d'incidenza (ASR); il rapporto tra i tassi di incidenza (IRR); e il Rapporto Standardizzato di Incidenza (RSI) – in aggiunta ai rispettivi intervalli di confidenza al 95% (IC 95%).

Relativamente agli ASR, la popolazione Europea è stata utilizzata come riferimento al fine del calcolo dei tassi standardizzati per età (x 100.000 abitanti/anno). Gli ASR sono stati calcolati separatamente per: uomini e donne; tipo di tumore; terzi o quintili di esposizione residenziale agli inquinanti atmosferici; classi di età e anno di calendario (tabelle in appendice). Per quanto riguarda i tumori infantili, essendo un evento piuttosto raro, gli ASR sono stati calcolati per 1.000.000 di abitanti/anno come da letteratura internazionale.

Gli IRR stimano la probabilità che i tassi di incidenza differiscano tra i gruppi esaminati in confronto ad una categoria di riferimento (in questa analisi, la categoria di riferimento era rappresentata dal terzile o quintile con la più bassa concentrazione dell'inquinante). Quando gli IC 95% dell'IRR non contengono l'unità, la stima dell'IRR indica per quella categoria un aumento (IRR>1) o una diminuzione (IRR<1) statisticamente significativi del rischio di tumore.

Il RSI (x100) stima la probabilità statistica che il numero osservato di tumori sia significativamente diverso da quello atteso (in base ai tassi di incidenza nella popolazione di riferimento). Quando gli IC 95% del RSI non contengono il 100 (equivalente all'unità), la stima del RSI indica -per quella categoria- un aumento (RSI>100) o una diminuzione (RSI<=99) statisticamente significativi del rischio di tumore. Per il conteggio dei RSI, il numero atteso di tumori è stato calcolato tramite i tassi di incidenza dei tumori nella popolazione delle province di Pordenone, Udine e Gorizia (con esclusione dei Comuni del Monfalconese in studio). Inoltre, per una corretta confrontabilità dei RSI, sono state escluse dall'analisi le diagnosi di tumore effettuate esclusivamente dopo la morte (i.e., i casi autoptici). Infatti, la percentuale di autopsie effettuate tra i deceduti del Monfalconese è sensibilmente più elevata di quanto succede nell'area di confronto utilizzata per stimare i casi attesi.

Per la conduzione delle analisi statistiche si è assunto che la distribuzione dei casi di tumore e dei cittadini non georeferenziati sia equamente distribuita nelle diverse aree di esposizione residenziale.

4 I RISULTATI DELL'INDAGINE

Nelle pagine seguenti vengono riportati i risultati relativi ai tre approcci statistici utilizzati: 1) stima del rischio neoplastico complessivo nei residenti nel Monfalconese in confronto ad altre aree regionali; 2) stima del rischio neoplastico in base alla distanza della residenza dal camino della A2A; 3) stima del rischio neoplastico in base al modello matematico di dispersione degli inquinanti.

Per facilitarne la comprensione, i risultati dell'analisi statistica riportati nelle tabelle seguenti sono stati suddivisi per sede tumorale seguiti dal relativo commento. Il calcolo dei tassi d'incidenza viene presentato prima per terzili di esposizione residenziale e successivamente, in maggior dettaglio, per quintili di esposizione residenziale.

Primo approccio statistico

Stima del rischio neoplastico complessivo nei residenti nei 14 comuni del monfalconese in confronto ad altre aree del Friuli Venezia Giulia.

Tabella 4: Numero tumori osservati/tumori attesi, Rapporto Standardizzato di Incidenza (RSI) e intervalli di confidenza al 95% (IC 95%) per le sedi tumorali studiate.

Tipo/sede tumore	Maschi		Femmine	
	N°. Tumori Osservati/Attesi	RSI (IC 95%)	N°. Tumori Osservati/Attesi	RSI (IC 95%)
Polmone	781/790	99 (92-106)	270/261	103 (91-116)
Rene, Vie urinarie	199/221	90 (78-103)	119/121	98 (81-116)
Vescica	495/459	108 (98-117)	153/123	125 (105-145)
Linfomi non Hodgkin	146/163	89 (75-104)	146/162	90 (75-105)
Leucemie	95/123	77 (62-93)	89/94	94 (75-114)
Tumori del connettivo e dei tessuti molli	24/29	82 (49-115)	15/24	63 (31-95)
Tumori INFANTILI (<0-12 anni di età)	25/20; 128 (78-178)			

Commento alla tabella 4: Questo approccio statistico descrittivo generale (in cui non è stato considerato il livello di esposizione residenziale a inquinanti ambientali) ha evidenziato che, tra il 1995 e il 2009 per ciascuna delle sedi neoplastiche investigate, negli uomini residenti nel Monfalconese il numero di tumori osservato non è risultato statisticamente diverso da quello atteso. Al contrario, tra le donne è emerso un eccesso di rischio per il tumore della vescica. In confronto alle donne di pari età residenti in altre aree della regione, nelle donne residenti nei 14 comuni del Monfalconese è stato documentato un eccesso di 30 casi (153 osservati, 123 attesi) in 15 anni (2 casi/anno), pari ad un aumento statisticamente significativo del 25%.

Nei bambini (0-12 anni, maschi e femmine insieme), è stato osservato un numero complessivo di 25 tumori in 15 anni, contro 20 tumori attesi -un eccesso non statisticamente significativo di 5 casi in 15 anni. Per la bassa numerosità dei casi osservati e per la varietà di tipi di tumori [si trattava di: leucemia (6 casi); neuroblastoma (4 casi); linfomi (3 casi); retinoblastoma (3 casi); sistema nervoso centrale (3 casi); altri tipi (9 casi)] non è stato possibile condurre ulteriori analisi.

Secondo approccio statistico

Stima del rischio neoplastico in base alla distanza della residenza dal camino della centrale termoelettrica a2a di Monfalcone

Tabella 5: Tassi di incidenza standardizzati* per età (ASR) con relativi intervalli di confidenza al 95% (IC 95%); e rapporto tra i tassi di incidenza (IRR) e relativi IC95%, divisi per tipo di tumore e distanza dalla centrale A2A. Uomini, periodo: 1995-2009.

Sede/tipo di tumore	Distanza residenza da A2A (km)	Anni persona a rischio	Maschi			
			N° di tumori diagnosticati	ASR	(IC 95%)	IRR (IC 95%)
Polmone	<1.0	33360	45	69.9	(48.7-91.2)	0.9 (0.7-1.2)
	1.0-<1.4	23844	33	76.5	(49.2-104)	1.0 (0.7-1.4)
	1.4-<1.8	45653	57	74.9	(54.9-94.9)	1.0 (0.8-1.3)
	1.8-<2.2	25319	34	79.8	(51.8-108)	1.1 (0.7-1.5)
	2.2+	524237	632	76.2	(70.1-82.3)	1+
Rene	<1.0	33360	12	23.3	(9.1-37.6)	1.0 (0.6-1.8)
	1.0-<1.4	23844	4	8.8	(0.1-17.5)	0.4 (0.1-1.0)
	1.4-<1.8	45653	15	21.2	(9.8-32.6)	0.9 (0.5-1.6)
	1.8-<2.2	25319	15	33.5	(15.7-51.3)	1.5 (0.9-2.5)
	2.2+	524237	177	23.0	(19.5-26.5)	1+
Vescica	<1.0	33360	32	45.8	(28.9-62.7)	1.0 (0.7-1.4)
	1.0-<1.4	23844	20	45.3	(24.7-66.0)	1.0 (0.6-1.5)
	1.4-<1.8	45653	38	47.6	(31.8-63.4)	1.0 (0.7-1.4)
	1.8-<2.2	25319	21	50.0	(27.0-72.9)	1.1 (0.7-1.7)
	2.2+	524237	386	46.3	(41.5-51.0)	1+
Linfoma non-Hodgkin	<1.0	33360	10	21.3	(7.2-35.4)	1.4 (0.7-2.7)
	1.0-<1.4	23844	9	30.5	(7.2-53.8)	2.0 (1.0-4.0)
	1.4-<1.8	45653	10	12.9	(4.5-21.2)	0.9 (0.5-1.6)
	1.8-<2.2	25319	10	26.9	(8.9-44.8)	1.8 (0.9-3.4)
	2.2+	524237	111	15.1	(12.1-18.2)	1+

Tabella 6: Tassi di incidenza standardizzati* per età (ASR) con relativi intervalli di confidenza al 95% (IC 95%); e rapporto tra i tassi di incidenza (IRR) e relativi IC95%. divisi per tipo di tumore e distanza dalla centrale A2A. Donne. periodo: 1995-2009

Femmine						
Sede/tipo di tumore	Distanza residenza da A2A (km)	Anni persona a rischio	N° di tumori diagnosticati	ASR	(IC 95%)	IRR (IC 95%)
Polmone						
	<1.0	36673	25	32.2	(17.9-46.6)	1.6 (1.1-2.5)
	1.0-<1.4	24866	17	26.0	(11.0-41.0)	1.3 (0.8-2.2)
	1.4-<1.8	49366	24	15.2	(8.2-22.2)	0.8 (0.5-1.2)
	1.8-<2.2	27699	11	21.3	(6.6-36.1)	1.1 (0.6-2.0)
	2.2+	543383	198	19.6	(16.6-22.6)	1+
Rene						
	<1.0	36673	11	17.0	(5.2-28.9)	1.8 (1.0-3.4)
	1.0-<1.4	24866	3	3.5	(0.0-7.7)	0.4 (0.1-1.2)
	1.4-<1.8	49366	8	7.0	(1.3-12.8)	0.8 (0.4-1.5)
	1.8-<2.2	27699	12	20.7	(6.9-34.5)	2.2 (1.2-4.0)
	2.2+	543383	95	9.4	(7.2-11.6)	1+
Vescica						
	<1.0	36673	18	21.4	(9.0-33.9)	2.1 (1.2-3.4)
	1.0-<1.4	24866	6	6.4	(1.0-11.8)	0.6 (0.3-1.4)
	1.4-<1.8	49366	14	12.3	(4.5-20.2)	1.2 (0.7-2.1)
	1.8-<2.2	27699	9	12.6	(3.2-21.9)	1.2 (0.6-2.4)
	2.2+	543383	106	10.5	(8.2-12.7)	1+
Linfoma non-Hodgkin						
	<1.0	36673	10	14.9	(4.0-25.7)	1.2 (0.7-2.4)
	1.0-<1.4	24866	6	9.9	(1.5-18.3)	0.8 (0.4-1.9)
	1.4-<1.8	49366	10	9.6	(2.1-17.2)	0.8 (0.4-1.5)
	1.8-<2.2	27699	8	11.6	(2.4-20.9)	1.0 (0.5-2.0)
	2.2+	543383	114	12.0	(9.5-14.5)	1+

Commento alle tabelle 5 e 6: Come descritto nei Metodi. anche questa analisi statistica descrittiva generale non ha tenuto in considerazione il grado di esposizione residenziale ai carcinogeni dispersi in atmosfera. Per rispondere al quesito se al diminuire della distanza della residenza dalla centrale A2A fosse associato un maggior rischio di tumore, il rischio neoplastico è stato valutato analizzando il rischio di tumore degli abitanti dei 14 comuni del Monfalconese in base alla distanza della loro residenza dal camino della centrale A2A di Monfalcone. La risposta a questo quesito è stata negativa per quanto riguarda gli uomini: per nessun tumore analizzato, questa ipotizzata relazione tra diminuzione della distanza e aumento del rischio di tumore è stata evidenziata – soprattutto non è stata evidenziata per il tumore del polmone come descritto nella letteratura scientifica (il polmone essendo il principale organo bersaglio dei cancerogeni dispersi in atmosfera).

Al contrario, nelle donne una relazione inversa tra diminuzione della distanza della residenza dalla centrale A2A e aumento del rischio neoplastico è stata documentata per quanto riguarda il tumore del polmone e il tumore della vescica. Le donne residenti a meno di 1 kilometro dalla centrale A2A presentavano un aumento di rischio statisticamente significativo di 1.6 volte di aver avuto il tumore del polmone e di 2.1 volte di aver avuto il tumore della -in confronto alle donne residenti a una distanza di 2.2 o più chilometri dalla centrale A2A.

I risultati della tabella 6 indicano la necessità di approfondire l'analisi del rischio neoplastico nelle donne in base alla esposizione residenziale agli agenti inquinanti ambientali dispersi in atmosfera per tipo e livello di esposizione.

In quest'ottica, è utile sottolineare che per le abitazioni localizzate a meno di 1000 metri dal camino della A2A, è stata stimata la quota di inquinanti attribuibile al traffico veicolare (i.e.. 43% del benzene; 88% del PM10; 40% dei biossidi di azoto; 19% dei biossidi di zolfo) o alla centrale A2A (i.e.. 0% del benzene; 1.2% del PM10; 20% dei biossidi di azoto; 9% dei biossidi di zolfo).

Terzo approccio statistico

Stima del rischio oncologico in base al modello matematico di dispersione degli inquinanti

Tumori polmonari

Tabella 7 : Tassi d'incidenza per 100.000 abitanti (ASR) e rapporto tra tassi d'incidenza (IRR), per i tumori polmonari stratificati per sesso e terzili di esposizione residenziale agli inquinanti.

Livelli di esposizione residenziale ai diversi inquinanti	Maschi				Femmine			
	AP	N. casi	ASR*	IRR*	AP	N casi	ASR*	IRR*
Benzene C₆H₆ (µg/m³)								
0.1-1.0	218857	272	74.7	1	226495	77	19.0	1
1.1-1.8	217492	270	76.8	1.03	228524	104	20.8	1.09
1.9-3.2	216064	259	76.6	1.02	226968	94	21.4	1.12
Bi-ossidi di azoto NO₂ (µg/m³)								
10.8-16.9	218759	267	72.9	1	226150	77	18.2	1
17.0-19.6	219067	272	78.2	1.07	229470	107	22.4	1.23
19.7-25.5	214587	262	77.1	1.06	226367	91	20.6	1.14
Particolato PM₁₀ (µg/m³)								
19.6-40.5	218950	275	75.4	1	226297	84	20.7	1
40.6-51.9	223002	280	77.3	1.02	234696	112	21.2	1.02
52.0-107.2	210461	246	75.4	1.00	220994	79	19.3	0.93
Bi-ossido di zolfo SO₂ (µg/m³)								
27.5-34.5	219705	283	76.6	1	226798	79	19.3	1
34.6-37.5	215861	266	79.0	1.03	229477	92	19.3	0.98
37.6-85.0	216847	252	72.4	0.95	225712	104	22.8	1.16

AP: Anni Persona a rischio di tumore

*Gli intervalli di confidenza al 95% per ASR e IRR sono riportati in appendice.

Tabella 8 : Tassi d'incidenza per 100.000 abitanti (ASR) e rapporto tra tassi d'incidenza (IRR). per i tumori polmonari stratificati per sesso e quintili di esposizione residenziale agli inquinanti.

Livelli di esposizione residenziale ai diversi inquinanti	Maschi				Femmine			
	AP	N casi	ASR*	IRR*	AP	N casi	ASR*	IRR*
Benzene C₆H₆ (µg/m³)								
0.1-0.6	132729	167	74.2	1	135922	48	19.7	1
0.7-1.3	131610	166	81.1	1.09	136370	49	19.6	0.99
1.4-1.6	130766	159	72.9	0.98	139067	67	20.2	1.03
1.7-1.9	132080	154	71.4	0.96	137404	51	21.4	1.09
2.0-3.2	125228	155	80.2	1.08	133224	60	21.0	1.07
Bi-ossidi di azoto NO₂ (µg/m³)								
10.8-15.3	132737	166	76.2	1	136733	52	20.8	1
15.4-17.5	129572	171	80.4	1.06	135063	47	18.9	0.91
17.6-18.7	132514	148	68.6	0.90	139472	69	21.6	1.04
18.8-20.6	129750	169	76.0	1.00	136847	60	21.5	1.03
20.7-25.5	127840	147	78.1	1.02	133872	47	18.9	0.91
Particolato PM₁₀ (µg/m³)								
19.6-34.0	132360	169	75.2	1	135804	50	20.2	1
34.1-42.8	141892	175	75.9	1.01	148036	60	21.3	1.05
42.9-49.6	117818	139	75.0	1.00	125401	67	23.0	1.14
49.7-61.2	135179	171	76.5	1.02	141177	45	15.8	0.78
61.3-107.1	125164	147	78.0	1.04	131569	53	21.9	1.08
Bi-ossido di zolfo SO₂ (µg/m³)								
27.5-33.2	131453	169	75.7	1	135695	52	21.6	1
33.3-34.8	138969	171	75.2	0.99	144322	52	20.4	0.94
34.9-36.6	130469	157	79.3	1.05	138572	49	16.2	0.75
36.7-39.6	120565	141	74.5	0.98	127667	63	22.4	1.04
39.7-85.0	130957	163	75.4	1.00	135731	59	21.5	1.00

AP: Anni Persona a rischio di tumore

*Gli intervalli di confidenza al 95% per ASR e IRR sono riportati in appendice.

Tabella 9 : Numero tumori osservati/tumori attesi di tumori polmonari. Rapporto Standardizzato di Incidenza (RSI) e intervalli di confidenza al 95% (IC 95%). Confronto tra i residenti del Monfalconese vs altre province.

Livelli di esposizione residenziale ai diversi inquinanti	Maschi				Femmine			
	Casi Osservati	Casi Attesi	RSI (x100)	(IC 95%)	Casi Osservati	Casi Attesi	RSI (x100)	(IC 95%)
Benzene C₆H₆ (µg/m³)								
0.1-1.0	264	274.7	96	(85-108)	77	86.8	89	(69-109)
1.1-1.8	262	264.9	99	(87-111)	100	91.1	110	(88-131)
1.9-3.2	255	250.4	102	(89-114)	93	83.2	112	(89-135)
Bi-ossidi di azoto NO₂ (µg/m³)								
10.8-16.9	260	275.4	94	(83-106)	77	87.2	88	(69-108)
17.0-19.6	263	263.8	100	(88-112)	102	90.9	112	(90-134)
19.7-25.5	258	250.8	103	(90-115)	91	83	110	(87-132)
Particolato PM₁₀ (µg/m³)								
19.6-40.5	267	276.5	97	(85-108)	84	88.2	95	(75-116)
40.6-51.9	272	274.2	99	(87-111)	109	94.5	115	(94-137)
52.0-107.2	242	239.3	101	(88-114)	77	78.4	98	(76-120)
Bi-ossido di zolfo SO₂ (µg/m³)								
27.5-34.5	277	279.4	99	(88-111)	78	87.3	89	(69-109)
34.6-37.5	259	251	103	(91-116)	90	86	105	(83-126)
37.6-85.0	245	259.7	94	(83-106)	102	88	116	(94-139)

Commento alle tabelle 7, 8, e 9. Come si può evincere dai dati illustrati nelle Tabella 7-9, l'incidenza del tumore del polmone non è risultata associata a livelli crescenti di esposizione residenziale per alcuno dei quattro agenti inquinanti considerati. Questo risultato è stato registrato sia negli uomini che nelle donne, e nella analisi sia per terzili che per quintili di esposizione residenziale.

Anche il confronto con la frequenza dei tumori polmonari in aree della regione Friuli Venezia Giulia diverse dal Monfalconese indica, negli uomini come nelle donne, assenza di aumento di rischio statisticamente significativo per i tumori polmonari al crescere della esposizione residenziale ai quattro inquinanti considerati (colonne RSI e IC 95% della tabella 12).

Tumori del Rene e delle vie urinarie

Tabella 10: Tassi d'incidenza per 100.000 abitanti (ASR) e rapporto tra tassi d'incidenza (IRR), per i tumori del rene e delle vie urinarie stratificati per sesso e terzili di esposizione residenziale agli inquinanti.

Livelli di esposizione residenziale ai diversi inquinanti	Maschi				Femmine			
	AP	N casi	ASR*	IRR*	AP	N casi	ASR*	IRR*
Benzene C₆H₆ (µg/m³)								
0.1-1.0	218857	68	20.9	1	226495	50	11.6	1
1.1-1.8	217492	79	24.7	1.18	228524	43	9.6	0.82
1.9-3.2	216064	76	23.1	1.10	226968	36	8.4	0.72
Bi-ossidi di azoto NO₂ (µg/m³)								
10.8-16.9	218759	67	20.7	1	226150	45	9.8	1
17.0-19.6	219067	78	24.2	1.17	229470	48	11.4	1.16
19.7-25.5	214587	78	23.7	1.15	226367	36	8.4	0.86
Particolato PM₁₀ (µg/m³)								
19.6-40.5	218950	70	21.7	1	226297	50	11.5	1
40.6-51.9	223002	88	25.9	1.19	234696	48	9.5	0.82
52.0-107.2	210461	65	20.9	0.96	220994	31	8.3	0.72
Bi-ossido di zolfo SO₂ (µg/m³)								
27.5-34.5	219705	81	24.7	1	226798	48	9.4	1
34.6-37.5	215861	84	25.5	1.03	229477	47	11.5	1.22
37.6-85.0	216847	58	18.1	0.73	225712	34	8.6	0.92

AP: Anni Persona a rischio di tumore

*Gli intervalli di confidenza al 95% per ASR e IRR sono riportati in appendice.

Tabella 11: Tassi d'incidenza per 100.000 abitanti (ASR) e rapporto tra tassi d'incidenza (IRR). per i tumori del rene e delle vie urinarie stratificati per sesso e quintili di esposizione residenziale agli inquinanti.

Livelli di esposizione residenziale ai diversi inquinanti	Maschi				Femmine			
	AP	N casi	ASR*	IRR*	AP	N casi	ASR*	IRR*
Benzene C₆H₆ (µg/m³)								
0.1-0.6	132729	41	19.6	1	135922	32	12.0	1
0.7-1.3	131610	51	27.5	1.40	136370	26	9.5	0.79
1.4-1.6	130766	42	21.9	1.12	139067	29	11.4	0.95
1.7-1.9	132080	49	24.3	1.24	137404	20	7.4	0.62
2.0-3.2	125228	40	20.7	1.06	133224	22	9.1	0.76
Bi-ossidi di azoto NO₂ (µg/m³)								
10.8-15.3	132737	39	19.1	1	136733	26	9.6	1
15.4-17.5	129572	48	26.4	1.38	135063	29	12.0	1.25
17.6-18.7	132514	45	22.3	1.17	139472	30	10.8	1.13
18.8-20.6	129750	56	26.8	1.40	136847	24	7.7	0.80
20.7-25.5	127840	35	19.2	1.01	133872	20	9.1	0.95
Particolato PM₁₀ (µg/m³)								
19.6-34.0	132360	39	18.6	1	135804	32	12.2	1
34.1-42.8	141892	46	23.3	1.25	148036	34	12.4	1.02
42.9-49.6	117818	55	31.4	1.69	125401	27	8.9	0.73
49.7-61.2	135179	50	22.9	1.23	141177	20	7.0	0.57
61.3-107.1	125164	33	18.9	1.02	131569	16	7.8	0.64
Bi-ossido di zolfo SO₂ (µg/m³)								
27.5-33.2	131453	38	18.9	1	135695	30	11.0	1
33.3-34.8	138969	63	30.9	1.63	144322	32	10.5	0.95
34.9-36.6	130469	53	26.8	1.42	138572	29	11.4	1.04
36.7-39.6	120565	33	18.2	0.96	127667	19	9.2	0.84
39.7-85.0	130957	36	18.2	0.96	135731	19	7.2	0.65

AP: Anni Persona a rischio di tumore

*Gli intervalli di confidenza al 95% per ASR e IRR sono riportati in appendice.

Tabella 12: Numero tumori osservati/tumori attesi di tumori del rene e vie urinarie. Rapporto Standardizzato di Incidenza (RSI) e intervalli di confidenza al 95% (IC 95%). Confronto tra i residenti del Monfalconese vs altre province.

Livelli di esposizione residenziale ai diversi inquinanti	Maschi				Femmine			
	Casi Attesi	Casi Osservati	RSI (x100)	(IC 95%)	Casi Attesi	Casi Osservati	RSI (x100)	(IC 95%)
Benzene C₆H₆ (µg/m³)								
0.1-1.0	76.5	63	82	(62-103)	40.3	49	122	(88-156)
1.1-1.8	73.6	69	94	(72-116)	42	40	95	(66-125)
1.9-3.2	70.5	67	95	(73-118)	38.9	30	77	(50-105)
Bi-ossidi di azoto NO₂ (µg/m³)								
10.8-16.9	76.6	62	81	(61-101)	40.4	44	109	(77-141)
17.0-19.6	73.5	69	94	(72-116)	41.9	45	107	(76-139)
19.7-25.5	70.5	68	97	(74-120)	38.8	30	77	(50-105)
Particolato PM₁₀ (µg/m³)								
19.6-40.5	76.7	65	85	(64-105)	40.9	49	120	(86-154)
40.6-51.9	75.9	78	103	(80-126)	43.7	41	94	(65-123)
52.0-107.2	67.9	56	82	(61-104)	36.6	29	79	(50-108)
Bi-ossido di zolfo SO₂ (µg/m³)								
27.5-34.5	77.5	74	96	(74-117)	40.6	42	104	(72-135)
34.6-37.5	70.5	73	104	(80-127)	40	45	113	(80-146)
37.6-85.0	72.6	52	72	(52-91)	40.6	32	79	(52-106)

Commento alle tabelle 10, 11, e 12:

Come si può evincere dai dati illustrati nelle tabelle 10-12, l'incidenza dei tumori del rene e delle vie urinarie non è risultata associata a livelli crescenti di esposizione residenziale per nessuno dei quattro agenti inquinanti considerati. Questo risultato è stato registrato sia negli uomini che nelle donne e nella analisi sia per terzili (Tabella 10) che per quintili (Tabella 11) di esposizione residenziale.

Anche il confronto con la frequenza del tumore del rene e delle vie urinarie in aree della regione Friuli Venezia Giulia diverse dal Monfalconese indica, negli uomini come nelle donne, assenza di aumento di rischio statisticamente significativo al crescere della esposizione residenziale ai quattro inquinanti considerati (si vedano le colonne RSI in tabella 12).

Tumori della vescica

Tabella 13 : Tassi d'incidenza per 100.000 abitanti (ASR) e rapporto tra tassi d'incidenza (IRR), per i tumori della vescica stratificati per sesso e terzili di esposizione residenziale agli inquinanti.

Livelli di esposizione residenziale ai diversi inquinanti	Maschi				Femmine			
	AP	N casi	ASR*	IRR*	AP	N casi	ASR*	IRR*
Benzene C₆H₆ (µg/m³)								
0.1-1.0	218857	167	45.7	1	226495	39	9.3	1
1.1-1.8	217492	175	49.1	1.07	228524	60	10.8	1.16
1.9-3.2	216064	155	44.7	0.98	226968	54	13.4	1.44 [§]
Bi-ossidi di azoto NO₂ (µg/m³)								
10.8-16.9	218759	166	44.9	1	226150	40	9.5	1
17.0-19.6	219067	169	48.1	1.07	229470	54	9.7	1.02
19.7-25.5	214587	162	46.8	1.04	226367	59	14.5	1.53 ^{§§}
Particolato PM₁₀ (µg/m³)								
19.6-40.5	218950	168	45.0	1	226297	42	10.0	1
40.6-51.9	223002	183	49.5	1.10	234696	64	11.6	1.16
52.0-107.2	210461	146	45.0	1.00	220994	47	12.1	1.21
Bi-ossido di zolfo SO₂ (µg/m³)								
27.5-34.5	219705	166	43.9	1	226798	42	9.4	1
34.6-37.5	215861	169	51.0	1.16	229477	56	11.2	1.19
37.5-85.0	216847	162	44.9	1.02	225712	55	13.1	1.39 ^{§§§}

AP: Anni Persona a rischio di tumore

*Gli intervalli di confidenza al 95% per ASR e IRR sono riportati in appendice.

Si segnalano i seguenti IC 95% compatibili con la significatività statistica:

§IC 95%: 1.0-2.2

§§ IC 95%: 1.0-2.3

§§§ IC 95%: 0.9-2.1

Tabella 14 : Tassi d'incidenza per 100.000 abitanti (ASR) e rapporto tra tassi d'incidenza (IRR). per i tumori della vescica stratificati per sesso e quintili di esposizione residenziale agli inquinanti.

Livelli di esposizione residenziale ai diversi inquinanti	Maschi				Femmine			
	AP	N casi	ASR*	IRR*	AP	N casi	ASR*	IRR*
Benzene C₆H₆ (µg/m³)								
0.1-0.6	132729	100	43.4	1	135922	26	10.7	1
0.7-1.3	131610	96	46.9	1.08	136370	21	7.0	0.65
1.4-1.6	130766	106	48.5	1.12	139067	38	11.3	1.06
1.7-1.9	132080	101	47.0	1.08	137404	35	13.6	1.27
2.0-3.2	125228	94	47.0	1.08	133224	33	13.5	1.26
Bi-ossidi di azoto NO₂ (µg/m³)								
10.8-15.3	132737	111	50.6	1	136733	25	10.5	1
15.4-17.5	129572	87	39.5	0.78	135063	26	9.2	0.88
17.6-18.7	132514	107	49.9	0.99	139472	33	9.3	0.89
18.8-20.6	129750	99	44.5	0.88	136847	45	16.2	1.54 [§]
20.7-25.5	127840	93	48.1	0.95	133872	24	10.7	1.02
Particolato PM₁₀ (µg/m³)								
19.6-34.0	132360	100	43.9	1	135804	30	12.2	1
34.1-42.8	141892	108	45.6	1.04	148036	23	6.8	0.56
42.9-49.6	117818	97	50.8	1.16	125401	37	11.3	0.93
49.7-61.2	135179	108	50.0	1.14	141177	39	14.2	1.16
61.3-107.1	125164	84	42.9	0.98	131569	24	11.5	0.94
Bi-ossido di zolfo SO₂ (µg/m³)								
27.5-33.2	131453	108	47.2	1	135695	25	9.4	1
33.3-34.8	138969	98	43.3	0.92	144322	26	8.9	0.95
34.9-36.6	130469	103	51.5	1.09	138572	38	12.9	1.37
36.7-39.6	120565	80	41.6	0.88	127667	34	14.8	1.57 ^{§§}
39.7-85.0	130957	108	48.9	1.04	135731	30	11.0	1.17

AP: Anni Persona a rischio di tumore

*Gli intervalli di confidenza al 95% per ASR e IRR sono riportati in appendice.

Si segnalano i seguenti IC 95% compatibili con la significatività statistica:

§IC 95%: 1.0-2.5

§§ IC 95%: 0.9-2.6

Tabella 15: Numero tumori osservati/tumori attesi di tumori della vescica; Rapporto Standardizzato di Incidenza (RSI) e intervalli di confidenza al 95% (IC 95%). Confronto tra i residenti del Monfalconese vs altre province.

Livelli di esposizione residenziale ai diversi inquinanti	Maschi				Femmine			
	Casi Attesi	Casi Osservati	RSI x100	(IC 95%)	Casi Attesi	Casi Osservati	SIR x 100	(95% CI)
Benzene C₆H₆ (µg/m³)								
0.1-1.0	160.3	167	104	(88-120)	40.9	39	95	(65-125)
1.1-1.8	154.2	174	113	(96-130)	43	60	140	(104-175)
1.9-3.2	145.2	154	107	(90-124)	38.8	54	139	(102-176)
Bi-ossidi di azoto NO₂ (µg/m³)								
10.8-16.9	160.7	166	103	(88-119)	41.1	40	97	(67-128)
17.0-19.6	153.5	168	110	(93-126)	43	54	126	(92-160)
19.7-25.5	145.4	161	111	(94-128)	38.7	59	152	(114-191)
Particolato PM₁₀ (µg/m³)								
19.6-40.5	161.4	168	104	(88-120)	41.7	42	101	(70-131)
40.6-51.9	159.2	182	114	(98-131)	44.5	64	144	(109-179)
52.0-107.2	139	145	104	(87-121)	36.5	47	129	(92-166)
Bi-ossido di zolfo SO₂ (µg/m³)								
27.5-34.5	162.9	166	102	(86-117)	41	42	103	(72-134)
34.6-37.5	146.1	168	115	(98-133)	40.6	56	138	(102-174)
37.6-85.0	150.5	161	107	(91-124)	41.2	55	133	(98-169)

Commento alle tabelle 13. 14. 15 e 16:

L'analisi relativa all'incidenza del tumore della vescica nel Monfalconese ha messo in evidenza una netta differenziazione del quadro epidemiologico tra i due sessi.

Negli uomini, il rischio di tumori della vescica non è in nessun caso risultato associato a livelli crescenti di esposizione residenziale per alcuno dei quattro agenti cancerogeni considerati, mentre associazioni positive sono emerse nelle donne in tutte le analisi.

Nelle **donne**, al contrario, è stato documentato un aumento statisticamente significativo del rischio di tumori della vescica. Si tratta, nel complesso, di un eccesso di circa 30 casi di tumore della vescica in 15 anni (in media un eccesso di 2 casi/anno) apparso nelle donne con alti livelli di esposizione residenziale ai carcinogeni considerati. Come descritto nell'introduzione, recentemente la IARC ha documentato una forte associazione tra inquinamento atmosferico e tumore della vescica, sebbene le evidenze scientifiche non siano ancora tali da permettere di affermare con certezza -come per il tumore del polmone- un ruolo causale (1). In generale, circa il 5-15% dei tumori della vescica sono attribuibili a inquinamento atmosferico (la gran maggioranza dei fattori di rischio noti sono il fumo di sigarette, le

esposizioni occupazionali e alcune abitudini alimentari). In base ai criteri stabiliti dall'Organizzazione Mondiale della Sanità, dei quattro inquinanti atmosferici considerati in questa indagine, i livelli più alti di benzene e di biossidi di azoto erano al di sotto dei valori massimi consentiti; i biossidi di zolfo sono considerati sempre dannosi per la salute così come lo sono livelli di PM_{10} superiori a $40\mu\text{g}/\text{m}^3$. Va notato, a questo proposito, che l'eccesso di circa 30 casi in 15 anni di tumore della vescica era particolarmente evidente tra quelle esposte a livelli di PM_{10} superiori a $40\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Per questa sede tumorale, si è ritenuto opportuno calcolare i diversi terzili di esposizione per ogni singola fonte emissiva (centrale termoelettrica A2A, traffico veicolare, porto e aeroporto, altre industrie e riscaldamento domestico) attribuendo ad ogni singola cella abitata la frazione attribuibile in termini di concentrazione di esposizione. I tassi standardizzati d'incidenza (ASR) sono stati ricalcolati (tabella 16) solo per quelle fonti emmissive il cui contributo specifico per inquinante è superiore allo 0. Sono infatti esclusi i calcoli degli ASR per il benzene relativo alla fonte emissiva A2A e Riscaldamento.

La opportunità di frazionare la quota attribuibile alle principali sorgenti emmissive è stata utilizzata per valutare (tabella 16) i tassi di incidenza del tumore della vescica nelle donne in base alla esposizione residenziale ai quattro cancerogeni per tutte le sorgenti emmissive. I risultati ottenuti permettono di escludere l'associazione predominante tra emissioni della centrale A2A e alti tassi di incidenza del tumore della vescica nelle donne esposte ai livelli più elevati degli inquinanti atmosferici considerati.

Tabella 16: Tassi d'incidenza per 100.000 abitanti (ASR) dei tumori della vescica nelle donne, per terzili di esposizione residenziale agli inquinanti e principali sorgenti emmissive

Livelli di esposizione residenziale*	Femmine									
	A2A		Traffico		Altre industrie		Porto/aeroporto		Riscaldamento	
	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ASR								
Benzene C_6H_6 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	-	0.1-0.7	10	0.0-0.2	10.5	0.0-0.0	9.4	-	-
	-	-	0.7-1.0	11.6	0.2-0.6	8.2	0.0-0.1	10.9	-	-
	-	-	1.0-2.9	12.1	0.6-1.1	15.1	0.1-0.7	13.4	-	-
BI-ossidi di azoto NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.4-1.4	9.5	3.4-8.8	12.6	0.4-3.7	8.8	0.0-0.2	8.5	0.0-0.0*	10.5
	1.4-1.8	13.1	8.9-11.1	10.2	3.7-6.2	10.4	0.2-0.4	13.4	0.0-0.0*	10.4
	1.8-4.5	11.2	11.1-22.1	10.8	6.2-10.0	14.6	0.4-4.7	11.7	0.0-0.0*	12.9
Particolato PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.1-0.3	8.1	15.2-35.7	10	0.1-0.8	11.3	0.0-0.1	7	0.3-1.6	13.6
	0.3-0.4	13.5	35.9-46.6	11.8	0.8-2.2	8.3	0.1-0.3	12.4	1.6-2.2	9.8
	0.4-1.6	11.7	46.6-105.0	11.9	2.2-5.5	14	0.3-6.7	14.3	2.2-7.0	10.2
Bi-ossido di zolfo SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2.8-8.3	11.6	2.8-10.9	13.7	0.1-1.0	11.5	0.8-5.9	8.6	0.3-1.5	13.6
	8.3-10.5	12.1	10.9-15.7	9.8	1.0-1.6	9.2	5.9-10.0	12.2	1.5-2.0	9.5
	10.5-23.2	10	15.7-40.5	10.1	1.6-7.0	13.1	10.0-73.5	13	2.0-8.2	10.5

*valori prossimi ma superiori a 0 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

*Linfomi non Hodgkin***Tabella 17:** Tassi d'incidenza per 100.000 abitanti (ASR) e rapporto tra tassi d'incidenza (IRR), per i linfomi non-Hodgkin stratificati per sesso e terzili di esposizione residenziale agli inquinanti.

Livelli di esposizione residenziale ai diversi inquinanti	Maschi				Femmine			
	AP	N casi	ASR	IRR	AP	N casi	ASR	IRR
Benzene C₆H₆ (µg/m³)								
0.1-1.0	218857	46	14.5	1	226495	48	12.2	1
1.1-1.8	217492	53	18.0	1.24	228524	49	11.0	0.90
1.9-3.2	216064	51	16.3	1.12	226968	51	12.5	1.02
Bi-ossidi di azoto NO₂ (µg/m³)								
10.8-16.9	218759	45	14.3	1	226150	47	11.9	1
17.0-19.6	219067	55	18.6	1.30	229470	51	12.0	1.01
19.7-25.5	214587	50	16.0	1.12	226367	50	11.9	1.00
Particolato PM₁₀ (µg/m³)								
19.6-40.5	218950	52	17.0	1	226297	47	12.4	1
40.6-51.9	223002	56	18.1	1.06	234696	52	10.8	0.87
52.0-107.2	210461	42	13.7	0.81	220994	49	12.7	1.02
Bi-ossido di zolfo SO₂ (µg/m³)								
27.5-34.5	219705	58	18.8	1	226798	51	12.2	1
34.6-37.5	215861	42	13.5	0.72	229477	55	14.4	1.18
37.6-85.0	216847	50	16.6	0.88	225712	42	9.1	0.75

Nota: Gli intervalli di confidenza al 95% per ASR e IRR sono riportati in appendice.

AP: Anni Persona a rischio di tumore

Tabella 18: Numero tumori osservati/tumori attesi di linfomi non-Hodgkin; Rapporto Standardizzato di Incidenza (RSI) e intervalli di confidenza al 95% (IC 95%). Confronto tra i residenti del Monfalconese vs altre province.

Livelli di esposizione residenziale ai diversi inquinanti	Maschi				Femmine			
	Casi Attesi	Casi Osservati	RSI x (100)	(95% CI)	Casi Attesi	Casi Osservati	RSI x 100	(95% CI)
Benzene C₆H (µg/m³)								
0.1-1.0	56.4	44	78.0	(55.0-101.0)	53.9	48	89.1	(63.9-114.3)
1.1-1.8	54.6	52	95.3	(69.4-121.1)	56.2	47	83.7	(59.7-107.6)
1.9-3.2	52.4	50	95.5	(69.0-121.9)	52	51	98.1	(71.2-125.0)
Bi-ossidi di azoto NO₂ (µg/m³)								
10.8-16.9	56.5	43	76.1	(53.3-98.8)	54.1	47	86.9	(62.0-111.7)
17.0-19.6	54.5	54	99.0	(72.6-125.5)	56.1	49	87.4	(62.9-111.8)
19.7-25.5	52.3	49	93.6	(67.4-119.9)	51.9	50	96.4	(69.7-123.1)
Particolato PM₁₀ (µg/m³)								
19.6-40.5	56.7	50	88.2	(63.8-112.7)	54.6	47	86.0	(61.4-110.6)
40.6-51.9	56.3	55	97.7	(71.9-123.5)	58.2	50	85.9	(62.1-109.7)
52.0-107.2	50.4	41	81.3	(56.4-106.2)	49.2	49	99.6	(71.7-127.5)
Bi-ossido di zolfo SO₂ (µg/m³)								
27.5-34.5	57.1	57	99.8	(73.9-125.7)	54.2	51	94.2	(68.3-120.0)
34.6-37.5	52.4	42	80.1	(55.9-104.4)	53.6	53	98.9	(72.3-125.6)
37.6-85.0	53.9	47	87.3	(62.3-112.2)	54.3	42	77.3	(53.9-100.7)

Commento alle tabelle 17 e 18:

Come si può evincere dai dati illustrati nelle due tabelle, l'incidenza dei linfomi non Hodgkin non è risultata associata a livelli crescenti di esposizione residenziale per nessuno dei quattro agenti cancerogeni considerati. Questo risultato è stato registrato sia negli uomini che nelle donne e nella analisi sia per terzili di esposizione residenziale (Tabella 17) che per i RSI (Tabella 18).

*Leucemie***Tabella 19:** Tassi d'incidenza per 100.000 abitanti (ASR) e rapporto tra tassi d'incidenza (IRR) per le leucemie, stratificati per sesso e terzili di esposizione residenziale agli inquinanti.

Livelli di esposizione residenziale ai diversi inquinanti	Maschi				Femmine			
	AP	N casi	ASR	IRR	AP	N casi	ASR	IRR
Benzene C₆H (µg/m³)								
0.1-1.0	218857	32	10.6	1	226495	31	6.7	1
1.1-1.8	217492	32	10.0	0.94	228524	33	10.0	1.49
1.9-3.2	216064	31	10.4	0.98	226968	26	8.2	1.22
Bi-ossidi di azoto NO₂ (µg/m³)								
10.8-16.9	218759	30	9.3	1	226150	32	7.0	1
17.0-19.6	219067	36	11.6	1.25	229470	35	11.3	1.61*
19.7-25.5	214587	29	9.9	1.06	226367	23	6.6	0.94
Particolato PM₁₀ (µg/m³)								
19.6-40.5	218950	30	10.0	1	226297	35	7.6	1
40.6-51.9	223002	33	9.9	0.99	234696	32	9.3	1.22
52.0-107.2	210461	32	11.0	1.10	220994	23	7.8	1.03
Bi-ossido di zolfo SO₂ (µg/m³)								
27.5-34.5	219705	33	11.1	1	226798	33	8.5	1
34.6-37.5	215861	28	8.8	0.79	229477	31	9.6	1.13
37.6-85.0	216847	34	11.2	1.01	225712	26	6.7	0.79

Nota: Gli intervalli di confidenza al 95% per ASR e IRR sono riportati in appendice.

*p <0.05 (eccesso di rischio statisticamente significativo)

AP: Anni Persona a rischio di tumore

Tabella 20: Numero tumori osservati/tumori attesi di leucemie; Rapporto Standardizzato di Incidenza (RSI) e intervalli di confidenza al 95% (IC 95%). Confronto tra i residenti del Monfalconese vs altre province.

Livelli di esposizione residenziale ai diversi inquinanti	Maschi				Femmine			
	Casi Attesi	Casi Osservati	RSI x 100	(95% CI)	Casi Attesi	Casi Osservati	RSI x 100	(95% CI)
Benzene C₆H (µg/m³)								
0.1-1.0	43.0	32	74.4	(48.6-100.2)	31.5	31	98.5	(63.9-133.2)
1.1-1.8	41.7	32	76.7	(50.1-103.3)	32.9	33	100.4	(66.1-134.6)
1.9-3.2	39.2	31	79.0	(51.2-106.9)	30.0	25	83.4	(50.7-116.1)
Bi-ossidi di azoto NO₂ (µg/m³)								
10.8-16.9	43.2	30	69.5	(44.6-94.4)	31.5	32	101.4	(66.3-136.6)
17.0-19.6	41.5	36	86.7	(58.4-115.1)	32.9	34	103.5	(68.7-138.2)
19.7-25.5	39.3	29	73.8	(45.5-108.4)	29.9	23	76.9	(45.5-108.4)
Particolato PM₁₀ (µg/m³)								
19.6-40.5	43.3	30	69.2	(44.5-94.0)	32.0	35	109.5	(73.2-145.8)
40.6-51.9	42.8	33	77.0	(50.8-103.3)	33.9	32	94.5	(61.7-127.2)
52.0-107.2	37.8	32	84.7	(55.3-114.0)	28.5	22	77.3	(45.0-109.6)
Bi-ossido di zolfo SO₂ (µg/m³)								
27.5-34.5	43.6	33	75.7	(49.9-101.5)	31.3	33	105.4	(69.4-141.4)
34.6-37.5	39.7	28	70.6	(44.5-96.8)	31.4	31	98.8	(64.0-133.6)
37.6-85.0	40.7	34	83.5	(55.4-111.6)	31.6	25	79.1	(48.6-110.0)

Commento alle tabelle 19 e 20:

L'incidenza delle leucemie negli uomini non è risultata associata a livelli crescenti di esposizione residenziale per nessuno dei quattro agenti inquinanti considerati. Nelle donne, invece, nelle analisi per terzili di esposizione è risultato un aumento del rischio tra le femmine esposte a concentrazioni intermedie (17.0-19.6 µg/m³) di biossidi di azoto (IRR=1.61). Tale aumento non è stato, tuttavia, non confermato da un aumentato rischio nelle femmine esposte alla concentrazione più alta (19.7-25.5 µg/m³). Il confronto con la frequenza delle leucemie in aree della regione Friuli Venezia Giulia diverse dal Monfalconese indica, negli uomini come nelle donne, assenza di aumento di rischio statisticamente significativo al crescere della esposizione residenziale ai quattro inquinanti considerati (si vedano le colonne RSI in tabella 20).

Tumori del connettivo e dei tessuti molli

Per la presente indagine si è reso necessario concentrare i tumori del connettivo e dei tessuti molli in un unico gruppo, senza distinzione per tipo istologico e per sede a causa della bassissima numerosità dei casi diagnosticati nel Monfalconese tra il 1995 e il 2009. Infatti, i tumori maligni del connettivo e dei tessuti molli, costituiscono solo il 0.42% di tutti i tumori maligni diagnosticati in FVG tra il 1995 e il 2009.

Tabella 21: Tassi d'incidenza per 100.000 abitanti (ASR) e rapporto tra tassi d'incidenza (IRR) per i tumori del connettivo e dei tessuti molli, stratificati per sesso e terzili di esposizione residenziale agli inquinanti.

Livelli di esposizione residenziale ai diversi inquinanti	Maschi				Femmine			
	AP	N casi	ASR EU	IRR	AP	N casi	ASR EU	IRR
Benzene C₆H (µg/m³)								
0.1-1.0	218857	10	31.5	1	226495	6	19.6	1
1.1-1.8	217492	7	20.3	0.64	228524	6	17.0	0.87
1.9-3.2	216064	8	34.1	1.08	226968	3	19.9	1.02
Bi-ossidi di azoto NO₂ (µg/m³)								
10.8-16.9	218759	10	31.5	1	226150	5	15.9	1
17.0-19.6	219067	7	20.3	0.64	229470	6	16.4	1.03
19.7-25.5	214587	8	34.4	1.09	226367	4	24.2	1.52
Particolato PM₁₀ (µg/m³)								
19.6-40.5	218950	11	34.3	1	226297	6	19.7	1
40.6-51.9	223002	7	20.3	0.59	234696	5	13.1	0.66
52.0-107.2	210461	7	30.8	0.90	220994	4	23.5	1.19
Bi-ossido di zolfo SO₂ (µg/m³)								
27.5-34.5	219705	11	35.5	1	226798	5	15.6	1
34.6-37.5	215861	4	18.4	0.52	229477	6	16.3	1.04
37.6-85.0	216847	10	32.2	0.91	225712	4	25.0	1.60

Nota: Gli intervalli di confidenza al 95% per ASR e IRR sono riportati in appendice.

AP: Anni Persona a rischio di tumore

Tabella 22: Numero tumori osservati/tumori attesi di tumori di tessuti molli e del connettivo; Rapporto Standardizzato di Incidenza (RSI) e intervalli di confidenza al 95% (IC 95%). Confronto tra i residenti del Monfalconese vs altre province.

Livelli di esposizione residenziale ai diversi inquinanti	Maschi				Femmine			
	Casi Attesi	Casi Osservati	RSI x 100	(95% CI)	Casi Attesi	Casi Osservati	RSIRx 100	(95% CI)
Benzene C₆H (µg/m³)								
0.1-1.0	10.1	9	88.8	(30.8-146.8)	7.9	6	75.6	(15.1-136.1)
1.1-1.8	9.8	7	71.5	(18.5-124.5)	8.2	6	73.0	(14.6-131.3)
1.9-3.2	9.4	8	85.0	(26.1-144.0)	7.7	3	38.9	(0-82.9)
Bi-ossidi di azoto NO₂ (µg/m³)								
10.8-16.9	10.1	9	88.9	(30.8-146.9)	8	5	62.9	(7.8-118.0)
17.0-19.6	9.8	7	71.4	(18.5-124.3)	8.2	6	73.1	(14.6-131.6)
19.7-25.5	9.4	8	85.1	(26.1-144.1)	7.7	4	51.9	(1.0-102.7)
Particolato PM₁₀ (µg/m³)								
19.6-40.5	10.2	10	98.4	(37.4-159.4)	8	6	75.0	(15.0-135.1)
40.6-51.9	10	7	69.7	(18.1-121.3)	8.5	5	59.0	(7.3-110.6)
52.0-107.2	9.1	7	76.7	(19.9-133.5)	7.4	4	54.1	(1.1-107.1)
Bi-ossido di zolfo SO₂ (µg/m³)								
27.5-34.5	10.2	10	97.9	(37.2-158.5)	8	5	62.6	(7.7-117.5)
34.6-37.5	9.5	4	42.2	(0.8-83.5)	7.9	6	75.6	(15.1-136.1)
37.6-85.0	9.6	10	103.9	(39.5-168.3)	8	4	50.3	(1.0-99.6)

Commento alle tabelle 21 e 22:

Come si può evincere dai dati illustrati nelle due tabelle precedenti. l'incidenza dei tumori del connettivo e dei tessuti molli non è risultata associata a livelli crescenti di esposizione residenziale per nessuno dei quattro agenti inquinanti considerati. Questo risultato è stato registrato sia negli uomini che nelle donne nella analisi per terzili (Tabella 21) di esposizione residenziale.

Anche il confronto con la frequenza dei tumori del connettivo e dei tessuti molli in aree della regione Friuli Venezia Giulia diverse dal Monfalconese indica, negli uomini come nelle donne, assenza di aumento di rischio statisticamente significativo al crescere della esposizione residenziale ai quattro inquinanti considerati (si vedano le colonne RSI in questa tabella 22).

5 CONCLUSIONI

Per i fini di questa Indagine sulla frequenza dei tumori nel periodo 1995-2009, il quadro dell'inquinamento atmosferico nel Monfalconese è stato parametrato all'anno 1998, per coerenza con i dati del registro tumori. Sebbene questa scelta non possa tener completamente conto dei lunghi tempi di latenza dei tumori (le esposizioni associate con i tumori precedono di circa 20-40 anni la comparsa della malattia, p.es. dal 1975 o prima per i casi diagnosticati nel 1995; o dal 1989 o prima per i casi diagnosticati nel 2009), i risultati di questa analisi mettono sostanzialmente in evidenza:

1) negli uomini, assenza di qualunque associazione con il rischio di tumore in generale, in relazione alla distanza dal camino della centrale A2A, o a esposizioni residenziali crescenti agli inquinanti atmosferici;

2) nelle donne, eccesso di rischio di circa 30 casi nei 15 anni per il tumore della vescica associato a esposizioni residenziali crescenti ai 4 inquinanti atmosferici, soprattutto a livelli crescenti di biossido di azoto; eccesso di rischio per il tumore del polmone non confermato poi dall'analisi per livelli crescenti di esposizione residenziale.

Come discusso nella introduzione, il ruolo causale dell'inquinamento ambientale nell'eziologia del tumore del polmone è ormai accertato, mentre una forte associazione positiva è documentata per il tumore della vescica. Nelle donne, l'eccesso di rischio per il tumore del polmone documentato nelle residenti entro 1 km dal camino della centrale A2A non è stato poi confermato dalle analisi per livelli crescenti di esposizione residenziale specifica agli inquinanti ambientali. Questo dato è probabilmente interpretabile come il prodotto di un insieme di fattori attualmente non distinguibili (tra cui fumo e inquinamento da traffico probabilmente i più importanti). Per gli uomini, l'assenza di aumento di rischio per incrementi di esposizione residenziale agli inquinanti dispersi in atmosfera da noi riscontrata nei residenti nei 14 comuni del Monfalconese oggetto di questa analisi non è tuttavia sorprendente. Infatti, negli uomini la gran maggioranza dei tumori del polmone è causata dal fumo di sigaretta o da fattori occupazionali. E' quindi ragionevole ipotizzare che questo tipo di studio descrittivo, basato sulla misura indiretta della esposizione ambientale, non sia idoneo a rilevare eventuali differenze di rischio di dimensioni limitate in presenza di possibile confondimento da fumo e occupazione.

Diverso appare, invece, il quadro epidemiologico emerso tra le donne residenti nei 14 comuni del Monfalconese, per l'eccesso di rischio documentato per il tumore della vescica. La minor prevalenza, nelle donne, del fumo di sigarette e dei fattori occupazionali (i principali fattori di rischio noti assieme ad abitudini alimentari) rispetto agli uomini rappresenta, molto probabilmente, il principale fattore che ha fatto emergere l'eccesso di rischio di tumore della vescica nelle donne -documentato in tutti i tre approcci statistici usati per esposizioni crescenti a biossido di azoto - e che si attesta intorno ai 30 casi in 15 anni (2 casi per anno). Una stima compatibile con la letteratura internazionale, che riconosce all'inquinamento atmosferico una possibile (sebbene non definitivamente accertata) concausa nell'eziologia del tumore della vescica.

Per quanto riguarda le altre neoplasie (i.e., quelle diverse dal tumore del polmone o della vescica), i risultati della indagine che hanno mostrato assenza di associazione si sono dimostrati coerenti con le evidenze riassunte dalla IARC nel 2013.

In conclusione, i tre approcci statistici usati per stimare il rischio neoplastico negli abitanti dei 14 comuni del Monfalconese in relazione alle esposizioni residenziali a cancerogeni dispersi in atmosfera (e originati dalle emissioni della centrale A2A, di altri insediamenti industriali, del traffico veicolare, dalle attività portuali e aeroportuali, e dal riscaldamento domestico) hanno prodotto risultati coerenti, offrendo un ulteriore elemento di validità al modello matematico usato per stimare la diffusione territoriale degli inquinanti atmosferici. I risultati indicano assenza di eccessi di rischio per gli uomini; un eccesso non statisticamente significativo di 5 casi di tumore in 15 anni nei bambini (0-12 anni) (0.3 casi/anno); e un eccesso statisticamente significativo di circa 30 casi in 15 anni (2 casi/anno) di tumore della vescica nelle donne. L'attribuzione della quota di inquinanti alle varie sorgenti emissive del Monfalconese, non ha fornito evidenze per attribuire un significativo effetto sulla diffusione dei tumori alle emissioni della centrale A2A –o a quelle di altre fonti industriali presenti nel Monfalconese. I modelli di dispersione calcolati per i soli quattro macroinquinanti nel periodo temporale considerato, indicano complessivamente il traffico veicolare come responsabile di buona parte degli inquinanti presenti in atmosfera. Ciò genera l'ipotesi che il traffico abbia un ruolo preminente tra i rischi ambientali che possono aver generato l'eccesso di 30 tumori della vescica nelle donne del Monfalconese tra il 1995 e il 2009.

6 BIBLIOGRAFIA

Bibliografia e sitografia

[1] Dana Loomis. Yann Grosse. Béatrice Lauby-Secretan. Fatiha El Ghissassi. Véronique Bouvard. Lamia Benbrahim-Tallaa. Neela Guha. Robert Baan. Heidi Mattock. Kurt Straif. *Lancet Oncology* vol. 14. p1262–1263. December 2013

[2] Kinney PL. Chillrud SN. Ramstrom S *et al.* (2002). Exposures to multiple air toxics in New York City. *Environ Health Perspect.* 110: Suppl 4: 539–546. doi:[10.1289/ehp.02110s4539](https://doi.org/10.1289/ehp.02110s4539) PMID:[12194883](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12194883/)

[3] Lim HJ & Turpin BJ (2002). Origins of primary and secondary organic aerosol in Atlanta: results of time-resolved measurements during the Atlanta Supersite Experiment. *Environ Sci Technol.* 36: 4489–4496. doi:[10.1021/es0206487](https://doi.org/10.1021/es0206487) PMID:[12433156](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12433156/)

[4] SCAQMD (2000). *Multiple Air Toxics Exposure Study in the South Coast Air Basin (MATES-II)*. South Coast Air Quality Management District. Diamond Bar. CA. See also <http://www.aqmd.gov/matesiidf/matestoc.htm>

[5] Manchester-Neesvig JB. Schauer JJ. Cass GR (2003). The distribution of particle-phase organic compounds in the atmosphere and their use for source apportionment during the Southern California Children's Health Study. *J Air Waste Manag Assoc.* 53: 1065–1079. doi:[10.1080/10473289.2003.10466265](https://doi.org/10.1080/10473289.2003.10466265) PMID:[13678364](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13678364/)

[6] AA.VV. Monograph 109 IARC. 2013

[7] Progetto di zonizzazione del territorio regionale ai sensi del D.lgs 155/2010
http://cmsarpa.regione.fvg.it/cms/tema/aria/utilita/Documenti_e_presentazioni/tecnico_scientifiche_docs/zonizz_fvg_dlgs155.pdf

[8] Piano regionale di miglioramento della qualità dell'aria
<http://www.regione.fvg.it/rafvfg/cms/RAFVG/ambiente-territorio/pianificazione-gestione-territorio/FOGLIA201/>

[9] Modello dispersivo Lagrangiano SPRAY
<http://www.aria-net.it/front/IT/codici/files/10.pdf>

[10] Revisione pubblica dell'inventario emissivo regionale (INEMAR). anno 2010
http://cmsarpa.regione.fvg.it/cms/tema/aria/notizie/2014/news/notizia0015_2014.html

[11] Corine Land Cover
<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps>

[12] Sistema Modellistico Atmosferico MINNI
<http://www.minni.org>

7 APPENDICI

Analisi del rischio neoplastico per periodi temporali

Le analisi hanno tenuto anche conto di eventuali differenze nel corso dell'intero arco temporale, in modo da evidenziare eventuali differenze tra periodi diversi. Le analisi sono state condotte sia per quinquennio di calendario (1995-1999, 2000-2004, 2005-2009), sia suddividendo l'arco temporale in studio in due periodi (1995-2002, 2003-2009). Di seguito sono riportati i risultati per il tumore al polmone e il tumore alla vescica per i quali si avevano una numerosità di casi sufficiente per poter effettuare l'analisi per periodi temporali differenti.

Tabella A1: Tassi d'incidenza per 100.000 abitanti (ASR), per i tumori del polmone nei maschi, standardizzati per età sulla popolazione europea stratificati per sesso, singolo terzile d'inquinante e periodo di calendario (1995-2002; 2003-2009).

Livelli di esposizione residenziale ai diversi inquinanti	Maschi							
	1995-2002				2003-2009			
	AP	N casi	ASR EU	(95% CI)	AP	N casi	ASR EU	(95% CI)
Benzene C₆H (µg/m³)								
0.1-1.0	113636	145	82.6	(68.8-96.3)	105221	127	66.2	(54.4-78.0)
1.1-1.8	109774	153	88.2	(73.9-102.4)	107718	117	65.2	(52.9-77.5)
1.9-3.2	110167	143	85.2	(70.9-99.5)	105897	116	67.6	(55.0-80.3)
Bi-ossidi di azoto NO₂ (µg/m³)								
10.8-16.9	113686	142	80.6	(67.0-94.2)	105073	125	64.5	(52.9-76.2)
17.0-19.6	110342	159	91.9	(77.3-106.5)	108725	113	64.4	(52.1-76.8)
19.7-25.5	109549	140	83.3	(69.2-97.4)	105038	122	70.2	(57.4-83.1)
Particolato PM₁₀ (µg/m³)								
19.6-40.5	113342	153	86.4	(72.4-100.4)	105608	122	63.6	(52.0-75.2)
40.6-51.9	113100	156	86.0	(72.2-99.8)	109902	124	67.4	(55.0-79.9)
52.0-107.2	107135	132	82.8	(68.4-97.2)	103326	114	68.4	(55.5-81.2)
Bi-ossido di zolfo SO₂ (µg/m³)								
27.5-34.5	113523	154	85.6	(71.8-99.4)	106182	129	67.4	(55.4-79.4)
34.6-37.5	109360	150	90.3	(75.6-105.1)	106501	116	67.2	(54.7-79.8)
37.6-85.0	110694	137	79.9	(66.2-93.7)	106153	115	64.1	(52.0-76.3)

AP: Anni Persona a rischio di tumore

Tabella A2: Tassi d'incidenza per 100.000 abitanti (ASR). per i tumori del polmone nelle femmine. standardizzati per età sulla popolazione europea stratificati per sesso. singolo terzile d'inquinante e periodo di calendario (1995-2002. 2003-2009).

Livelli di esposizione residenziale ai diversi inquinanti	Femmine							
	1995-2002				2003-2009			
	AP	N casi	ASR EU	(95% CI)	AP	N casi	ASR EU	(95% CI)
Benzene C₆H (µg/m³)								
0.1-1.0	117577	45	22.2	(15.1-29.3)	108918	32	15.7	(9.8-21.6)
1.1-1.8	118048	55	21.0	(14.9-27.1)	110476	49	20.7	(13.9-27.4)
1.9-3.2	117400	49	22.9	(15.9-30.0)	109568	45	19.8	(13.3-26.4)
Bi-ossidi di azoto NO₂ (µg/m³)								
10.8-16.9	117474	45	21.2	(14.4-28.0)	108676	32	15.1	(9.3-20.9)
17.0-19.6	118589	56	22.7	(16.1-29.3)	110881	51	22.0	(15.1-29.0)
19.7-25.5	116962	48	22.3	(15.4-29.3)	109405	43	19.0	(12.5-25.4)
Particolato PM₁₀ (µg/m³)								
19.6-40.5	117137	49	23.4	(16.3-30.6)	109160	35	18.0	(11.5-24.4)
40.6-51.9	122302	61	23.0	(16.5-29.5)	112394	51	19.0	(12.9-25.1)
52.0-107.2	113586	39	19.5	(12.8-26.2)	107408	40	19.3	(12.6-25.9)
Bi-ossido di zolfo SO₂ (µg/m³)								
27.5-34.5	117070	47	23.3	(16.1-30.5)	109728	32	14.9	(9.2-20.7)
34.6-37.5	118380	46	17.8	(12.1-23.5)	111097	46	21.0	(14.3-27.8)
37.6-85.0	117575	56	24.9	(17.7-32.2)	108137	48	20.4	(13.7-27.2)

AP: Anni Persona a rischio di tumore

Commento A1 e A2:

L'incidenza dei tumori del polmone nei maschi e nelle femmine è risultata inferiore nel periodo 2003-2009 rispetto al periodo 1995-2002. per esposizioni a tutti gli inquinanti studiati.

Tabella A3: Tassi d'incidenza per 100.000 abitanti (ASR). per i tumori alla vescica nei maschi. standardizzati per età sulla popolazione europea stratificati per sesso. singolo terzile d'inquinante e periodo di calendario (1995-2002. 2003-2009).

Livelli di esposizione residenziale ai diversi inquinanti	Maschi							
	1995-2002				2003-2009			
	AP	N casi	ASR EU	(95% CI)	AP	N casi	ASR EU	(95% CI)
Benzene C₆H (µg/m³)								
0.1-1.0	113636	85	47.7	(37.2-58.1)	105221	82	43.4	(33.7-53.2)
1.1-1.8	109774	95	53.8	(42.7-64.9)	107718	80	44.7	(34.4-55.1)
1.9-3.2	110167	77	45.3	(35.0-55.6)	105897	78	44.0	(33.9-54.1)
Bi-ossidi di azoto NO₂ (µg/m³)								
10.8-16.9	113686	85	47.0	(36.7-57.3)	105073	81	42.5	(32.8-52.1)
17.0-19.6	110342	94	53.9	(42.7-65.0)	108725	75	42.4	(32.4-52.5)
19.7-25.5	109549	78	46.0	(35.5-56.4)	105038	84	47.4	(36.8-57.9)
Particolato PM₁₀ (µg/m³)								
19.6-40.5	113342	87	47.8	(37.5-58.2)	105608	81	42.0	(32.5-51.6)
40.6-51.9	113100	90	48.8	(38.4-59.2)	109902	93	50.5	(39.7-61.2)
52.0-107.2	107135	80	50.5	(39.3-61.7)	103326	66	39.5	(29.6-49.4)
Bi-ossido di zolfo SO₂ (µg/m³)								
27.5-34.5	113523	81	43.5	(33.7-53.2)	106182	85	44.8	(34.7-54.8)
34.6-37.5	109360	91	56.3	(44.5-68.1)	106501	78	45.2	(34.8-55.5)
37.6-85.0	110694	85	47.5	(37.1-57.9)	106153	77	42.3	(32.4-52.1)

AP: Anni Persona a rischio di tumore

Tabella A4: Tassi d'incidenza per 100.000 abitanti (ASR), per i tumori alla vescica nelle femmine, standardizzati per età sulla popolazione europea stratificati per sesso, singolo terzile d'inquinante e periodo di calendario (1995-2002, 2003-2009).

Livelli di esposizione residenziale ai diversi inquinanti	Femmine							
	1995-2002				2003-2009			
	AP	N casi	ASR EU	(95% CI)	AP	N casi	ASR EU	(95% CI)
Benzene C₆H (µg/m³)								
0.1-1.0	117577	18	8.7	(4.3-13.2)	108918	21	9.9	(5.2-14.5)
1.1-1.8	118048	31	10.4	(6.4-14.3)	110476	29	11.5	(6.6-16.4)
1.9-3.2	117400	24	11.9	(6.5-17.2)	109568	30	14.7	(8.7-20.7)
Bi-ossidi di azoto NO₂ (µg/m³)								
10.8-16.9	117474	19	9.0	(4.5-13.5)	108676	21	9.8	(5.2-14.5)
17.0-19.6	118589	27	9.3	(5.4-13.2)	110881	27	10.2	(5.7-14.7)
19.7-25.5	116962	27	12.9	(7.4-18.3)	109405	32	16.1	(9.8-22.4)
Particolato PM₁₀ (µg/m³)								
19.6-40.5	117137	21	10.1	(5.3-14.8)	109160	21	9.8	(5.1-14.6)
40.6-51.9	122302	34	10.8	(6.7-14.9)	112394	30	12.6	(7.4-17.8)
52.0-107.2	113586	18	10.1	(5.0-15.1)	107408	29	13.9	(8.1-19.8)
Bi-ossido di zolfo SO₂ (µg/m³)								
27.5-34.5	117070	19	8.8	(4.4-13.1)	109728	23	9.9	(5.3-14.4)
34.6-37.5	118380	21	8.3	(4.3-12.2)	111097	35	14.4	(9.0-19.8)
37.6-85.0	117575	33	14.2	(8.6-19.7)	108137	22	12.0	(6.3-17.8)

AP: Anni Persona a rischio di tumore

Commento tabelle A3 e A4:

L'incidenza dei tumori della vescica nei maschi è risultata lievemente inferiore nel periodo 2003-2009 rispetto al periodo 1995-2002, per esposizioni a tutti gli inquinanti studiati. Nelle femmine, invece, si è riscontrato un aumento dell'incidenza nel periodo 2003-2009 rispetto al periodo 1995-2002.

Georeferenziazione

Tabella A5 : numero dei casi georeferenziati, non georeferenziati o con Comune di residenza alla diagnosi del RT e dell'Anagrafe Sanitaria non coerenti

Tumori	Georeferenziati		Non georeferenziati		Non coerenti	
	F	M	F	M	F	M
TUTTI I TUMORI (esclusi C44)	3500	3925	48	41	91	72
LINFOMI LEUCEMIE	257	258	2	1	9	7
POLMONE	275	801	4	2	6	14
RENE VIE URINARIE	129	223	2	2	1	2
VESCICA	153	497	2	2	4	6
Totale	4314	5704	58	48	111	101

Tabella A6: percentuale media della popolazione georeferenziata e non georeferenziata per il periodo 1995-2009, stratificata per singolo Comune in studio

	% popolazione non georeferenziata	% popolazione georeferenziata
AQUILEIA	3.8	96.2
DOBERDÒ DEL LAGO	1.0	99.0
DUINO-AURISINA	3.3	96.7
FIUMICELLO	5.1	94.9
FOGLIANO REDIPUGLIA	4.1	95.9
GRADO	4.9	95.1
MONFALCONE	2.5	97.5
RONCHI DEI LEGIONARI	1.9	98.1
SAGRADO	2.7	97.3
SAN CANZIAN D'ISONZO	6.1	94.0
SAN PIER D'ISONZO	3.0	97.0
SAVOGNA D'ISONZO	6.0	94.0
STARANZANO	1.8	98.2
TURRIACO	4.0	96.0
Totale	3.7	96.3

TASSI DI INCIDENZA DEI TUMORI. INTERVALLI DI CONFIDENZA E RAPPORTI TRA TASSI. PER SESSO

Tabella A7 : Tassi d'incidenza per 100.000 abitanti (ASR) e intervallo di confidenza al 95%. standardizzati per età e anno di calendario sulla popolazione europea stratificati per sesso e singolo terzi d'inquinante.

	Maschi											
	Polmone		Rene vie urinarie		Vescica		Linfomi Non Hodgkin		Leucemie		Tessuti molli e connettivo	
	ASR EU	(95% CI)	ASR EU	(95% CI)	ASR EU	(95% CI)	ASR EU	(95% CI)	ASR EU	(95% CI)	ASR EU	(95% CI)
C₆H₆ (µg/m³)												
0.14-1.09	74.7	(65.6-83.9)	20.9	(15.8-26.1)	45.7	(38.5-52.9)	14.5	(10.1-19.0)	10.6	(6.4-14.7)	31.5	(11.2-51.7)
1.09-1.80	76.8	(67.4-86.3)	24.7	(19.0-30.3)	49.1	(41.5-56.6)	18	(12.7-23.3)	10	(6.1-13.8)	20.3	(4.1-36.4)
1.80-3.23	76.6	(67.0-86.1)	23.1	(17.8-28.5)	44.7	(37.5-52.0)	16.3	(11.7-21.0)	10.4	(6.5-14.3)	34.1	(8.6-59.5)
NO₂ (µg/m³)												
10.8-16.9	72.9	(63.9-81.9)	20.7	(15.5-25.8)	44.9	(37.8-51.9)	14.3	(9.8-18.7)	9.3	(5.6-13.0)	31.5	(11.2-51.7)
16.9-19.6	78.2	(68.6-87.7)	24.2	(18.7-29.8)	48.1	(40.6-55.6)	18.6	(13.2-24.0)	11.6	(7.3-15.8)	20.3	(4.2-36.3)
19.6-25.5	77.1	(67.6-86.7)	23.7	(18.3-29.2)	46.8	(39.4-54.2)	16	(11.4-20.6)	9.9	(6.1-13.8)	34.4	(8.6-60.1)
PM₁₀ (µg/m³)												
19.7-40.6	75.4	(66.3-84.6)	21.7	(16.4-27.0)	45.0	(37.9-52.1)	17	(12.0-22.0)	10	(6.0-14.1)	34.3	(13.3-55.3)
40.6-51.9	77.3	(67.9-86.6)	25.9	(20.2-31.5)	49.5	(42.0-56.9)	18.1	(12.9-23.3)	9.9	(6.1-13.6)	20.3	(4.4-36.2)
51.9-107.1	75.4	(65.8-85.0)	20.9	(15.6-26.1)	45.0	(37.6-52.5)	13.7	(9.4-18.0)	11	(6.9-15.1)	30.8	(6.0-55.6)
SO₂ (µg/m³)												
27.5-34.6	75.7	(67.4-85.8)	24.7	(19.1-30.3)	43.9	(37.0-50.8)	18.8	(13.4-24.3)	11.1	(6.8-15.5)	35.5	(13.7-57.4)
34.6-37.8	75.2	(69.3-88.8)	25.5	(19.9-31.2)	51.0	(43.1-58.9)	13.5	(9.3-17.7)	8.8	(5.4-13.7)	18.4	(0-38.9)
37.8-85.0	75.4	(63.2-81.6)	18.1	(13.3-22.9)	44.9	(37.8-52.0)	16.6	(11.8-21.5)	11.2	(3.2-10.2)	32.2	(11.3-53.1)

	Femmine											
	Polmone		Rene vie urinarie		Vescica		Linfomi Non Hodgkin		Leucemie		Tessuti molli e connettivo	
	ASR EU	(95% CI)	ASR EU	(95% CI)	ASR EU	(95% CI)	ASR EU	(95% CI)	ASR EU	(95% CI)	ASR EU	(95% CI)
C₆H₆ (µg/m³)												
0.14-1.09	19.0	(14.4-23.7)	11.6	(7.7-15.5)	9.3	(6.1-12.6)	12.2	(8.2-16.2)	6.7	(4.0-9.4)	19.6	(2.1-37.1)
1.09-1.80	20.8	(16.3-25.2)	9.6	(6.4-12.8)	10.8	(7.7-13.9)	11	(7.5-14.5)	10	(5.8-14.2)	17	(1.7-32.4)
1.80-3.23	21.4	(16.6-26.2)	8.4	(5.1-11.7)	13.4	(9.4-17.5)	12.5	(8.7-16.4)	8.2	(4.1-12.3)	19.9	(0-44.8)
NO₂ (µg/m³)												
10.8-16.9	18.2	(13.7-22.6)	9.8	(6.6-12.9)	9.5	(6.2-12.7)	11.9	(7.9-15.9)	7	(4.2-9.8)	15.9	(0-31.9)
16.9-19.6	22.4	(17.6-27.2)	11.4	(7.5-15.2)	9.7	(6.8-12.6)	12	(8.2-15.7)	11.3	(6.7-16.0)	16.4	(1.7-31.2)
19.6-25.5	20.6	(15.9-25.3)	8.4	(5.1-11.7)	14.5	(10.3-18.7)	11.9	(8.2-15.5)	6.6	(3.0-10.3)	24.2	(0-50.6)
PM₁₀ (µg/m³)												
19.7-40.6	20.7	(15.9-25.5)	11.5	(8.0-15.1)	10.0	(6.6-13.4)	12.4	(8.3-16.5)	7.6	(4.7-10.6)	19.7	(2.0-37.3)
40.6-51.9	21.2	(16.7-25.7)	9.5	(6.1-12.9)	11.6	(8.3-14.8)	10.8	(7.4-14.3)	9.3	(5.3-13.3)	13.1	(0-26.4)
51.9-107.1	19.3	(14.6-23.9)	8.3	(4.9-11.7)	12.1	(8.2-16.0)	12.7	(8.8-16.5)	7.8	(3.8-11.8)	23.5	(0-49.0)
SO₂ (µg/m³)												
27.5-34.6	21.6	(14.6-23.9)	9.4	(6.5-12.4)	9.4	(6.2-12.6)	12.2	(8.2-16.2)	8.5	(5.0-12.0)	15.6	(0-31.3)
34.6-37.8	20.4	(14.9-23.7)	11.5	(7.6-15.4)	11.2	(7.9-14.6)	14.4	(10.2-18.6)	9.6	(5.4-13.7)	16.3	(2.0-30.7)
37.8-85.0	21.5	(17.8-27.7)	8.6	(5.1-12.2)	13.1	(9.1-17.1)	9.1	(6.0-12.2)	6.7	(3.2-10.2)	25	(0-52.4)

Tabella A8: Tassi d'incidenza per 100.000 abitanti (ASR) e intervallo di confidenza al 95%. standardizzati per età e anno di calendario sulla popolazione europea stratificati per sesso e singolo quintile d'inquinante.

	Maschi									
	Polmone		Rene vie urinarie		Vescica		Linfomi Non Hodgkin		Leucemie	
	ASR EU	(95% CI)	ASR EU	(95% CI)	ASR EU	(95% CI)	ASR EU	(95% CI)	ASR EU	(95% CI)
C₆H₆ (µg/m³)										
0.1-0.69	74.2	(62.6-85.9)	19.6	(13.3-25.9)	43.4	(34.6-52.3)	14.3	(8.5-20.1)	8.4	(4.2-12.5)
0.69-1.34	81.1	(68.5-93.7)	27.5	(19.8-35.3)	46.9	(37.2-56.5)	18.4	(11.3-25.4)	13.9	(7.7-20.0)
1.35-1.62	72.9	(61.1-84.6)	21.9	(14.9-28.9)	48.5	(38.8-58.1)	16.8	(10.4-23.1)	8.6	(4.2-13.0)
1.63-1.98	71.4	(59.9-82.9)	24.3	(17.2-31.3)	47	(37.6-56.4)	16.9	(10.8-23.0)	9.0	(4.2-13.7)
1.98-3.2	80.2	(67.3-93.1)	20.7	(14.1-27.4)	47	(37.2-56.7)	14.9	(9.1-20.7)	11.5	(5.9-17.2)
NO₂ (µg/m³)										
10.8-15.3	76.2	(64.3-88.0)	19.1	(12.9-25.3)	50.6	(40.9-60.3)	14.3	(8.9-19.6)	7.4	(3.4-11.4)
15.3-17.5	80.4	(68.0-92.8)	26.4	(18.7-34.1)	39.5	(30.9-48.2)	17.4	(10.4-24.4)	12.7	(6.6-18.8)
17.6-18.7	68.6	(57.2-79.9)	22.3	(15.5-29.2)	49.9	(40.1-59.8)	15.7	(9.7-21.6)	12.1	(6.9-17.3)
18.8-20.6	76.0	(64.2-87.8)	26.8	(19.4-34.2)	44.5	(35.4-53.6)	18.8	(11.8-25.7)	6.5	(2.2-10.8)
20.6-25.5	78.1	(65.3-91.0)	19.2	(12.7-25.7)	48.1	(38.2-58.1)	15.5	(9.6-21.3)	13.1	(7.3-18.9)
PM₁₀ (µg/m³)										
19.7-34.0	75.2	(63.5-86.9)	18.6	(12.5-24.6)	43.9	(35.0-52.8)	14.2	(8.4-19.9)	7.0	(3.3-10.7)
34.0-42.7	75.9	(64.3-87.4)	23.3	(16.3-30.3)	45.6	(36.7-54.5)	18.3	(12.0-24.6)	14.9	(8.6-21.3)
42.8-49.6	75.0	(62.1-87.9)	31.4	(22.8-40.0)	50.8	(40.2-61.3)	18.0	(10.6-25.4)	8.6	(3.7-13.6)
49.7-61.3	76.5	(64.9-88.2)	22.9	(16.3-29.5)	50	(40.3-59.7)	16.6	(10.7-22.5)	7.8	(3.9-11.6)
61.3-107.1	78.0	(65.1-90.9)	18.9	(12.3-25.5)	42.9	(33.6-52.3)	14.2	(8.5-19.9)	12.6	(6.9-18.4)
SO₂ (µg/m³)										
27.5-33.2	75.7	(63.9-87.5)	18.9	(12.7-25.2)	47.2	(38.0-56.5)	16.2	(10.0-22.4)	7.8	(3.8-11.8)
33.2-34.8	75.2	(63.6-86.8)	30.9	(23.0-38.9)	43.3	(34.4-52.2)	19.2	(12.3-26.1)	14.7	(8.4-20.9)
34.9-36.6	79.3	(66.6-92.0)	26.8	(19.3-34.3)	51.5	(41.3-61.6)	15.1	(9.3-20.9)	7.4	(3.0-11.8)
37.0-39.6	74.5	(61.8-87.1)	18.2	(11.7-24.6)	41.6	(32.2-51.0)	10.9	(6.0-15.9)	10.5	(4.9-16.1)
39.6-85.0	75.4	(63.5-87.2)	18.2	(12.1-24.3)	48.9	(39.4-58.4)	19.4	(12.5-26.4)	10.5	(5.8-15.1)
	Femmine									
	Polmone		Rene vie urinarie		Vescica		Linfoma Non Hodgkin		Leucemie	
	ASR EU	(95% CI)	ASR EU	(95% CI)	ASR EU	(95% CI)	ASR EU	(95% CI)	ASR EU	(95% CI)
C₆H₆ (µg/m³)										
0.1-0.69	19.7	(13.6-25.7)	12	(7.4-16.7)	10.7	(6.1-15.3)	14.2	(8.3-20.1)	7.3	(3.5-11.1)
0.69-1.34	19.6	(13.6-25.6)	9.5	(4.8-14.2)	7	(3.8-10.3)	10.8	(6.4-15.3)	8.8	(3.9-13.6)
1.35-1.62	20.2	(14.6-25.7)	11.4	(6.6-16.1)	11.3	(7.1-15.5)	9.5	(5.2-13.8)	9.8	(4.6-15.0)
1.63-1.98	21.4	(15.1-27.8)	7.4	(3.8-11.0)	13.6	(8.5-18.7)	13.8	(8.7-19.0)	8.5	(3.2-13.8)
1.98-3.2	21.0	(15.0-27.1)	9.1	(4.3-13.8)	13.5	(8.2-18.7)	11.4	(6.7-16.0)	6.8	(2.1-11.6)
NO₂ (µg/m³)										
10.8-15.3	20.8	(14.7-27.0)	9.6	(5.4-13.7)	10.5	(6.0-15.1)	12.0	(6.9-17.0)	6.6	(2.9-10.2)
15.3-17.5	18.9	(12.9-24.9)	12	(6.6-17.3)	9.2	(5.3-13.1)	11.0	(6.1-15.8)	9.3	(4.4-14.1)
17.6-18.7	21.6	(15.7-27.5)	10.8	(6.3-15.3)	9.3	(5.6-13.0)	12.1	(7.1-17.1)	9.4	(4.8-14.0)
18.8-20.6	21.5	(15.4-27.6)	7.7	(4.2-11.3)	16.2	(10.7-21.8)	13.2	(8.2-18.1)	9.8	(3.7-15.9)
20.6-25.5	18.9	(13.0-24.8)	9.1	(4.4-13.9)	10.7	(6.0-15.5)	11.6	(6.9-16.3)	6.4	(1.8-10.9)
										(segue)
PM₁₀ (µg/m³)										
19.7-34.0	20.2	(14.1-26.3)	12.2	(7.5-17.0)	12.2	(7.3-17.1)	13.6	(8.1-19.2)	7.5	(3.7-11.4)
34.0-42.7	21.3	(15.3-27.3)	12.4	(7.2-17.6)	6.8	(3.7-9.9)	9.1	(5.0-13.1)	6.6	(3.2-9.9)
42.8-49.6	23.0	(16.6-29.4)	8.9	(5.0-12.7)	11.3	(7.0-15.6)	13.0	(7.6-18.4)	12.5	(5.7-19.3)
49.7-61.3	15.8	(10.7-20.9)	7	(3.8-10.3)	14.2	(9.3-19.1)	13.0	(8.2-17.9)	5.2	(2.3-8.1)
61.3-107.1	21.9	(15.4-28.5)	7.8	(3.2-12.4)	11.5	(6.3-16.8)	11.1	(6.4-15.8)	9.9	(3.7-16.2)
SO₂ (µg/m³)										
27.5-33.2	21.6	(15.2-27.9)	11	(6.6-15.3)	9.4	(5.2-13.6)	10.8	(5.9-15.7)	8.1	(4.0-12.1)
33.2-34.8	20.4	(14.3-26.4)	10.5	(5.7-15.3)	8.9	(5.2-12.6)	13.6	(8.5-18.7)	10.3	(4.9-15.7)
34.9-36.6	16.2	(11.2-21.3)	11.4	(6.9-15.9)	12.9	(8.3-17.5)	13.7	(8.4-18.9)	8.0	(3.6-12.4)
37.0-39.6	22.4	(16.0-28.8)	9.2	(4.1-14.3)	14.8	(9.0-20.6)	11.2	(6.2-16.3)	7.6	(2.0-13.1)
39.6-85.0	21.5	(15.4-27.6)	7.2	(3.6-10.9)	11	(6.4-15.5)	10.2	(6.0-14.3)	7.1	(2.8-11.3)

Tabella A9: Rapporto tra tassi d'incidenza (IRR) e intervallo di confidenza al 95%. standardizzati per età e anno di calendario sulla popolazione europea stratificati per sesso e singolo terzile d'inquinante.

	Maschi											
	Polmone		Rene vie urinarie		Vescica		Linfomi Non Hodgkin		Leucemie		Tessuti molli e connettivo	
	IRR	(95% CI)	IRR	(95% CI)	IRR	(95% CI)	IRR	(95% CI)	IRR	(95% CI)	IRR	(95% CI)
C₆H₆ (µg/m³)												
0.14-1.09	1		1		1		1		1		1	
1.09-1.80	1.03	(0.87 1.22)	1.18	(0.85 1.63)	1.07	(0.87 1.33)	1.24	(0.84 1.84)	0.94	(0.58 1.54)	0.64	(0.25 1.69)
1.80-3.23	1.02	(0.86 1.21)	1.10	(0.80 1.53)	0.98	(0.79 1.22)	1.12	(0.75 1.67)	0.98	(0.60 1.61)	1.08	(0.43 2.74)
NO₂ (µg/m³)												
10.8-16.9	1		1		1		1		1		1	
16.9-19.6	1.07	(0.91 1.27)	1.17	(0.85 1.62)	1.07	(0.86 1.33)	1.30	(0.88 1.93)	1.25	(0.77 2.02)	0.64	(0.25 1.69)
19.6-25.5	1.06	(0.89 1.25)	1.15	(0.83 1.59)	1.04	(0.84 1.30)	1.12	(0.75 1.67)	1.06	(0.64 1.77)	1.09	(0.43 2.77)
PM₁₀ (µg/m³)												
19.7-40.6	1		1		1		1		1		1	
40.6-51.9	1.02	(0.87 1.21)	1.19	(0.87 1.63)	1.10	(0.89 1.36)	1.06	(0.73 1.55)	0.99	(0.60 1.62)	0.59	(0.23 1.53)
51.9-107.1	1.00	(0.84 1.19)	0.96	(0.69 1.35)	1.00	(0.80 1.25)	0.81	(0.54 1.21)	1.10	(0.67 1.81)	0.90	(0.35 2.32)
SO₂ (µg/m³)												
27.5-34.6	1		1		1		1		1		1	
34.6-37.8	0.99	(0.84 1.17)	1.03	(0.76 1.40)	1.16	(0.94 1.44)	0.72	(0.48 1.07)	0.79	(0.48 1.31)	0.52	(0.17 1.63)
37.8-85.0	1.00	(0.84 1.18)	0.73	(0.52 1.02)	1.02	(0.82 1.27)	0.88	(0.60 1.29)	1.01	(0.63 1.63)	0.91	(0.39 2.14)

	Femmine																	
	Polmone			Rene vie urinarie			Vescica			Linfomi Non Hodgkin			Leucemie		Tessuti molli e connettivo			
	IRR	(95% CI)		IRR	(95% CI)		IRR	(95% CI)		IRR	(95% CI)		IRR	(95% CI)				
C₆H₆ (µg/m³)																		
0.14-1.09	1			1			1			1			1			1		
1.09-1.80	1.09	(0.81	1.46)	0.82	(0.55	1.24)	1.16	(0.77	1.73)	0.90	(0.61	1.34)	1.49	(0.91	2.44)	0.87	(0.28	2.69)
1.80-3.23	1.12	(0.83	1.52)	0.72	(0.47	1.10)	1.44	(0.95	2.17)	1.02	(0.69	1.52)	1.22	(0.73	2.06)	1.02	(0.25	4.06)
NO₂ (µg/m³)																		
10.8-16.9	1			1			1			1			1			1		
16.9-19.6	1.23	(0.92	1.65)	1.16	(0.77	1.75)	1.02	(0.68	1.54)	1.01	(0.68	1.50)	1.61	(1.00	2.61)	1.03	(0.31	3.38)
19.6-25.5	1.14	(0.84	1.54)	0.86	(0.55	1.33)	1.53	(1.03	2.29)	1.00	(0.67	1.49)	0.94	(0.55	1.61)	1.52	(0.41	5.67)
PM₁₀ (µg/m³)																		
19.7-40.6	1			1			1			1			1			1		
40.6-51.9	1.02	(0.77	1.36)	0.82	(0.55	1.22)	1.16	(0.78	1.71)	0.87	(0.59	1.29)	1.22	(0.76	1.98)	0.66	(0.20	2.18)
51.9-107.1	0.93	(0.68	1.27)	0.72	(0.46	1.13)	1.21	(0.80	1.84)	1.02	(0.69	1.53)	1.03	(0.61	1.74)	1.19	(0.34	4.23)
SO₂ (µg/m³)																		
27.5-34.6	1			1			1			1			1			1		
34.6-37.8	0.94	(0.73	1.33)	1.22	(0.82	1.82)	1.19	(0.80	1.78)	1.18	(0.81	1.73)	1.13	(0.69	1.84)	1.04	(0.32	3.42)
37.8-85.0	1.00	(0.87	1.56)	0.92	(0.59	1.42)	1.39	(0.93	2.08)	0.75	(0.50	1.12)	0.79	(0.47	1.32)	1.60	(0.43	5.97)

Tabella A10: Rapporto tra tassi d'incidenza (IRR) e intervallo di confidenza al 95%. standardizzati per età e anno di calendario sulla popolazione europea stratificati per sesso e singolo quintile d'inquinante.

	Maschi									
	Polmone		Rene vie urinarie		Vescica		Linfomi Non Hodgkin		Leucemie	
	IRR	(95% CI)	IRR	(95% CI)	IRR	(95% CI)	IRR	(95% CI)	IRR	(95% CI)
C₆H₆ (µg/m³)										
0.1-0.69	1		1		1		1		1	
0.69-1.34	1.09	(0.88 1.35)	1.40	(0.93 2.12)	1.08	(0.82 1.43)	1.29	(0.77 2.14)	1.65	(0.90 3.05)
1.35-1.62	0.98	(0.79 1.22)	1.12	(0.73 1.72)	1.12	(0.85 1.47)	1.17	(0.71 1.95)	1.02	(0.53 1.99)
1.63-1.98	0.96	(0.77 1.20)	1.24	(0.82 1.88)	1.08	(0.82 1.43)	1.18	(0.71 1.96)	1.07	(0.55 2.08)
1.98-3.2	1.08	(0.87 1.34)	1.06	(0.68 1.63)	1.08	(0.82 1.449)	1.04	(0.61 1.77)	1.37	(0.72 2.61)
NO₂ (µg/m³)										
10.8-15.3	1		1		1		1		1	
15.3-17.5	1.06	(0.85 1.31)	1.38	(0.91 2.11)	0.78	(0.59 1.03)	1.22	(0.73 2.04)	1.72	(0.90 3.29)
17.6-18.7	0.90	(0.72 1.12)	1.17	(0.76 1.79)	0.99	(0.76 1.29)	1.10	(0.66 1.82)	1.64	(0.85 3.13)
18.8-20.6	1.00	(0.81 1.24)	1.40	(0.93 2.11)	0.88	(0.67 1.15)	1.31	(0.80 2.17)	0.88	(0.41 1.88)
20.6-25.5	1.02	(0.82 1.28)	1.01	(0.64 1.59)	0.95	(0.72 1.25)	1.08	(0.64 1.82)	1.77	(0.92 3.41)
PM₁₀ (µg/m³)										
19.7-34.0	1		1		1		1		1	
34.0-42.7	1.01	(0.82 1.25)	1.25	(0.82 1.92)	1.04	(0.79 1.36)	1.29	(0.79 2.11)	2.13	(1.14 3.97)
42.8-49.6	1.00	(0.80 1.25)	1.69	(1.12 2.54)	1.16	(0.88 1.53)	1.27	(0.75 2.14)	1.23	(0.61 2.48)
49.7-61.3	1.02	(0.82 1.26)	1.23	(0.81 1.87)	1.14	(0.87 1.49)	1.17	(0.71 1.93)	1.11	(0.56 2.21)
61.3-107.1	1.04	(0.83 1.29)	1.02	(0.64 1.62)	0.98	(0.73 1.31)	1.00	(0.58 1.71)	1.80	(0.94 3.45)
SO₂ (µg/m³)										
27.5-33.2	1		1		1		1		1	
33.2-34.8	0.99	(0.80 1.23)	1.63	(1.09 2.45)	0.92	(0.70 1.21)	1.19	(0.74 1.91)	1.88	(1.03 3.46)
34.9-36.6	1.05	(0.84 1.30)	1.42	(0.93 2.15)	1.09	(0.83 1.43)	0.93	(0.56 1.55)	0.95	(0.46 1.95)
37.0-39.6	0.98	(0.79 1.23)	0.96	(0.60 1.54)	0.88	(0.66 1.18)	0.67	(0.38 1.18)	1.35	(0.69 2.64)
39.6-85.0	1.00	(0.80 1.24)	0.96	(0.61 1.52)	1.04	(0.79 1.35)	1.20	(0.74 1.95)	1.35	(0.71 2.55)

	Femmine									
	Polmone		Rene vie urinarie		Vescica		Linfoma Non Hodgkin		Leucemie	
	IRR	(95% CI)	IRR	(95% CI)	IRR	(95% CI)	IRR	(95% CI)	IRR	(95% CI)
C₆H₆ (µg/m³)										
0.1-0.69	1		1		1		1		1	
0.69-1.34	0.99	(0.67 1.48)	0.79	(0.47 1.33)	0.65	(0.37 1.16)	0.76	(0.46 1.27)	1.21	(0.64 2.28)
1.35-1.62	1.03	(0.71 1.49)	0.95	(0.57 1.57)	1.06	(0.64 1.74)	0.67	(0.40 1.13)	1.34	(0.72 2.50)
1.63-1.98	1.09	(0.73 1.61)	0.62	(0.35 1.08)	1.27	(0.77 2.11)	0.97	(0.60 1.57)	1.16	(0.61 2.24)
1.98-3.2	1.07	(0.73 1.56)	0.76	(0.44 1.30)	1.26	(0.75 2.11)	0.80	(0.49 1.32)	0.93	(0.47 1.86)
NO₂ (µg/m³)										
10.8-15.3	1		1		1		1		1	
15.3-17.5	0.91	(0.61 1.35)	1.25	(0.74 2.12)	0.88	(0.51 1.52)	0.92	(0.54 1.55)	1.41	(0.75 2.65)
17.6-18.7	1.04	(0.72 1.49)	1.13	(0.67 1.90)	0.89	(0.53 1.49)	1.01	(0.61 1.67)	1.42	(0.74 2.75)
18.8-20.6	1.03	(0.71 1.50)	0.80	(0.46 1.40)	1.54	(0.95 2.52)	1.10	(0.68 1.78)	1.48	(0.76 2.91)
20.6-25.5	0.91	(0.61 1.35)	0.95	(0.53 1.70)	1.02	(0.58 1.78)	0.97	(0.58 1.61)	0.97	(0.46 2.05)
PM₁₀ (µg/m³)										
19.7-34.0	1		1		1		1		1	
34.0-42.7	1.05	(0.72 1.53)	1.02	(0.63 1.65)	0.56	(0.32 0.96)	0.67	(0.40 1.13)	0.88	(0.47 1.65)
42.8-49.6	1.14	(0.79 1.64)	0.73	(0.44 1.22)	0.93	(0.57 1.50)	0.96	(0.55 1.66)	1.67	(0.90 3.10)
49.7-61.3	0.78	(0.52 1.17)	0.57	(0.33 1.00)	1.16	(0.72 1.87)	0.96	(0.56 1.62)	0.69	(0.38 1.28)
61.3-107.1	1.08	(0.74 1.60)	0.64	(0.35 1.17)	0.94	(0.55 1.61)	0.82	(0.49 1.37)	1.32	(0.67 2.61)
SO₂ (µg/m³)										
27.5-33.2	1		1		1		1		1	
33.2-34.8	0.94	(0.64 1.39)	0.95	(0.58 1.57)	0.95	(0.55 1.64)	1.26	(0.77 2.07)	1.27	(0.69 2.33)
34.9-36.6	0.75	(0.51 1.11)	1.04	(0.62 1.73)	1.37	(0.83 2.27)	1.27	(0.79 2.03)	0.99	(0.55 1.78)
37.0-39.6	1.04	(0.72 1.50)	0.84	(0.47 1.49)	1.57	(0.94 2.64)	1.04	(0.64 1.67)	0.94	(0.50 1.77)
39.6-85.0	1.00	(0.69 1.45)	0.65	(0.37 1.16)	1.17	(0.69 1.99)	0.94	(0.56 1.60)	0.88	(0.43 1.77)