



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente
Settore qualità ambientale
U.O. tutela dell'aria ed agenti fisici
Via Lidorno, 1 – 38123 Trento
T +39 0461 494796
F +39 0461 497759
pec sqa.appa@pec.provincia.tn.it
@ ariaagf.appa@provincia.tn.it
web www.appa.provincia.tn.it



RAPPORTO QUALITÀ DELL'ARIA

2021



*Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente
Settore qualità ambientale
U.O. tutela dell'aria ed agenti fisici*

Autori:

Stefano Berlanda

Luca Forte

Elisa Malloci

Valentina Miotto

Gabriele Tonidandel

Trento, luglio 2022

Questo lavoro può essere liberamente utilizzato senza omissioni o aggiunte. Per eventuali riproduzioni, ristampe o utilizzo di estratti, deve essere richiesta l'autorizzazione all'A.P.P.A.

Indice

1 Sintesi.....	1
2 Introduzione.....	2
3 Zonizzazione e classificazione delle zone.....	3
4 La rete di monitoraggio.....	7
5 Dati 2021.....	9
5.1 Biossido di azoto NO ₂	10
5.2 Particolato atmosferico (PM10 e PM2,5).....	13
5.3 Monossido di carbonio CO.....	18
5.4 Biossido di zolfo SO ₂	20
5.5 Benzene C ₆ H ₆	22
5.6 Metalli.....	24
5.7 Benzo(a)pirene – B(a)P.....	27
5.8 Ozono O ₃	29
6 Focus sulle polveri sottili: sabbie desertiche e altre fonti.....	33
7 Conclusioni.....	40

1 Sintesi

Lo stato della qualità dell'aria ambiente della Provincia autonoma di Trento che emerge dalle attività di monitoraggio effettuate nel corso dell'anno 2021 e sulla base del confronto effettuato con i dati rilevati negli anni precedenti, indica una situazione nel complesso positiva, con qualche criticità che permane per alcuni inquinanti come l'ozono. Di seguito sono sintetizzati i dati rilevati nel 2021 per ogni inquinante per il quale la normativa vigente fissa un limite di concentrazione.

- NO₂ (biossido di azoto): il valore limite per la media annuale di 40 µg/m³ è stato rispettato in tutte le stazioni di monitoraggio, così come il limite previsto per la media oraria (200 µg/m³ da non superare più di 18 volte per anno civile);
- PM10 (particolato atmosferico): il limite di 35 giorni di superamento del valore medio giornaliero di 50 µg/m³ è stato rispettato presso tutti i siti di misura, così come il limite di 40 µg/m³ come media annuale;
- PM2,5 (particolato atmosferico): si conferma il rispetto del limite normativo di 25 µg/m³ come media annuale, già osservato a partire da quando è attivo il monitoraggio di questo inquinante presso tutte le stazioni in cui è rilevato. Risulta inoltre rispettato, già dal 2013, su tutte le stazioni della rete di monitoraggio, anche il limite più restrittivo previsto dalla normativa per una successiva fase 2 di 20 µg/m³;
- CO (monossido di carbonio), SO₂ (biossido di zolfo) e C₆H₆ (benzene): per questi inquinanti le concentrazioni registrate evidenziano da molti anni il pieno rispetto dei limiti;
- Metalli pesanti: è confermato il pieno rispetto dei valori limite per il piombo (Pb) e dei valori obiettivo per arsenico (As), nichel (Ni) e cadmio (Cd);
- B(a)P (benzo(a)pirene): la concentrazione media annua nella zona di *Fondovalle* è stata pari a 0,8 ng/m³, del tutto in linea con quanto misurato negli ultimi anni ed inferiore al valore obiettivo posto a 1,0 ng/m³;
- O₃ (ozono): è stata confermata la criticità per questo parametro, con il valore obiettivo di 120 µg/m³ (calcolato come media su tre anni e riferito alla media massima giornaliera calcolata su 8 ore, da non superare più di 25 volte per anno civile) che viene ancora superato in maniera diffusa su tutto il territorio provinciale ad eccezione della stazione di Borgo Valsugana.

2 Introduzione

Ai sensi del Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155, recante l'*Attuazione della direttiva europea 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa*, le regioni e le province autonome elaborano e mettono a disposizione del pubblico delle relazioni annuali aventi ad oggetto tutti gli inquinanti disciplinati dal decreto stesso e contenenti una sintetica illustrazione circa i superamenti dei valori limite, dei valori obiettivo, degli obiettivi a lungo termine, delle soglie di informazione e delle soglie di allarme con riferimento ai periodi di mediazione previsti.

Il presente studio riassume i valori rilevati nel corso dell'anno 2021 dalla rete di monitoraggio provinciale, evidenziando i casi di mancato rispetto dei limiti previsti.

Si riporta, inoltre, il confronto con i dati degli anni precedenti, al fine di evidenziare i trend in atto per i diversi inquinanti.

In generale la morfologia e le caratteristiche meteo-climatiche del Trentino sono tali da determinare condizioni di dispersione e diluizione degli inquinanti che nella stagione invernale sono spesso sfavorevoli: la scarsità di vento e precipitazioni, nonché la frequenza di situazioni di stabilità atmosferica e forte inversione termica, contribuiscono a determinare condizioni di accumulo degli inquinanti in prossimità del suolo che tendono a persistere anche per giorni.

Le situazioni di ristagno portano inoltre all'aumento delle concentrazioni degli inquinanti cosiddetti secondari (come il particolato atmosferico secondario) che si formano a partire da inquinanti primari grazie a processi chimico-fisici oppure a reazioni foto-chimiche e che si sommano ulteriormente al contributo dato dagli inquinanti primari. Ne consegue che la naturale variabilità interannuale delle condizioni meteo-climatiche influenza in maniera significativa lo stato di qualità dell'aria medio annuale.

Un accenno a parte merita l'ozono, un inquinante prevalentemente secondario le cui concentrazioni aumentano in particolare nella stagione estiva, a causa degli elevati apporti di radiazione solare che ne promuove la formazione, preferenzialmente nelle aree non intensamente urbanizzate, come le aree di alta montagna.

Nell'anno 2020, le restrizioni imposte dalla pandemia da COVID-19 hanno influenzato in maniera significativa i dati di qualità dell'aria mentre l'anno 2021 ha registrato una ripresa delle diverse attività antropiche e di conseguenza l'effetto delle stesse sulla qualità dell'aria e sui livelli di inquinamento.

3 Zonizzazione e classificazione delle zone

Ai sensi dell'art. 3 del D.Lgs. 155/2010 è stata definita ed approvata, con deliberazione della Giunta provinciale n. 1036 del 20 maggio 2011, la nuova zonizzazione del territorio della Provincia Autonoma di Trento.

Il territorio della Provincia di Trento presenta un'estensione di circa 6.200 km² ed una densità abitativa pari a circa 85 abitanti/km², un valore piuttosto basso che riflette la morfologia prevalentemente montuosa della regione. La popolazione e le attività produttive si concentrano nei principali centri abitati, che si localizzano soprattutto nei fondovalle del territorio. Di conseguenza le emissioni in aria di inquinanti primari (quegli inquinanti che sono emessi direttamente), che in Trentino derivano principalmente dai riscaldamenti civili e dal traffico, avvengono preferenzialmente nelle aree di fondovalle. Di conseguenza per gli inquinanti ossidi di azoto, PM10, PM2,5, monossido di carbonio, ossidi di zolfo, benzo(a)pirene e metalli sono state individuate due zone (Fig. 3.1):

- **Fondovalle:** comprende le aree in cui si concentrano sia la presenza di popolazione che le emissioni di inquinanti;
- **Montagna:** corrisponde al territorio in cui emissioni di inquinanti e popolazione sono presenti in modo non significativo.

La linea di separazione fra le due zone è stata fissata in corrispondenza della quota altimetrica pari a 1500 m s.l.m., in modo da includere nella prima zona tutti i centri abitati. Nella zona di fondovalle, che copre un'area di circa 3500 km², risiede infatti oltre il 99% della popolazione (Tab. 3.1).

Per l'ozono, un inquinante prevalentemente secondario, le cui concentrazioni aumentano in particolare nella stagione estiva a causa degli elevati apporti di radiazione solare che ne promuovono la formazione, il territorio provinciale non presenta invece caratteristiche tali da poter definire zone a differente criticità. Per tali motivi si è definita un'unica zona corrispondente ai confini amministrativi provinciali (Fig. 3.2).

Tab. 3.1: Zone.

Nome zona	Codice	Estensione	Popolazione	Inquinanti
Fondovalle	IT0403	3.520 km ²	523.682	NO ₂ , PM10, PM2,5, CO, SO ₂ , C ₆ H ₆ , Pb, B(a)P, As, Cd, Ni
Montagna	IT0404	2.689 km ²	1.144	NO ₂ , PM10, PM2,5, CO, SO ₂ , C ₆ H ₆ , Pb, B(a)P, As, Cd, Ni
Zona ozono	IT0405	6.209 km ²	524.826	O ₃

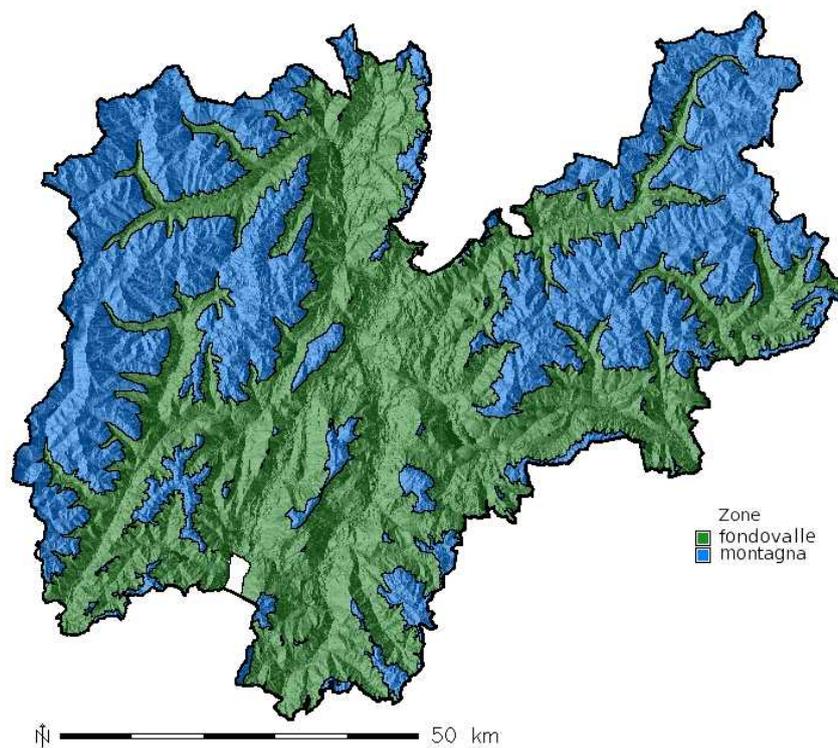


Fig. 3.1: Zonizzazione per la tutela della salute umana - NO₂, PM10, PM2,5, CO, SO₂, C₆H₆, Pb, B(a)P, As, Cd, Ni.



Fig. 3.2: Zonizzazione per la tutela della salute umana - O₃.

La classificazione delle zone è effettuata per ciascun inquinante sulla base delle soglie di valutazione superiori e inferiori previste dell'Allegato II al D.Lgs. 155/2010 e sulla base dei dati raccolti nel quinquennio precedente.

La soglia di valutazione superiore è definita come il *livello al di sotto del quale le misurazioni in siti fissi possono essere combinate con misurazioni indicative o tecniche di modellizzazione e, per l'arsenico, il cadmio, il nichel ed il benzo(a)pirene, livello al di sotto del quale le misurazioni in siti fissi o indicative possono essere combinate con tecniche di modellizzazione.*

La soglia di valutazione inferiore è definita come il *livello al di sotto del quale è previsto, anche in via esclusiva, l'utilizzo di tecniche di modellizzazione o di stima obiettiva.*

In Provincia di Trento, ai sensi del D.Lgs. 155/2010, la classificazione delle zone è stata effettuata nel corso del 2011 sulla base dei dati raccolti nel quinquennio 2005-2009 (approvata con deliberazione della Giunta provinciale n. 1036 del 20 maggio 2011 e sulla quale si basa il programma di valutazione vigente), seguita dall'aggiornamento quinquennale approvato con deliberazione della Giunta provinciale n. 2338 del 16 dicembre 2016 basato sui dati raccolti nel quinquennio 2011-2015 e riportata in Tab. 3.2.

La classificazione è utilizzata per stabilire quali metodi di valutazione della qualità dell'aria vadano implementati, secondo questi principi:

- le misurazioni in siti fissi sono obbligatorie quando i livelli degli inquinanti sono superiori alla soglia di valutazione superiore (*UAT*), compresi tra soglia di valutazione inferiore e rispettiva soglia di valutazione superiore (*UAT-LAT*) o superiori all'obiettivo a lungo termine nel caso dell'ozono (*LTO_U*);
- le misurazioni in siti fissi non sono obbligatorie e possono essere utilizzate, anche in via esclusiva, tecniche di modellizzazione o di stima obiettiva quando i livelli degli inquinanti sono inferiori alla soglia di valutazione inferiore (*LAT / LAT_SA*).

Tab. 3.2: Classificazione delle zone al 31 dicembre 2021.

	Zona IT0403 Fondovalle	Zona IT0404 Montagna	Zona IT0405 Zona ozono
SO₂	LAT	LAT_SA	
NO₂ (1 h)	UAT	LAT	
NO₂ (1 y)	UAT	LAT	
PM10 (24 h)	UAT	LAT	
PM10 (1 y)	UAT-LAT	LAT	
PM2,5	UAT	LAT_SA	
CO	LAT	LAT_SA	
C₆H₆	LAT	LAT_SA	
B(a)P	UAT	LAT_SA	
As	LAT	LAT_SA	
Cd	LAT	LAT_SA	
Ni	LAT	LAT_SA	
Pb	LAT	LAT_SA	
O₃			LTO_U

Legenda

- “LAT”: minore della soglia di valutazione inferiore (dati su 5 anni);
- “UAT”: maggiore della soglia di valutazione superiore (dati su 5 anni);
- “UAT-LAT”: compreso tra la soglia di valutazione superiore e la soglia di valutazione inferiore (dati su 5 anni).
- “LAT_SA” : minore della soglia di valutazione inferiore (non disponibili dati su 5 anni, valutazione supplementare con campagne mobili e tecniche di modellizzazione);
- “LTO_U”: superiore all’obiettivo a lungo termine dell’ozono (Allegato VII) (dati su 5 anni).

Come previsto dalla normativa, durante il 2021, è stato effettuato l’aggiornamento della classificazione delle zone sulla base dei dati raccolti nel quinquennio 2016-2020, approvato con deliberazione della Giunta provinciale n. 1776 del 29 ottobre 2021 e in vigore in maniera operativa dal 1 gennaio 2022.

4 La rete di monitoraggio

Sulla base della classificazione delle zone approvata nel 2011, è stato redatto il *Programma di Valutazione*, che indica le stazioni della rete da utilizzare per la misurazione in siti fissi, secondo le indicazioni del D.Lgs. 155/2010 (Tab. 4.1). Il programma di valutazione, redatto nel 2014, ha ad oggi trovato piena applicazione.

Le stazioni di monitoraggio incluse nel *Programma di Valutazione* sono sette (Tab. 4.1). La stazione di Trento via Bolzano è una stazione di misurazione cosiddetta di *traffico*, ubicata in modo tale che il livello di inquinamento rilevato venga influenzato prevalentemente dalle emissioni provenienti da strade limitrofe con intensità di traffico medio alta. Le altre sei sono stazioni di misurazione di *fondo* (urbano, suburbano o rurale a seconda della localizzazione), posizionate in maniera tale che il livello di inquinamento non sia influenzato in maniera prevalente da emissioni da specifiche di un'unica fonte (industrie, traffico, riscaldamento residenziale, ecc.), ma dal contributo integrato di tutte le fonti poste sopravvento alla stazione rispetto alle direzioni predominanti dei venti nel sito.

La localizzazione delle stazioni di monitoraggio nel territorio provinciale è rappresentata in Fig. 4.1.

Tab. 4.1: Punti di misura secondo il programma di valutazione al 31 dicembre 2021.

Stazione	Tipo di zona	Tipo di stazione	Inquinanti
IT1037A Trento Parco S. Chiara	urbana	fondo	SO ₂ , PM10, PM2,5, NO _x , O ₃ , As, Cd, Ni, Pb, B(a)P
IT1859A Trento via Bolzano	urbana	traffico	CO, PM10, NO _x , C ₆ H ₆
IT0591A Rovereto	urbana	fondo	PM10, PM2,5, NO _x
IT0703A Borgo Valsugana	suburbana	fondo	PM10, PM2,5, NO _x , O ₃
IT0753A Riva del Garda	suburbana	fondo	PM10, NO _x , O ₃
IT1930A Piana Rotaliana	rurale	fondo	NO _x , O ₃
IT1191A Monte Gaza	rurale	fondo	PM10, NO _x , O ₃

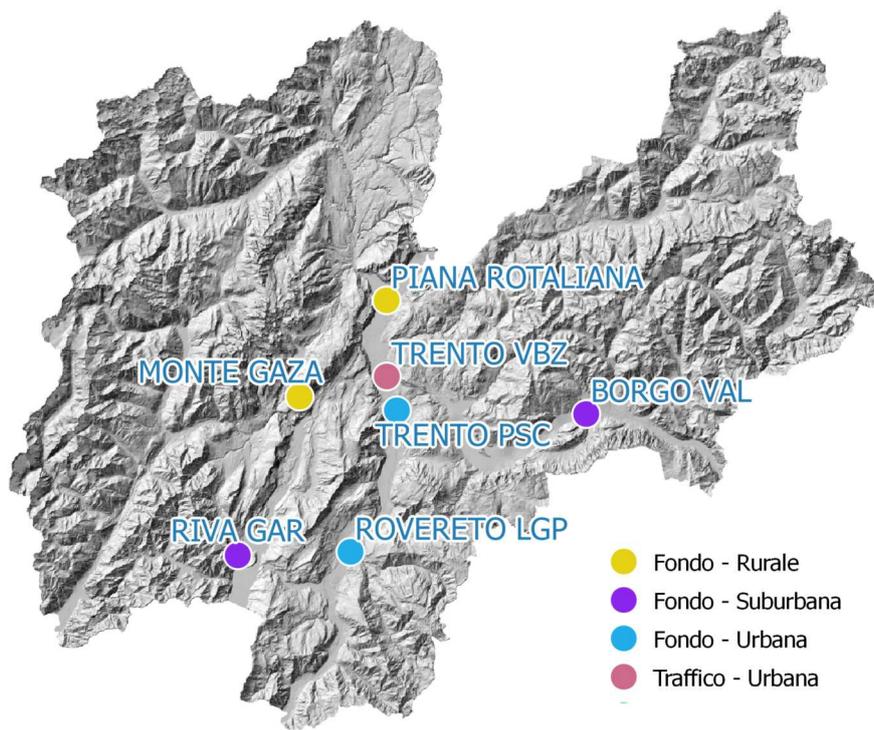


Fig. 4.1: Localizzazione delle stazioni della rete di monitoraggio.

5 Dati 2021

Per tutti i punti di misura individuati nel *Programma di Valutazione* è stata assicurata la raccolta minima dei dati come indicato dal D.Lgs. 155/2010.

Per la zona *IT0403 Fondovalle* sono presenti punti di misura per tutti gli inquinanti normati. Mentre all'interno della zona *IT0404 Montagna* non sono presenti punti di misura per gli inquinanti PM_{2,5}, CO, SO₂, C₆H₆, As, Cd, Ni, Pb e B(a)P. La stima delle concentrazioni di questi inquinanti viene effettuata, ai sensi del D.Lgs. 155/2010, con tecniche di stima obiettiva.

Si riportano di seguito i valori misurati presso le stazioni di monitoraggio ed il relativo confronto con i limiti normativi per ciascun inquinante. I casi di superamento dei valori limite/obiettivo sono evidenziati in **rosso**; in particolare, nel 2021 sono relativi al superamento del valore obiettivo previsto per l'inquinante ozono nella zona *IT0405 Zona ozono*.

5.1 Biossido di azoto NO₂

Gli ossidi di azoto NO_x sono generati dai processi di combustione per reazione diretta ad alta temperatura tra l'azoto e l'ossigeno presenti nell'aria. I processi di combustione emettono quale componente primario il monossido di azoto (NO), gas incolore, inodore ed insapore. In presenza di ossigeno (O₂) e di radicali ossidanti, l'NO si trasforma in biossido di azoto (NO₂), gas di colore rosso bruno, di odore forte e pungente, altamente tossico ed irritante. L'NO₂ può essere generato anche da altri processi ossidativi, tra i quali è di particolare rilevanza la reazione tra NO e ozono (O₃), presente in elevate concentrazioni nei periodi di maggior irraggiamento solare. L'NO₂ è dunque un inquinante principalmente secondario, sebbene questo gas si possa formare anche durante il processo di combustione stesso, così come durante processi caratterizzati da assenza di combustione (ad esempio nella produzione di acido nitrico e di fertilizzanti azotati) e processi naturali (attività batterica, eruzioni vulcaniche, incendi).

In merito agli effetti sulla salute dell'uomo, il monossido di azoto NO agisce sull'emoglobina, fissandosi ad essa ed interferendo con la normale ossigenazione dei tessuti da parte del sangue, anche se non sono mai stati riscontrati casi di decessi per avvelenamento da NO. Il biossido di azoto NO₂ è considerato più pericoloso per la salute umana, in quanto ha una tossicità fino a quattro volte maggiore di quella di NO: forte ossidante ed irritante, esercita il suo effetto tossico principalmente sugli occhi, sulle mucose e sui polmoni e può essere responsabile di specifiche patologie a carico dell'apparato respiratorio (bronchiti, allergie, irritazioni, edemi polmonari che possono portare anche al decesso).

L'NO₂, in condizioni di forte irraggiamento solare, provoca reazioni fotochimiche secondarie che danno origine ad altre sostanze inquinanti (*smog fotochimico*). Inoltre, la sua trasformazione in acido nitrico in presenza di umidità è una delle cause della formazione delle cosiddette *piogge acide*, che provocano ingenti danni alle piante e, più in generale, alterano gli equilibri ecologici ambientali.

Il D.Lgs. 155/2010 prevede per il biossido di azoto un limite annuale ed uno orario (con limite di superamenti calcolato su base annuale) (Tab. 5.1). È stabilita anche una soglia di allarme pari a 400 µg/m³ misurati per 3 ore consecutive presso siti fissi di campionamento aventi un'area di rappresentatività di almeno 100 km².

Tab. 5.1: NO₂ – valori limite.

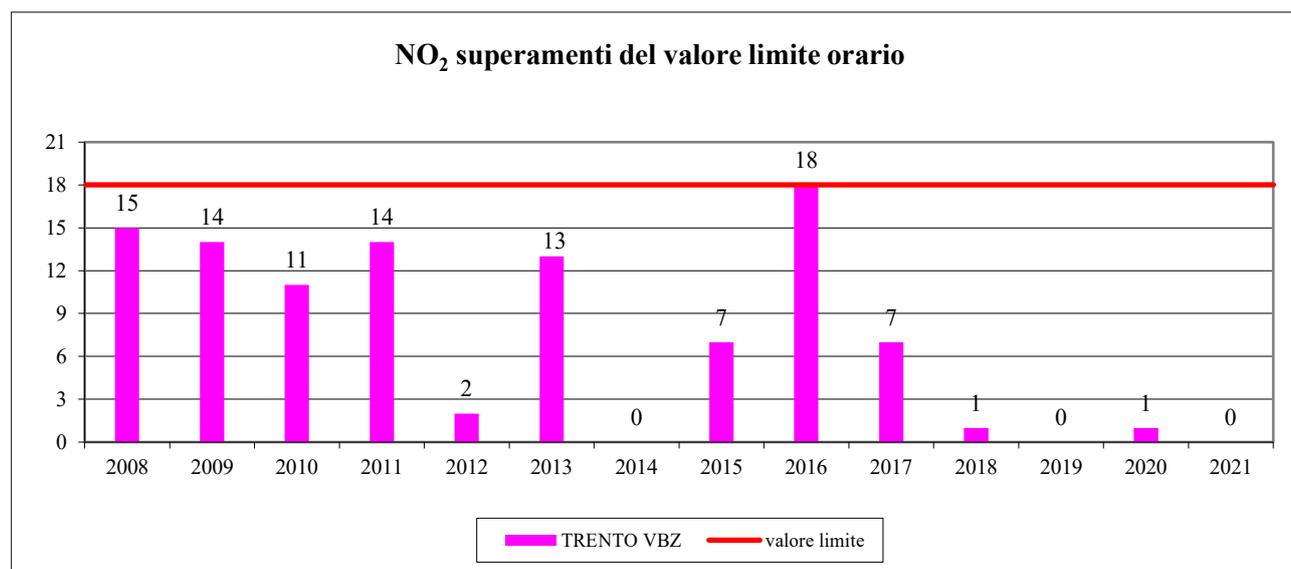
NO ₂	
Periodo di mediazione	Valore limite
1 ora	200 µg/m ³ da non superare più di 18 volte per anno civile
Anno civile	40 µg/m ³

Nel corso del 2021 il valore limite orario di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ è stato rispettato in tutte le stazioni della rete. Negli ultimi anni, su tutto il territorio provinciale non è mai stato superato il numero massimo di 18 superamenti annui previsto dalla normativa; inoltre, ad eccezione della stazione di traffico sita a Trento via Bolzano (Fig. 5.1), in tutte le altre stazioni della rete di monitoraggio il limite orario di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ non è mai stato superato nemmeno in passato.

Per quanto riguarda la media annua, è confermato il trend positivo degli ultimi anni con concentrazioni medie annue in progressiva diminuzione a partire dal 2009. Per tutte le stazioni di fondo, a partire dal 2008, si osserva il rispetto del limite sulla media annuale (Fig. 5.2). A partire dallo scorso anno, complici anche le restrizioni legate alla pandemia da COVID-19, anche presso il sito di traffico di Trento via Bolzano è stato rispettato il limite sulla media annua di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tab. 5.2: NO₂ – dati 2021.

NO ₂			
Zona	Stazione di monitoraggio	Ore di superamento del limite media oraria $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Media annua
IT0403	Trento Parco S. Chiara	0	$29 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	Trento via Bolzano	0	$38 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	Rovereto	0	$22 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	Borgo Valsugana	0	$23 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	Riva del Garda	0	$21 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	Piana Rotaliana	0	$16 \mu\text{g}/\text{m}^3$
IT0404	Monte Gaza	0	$4 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Limite		18	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Fig. 5.1: NO₂ – superamenti del valore limite orario.

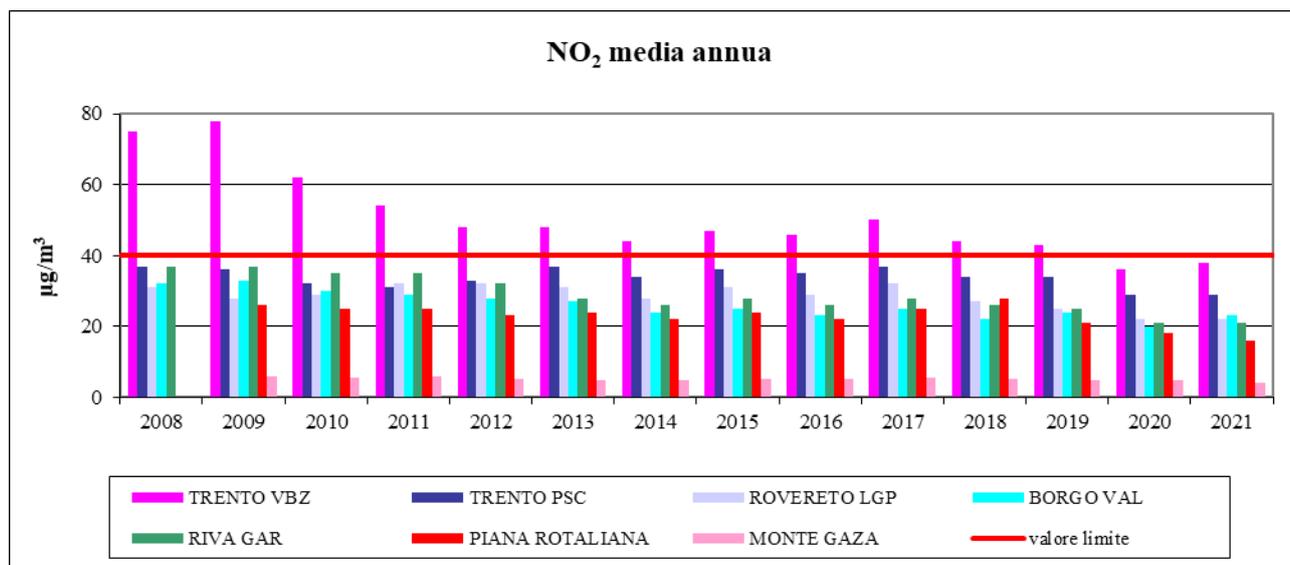


Fig. 5.2: NO₂ – media annua.

5.2 Particolato atmosferico (PM10 e PM2,5)

Con i termini polveri atmosferiche, particolato sospeso, polveri totali sospese (PTS), polveri fini o semplicemente PM (dall'inglese *Particulate Matter*) si indica un insieme eterogeneo di particelle solide e liquide che, a causa delle ridotte dimensioni, tendono a rimanere sospese in aria. Le singole particelle sono molto diverse tra loro per dimensione, forma, composizione chimica e processo di formazione.

Le polveri atmosferiche sono sia di origine naturale che antropica. Le più importanti sorgenti naturali sono riconducibili a fenomeni di erosione eolica, all'effetto degli agenti atmosferici, ad incendi boschivi, all'attività vulcanica, ecc. Le sorgenti antropiche sono principalmente associate ad attività di combustione. Altri importanti processi di formazione di particolato atmosferico sono l'erosione della pavimentazione stradale e del suolo, l'usura di freni e pneumatici dei veicoli, l'aerosol marino, i flussi di polveri desertiche e, con cadenza stagionale, l'aerosol biogenico (spore e pollini).

Oltre alle emissioni dirette (*particolato primario*), le polveri si formano anche per reazioni chimiche e fotochimiche in atmosfera in presenza dei cosiddetti inquinanti precursori, come ossidi di azoto, ossidi di zolfo, ammoniaca, composti organici volatili e ozono, formando così il *particolato secondario*.

In funzione del diametro delle particelle, il particolato atmosferico è suddiviso in:

- particelle grossolane con diametro superiore a 10 µm;
- particelle fini (PM10) con diametro inferiore a 10 µm;
- particelle ultrafini (PM2,5) con diametro inferiore a 2,5 µm.

La dimensione delle particelle è strettamente legata all'entità del danno che queste possono arrecare alla salute dell'uomo: tanto più piccole sono le particelle, tanto maggiore è la loro capacità di penetrare nell'apparato respiratorio e causare effetti nocivi sia a breve termine (effetti acuti come irritazione dei polmoni, broncocostrizione, tosse e mancanza di respiro, diminuzione della capacità polmonare, bronchite cronica), sia a lungo termine (effetti cronici, tumori). La nocività del particolato è imputabile sia alla tossicità propria dei costituenti delle polveri, sia a quella delle sostanze eventualmente assorbite dalle polveri stesse, quali ad esempio metalli tossici (piombo, arsenico, cadmio e nichel) e Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA).

Il particolato atmosferico ha un impatto significativo anche su ambiente e clima: la sua deposizione sulle foglie delle piante inibisce il processo di fotosintesi, le polveri sospese favoriscono la formazione di nebbie, di nuvole e il potenziale verificarsi di fenomeni di *piogge acide* (per cui gli inquinanti assorbiti nel particolato possono comportare effetti di corrosione dei materiali). Il

particolato sospeso riduce inoltre la visibilità, assorbe la radiazione solare diretta e la radiazione infrarossa emessa dalla superficie terrestre, alterando l'equilibrio termico dell'atmosfera.

Le fonti di emissione di particolato nelle aree urbane sono principalmente il traffico veicolare (in particolare i motori diesel ed i ciclomotori) e gli impianti di riscaldamento civili. Particolarmente critici sono gli impianti di riscaldamento alimentati a combustibili solidi e liquidi, come gasolio, olio combustibile, carbone e, in Trentino, soprattutto la legna, il cui utilizzo in piccoli impianti domestici è molto diffuso. Le fonti di inquinamento industriali sono invece da ritenersi secondarie.

Le condizioni più favorevoli alla persistenza delle polveri nei bassi strati dell'atmosfera avvengono soprattutto nella stagione invernale, in presenza di particolari condizioni meteorologiche (alta pressione, elevata stabilità atmosferica, prolungata inversione termica, assenza di precipitazioni) che inibiscono la dispersione e la diluizione degli inquinanti e ne favoriscono l'accumulo in prossimità del suolo, in particolare nelle aree di fondovalle, anche per più giorni di seguito.

Il D.Lgs. 155/2010 stabilisce i valori limite per la concentrazione in aria ambiente di particolato PM10 (limite annuale e limite giornaliero con numero di superamenti calcolato su base annuale) (Tab. 5.3) e PM2,5 (limite annuale) (Tab. 5.4).

Tab. 5.3: PM10 – valori limite.

PM10	
Periodo di mediazione	Valore limite
1 giorno	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte per anno civile
Anno civile	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tab. 5.4: PM2,5 – valore limite.

PM2,5		
Periodo di mediazione	Valore limite	
Anno civile	Fase 1	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Fase 2*	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

* Valore limite da stabilire con successivo decreto ai sensi dell'articolo 22, comma 6, del D.Lgs. 155/2010, tenuto conto del valore indicativo di 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e delle verifiche effettuate dalla Commissione europea alla luce di ulteriori informazioni circa le conseguenze sulla salute e sull'ambiente, la fattibilità tecnica e l'esperienza circa il perseguimento del valore obiettivo negli Stati membri.

5.2.1 PM10

Le concentrazioni medie annuali ed il numero di superamenti per il **PM10** sono riportati in Tab. 5.5.

A partire dal 2009 e, per siti di Trento via Bolzano e Borgo Valsugana 2013, il limite dei 35 superamenti annuali, per quel che riguarda la soglia sul valore limite giornaliero, è rispettato in tutti i siti di misura (Fig. 5.3).

L'andamento lievemente irregolare è principalmente imputabile alla forte correlazione tra le concentrazioni di PM10 e le condizioni meteorologiche invernali più o meno favorevoli alla dispersione degli inquinanti e caratterizzate da una marcata variabilità interannuale. Questo rende difficile decretare con certezza se si sia raggiunta una stabilizzazione del numero di superamenti annuali su valori inferiori alla soglia prevista dalla normativa di riferimento, sebbene si possa affermare con ragionevole sicurezza che le stazioni di fondovalle di Trento Parco S. Chiara, Rovereto, Piana Rotaliana e Riva del Garda non rappresentino situazioni di particolare criticità rispetto a tale limite normativo.

In Fig. 5.4 è mostrato l'andamento della concentrazione media annua. Diversamente dal limite giornaliero, storicamente il limite annuo previsto è sempre stato ampiamente rispettato in tutte le stazioni, con l'unica eccezione della stazione di Riva del Garda nell'anno 2006. In particolare, dal 2006 è possibile notare una progressiva riduzione della concentrazione media annua, che risulta attualmente ampiamente inferiore rispetto al valore limite di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ imposto dalla normativa.

Tab. 5.5: PM10 – dati 2021.

PM10			
Zona	Stazione di monitoraggio	Giorni di superamento del limite media giornaliera $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Media annua
IT0403	Trento Parco S. Chiara	6	$19 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	Trento via Bolzano	24	$23 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	Rovereto	5	$18 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	Borgo Valsugana	22	$24 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	Riva del Garda	12	$20 \mu\text{g}/\text{m}^3$
IT0404	Monte Gaza	2	$10 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Limite		35	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$

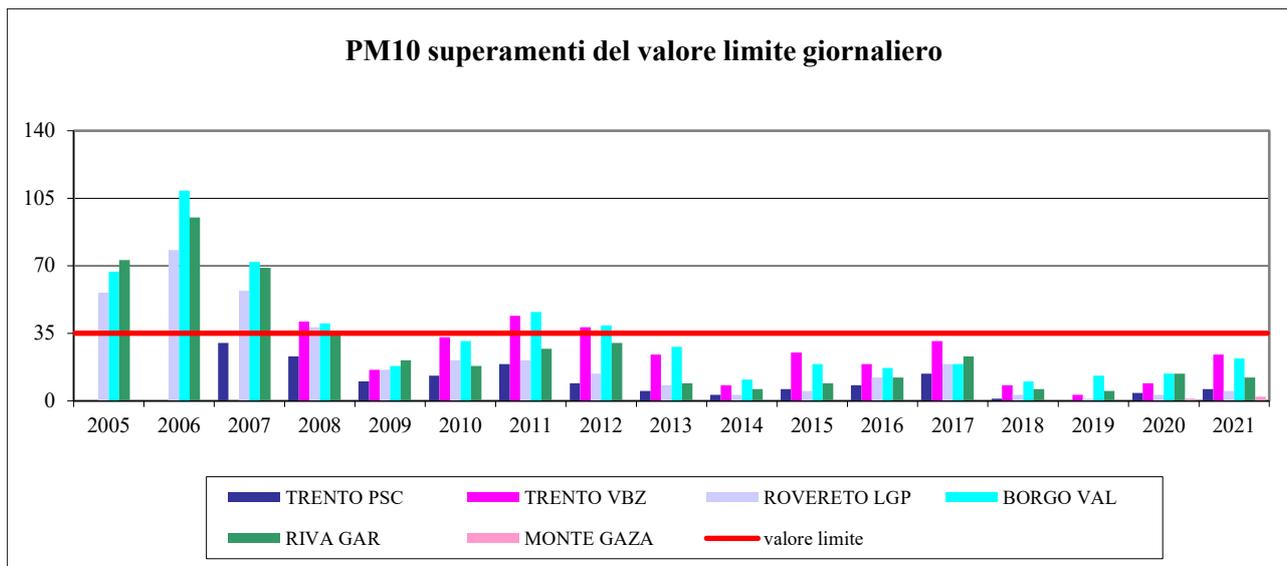


Fig. 5.3: PM10 – numero di superamenti del valore limite giornaliero.

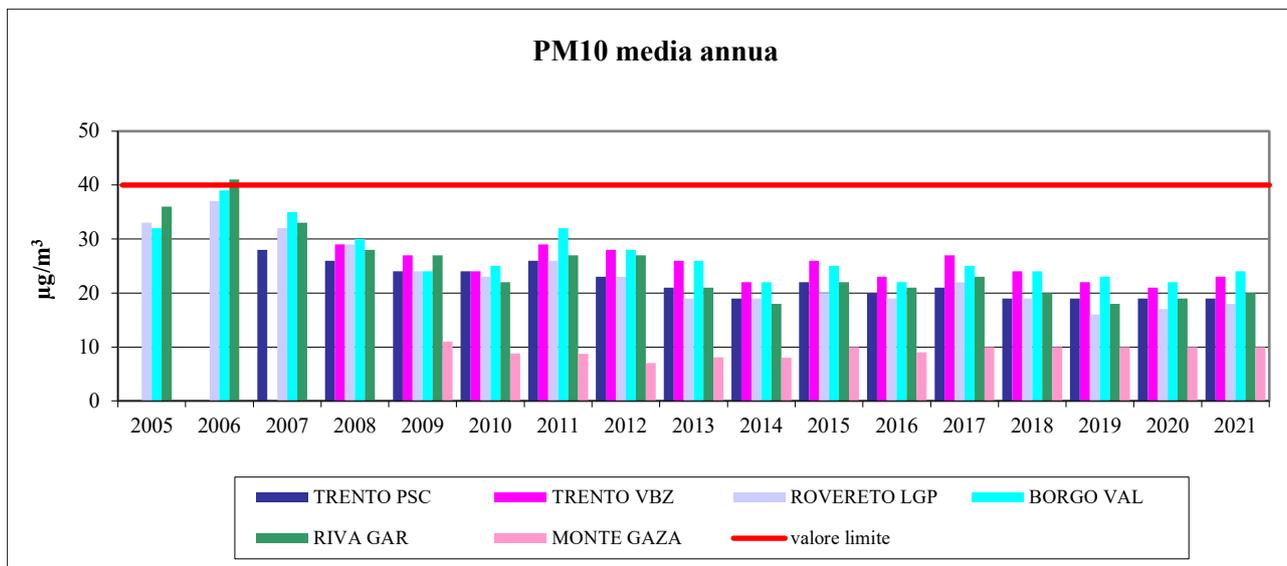


Fig. 5.4: PM10 – media annua.

5.2.2 PM_{2,5}

Il PM_{2,5} viene misurato nelle stazioni di Trento Parco S. Chiara, Rovereto e Borgo Valsugana.

Come negli anni precedenti, anche per il 2021 in tutte le stazioni della rete la media annuale è risultata inferiore al valore limite (previsto dal 1° gennaio 2015) e pertanto viene confermato il suo rispetto, osservato già a partire da quando è attivo il monitoraggio di questo inquinante (Tab. 5.6 e Fig. 5.15). Dal 2013 in poi le medie annuali risultano inoltre già inferiori al limite più restrittivo di 20 µg/m³ previsto dalla normativa per la successiva fase 2. I valori misurati nel corso del 2021 risultano analoghi a quelli degli anni 2019 e 2020, tra i più bassi finora registrati.

Tab. 5.6: PM_{2,5} – dati 2021.

PM _{2,5}		
Zona	Stazione di monitoraggio	Media annua
IT0403	Trento Parco S. Chiara	14 µg/m ³
	Rovereto	13 µg/m ³
	Borgo Valsugana	16 µg/m ³
IT0404	(stima obiettiva)	2 µg/m ³
<i>Limite Fase 1</i>		<i>25 µg/m³</i>
<i>Limite Fase 2</i>		<i>20 µg/m³</i>

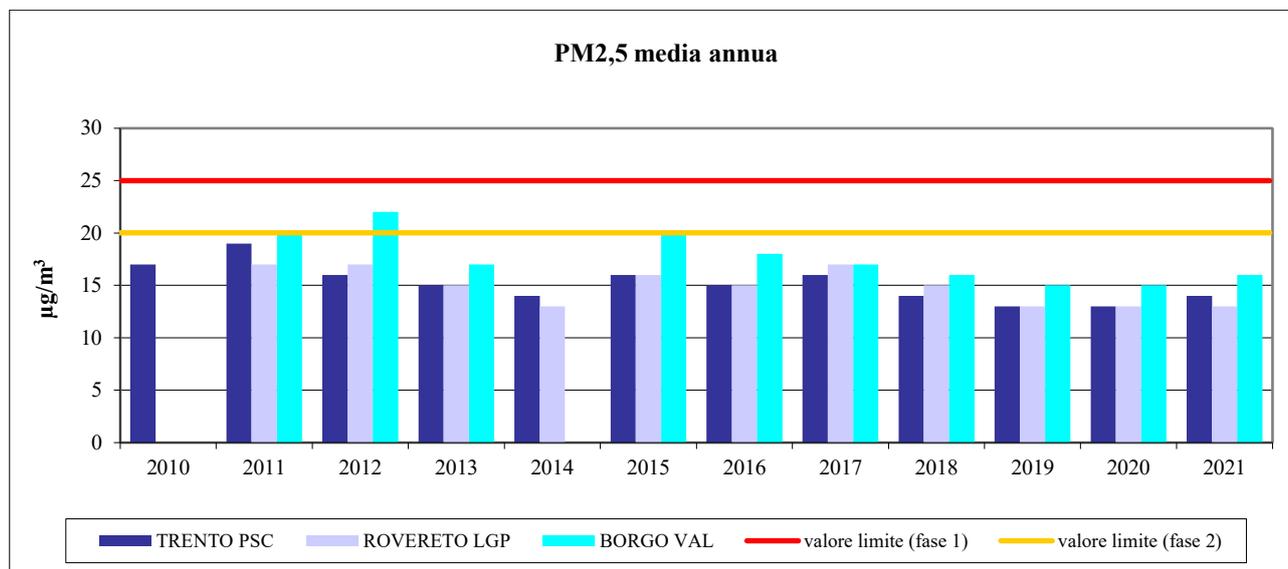


Fig. 5.5: PM_{2,5} – media annua.

5.3 Monossido di carbonio CO

Il monossido di carbonio è un gas incolore, insapore, inodore e poco più leggero dell'aria; rappresenta l'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera. Si forma principalmente a causa della combustione incompleta, in carenza di ossigeno, degli idrocarburi presenti in carburanti e combustibili.

Il CO è un inquinante primario con un tempo di permanenza in atmosfera relativamente lungo e con una bassa reattività chimica. Pertanto le concentrazioni maggiori si riscontrano in prossimità delle sorgenti principali e le aree più a rischio sono quelle caratterizzate da ristagno di aria e scarsa diluizione (ad esempio, nel caso di strade strette circondate da edifici alti e contigui che danno *effetto canyon*).

La tossicità del CO è dovuta alla sua capacità di legarsi con l'emoglobina del sangue al posto dell'ossigeno, interferendo sul trasporto dell'ossigeno stesso ai tessuti. Il legame tra CO ed emoglobina è 200 volte più intenso di quello tra l'emoglobina e ossigeno: dunque la presenza di elevate concentrazioni di CO nell'aria inibisce il naturale processo di ossigenazione del sangue. Si verificano conseguenze dannose sul sistema nervoso e cardiovascolare, in particolare nelle persone affette da cardiopatie e nei fumatori. Concentrazioni molto elevate di CO possono condurre alla morte per asfissia, mentre alle concentrazioni abitualmente rilevabili nell'atmosfera urbana gli effetti sulla salute sono reversibili e sicuramente meno acuti: se l'esposizione al CO viene interrotta, la sua combinazione con l'emoglobina viene spontaneamente rilasciata in poche ore.

A seguito della sostanziale riduzione delle concentrazioni di monossido di carbonio registrata negli anni, il numero di punti di monitoraggio in Provincia di Trento è stato progressivamente ridotto ed attualmente la misura è effettuata nella sola stazione di monitoraggio di traffico di Trento via Bolzano.

Nel 2021, così come negli ultimi anni, è stato rispettato il valore limite imposto dalla normativa (media calcolata su 8 ore inferiore a 10 mg/m³). Dal 2005 la concentrazione media annua di CO si è stabilizzata su valori inferiori a 1 mg/m³ (Fig. 5.6). Il monossido di carbonio di conseguenza rappresenta un inquinante primario non critico per il territorio trentino.

Tab. 5.7: CO – valore limite.

CO	
Periodo di mediazione	Valore limite
Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	10 mg/m ³

Tab. 5.8: CO – dati 2021.

CO		
Zona	Stazione di monitoraggio	Giorni di superamento del limite media su 8 h 10 mg/m ³
IT0403	Trento via Bolzano	0
IT0404	(stima obiettiva)	0
<i>Limite</i>		<i>0</i>

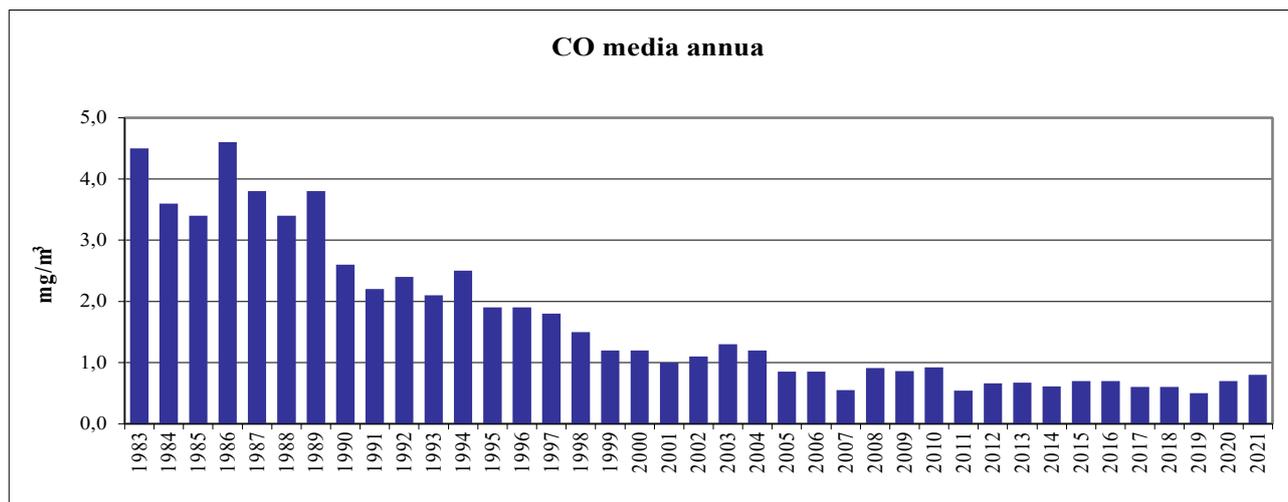


Fig. 5.6: CO – media annua.

5.4 Biossido di zolfo SO₂

Il biossido di zolfo o anidride solforosa (SO₂) è un gas incolore ma dall'odore pungente ed irritante. In atmosfera l'SO₂ può trasformarsi in triossido di zolfo (SO₃) mediante processi di ossidazione indotti dall'irraggiamento solare; a sua volta, in combinazione con concentrazioni significative di vapore acqueo, l'SO₃ forma facilmente acido solforico (H₂SO₄), causa primaria delle *piogge acide*. Il tempo di persistenza dell'SO₂ nell'ambiente è tipicamente di circa 4 giorni; in particolari condizioni meteorologiche e in presenza di concentrazioni elevate, tale sostanza può diffondersi nell'atmosfera ed interessare territori situati anche a grande distanza dalla sorgente inquinante.

Le principali emissioni di biossido di zolfo derivano dai processi di combustione che utilizzano combustibili di tipo fossile (gasolio, olio combustibile, carbone), in cui lo zolfo è presente come impurità, oltre che da alcuni particolari processi industriali (settore metallurgico). Una percentuale di biossido di zolfo nell'aria proviene anche dal traffico veicolare, in particolare dai motori diesel. Infine non è indifferente la quota prodotta dalle fonti naturali (vulcani).

L'SO₂ è considerato molto pericoloso, a causa dell'ipersensibilità ad esso mostrata da alcune fasce di popolazione, come anziani o persone soggette a malattie croniche dell'apparato respiratorio-cardiovascolare. Già a basse concentrazioni è una sostanza irritante per occhi, gola e tratto superiore delle vie respiratorie; a concentrazioni elevate può dar luogo ad irritazioni delle mucose nasali, bronchiti e malattie polmonari, mentre un'esposizione prolungata può comportare incremento di faringiti, affaticamento e disturbi a carico dell'apparato sensorio. I suoi effetti risultano amplificati in presenza di nebbia, in quanto esso è facilmente solubile nelle piccole gocce d'acqua. Le gocce più piccole possono arrivare in profondità nell'apparato polmonare, causando bronco-costrizione, irritazione bronchiale e bronchite acuta. È inoltre accertato un effetto irritante sinergico in caso di esposizione concomitante con il particolato, dovuto probabilmente alla capacità di quest'ultimo di veicolare il biossido di zolfo nelle zone respiratorie del polmone profondo.

Come anticipato, il biossido di zolfo presente in atmosfera è il principale responsabile delle cosiddette *piogge acide*, in quanto, attraverso reazioni con l'ossigeno e le molecole d'acqua, tende a trasformarsi in anidride solforica e, in presenza di umidità, in acido solforico. Le precipitazioni piovose con una componente acida significativa sono responsabili di danni alla vegetazione causando zone necrotiche sulle foglie che, successivamente, scoloriscono e seccano, e di danni al sistema acquatico con l'acidificazione dei corpi idrici (in particolare quelli a debole ricambio) con conseguente compromissione della vita acquatica. Si evidenzia anche l'effetto dannoso sul patrimonio monumentale delle città a causa dell'azione corrosiva dell'acido solforico su alcuni materiali come metalli e sostanze contenenti carbonati che vengono convertiti a solfati.

Analizzando l'andamento della concentrazione media annua di SO₂ dell'ultimo trentennio, si nota a partire dal 2006 una stabilizzazione della concentrazione su valori inferiori a 3 µg/m³ (Fig. 5.7). Analogamente al monossido di carbonio, anche per il biossido di zolfo il numero di punti di

monitoraggio in Provincia di Trento è stato progressivamente ridotto ed attualmente la misura è effettuata nella sola stazione di Trento Parco S. Chiara.

Coerentemente con l'andamento degli ultimi anni, anche nel 2021 non ci sono stati superamenti del valore limite orario ($350 \mu\text{g}/\text{m}^3$), del valore limite giornaliero ($125 \mu\text{g}/\text{m}^3$), né della soglia di allarme ($500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per 3 ore consecutive). Il biossido di zolfo rappresenta quindi un inquinante primario non critico per il territorio trentino.

Tab. 5.9: SO₂ – valori limite.

SO ₂	
Periodo di mediazione	Valore limite
1 ora	$350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 24 volte per anno civile
1 giorno	$125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 3 volte per anno civile

Tab. 5.10: SO₂ – dati 2021 .

SO ₂			
Zona	Stazione di monitoraggio	Giorni di superamento del limite media giornaliera $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Ore di superamento del limite media oraria $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$
IT0403	Trento Parco S. Chiara	0	0
IT0404	(stima obiettiva)	0	0
Limite		3	24

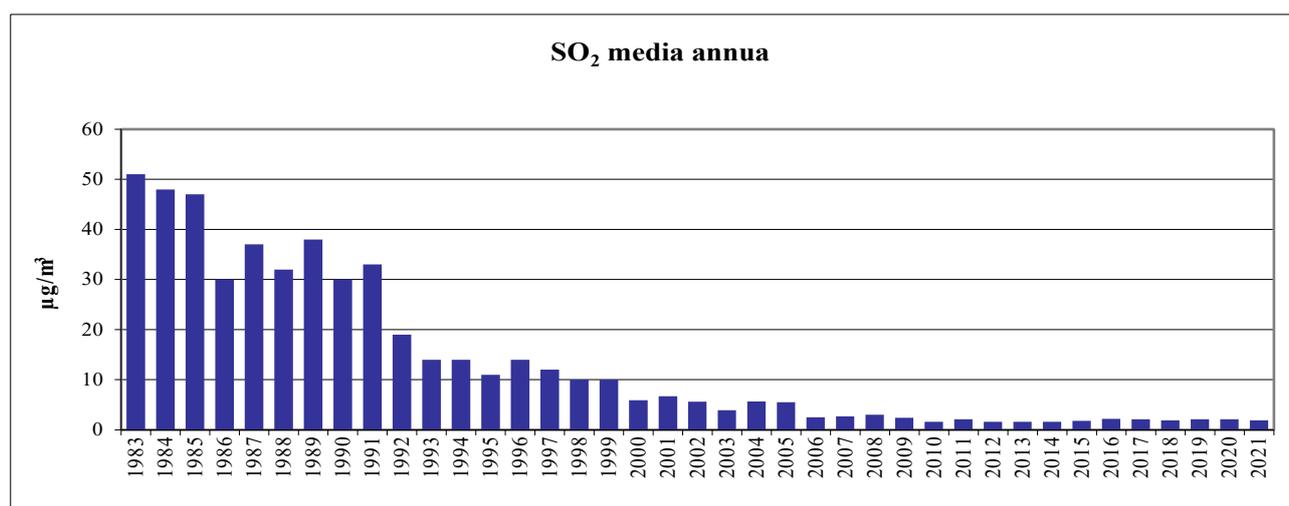


Fig. 5.7: SO₂ – media annua.

5.5 Benzene C₆H₆

Per COV (Composti Organici Volatili) si intende una serie di sostanze in miscele complesse che evaporano facilmente a temperatura ambiente. Il termine *organico* indica che i composti contengono carbonio. I COV sono oltre 300 e i più noti sono gli idrocarburi alifatici (dal n-esano, al n-esadecano e i metilesani), i terpeni, gli idrocarburi aromatici (benzene e derivati, toluene, o-xilene, stirene), gli idrocarburi clorinati (cloroformio, diclorometano, clorobenzeni), gli alcoli (etanolo, propanolo, butanolo e derivati), gli esteri, i chetoni e le aldeidi (formaldeide).

Il benzene (C₆H₆) è il più semplice degli idrocarburi aromatici. È un liquido incolore, molto volatile, e presenta un caratteristico odore aromatico pungente, che diventa irritante a concentrazioni elevate. A temperatura ambiente è volatile, scarsamente solubile in acqua e miscibile invece con composti organici come alcool, cloroformio e tetracloruro di carbonio.

Il benzene presente in atmosfera deriva da processi evaporativi (emissioni industriali, uso del petrolio, degli oli minerali e dei loro derivati) e dalla combustione incompleta sia di natura antropica (veicoli a motore), che naturale (incendi, decomposizione di materia organica).

La maggior fonte emissiva è costituita dai gas di scarico dei veicoli a motore alimentati a benzina (principalmente auto e ciclomotori). Il benzene rilasciato dai veicoli deriva dalla frazione di carburante incombusto, da reazioni di trasformazione di altri idrocarburi e, in parte, anche dall'evaporazione che si verifica durante la preparazione, la distribuzione e lo stoccaggio delle benzine, ivi comprese le fasi di marcia e sosta prolungata dei veicoli. Negli ambienti chiusi, il contributo maggiore all'esposizione è attribuibile al fumo di tabacco.

Per le sue caratteristiche lipofile, nel corpo umano il benzene si concentra soprattutto nei tessuti più grassi ed è assunto principalmente per inalazione diretta, favorita dalla sua alta volatilità. L'esposizione cronica al benzene provoca danni ematologici (anemie, ecc.) e genetici (alterazioni geniche e cromosomiche).

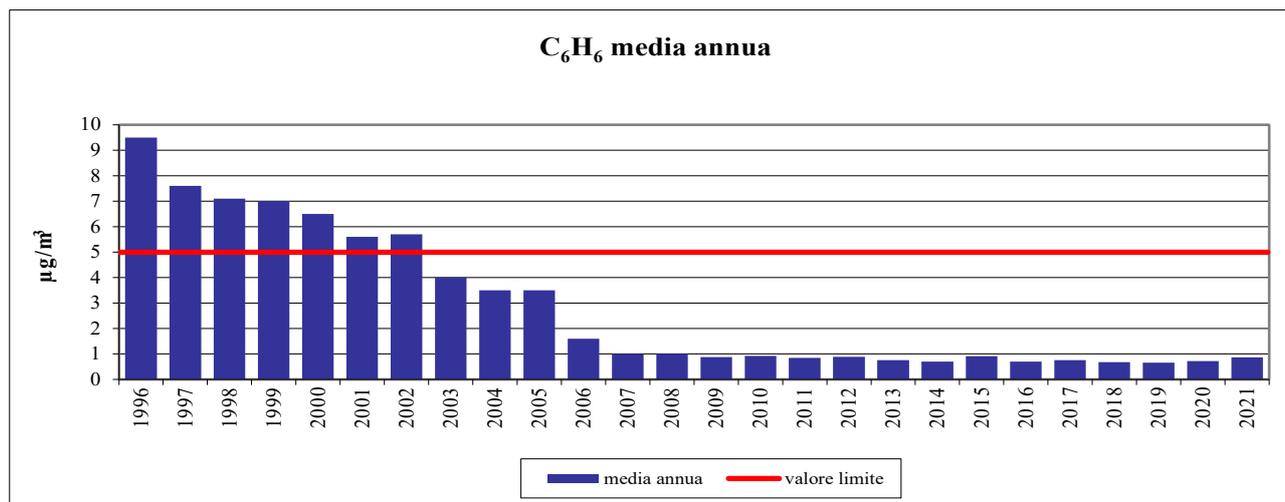
A partire dal 2003, le concentrazioni medie annue di benzene risultano abbondantemente inferiori al valore limite di 5,0 µg/m³ e dal 2007 tali concentrazioni hanno raggiunto valori stabilmente inferiori a 1,0 µg/m³. Attualmente il benzene è misurato esclusivamente presso il sito di Trento via Bolzano e rappresenta un inquinante primario non critico per il territorio trentino.

Tab. 5.11: C₆H₆ – valore limite.

C ₆ H ₆	
Periodo di mediazione	Valore limite
Anno civile	5,0 µg/m ³

Tab. 5.12: C₆H₆ – dati 2020 .

C ₆ H ₆		
Zona	Stazione di monitoraggio	Media annua
IT0403	Trento via Bolzano	0,9 µg/m ³
IT0404	(stima obiettiva)	0,1 µg/m ³
<i>Limite</i>		<i>5,0 µg/m³</i>

Fig. 5.8: C₆H₆ – media annua.

5.6 Metalli

Nel particolato atmosferico sono presenti metalli di varia natura, tra i quali piombo (Pb), arsenico (As), cadmio (Cd), nichel (Ni), zinco (Zn), rame (Cu) e ferro (Fe). Essi provengono da una molteplice varietà di fonti: processi industriali, processi di combustione, emissioni autoveicolari, erosione dei suoli, ecc. Tra i metalli monitorati, quelli a maggiore rilevanza sotto il profilo tossicologico sono il nichel, il cadmio, l'arsenico ed il piombo.

A differenza di altri inquinanti, la misura delle concentrazioni di metalli non avviene in continuo, ma mediante la raccolta di campioni giornalieri di PM10. Come per gli anni precedenti, anche nel corso del 2021 sono stati raccolti campioni di PM10 a giorni alterni presso la stazione di Trento Parco S. Chiara. I campioni sono stati successivamente analizzati per la determinazione dei metalli.

Le concentrazioni di **piombo** rilevate nel 2021 confermano l'ampio rispetto del limite annuo (concentrazione media inferiore all'1% del valore limite), così come verificatosi negli anni precedenti (Tab. 5.14 e Fig. 5.9).

Per quanto riguarda **arsenico**, **cadmio** e **nichel**, le concentrazioni rilevate sono risultate in linea con gli anni precedenti e notevolmente inferiori ai rispettivi valori obiettivo (Tab. 5.14, Fig. 5.10, Fig. 5.11 e Fig. 5.12).

Piombo, arsenico, cadmio e nichel rappresentano quindi inquinanti primari non critici per il territorio trentino.

Tab. 5.13: Metalli – valori limite/obiettivo.

Pb	
Periodo di mediazione	Valore limite
Anno civile	0,5 µg/m ³
As	
Periodo di mediazione	Valore obiettivo
Anno civile	6,0 ng/m ³
Cd	
Periodo di mediazione	Valore obiettivo
Anno civile	5,0 ng/m ³
Ni	
Periodo di mediazione	Valore obiettivo
Anno civile	20,0 ng/m ³

Tab. 5.14: Metalli – dati 2021 .

Metalli – medie annuali					
Zona	Stazione di monitoraggio	Pb	As	Cd	Ni
IT0403	Trento Parco S. Chiara	0,0046 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,5 ng/m^3	1,5 ng/m^3	1,6 ng/m^3
IT0404	(stima obiettiva)	0,0008 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,25 ng/m^3	0,25 ng/m^3	0,27 ng/m^3
<i>Limite / valore obiettivo</i>		<i>0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$</i>	<i>6,0 ng/m^3</i>	<i>5,0 ng/m^3</i>	<i>20,0 ng/m^3</i>

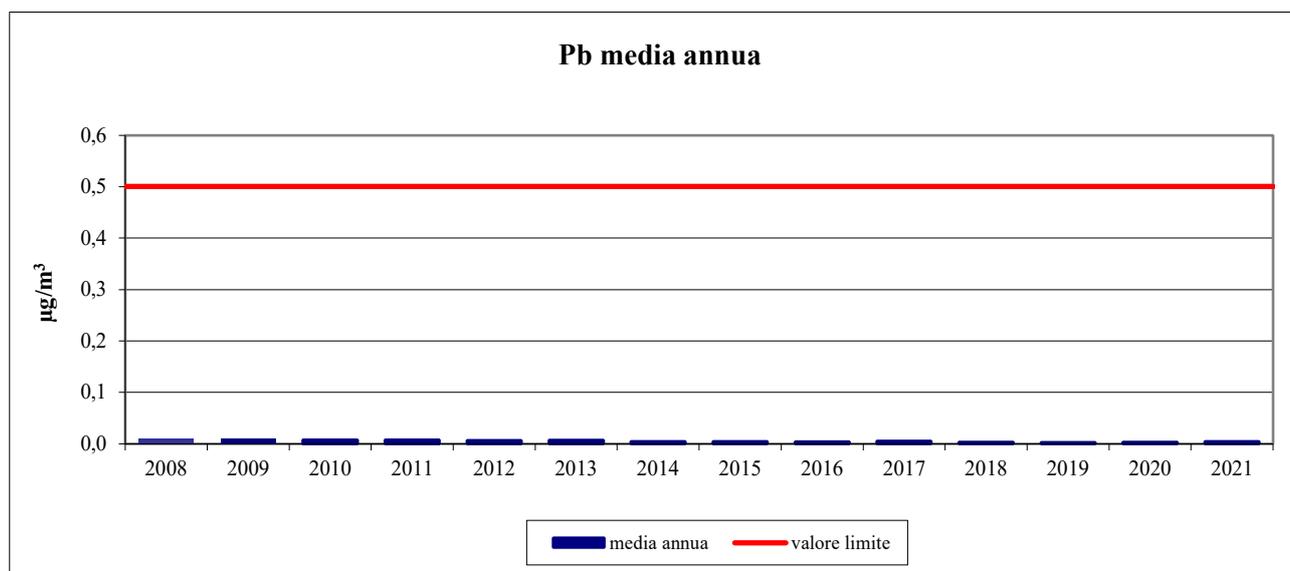


Fig. 5.9: Pb – media annua.

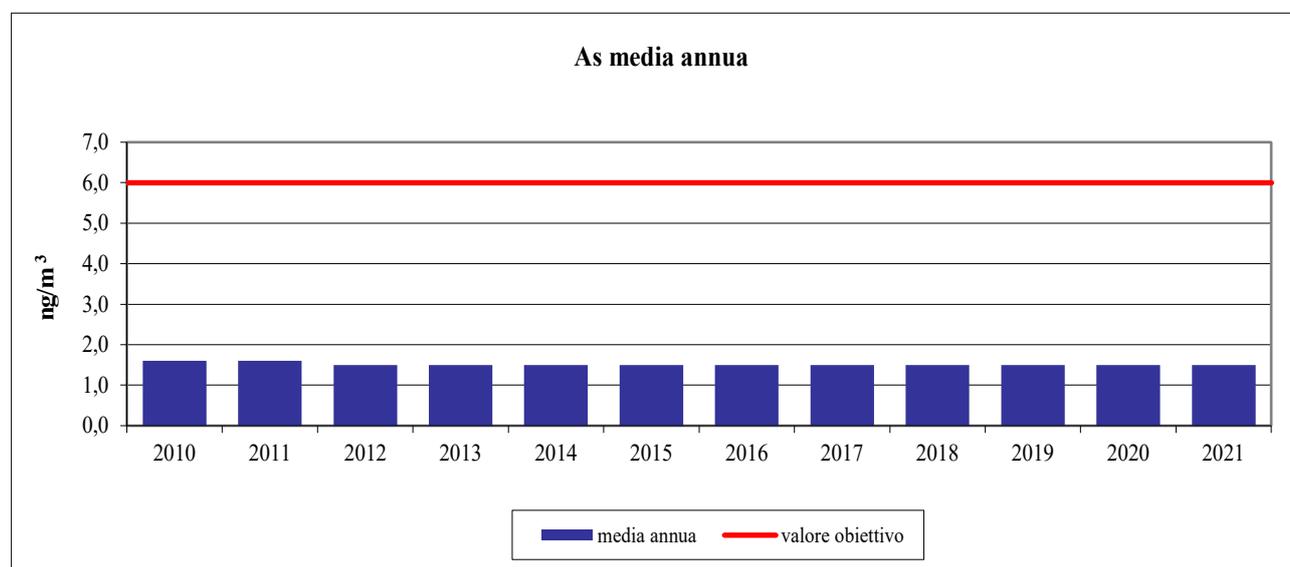


Fig. 5.10: As – media annua.

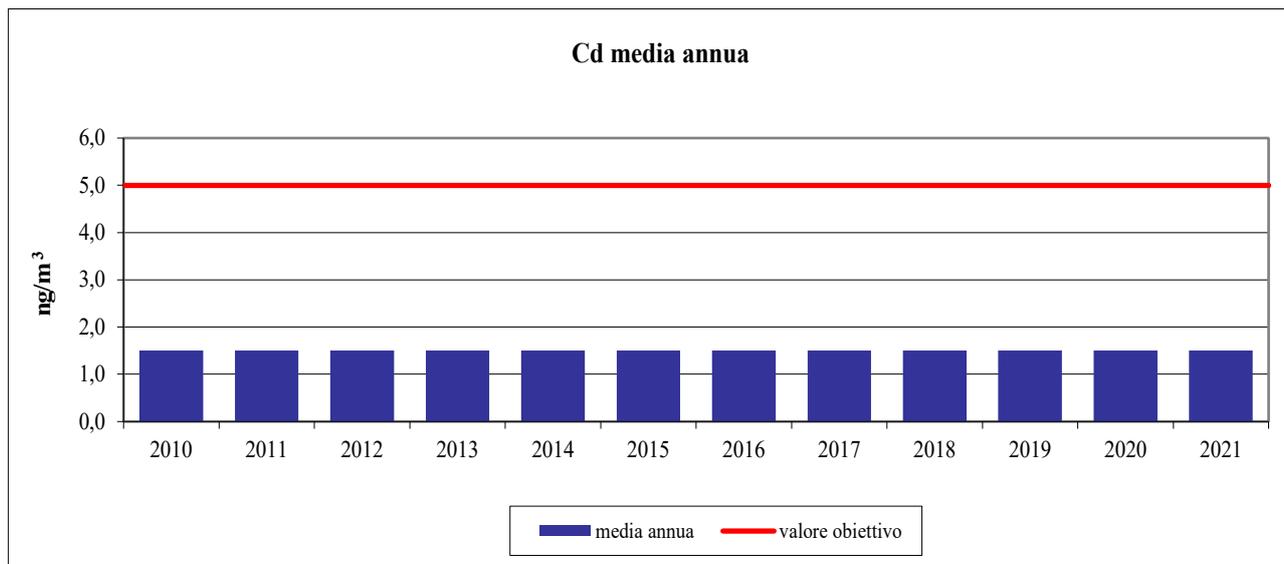


Fig. 5.11: Cd – media annua.

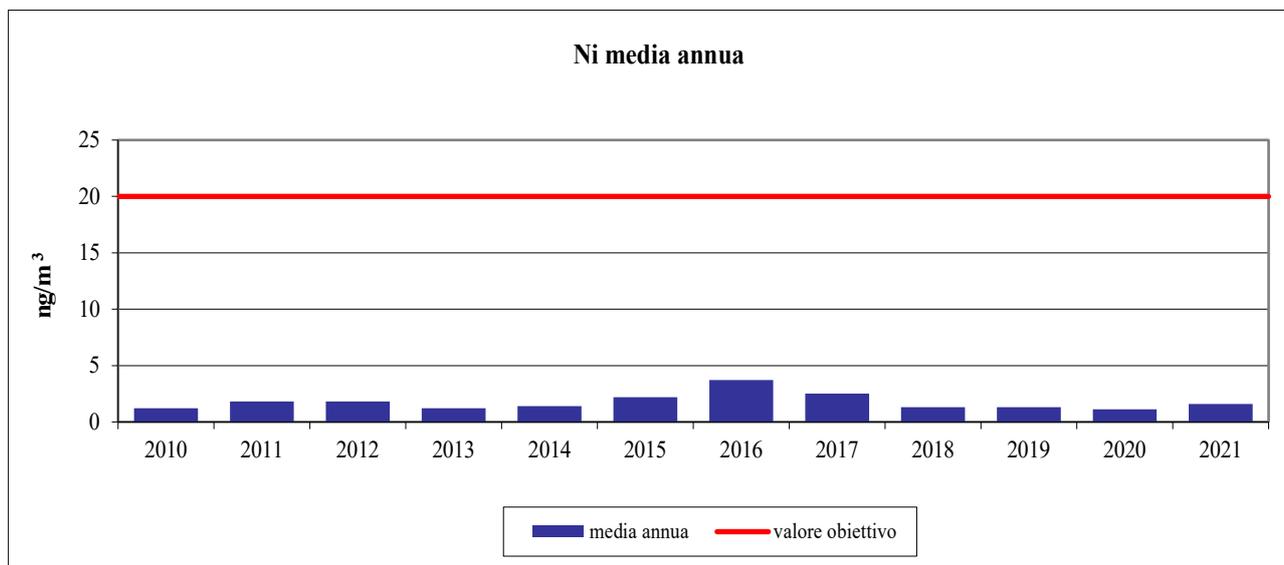


Fig. 5.12: Ni – media annua.

5.7 Benzo(a)pirene – B(a)P

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) sono composti organici con due o più anelli aromatici fusi, formati interamente da carbonio e idrogeno. In generale si tratta di sostanze solide a temperatura ambiente, scarsamente solubili in acqua, degradabili in presenza di radiazione ultravioletta ed altamente affini ai grassi presenti nei tessuti viventi.

L'assorbimento degli IPA può avvenire per inalazione di polveri, aerosol o vapori, essendo presenti come sostanze adsorbite sul particolato, per ingestione di alimenti contaminati o attraverso la cute.

Per quanto riguarda le conseguenze sulla salute, un numero considerevole di IPA presentano attività cancerogena, accertata sia tramite esperimenti di laboratorio che indagini epidemiologiche, mentre non sono stati rilevati casi di effetti tossicologici acuti.

Il composto più studiato e rilevato è il benzo(a)pirene, caratterizzato da una struttura con cinque anelli aromatici condensati. In Trentino la combustione della biomassa legnosa negli impianti di riscaldamento domestici è responsabile di circa il 99% delle emissioni primarie di B(a)P. Gli IPA sono inoltre presenti nelle emissioni dei gas di scarico degli autoveicoli, sia diesel che benzina.

A differenza di altri inquinanti, la misura del benzo(a)pirene non avviene in continuo, ma mediante la raccolta di campioni giornalieri di PM10 in analogia con quanto avviene per i metalli. Nel corso del 2021 sono stati raccolti campioni di PM10 a giorni alterni presso la stazione di Trento Parco S. Chiara. I campioni sono stati successivamente analizzati per la determinazione degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), tra cui in particolare il benzo(a)pirene.

Per il 2021, il valore medio annuo di benzo(a)pirene, pari a 0,8 ng/m³, rispetta il valore obiettivo (Fig. 5.13). Negli ultimi anni si osserva il rispetto del valore obiettivo ma resta in ogni caso concreto il rischio di superamento della soglia prevista per questo inquinante.

Tab. 5.15: B(a)P – valore obiettivo.

B(a)P	
Periodo di mediazione	Valore obiettivo
Anno civile	1,0 µg/m ³

Tab. 5.16: B(a)P – dati 2021.

B(a)P		
Zona	Stazione di monitoraggio	Media annua
IT0403	Trento Parco S. Chiara	0,8 ng/m ³
IT0404	(stima obiettiva)	0,13 ng/m ³
<i>Valore obiettivo</i>		<i>1,0 ng/m³</i>

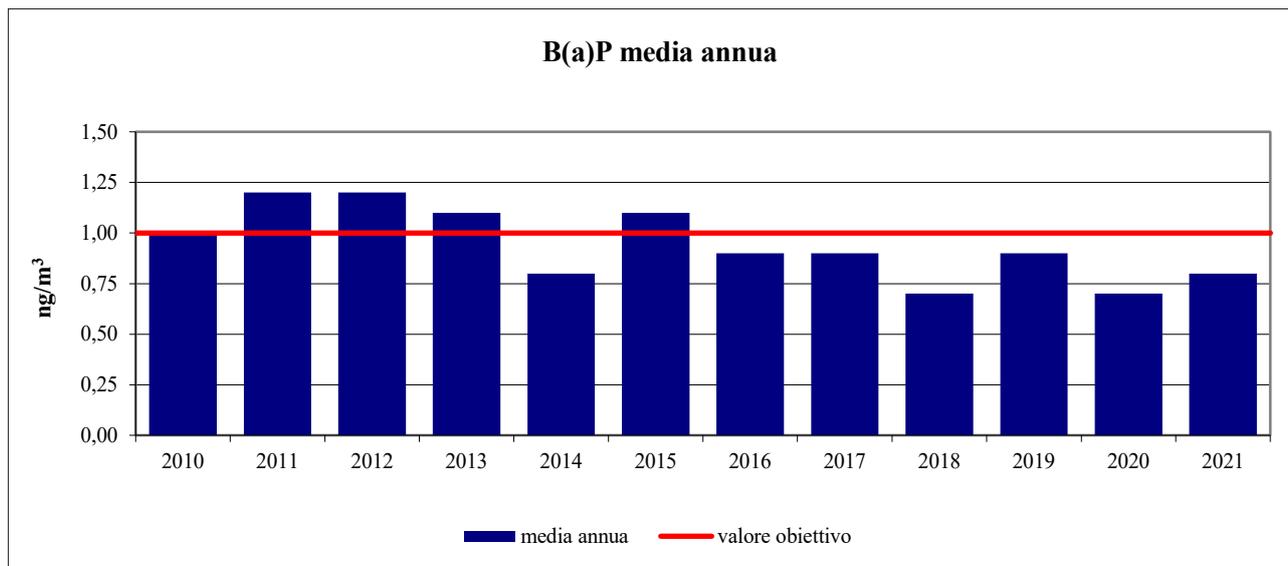


Fig. 5.13: B(a)P – media annua.

5.8 Ozono O₃

L'ozono O₃ è un gas dall'odore pungente, altamente reattivo, dotato di un elevato potere ossidante e, ad elevate concentrazioni, di colore blu/azzurro. In natura è presente negli strati alti dell'atmosfera terrestre (nella stratosfera, ad un'altezza compresa fra i 30 ed i 50 km dal suolo) e ricopre l'importante funzione di proteggere la superficie terrestre dalle radiazioni ultraviolette emesse dal sole che, se non intercettate, risulterebbero dannose per gli esseri viventi.

Negli strati bassi dell'atmosfera (nella troposfera, al di sotto dei 10-15 km di altezza dal suolo), l'ozono è presente naturalmente in basse concentrazioni per effetto del naturale scambio con la stratosfera. Tale concentrazione può però aumentare in alcune aree a causa del cosiddetto *smog fotochimico*, causato da un ciclo di reazioni di inquinanti primari detti precursori, come ossidi di azoto, idrocarburi e composti organici volatili, che si origina soprattutto nei mesi estivi in concomitanza con intenso irraggiamento solare ed elevate temperature. Per questo motivo l'ozono viene indicato come inquinante secondario.

La capacità dell'O₃ di spostarsi con le masse d'aria anche a diversi chilometri dalla fonte comporta la presenza di concentrazioni elevate fino a grandi distanze dalle sorgenti (decine o centinaia di km), determinando il rischio di esposizioni significative in gruppi di popolazione relativamente distanti dalle fonti principali di inquinanti precursori. È importante sottolineare che, in prossimità di sorgenti emissive di monossido di azoto (NO), l'ozono viene significativamente consumato dalla reazione $\text{NO} + \text{O}_3 = \text{NO}_2 + \text{O}_2$. Di conseguenza i valori più elevati di questo inquinante si raggiungono normalmente nelle zone meno interessate dalle attività umane.

Negli ambienti interni la concentrazione di O₃ è notevolmente inferiore, poiché la sua grande reattività ne consente la rapida distruzione. Per questo motivo in situazioni di allarme è consigliabile che le persone a maggior rischio rimangano in casa.

A causa del suo alto potere ossidante, elevati livelli di O₃ danneggiano la salute umana e quella degli animali, hanno effetti nocivi sulla vegetazione (riduzione dell'attività di fotosintesi, formazione delle *piogge acide*, necrosi fogliare), deteriorano i materiali e riducono la visibilità. Per quanto riguarda gli effetti sulla salute dell'uomo, non sono ancora ben note le conseguenze croniche derivanti da una lunga esposizione a basse concentrazioni di ozono. Gli effetti acuti più evidenti sono invece severe irritazioni della mucosa degli occhi, infiammazioni ed alterazioni a carico dell'apparato respiratorio ed un senso di pressione sul torace. Concentrazioni particolarmente elevate possono portare anche ad alterazioni delle funzioni respiratorie, ad un aumento della frequenza degli attacchi asmatici, all'insorgere di malattie dell'apparato respiratorio e al peggioramento di patologie, già in atto, di tipo respiratorio e cardiaco.

I soggetti più sensibili al fenomeno sono i bambini, gli anziani, le donne in gravidanza, chi svolge attività fisica o lavorativa all'aperto. I soggetti a rischio sono le persone asmatiche, con patologie polmonari o cardiache.

Il D.Lgs. 155/2010 stabilisce per l'ozono un *valore obiettivo* (Tab. 5.18), una *soglia di allarme* ed una *soglia di informazione* (Tab. 5.17).

Per *soglia di informazione* si intende il livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione, il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive. Al superamento della soglia di informazione le persone sensibili devono evitare di svolgere attività fisica anche moderata all'aperto (come camminare velocemente) in particolare nelle ore più calde e di maggiore insolazione.

Per *soglia di allarme* si intende il livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per la popolazione nel suo complesso, il cui raggiungimento impone di adottare provvedimenti immediati. Al superamento della soglia di allarme, in particolare nelle ore più calde e di maggiore insolazione, le persone sensibili devono evitare qualsiasi attività fisica all'aperto e tutta la popolazione deve evitare di svolgere intensa attività fisica all'aperto, come ad esempio correre.

Tab. 5.17: O₃ – soglie di informazione e di allarme.

O ₃		
Finalità	Periodo di mediazione	Soglia
Informazione	1 ora	180 µg/m ³
Allarme	1 ora	240 µg/m ³

Tab. 5.18: O₃ – valore obiettivo.

O ₃	
Periodo di mediazione	Valore obiettivo
Media massima giornaliera su 8 ore	120 µg/m ³ da non superare per più di 25 volte per anno civile (come media su 3 anni)

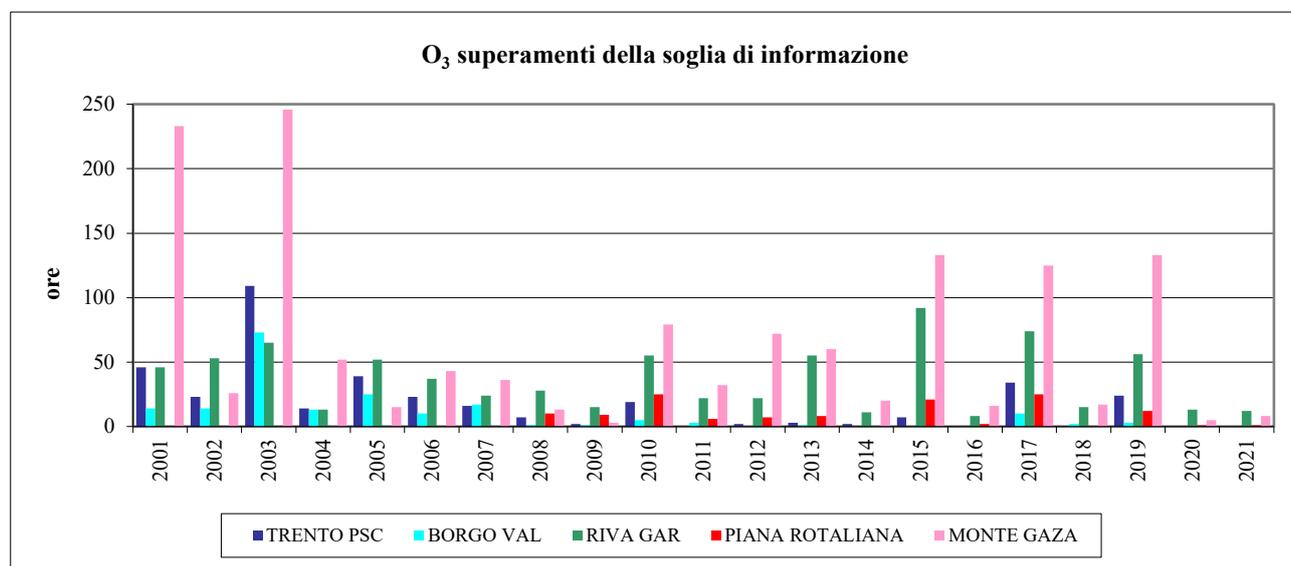
I valori registrati per questo inquinante mostrano una variabilità interannuale piuttosto marcata, strettamente legata alla variabilità meteo-climatica, data la forte dipendenza delle concentrazioni di ozono dalle variabili meteorologiche quali radiazione solare e temperatura.

Nel corso del 2021, come atteso, si sono verificati alcuni superamenti della soglia di informazione (Tab. 5.19), ma non è mai stata superata la soglia di allarme.

Il valore obiettivo, pari a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 25 volte per anno civile come media su 3 anni e riferito alla media massima giornaliera calcolata su 8 ore, continua ad essere superato in maniera diffusa su tutto il territorio provinciale, ad eccezione della stazione di Borgo Valsugana, per la quale le medie triennali, nel triennio 2019-2021, risultano rispettare il valore obiettivo (Tab. 5.19 e Fig. 5.16).

Tab. 5.19: O₃ – dati 2021.

O ₃					
Zona	Stazione di monitoraggio	Giorni di superamento del valore obiettivo media su 8 h $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$		Ore di superamento delle soglie	
		2021	Media 2019-2021	Informazione	Allarme
IT0405	Trento Parco S. Chiara	41	42	0	0
	Borgo Valsugana	15	17	0	0
	Riva del Garda	61	61	12	0
	Piana Rotaliana	34	35	1	0
	Monte Gaza	101	102	8	0
<i>Valore obiettivo</i>			25	-	-

Fig. 5.14: O₃ – superamenti della soglia di informazione.

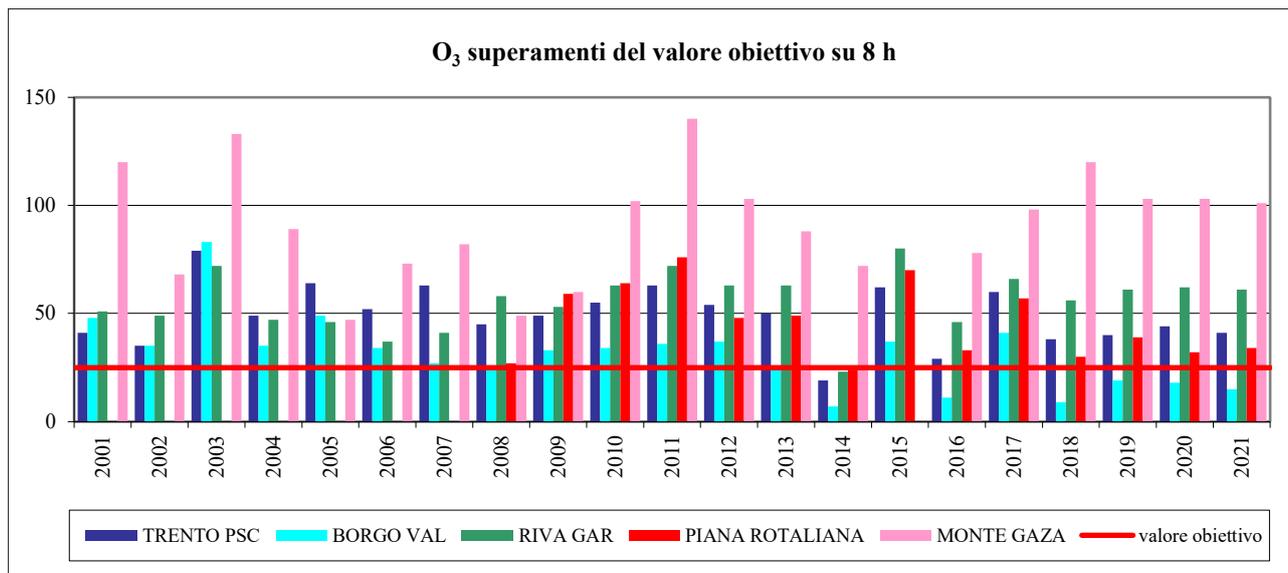


Fig. 5.15: O₃ – superamenti del valore obiettivo.

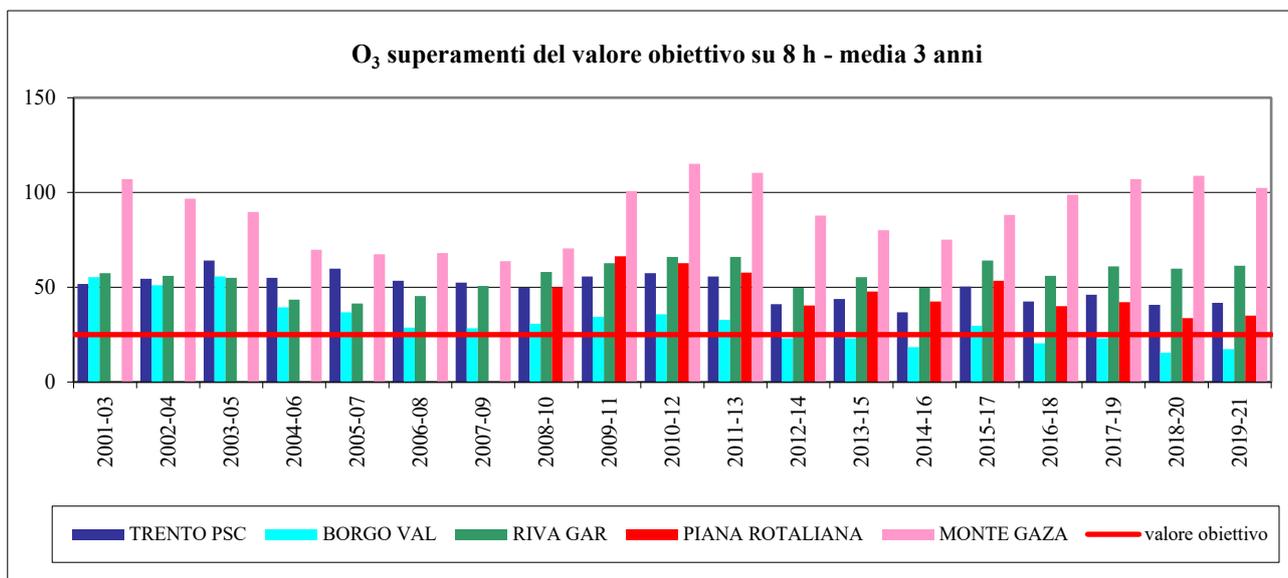


Fig. 5.16: O₃ – superamenti del valore obiettivo, media su 3 anni.

6 Focus sulle polveri sottili: sabbie desertiche e altre fonti

L'inquinamento atmosferico non dipende solo da fattori antropici, come il traffico veicolare e la combustione civile e industriale, ma anche da eventi naturali quali il trasporto delle polveri sottili provenienti da zone esterne al Trentino e all'Italia quali le aree desertiche. Spesso, infatti, correnti che attingono alle zone sahariane, risalendo verso nord, trasportano masse di aria cariche di polveri che, sorvolando l'Italia, arrivano fino al Trentino. Nel mese di febbraio 2021 l'afflusso eccezionale di polveri naturali ha contribuito a determinare un particolare incremento delle concentrazioni di PM10.

Come mostrato in Figura 6.1, verso la metà del mese, le concentrazioni di particolato in atmosfera (PM10 e PM2,5) sono rapidamente aumentate a partire dal Trentino meridionale. Le polveri hanno raggiunto valori medi giornalieri elevati in particolare nella stazione di Riva del Garda, con un picco il 19 febbraio, quando la media giornaliera ha raggiunto il valore di $98 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

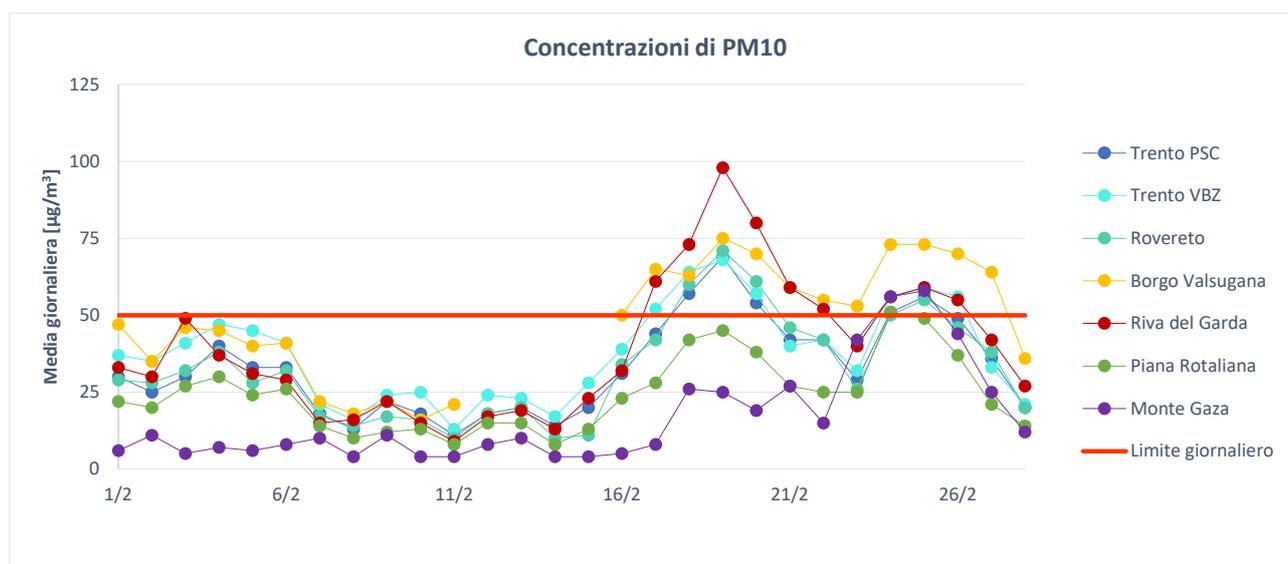


Fig. 6.1: Concentrazioni di PM10 nel mese di febbraio 2021.

Come spesso accade in questo periodo dell'anno, questo fenomeno è legato alla configurazione meteorologica sfavorevole alla dispersione degli inquinanti nei fondovalle e favorevole alla formazione del particolato secondario che si genera in atmosfera in seguito a trasformazioni chimico-fisiche di altre sostanze a causa dell'aumento dell'irradiazione solare rispetto al periodo invernale. All'indubbio contributo delle emissioni locali si è poi sommato anche il trasporto di inquinanti provenienti da Sud, precedentemente accumulati nella zona del Bacino Padano. Questo fenomeno, è confermato dai valori misurati a Riva del Garda, la stazione che, più delle altre, è in grado di intercettare le masse d'aria provenienti da Sud.

Nei giorni immediatamente successivi, dal 24 al 27 febbraio, si è verificato un secondo innalzamento delle concentrazioni di PM10, meno pronunciato del precedente, ma che ha interessato in maniera omogenea tutto il territorio ed ha portato al superamento del limite

giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in tutte le stazioni della rete, sia nei fondovalle che in montagna. A differenza dell'episodio precedente, non si è osservato un innalzamento delle concentrazioni della frazione più fine ($\text{PM}_{2,5}$) legata principalmente ai fenomeni di combustione, ma è aumentata in modo significativo la frazione più grossolana del PM_{10} (Fig. 6.2). Questo aspetto è riconducibile all'origine del particolato che è associato al trasporto di polveri naturali desertiche che per alcuni giorni ha interessato anche l'intero territorio trentino. I valori misurati dalla stazione di misura posta in quota sul Monte Gaza, del tutto analoghi a quelli misurati nei fondovalle, rappresentano un'importante ed evidente conferma di questo fenomeno.

L'episodio di febbraio non è l'unico ma è stato registrato un episodio del tutto analogo anche nel mese di giugno 2021.

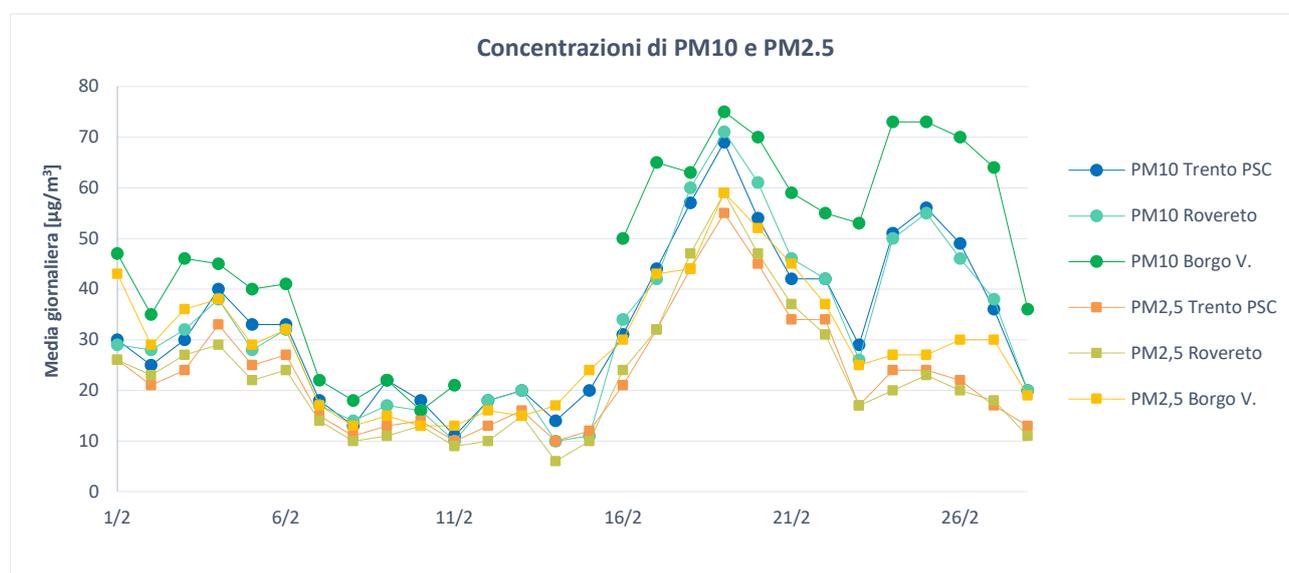


Fig. 6.2: Concentrazioni di PM_{10} e $\text{PM}_{2,5}$ nel mese di febbraio 2021.

La natura e la provenienza del particolato misurato durante questi due episodi di febbraio, viene confermato dalle analisi chimiche effettuate sui filtri di PM_{10} campionati nella stazione di monitoraggio di Trento Parco S.Chiera. Nel primo caso si trova un buon contributo di benzo(a)pirene (Figura 6.3), identificativo della combustione domestica tipica del periodo invernale ma non si trova tuttavia la presenza di elementi caratteristici del materiale crostale quali alluminio, magnesio, silicio, titanio ed altri elementi che mostrano invece un incremento della concentrazione nel successivo periodo dal 24 al 27 febbraio in corrispondenza dell'aumento della componente grossolana del PM_{10} associata alla sabbia desertica.

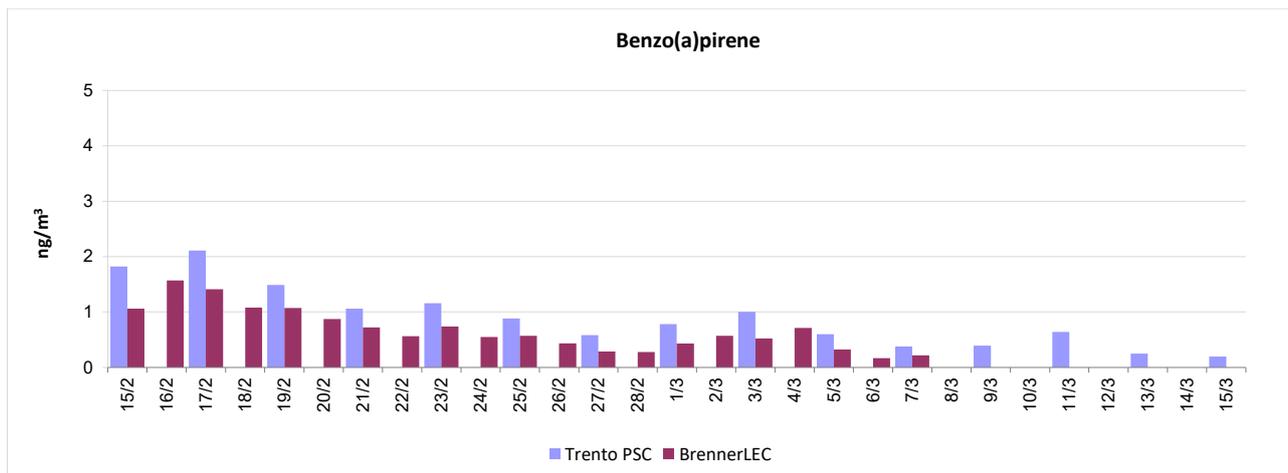


Fig. 6.3: Concentrazioni di benzo(a)pirene.

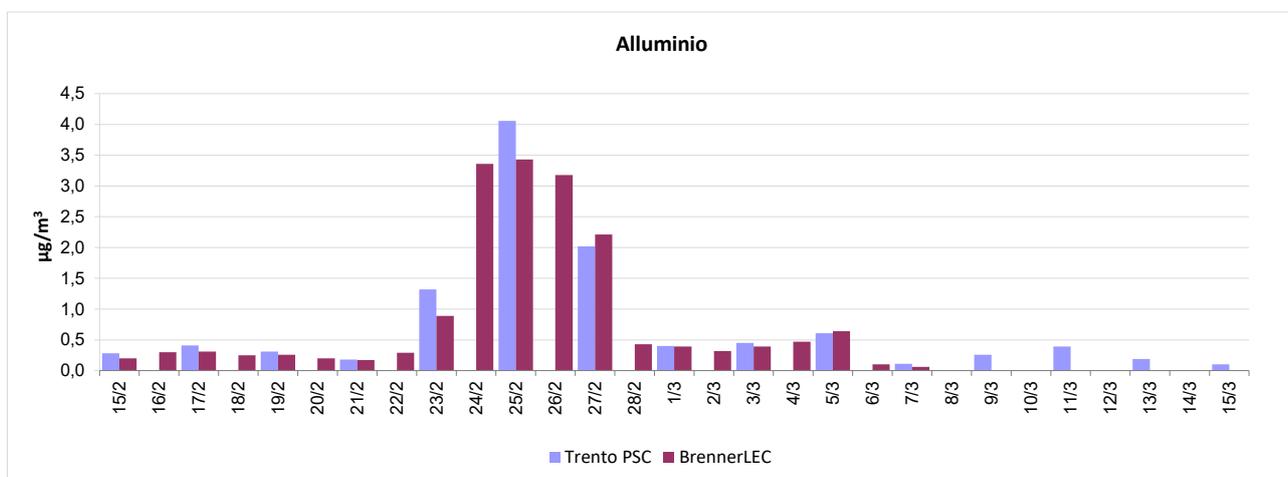


Fig. 6.4: Concentrazioni di alluminio.

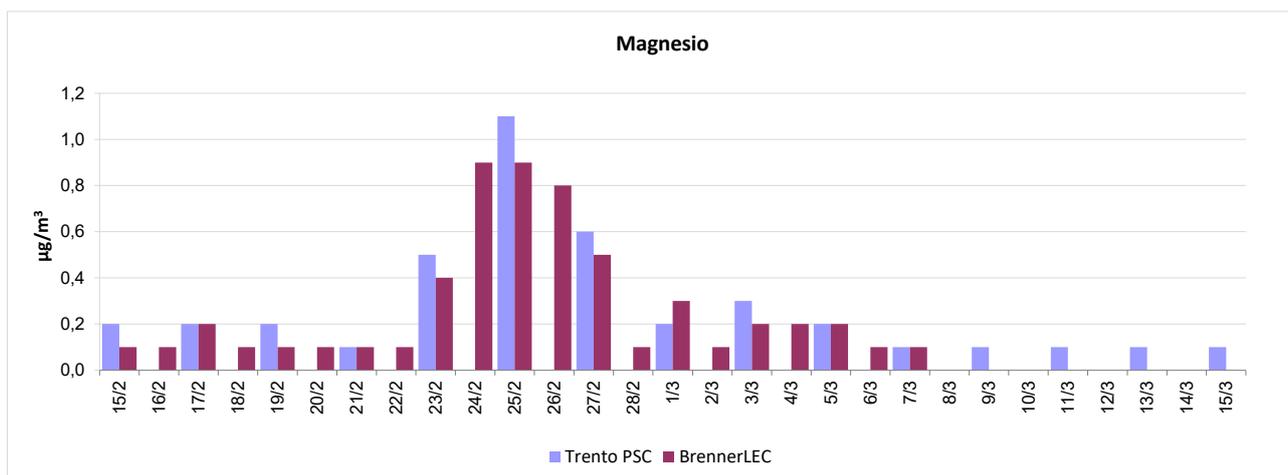


Fig. 6.5: Concentrazioni di magnesio.

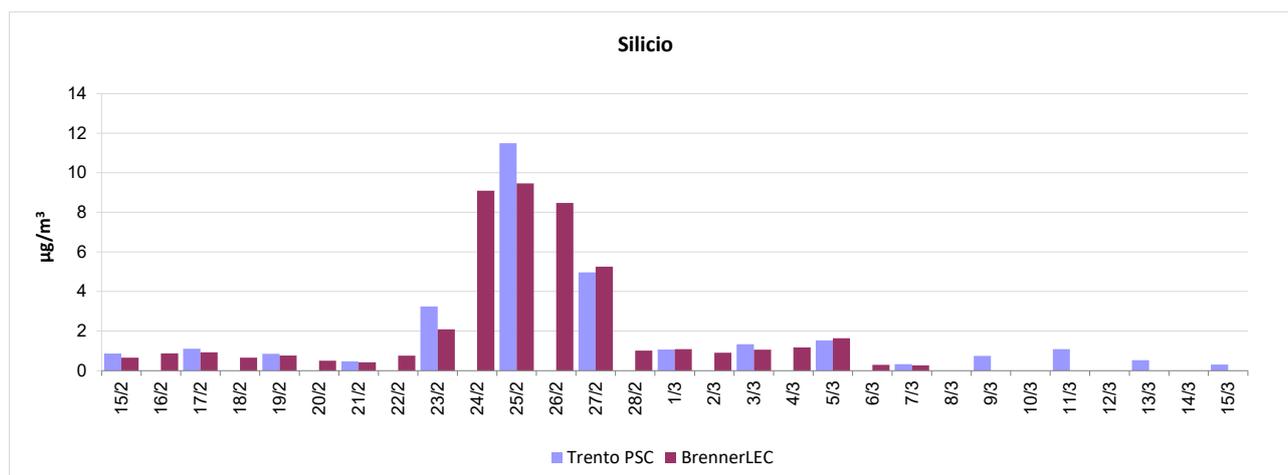


Fig. 6.6: Concentrazioni di Silicio.

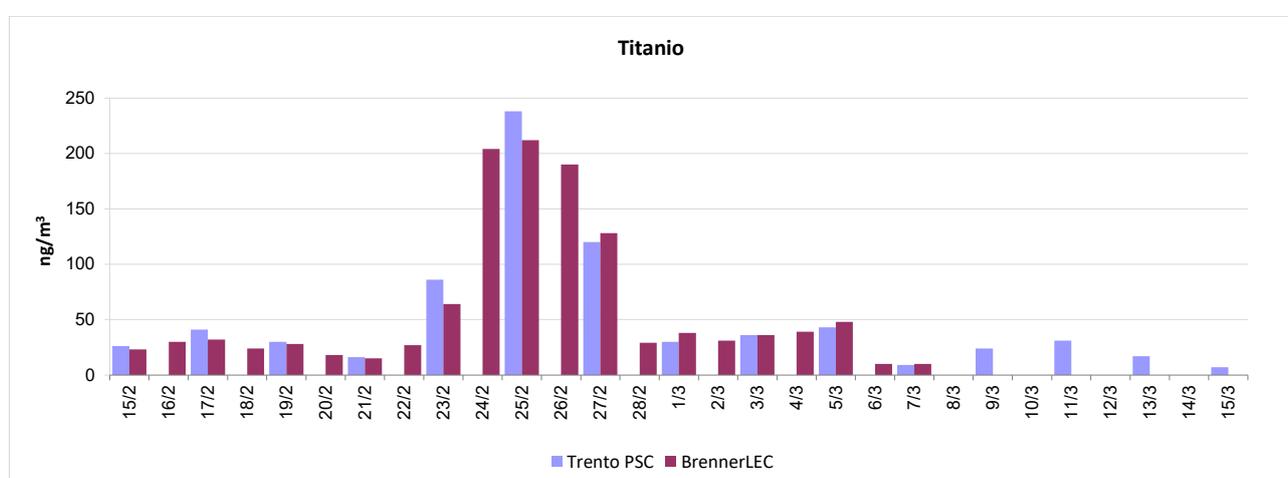


Fig. 6.7: Concentrazioni di Titanio.

Durante lo stesso periodo, nei primi mesi del 2021, è stata effettuata una campagna di misura delle concentrazioni di PM₁₀ presso la stazione di monitoraggio posizionata nella zona di Rovereto, al km 164 dell'Autostrada del Brennero A22, allestita nell'ambito del progetto LIFE BrennerLEC (Brenner Lower Emissions Corridor). Il progetto ha l'obiettivo di rendere il traffico veicolare sull'asse del Brennero maggiormente rispettoso della salute della popolazione residente e di tutelare la qualità dell'aria e l'ambiente alpino mediante misure di riduzione della velocità e regolamentazione del traffico.

Accanto ai numerosi approfondimenti effettuati negli anni di progetto, che riguardano le concentrazioni di NO₂ quale inquinante strettamente legato al traffico veicolare, si è voluto approfondire la composizione del PM₁₀ a bordo autostrada. La concentrazione delle polveri sottili non ha una correlazione diretta molto forte con il traffico in quanto sono in realtà numerose le fonti che contribuiscono alla concentrazione del particolato nell'aria. Come riportato in Figura 6.8 l'andamento del PM₁₀ presso la stazione di misura posizionata a bordo autostrada non si discosta di molto rispetto alle concentrazioni misurate presso le stazioni di fondo urbano di Rovereto e di Trento Parco S.Chiera.

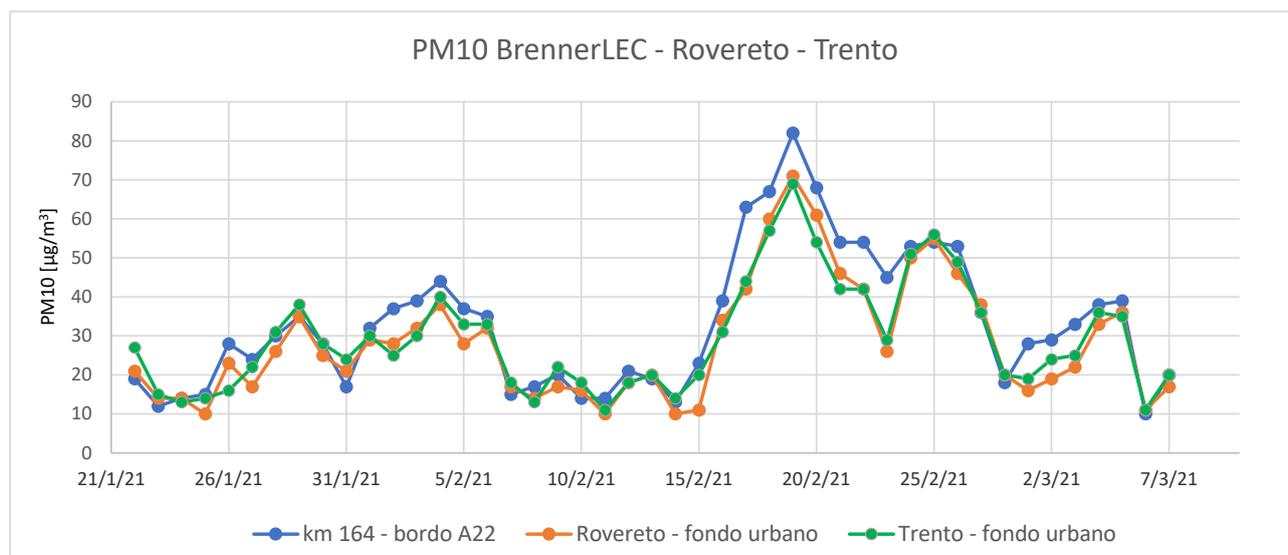


Fig. 6.8: Andamento delle concentrazioni di PM10 presso la stazione di monitoraggio al km164 e la stazione di Rovereto posizionata in ambito di fondo urbano.

Si ritrovano, infatti, gli stessi picchi di concentrazione legati ai fenomeni meteorologici che favoriscono la formazione del particolato secondario e ai fenomeni di trasporto di polveri desertiche con le specifiche componenti cristalli.

Tramite le analisi chimiche effettuate sui filtri di polveri sottili campionati, è stata determinata anche la concentrazione di levoglucosano, uno zucchero identificato come ottimo tracciante delle emissioni di biomassa in quanto prodotto dalla pirolisi della cellulosa.

Viste le numerose fonti, diverse dalla combustione, che contribuiscono a comporre il PM10 nei momenti di elevata concentrazione, la correlazione del levoglucosano con il PM10 non è altissima e cala rispetto al periodo precedente (Fig. 6.9). Risulta però di gran lunga migliore la correlazione del levoglucosano con il benzo(a)pirene B(a)P, idrocarburo policiclico aromatico che deriva dalla combustione della biomassa determinato anch'esso tramite le analisi sui filtri campionati (Fig. 6.10).

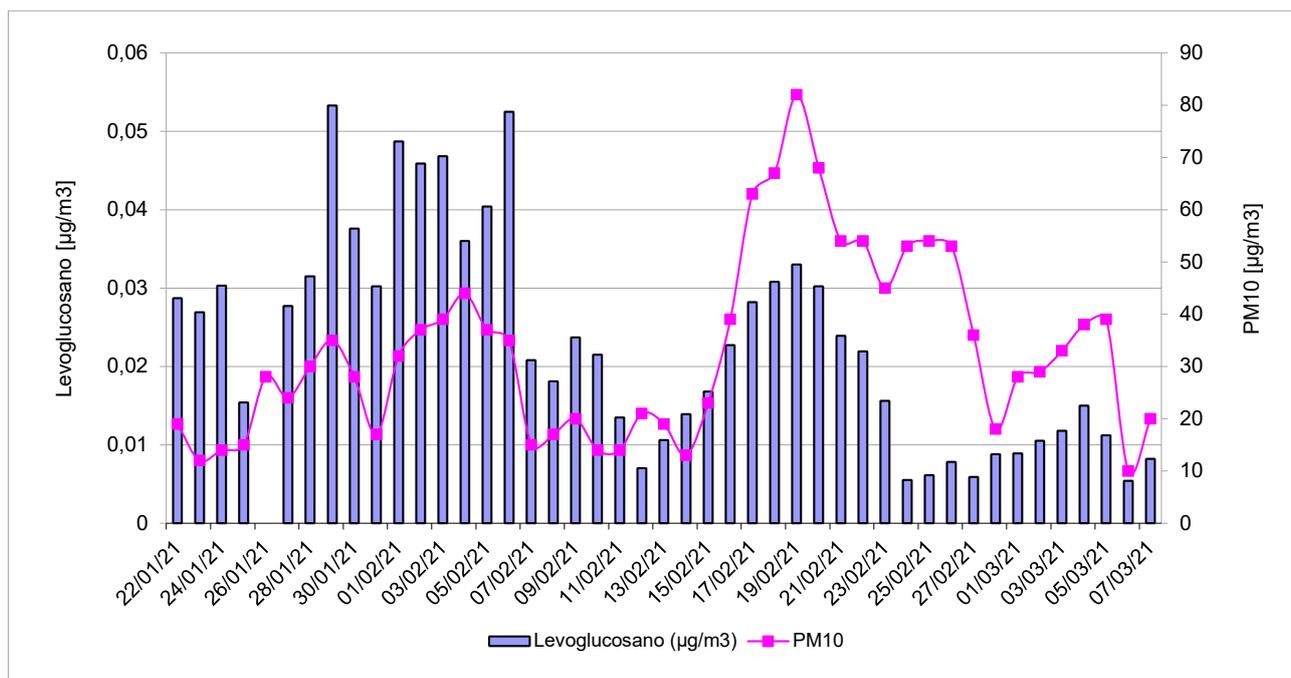


Fig. 6.9: Correlazione tra le concentrazioni di levoglucosano e PM10.

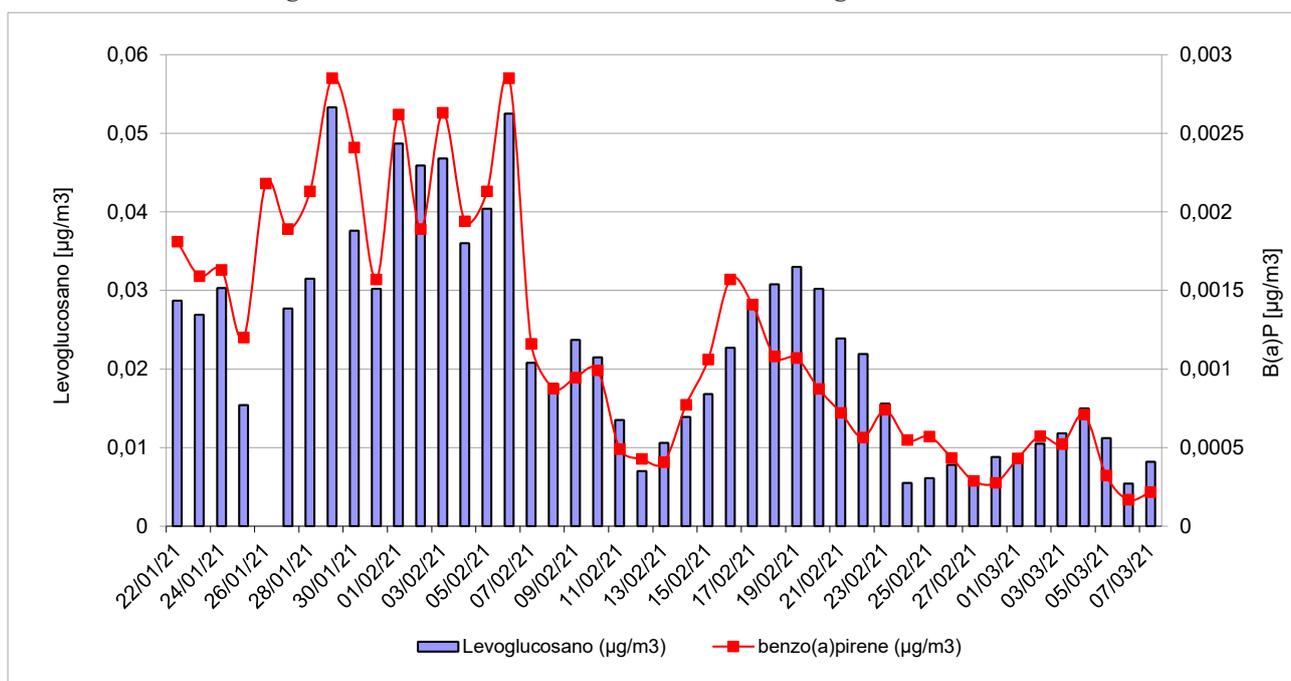


Fig. 6.10: Correlazione tra le concentrazioni di levoglucosano e benzo(a)pirene B(a)P.

Presso la stazione di BrennerLEC viene misurata anche la concentrazione di black carbon tramite un etalometro che permette di discriminare la componente di black carbon derivante dalla combustione dei motori (BC_ff, fossil fuel) e la componente derivante dalla combustione della biomassa BC_BB (biomass burning). Il levoglucosano correla bene con la componente BC_BB del black carbon, con un coefficiente di correlazione R^2 che sfiora lo 0,9. La buona correlazione conferma l'attendibilità delle misure ottiche effettuate tramite lo strumento etalometro che, mediante l'analisi a diverse lunghezze d'onda discrimina, all'interno del black carbon totale, la componente derivante dalla combustione della biomassa.

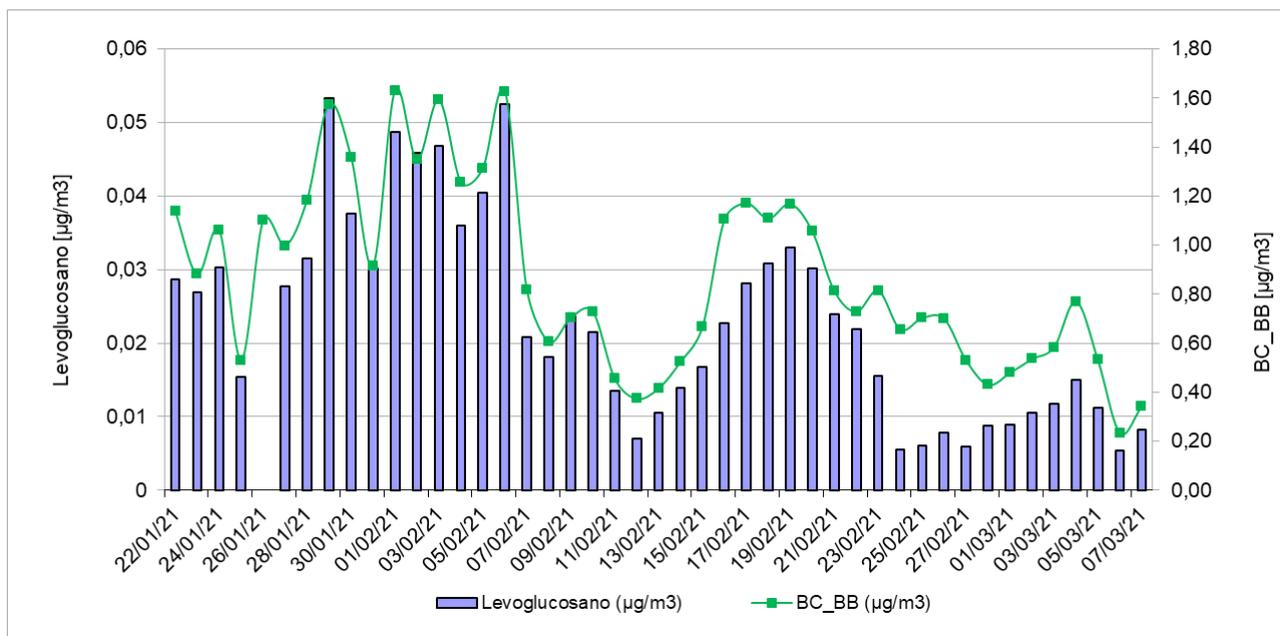


Fig. 6.11: Correlazione tra le concentrazioni di levoglucosano e componente BC_BB.

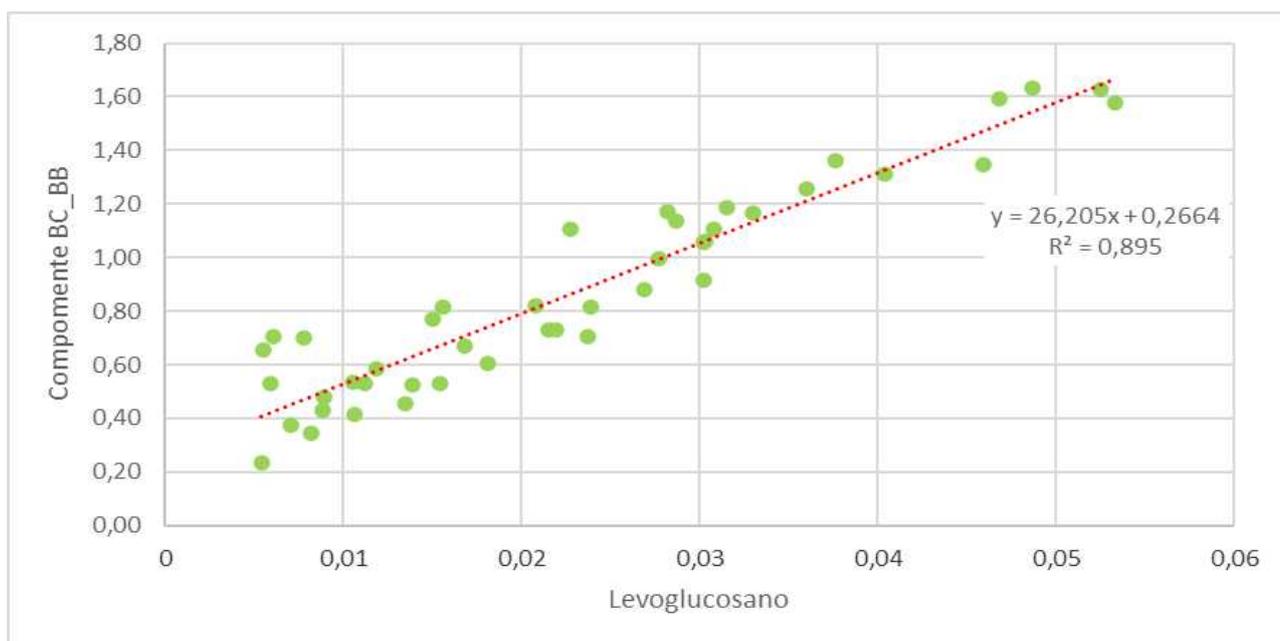


Fig. 6.12: Correlazione tra le concentrazioni di levoglucosano e componente BC_BB.

7 Conclusioni

Per quanto concerne lo stato della qualità dell'aria ambiente della Provincia autonoma di Trento la situazione è complessivamente positiva. Analogamente a quanto è avvenuto nel 2020, anche i dati raccolti grazie alle attività di monitoraggio nel 2021 evidenziano limitate criticità, legate principalmente al superamento del valore obiettivo previsto per l'inquinante **ozono O₃** nella zona *IT0405 Zona ozono*, registrato in maniera diffusa in tutte le stazioni della rete con la sola eccezione del sito di Borgo Valsugana. Si tratta in questo caso di una conferma di problematiche già evidenziate negli scorsi anni.

L'inquinante **ozono O₃** rappresenta un problema di complessa soluzione a causa della sua natura esclusivamente secondaria, dell'influenza delle condizioni meteorologiche estive sull'innalzamento della sua concentrazione, nonché del contributo dovuto non solo alle sorgenti locali degli inquinanti cosiddetti *precursori*, ma anche al trasporto su lunga distanza. Per ridurre gli elevati livelli di concentrazione, rilevati in estate non solo in Italia ma in tutta l'Europa centro-meridionale, servono pertanto misure di ampio respiro, su una scala territoriale più ampia di quella provinciale o regionale. La variabilità meteorologica interannuale in termini di radiazione solare e la temperatura nella stagione estiva ricoprono a tal riguardo un ruolo primario.

Per l'inquinante **biossido di azoto NO₂**, si conferma per il secondo anno consecutivo il rispetto del limite di media annuale non solo nelle stazioni di fondo, ma anche presso la stazione di traffico di Trento via Bolzano. Nonostante la buona ripresa delle attività a seguito della pandemia da COVID-19 dell'anno 2020, continua il trend di riduzione delle concentrazioni già in atto da alcuni anni.

Per quanto riguarda gli altri inquinanti potenzialmente critici quali il **particolato PM₁₀** e il **benzo(a)pirene**, i dati del 2021 sono positivi, confermando anche per quest'anno il rispetto dei valori limite e obiettivo.

Per gli altri inquinanti, **polveri sottili PM_{2,5}**, **biossido di zolfo**, **monossido di carbonio**, **benzene** e **metalli**, si conferma, come avviene ormai da molti anni, il rispetto dei limiti e dei valori obiettivo.

Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente
Settore qualità ambientale
U.O. tutela dell'aria ed agenti fisici
Via Lidorno, 1 – 38123 Trento
T +39 0461 494796
F +39 0461 497759
pec sqa.appa@pec.provincia.tn.it
@ ariaagf.appa@provincia.tn.it
web www.appa.provincia.tn.it

