



RELAZIONE SULLA QUALITÀ DELL'ARIA NELLA REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA ANNO 2021

Palmanova, 27/06/2022

SOC Stato dell'Ambiente
SOS Qualità dell'Aria
CRMA – Centro Regionale di Modellistica Ambientale

RELAZIONE SULLA QUALITÀ DELL'ARIA NELLA REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA ANNO 2021



a cura di ARPA FVG

Palmanova, 27/06/2022

INDICE

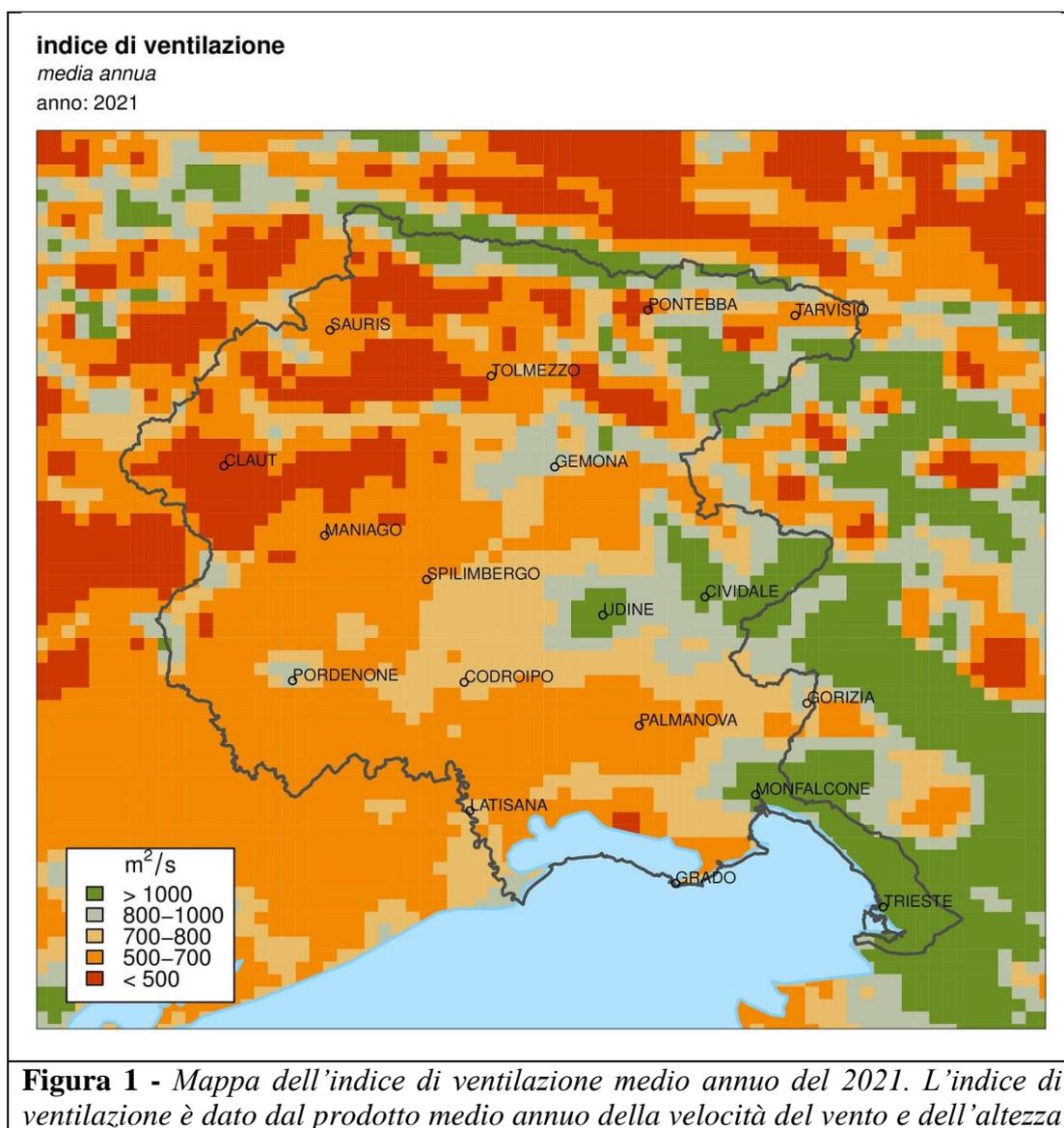
I determinanti meteo	pg	3
La rete di monitoraggio della qualità dell'aria	pg	5
Biossido di azoto	pg	7
PM10 e PM2.5	pg	11
Ozono	pg	20
Benzene	pg	23
Benzo(a)pirene	pg	27
Metalli e semimetalli	pg	29
Monossido di carbonio	pg	32
Biossido di zolfo	pg	34
Curiosità registrate nel 2021	pg	36
Glossario	pg	37

I DETERMINANTI METEO

Con il termine di “determinanti” si indicano tutte le forzanti che agiscono su un sistema, causandone e modulandone l'evoluzione. Per quanto riguarda la qualità dell'aria, la variabilità meteorologica rappresenta il più importante “determinante” nei periodi temporali che vanno dalla scala dei giorni a quella annuale; si possono distinguere in particolare le forzanti dinamiche (come ad esempio la velocità dei venti o la turbolenza, molto importanti per la concentrazione delle polveri atmosferiche) e le forzanti termodinamiche (ad esempio la radiazione solare, molto importante per la concentrazione di ozono).

Allo scopo di individuare l'importanza e il possibile effetto di questi determinanti atmosferici nel 2021, sono di seguito riportati i parametri maggiormente rilevanti per la qualità dell'aria.

La mappatura dell'indice di ventilazione (Figura 1), calcolato con strumenti modellistici sull'intero territorio regionale con una risoluzione orizzontale di 2 km, evidenzia condizioni più favorevoli alla stagnazione in tutta l'area di pianura, in particolare nella sezione occidentale, e in alcune aree della Carnia. E' invece favorita la dispersione degli inquinanti nell'area triestina, nel monfalconese, nell'area urbana udinese, nel Collio, nel cividalese, nelle Prealpi e Alpi Giulie, nonché vicino al confine con l'Austria.



dello strato limite atmosferico. Esso è un buon indicatore della capacità dei bassi strati dell'atmosfera di disperdere gli inquinanti emessi dalle attività umane.

Il 2021 (Figura 2) si è caratterizzato per la ventosità sostanzialmente nella norma su tutto il territorio regionale eccetto per la zona triestina che ha visto ottobre e novembre particolarmente ventosi, una spiccata piovosità nel mese di maggio su tutto il territorio regionale, marzo, giugno e settembre particolarmente soleggiati, maggio e novembre piovosi in montagna, maggio con frequenti precipitazioni e vento a Udine.

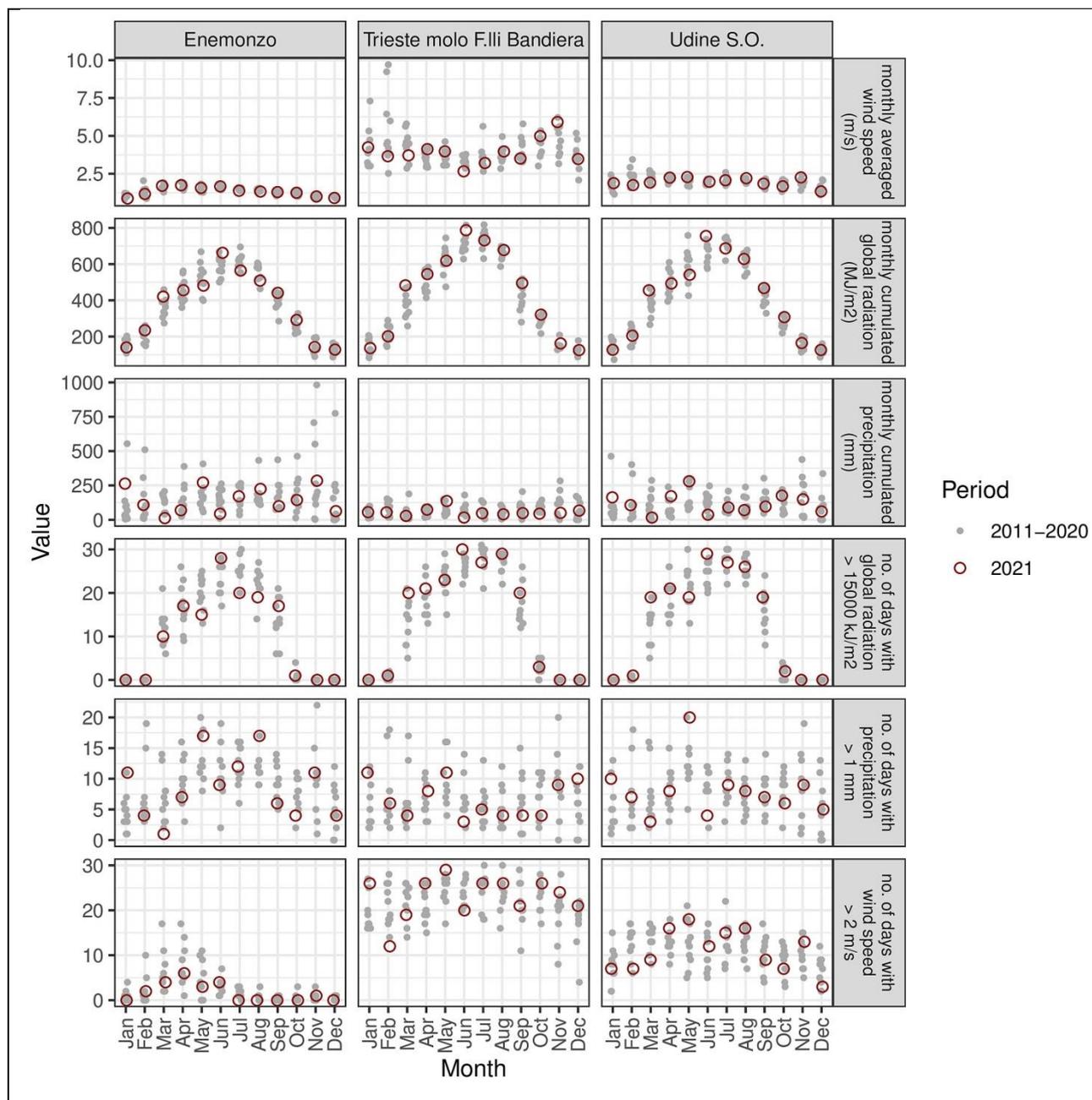


Figura 2 - Andamento di alcuni indicatori meteorologici significativi per la qualità dell'aria. Confronto tra il 2021 (cerchietti rossi) e i dieci anni precedenti (pallini grigi) in montagna (Enemonzo, pannelli a sinistra), sulla costa (Trieste, pannelli centrali) e nella pianura (Udine, pannelli a destra). Dall'alto verso il basso sono mostrati rispettivamente le velocità del vento (medie mensili), la radiazione globale, le precipitazioni (cumulate mensili), il numero di giorni soleggiati (radiazione globale superiore ai 15 MJ/m²), il numero di giorni di pioggia (precipitazioni > 1 mm) e il numero di giorni ventilati (velocità > 2 m/s).

LA RETE DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

La rete di monitoraggio della qualità dell'aria del FVG è lo strumento principale per la valutazione della qualità dell'aria ambiente, essa è un insieme organico e appositamente progettato di stazioni di misura consistente in veri e propri laboratori dislocati sul territorio regionale. La rete è composta da una serie di punti di misura pensati per descrivere la qualità dell'aria respirata dalla maggior parte della popolazione, tenendo conto delle diverse fonti d'inquinamento e delle caratteristiche climatiche e territoriali della regione.

Sulla base dei criteri forniti dalla normativa di settore, in ciascuna zona in cui è suddiviso il territorio regionale (Montagna, Pianura e Triestina), la rete di monitoraggio è costituita da un numero minimo di punti di misura che garantiscono la valutazione della qualità dell'aria su quel territorio. L'insieme di questi punti di misura è chiamato “**rete minima**”. A supporto della rete minima sono presenti altri punti di misura che vengono utilizzati nel caso mancassero dati (“**rete di supporto**”) oppure altri punti di misura (“**rete aggiuntiva**”) che hanno lo scopo di migliorare ulteriormente la conoscenza di alcune aree complesse come quelle soggette alle ricadute di grandi impianti industriali e, generalmente, esplicitamente inseriti negli atti autorizzativi degli impianti stessi. Attualmente la rete attiva sul territorio del Friuli Venezia Giulia è composta da 19 stazioni di proprietà di ARPA FVG (tra rete minima e rete di supporto), e da 16 stazioni fisse nella rete aggiuntiva.

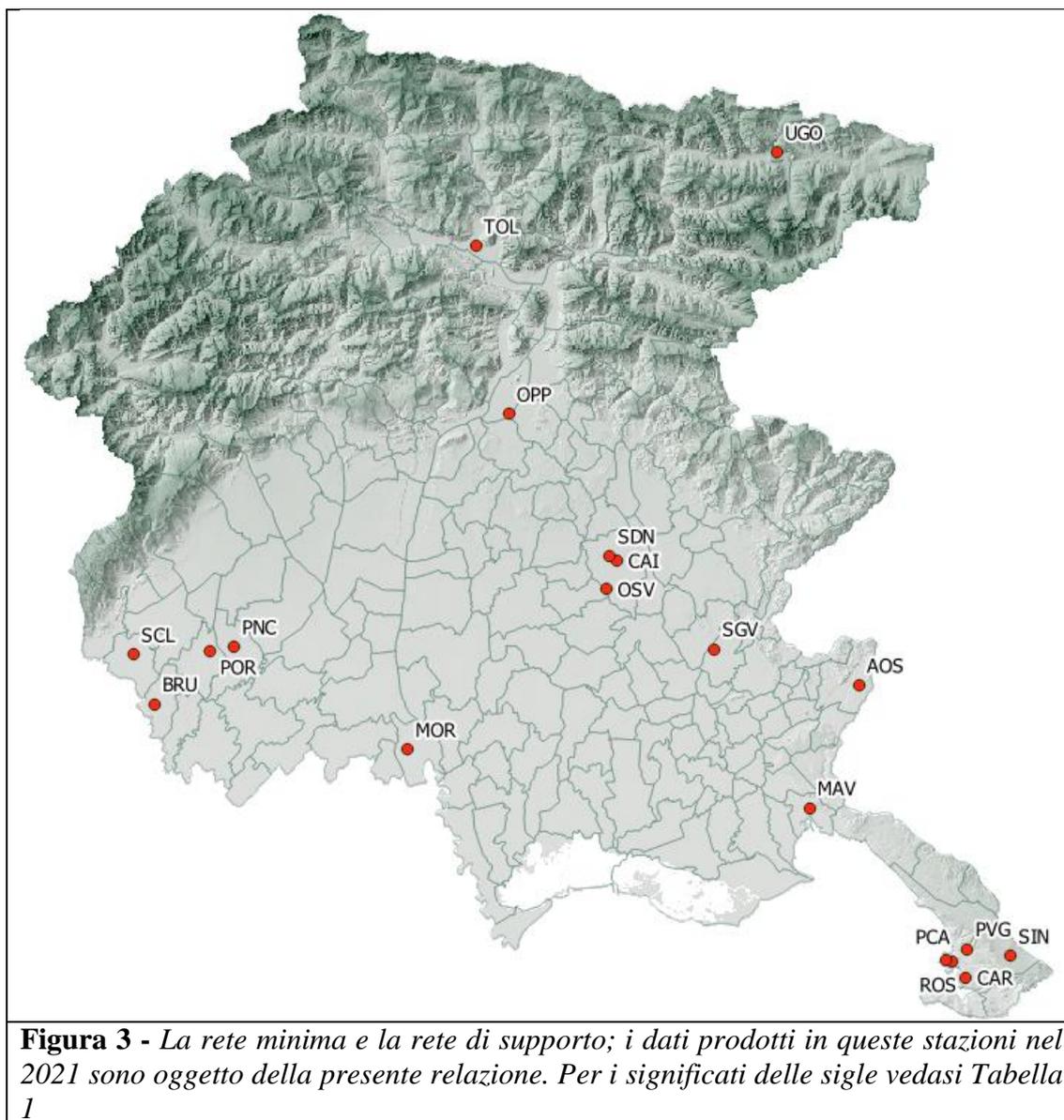
La collocazione territoriale delle stazioni di misura è un fattore fondamentale al fine di poter condurre un efficace monitoraggio della qualità dell'aria. I luoghi scelti devono essere rappresentativi della tipologia di sito individuato. Per poter rispondere correttamente alle richieste della normativa (D.Lgs 155/2010) sono indispensabili precisi criteri di posizionamento su macroscale e su microscale, quali la distanza dalle strade, dagli incroci o parcheggi, dagli alberi e dalle case, l'altezza del punto di campionamento ed altri parametri ancora.

La lista delle stazioni della rete minima e della rete di supporto con i corrispondenti inquinanti monitorati è riportata in Tabella 1, mentre la dislocazione geografica delle stesse è riportata in Figura 3.

Le stazioni di monitoraggio sono classificate in base a tre criteri:

- 1) lo scopo del monitoraggio (ecosistemi o protezione della popolazione, monitoraggio di ricadute di impianti industriali);
- 2) la principale sorgente d'inquinamento (traffico, industriale, fondo);
- 3) le caratteristiche del territorio in cui il punto di misura è posizionato (urbano, suburbano, rurale).

Va sottolineato che quanto descritto di seguito circa lo stato della qualità dell'aria NON si riferisce a realtà locali e sito-specifiche del tipo industriale, infatti le eventuali problematiche ambientali connesse a tali pressioni vengono gestite routinariamente attraverso i consueti strumenti previsti dai competenti regimi autorizzativi (ad esempio A.I.A.). I risultati dei monitoraggi industriali per il 2021 sono reperibili al sito internet della scrivente Agenzia nella sezione dedicata al tema ambientale “aria” (<https://www.arpa.fvg.it/temi/temi/aria/#pubblicazioni>).



Gli inquinanti attualmente normati e costantemente monitorati da ARPA FVG sono: il materiale particolato (PM10 e PM2.5), il biossido di azoto (NO₂), l'ozono (O₃), il monossido di carbonio (CO), il biossido di zolfo (SO₂), il benzene (C₆H₆), il benzo[a]pirene (BaP), unico idrocarburo policiclico aromatico (IPA) normato, e alcuni metalli pesanti quali cadmio (Cd), nichel (Ni), arsenico (As) e piombo (Pb).

Le procedure di qualità poste in essere da ARPA FVG sono conformi a quanto richiesto dal D.Lgs 155/2010 e D.M. 30/03/2017 e permettono perciò un rigoroso controllo metrologico dei dati di ciascun strumento della rete sia in termini di incertezza delle misure analitiche sia in termini di rappresentatività spaziale e temporale delle misure stesse.

La standardizzazione delle metodologie lavorative su scala europea, intesa sia come corretto collocamento delle stazioni di monitoraggio che come rigoroso controllo metrologico, consente la confrontabilità dei dati prodotti da ARPA FVG con quelli prodotti in tutta Europa.

Tabella 1 - La rete di rilevamento della qualità dell'aria nel 2021: *in verde gli inquinanti analizzati*

Stazione	Sigla	Tipologia di stazione		SO ₂	NO ₂	CO	O ₃	PM10	PM2.5	BaP	metalli	benzene
Ugovizza	UGO	Fondo	Suburbano									
Tolmezzo	TOL	Fondo	Urbano									
Osoppo	OPP	Fondo	Urbano									
Udine - via S. Daniele	SDN	Traffico	Urbano									
Udine - via Cairoli	CAI	Fondo	Urbano									
Udine - S. Osvaldo	OSV	Fondo	Suburbano									
S. Giovanni al Natisone	SGV	Fondo	Suburbano									
Pordenone	PNC	Traffico	Urbano									
Brugnera	BRU	Fondo	Suburbano									
Morsano	MOR	Fondo	Rurale									
Porcia	POR	Fondo	Suburbano									
Sacile	SCL	Traffico	Urbano									
Gorizia	AOS	Traffico	Urbano									
Monfalcone - Area verde	MAV	Fondo	Urbano									
Trieste - P.zza Volontari Giuliani	PVG	Traffico	Urbano									
Trieste - P.le Rosmini	ROS	Fondo	Urbano									
Trieste - P.zza Carlo Alberto	PCA	Fondo	Urbano									
Trieste - via Carpineto	CAR	Fondo	Suburbano									
Trieste - Basovizza	SIN	Fondo	Suburbano									

BIOSSIDO DI AZOTO

NO₂ è da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici più importanti, sia per la sua natura di gas molto irritante le mucose, sia perché dà inizio, in presenza di varie concause, ad una serie di reazioni chimiche che portano alla formazione di sostanze inquinanti secondarie come ad esempio l'ozono e il materiale particolato. NO₂ è responsabile di specifiche patologie a carico dell'apparato respiratorio con l'effetto di diminuire anche le difese naturali dell'organismo.

L'azoto è capace di generare molti ossidi, ma i più importanti sono solo NO e NO₂. Questi ossidi si formano durante un processo di combustione, sia quando viene utilizzata l'aria come comburente, come normalmente accade, sia quando i combustibili stessi contengono azoto (come ad esempio nel caso delle biomasse).

Il biossido di azoto viene prodotto in ogni tipo di combustione, essenzialmente sotto forma di monossido di azoto che rapidamente si ossida dando origine al biossido; la misura del rapporto tra monossido e biossido di azoto può essere utilizzata come indicazione indiretta della distanza da una sorgente di combustione. Tipicamente le stazioni di monitoraggio prossime ad una zona con elevato traffico veicolare mostrano alti tenori di monossido e relativamente basse concentrazioni di biossido.

L'NO₂ in aria ambiente è regolamentato dal D.Lgs 155/2010, i limiti previsti sono riportati nella Tabella 2 dove vengono anche riportati i valori soglia consigliati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità.

Tabella 2 - Limiti e valori guida per il biossido di azoto		
Denominazione	Valore di riferimento/limite	Periodo di mediazione
Valore limite orario per la protezione della salute umana (D.Lgs 155/2010)	200 µg/m ³	media oraria, da non superare più di 18 volte per anno civile
Valore limite annuale per la protezione della salute umana (D.Lgs 155/2010)	40 µg/m ³	media annua
Valori soglia (linee guida OMS)	200 µg/m ³	media oraria da non superare mai in un anno civile
	40 µg/m ³	media annua

Nel 2021 le concentrazioni medie annue di questo inquinante sono rimaste al di sotto dei limiti di legge su tutto il territorio regionale a conferma di un andamento pluriennale oramai consolidato. Nella Figura 4 sono riportate le concentrazioni medie annue nell'ultimo quinquennio, la figura evidenzia **l'andamento di sostanziale stabilità sul territorio regionale.**

Tutte le aree particolarmente urbanizzate e interessate da importanti flussi di traffico mostrano tenori più elevati delle concentrazioni medie annue. L'andamento delle concentrazioni di biossido di azoto sulla zona montana mostra concentrazioni decisamente inferiori; mentre l'andamento delle concentrazioni nella zona di pianura mostra valori piuttosto oscillanti, ma non preoccupanti.

Nella Figura 5 sono riportati invece i valori medi (e competenti intervalli di confidenza al 95%) registrati nel 2021 nella stazioni da traffico urbano di piazza Volontari Giuliani (Trieste) e via S. Daniele (Udine); si noti l'abbassamento delle concentrazioni nel periodo estivo a causa dello spegnimento degli impianti di riscaldamento e la maggior instabilità atmosferica, l'abbassamento delle concentrazioni nel fine settimana a causa della diminuzione del traffico veicolare e il tipico doppio picco giornaliero.

Va posta infine attenzione sul fatto che le concentrazioni di NO₂ sono misurate ad altezza-uomo, le concentrazioni a quote superiori non sono rilevabili con le stazioni di monitoraggio, ciò a significare che i valori che si potrebbero avere al suolo sulla scorta dei catasti delle emissioni possono essere anche molto diversi dai tenori realmente misurati al suolo.

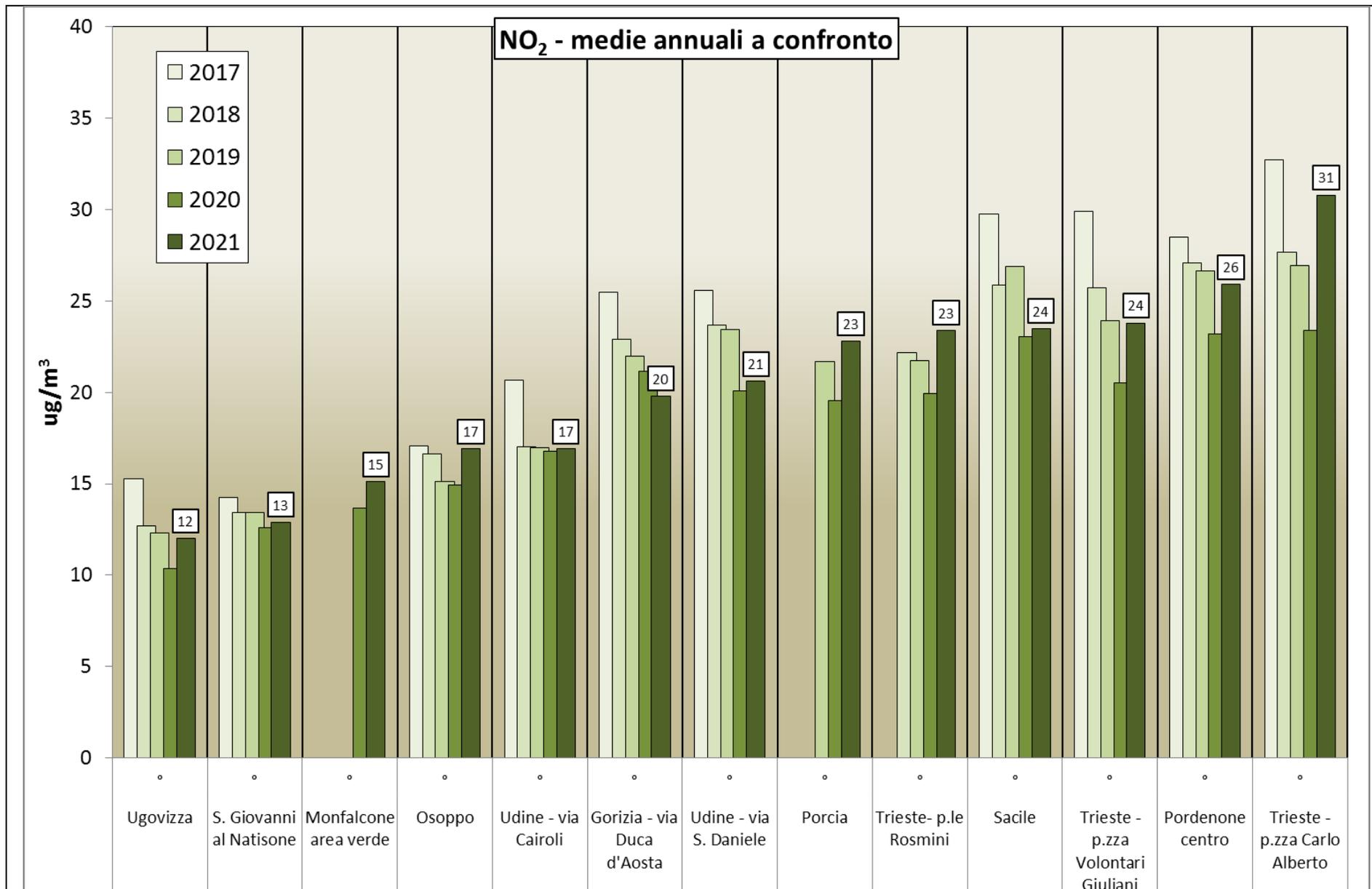
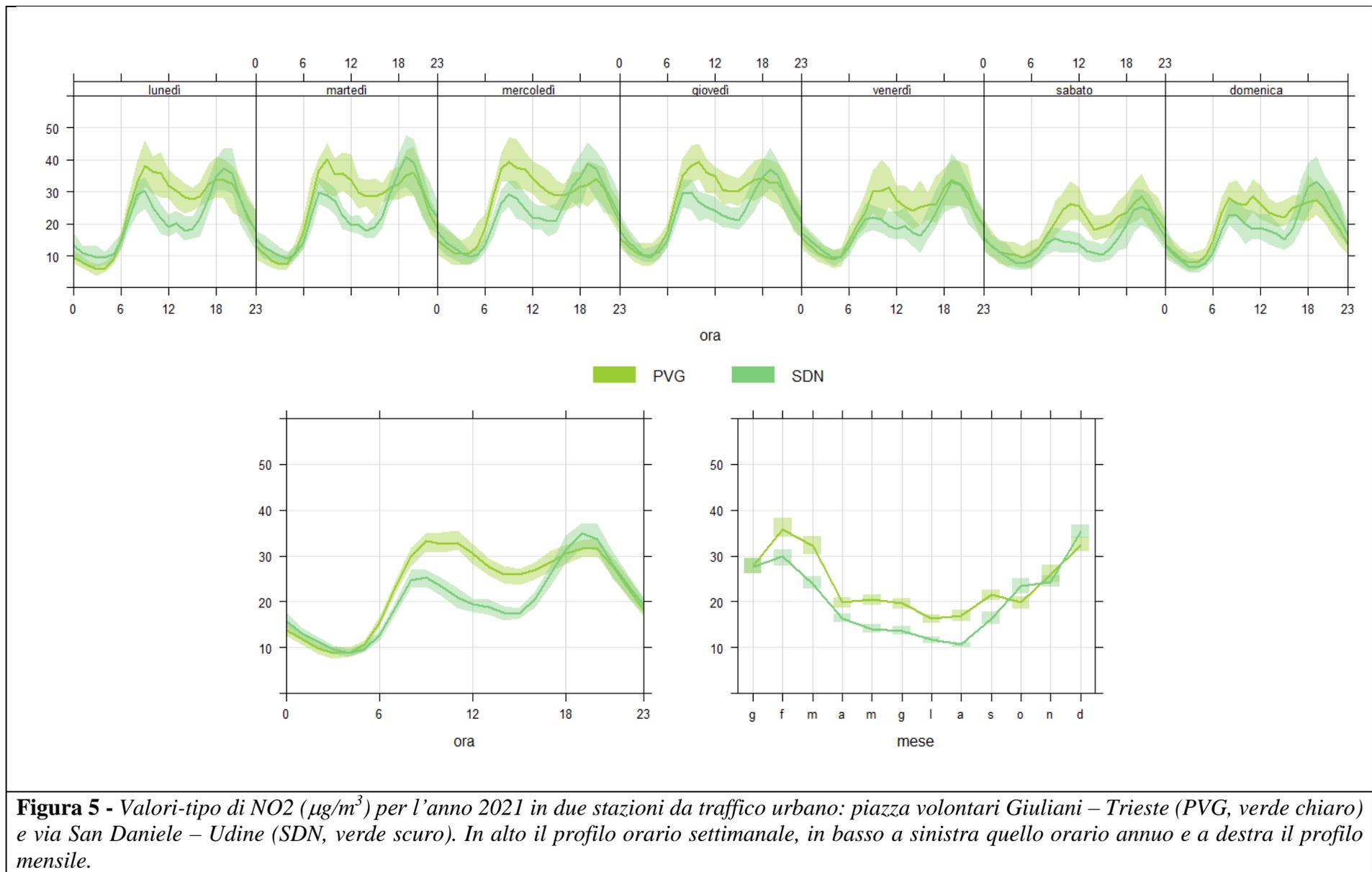


Figura 4 - Valori medi annui di NO₂ a confronto negli ultimi 5 anni, in evidenza il dato del 2021.



PM10 e PM2.5

Il particolato atmosferico è polvere costituita da una miscela di particelle di sostanze organiche ed inorganiche sospese in aria. I componenti più importanti, in termini di massa, presenti sul particolato sono: i solfati, i nitrati, l'ammonio, il cloruro di sodio, le particelle carboniose, la polvere minerale e l'acqua.

Il particolato è suddiviso in base al suo diametro aerodinamico:

-PM10 cioè polvere aerodispersa avente diametro aerodinamico fino a 10 μm , è in grado di entrare nel tratto superiore dell'apparato respiratorio.

-PM2.5 cioè polvere aerodispersa avente diametro aerodinamico fino a 2.5 μm , è in grado di raggiungere i polmoni ed i bronchi secondari; il PM2.5 è un sottoinsieme del PM10.

La polvere fine è una tipologia di particolato atmosferico caratterizzata dal fatto di riuscire a permanere a lungo in atmosfera comportandosi quasi come un gas e quindi può essere trasportata anche a grande distanza dalla sorgente. La polvere aerodispersa inoltre, essendo in parte costituita anche da altri inquinanti importanti quali i metalli pesanti e gli idrocarburi policiclici aromatici, può essere vettore dei medesimi aumentando l'effetto dannoso sulla salute. Nel 2013 l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) ha classificato il particolato atmosferico come cancerogeno.

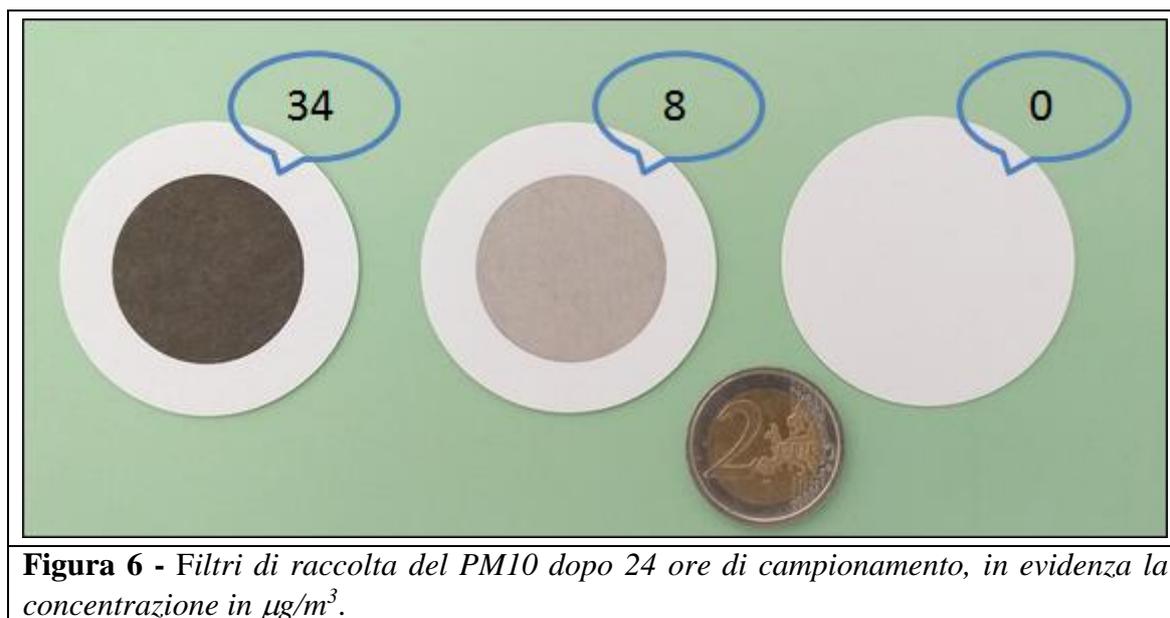


Figura 6 - Filtri di raccolta del PM10 dopo 24 ore di campionamento, in evidenza la concentrazione in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nella Figura 7 vengono riportate alcune affascinanti immagini del PM10 acquisite da ARPA FVG con il microscopio elettronico a scansione (SEM-EDX); si può constatare come il PM10 sia estremamente eterogeneo nelle forme, nelle dimensioni e nella composizione chimica elementare. Tutte queste caratteristiche, analizzate assieme, aiutano ad individuare sia l'origine che il processo di produzione del PM10.

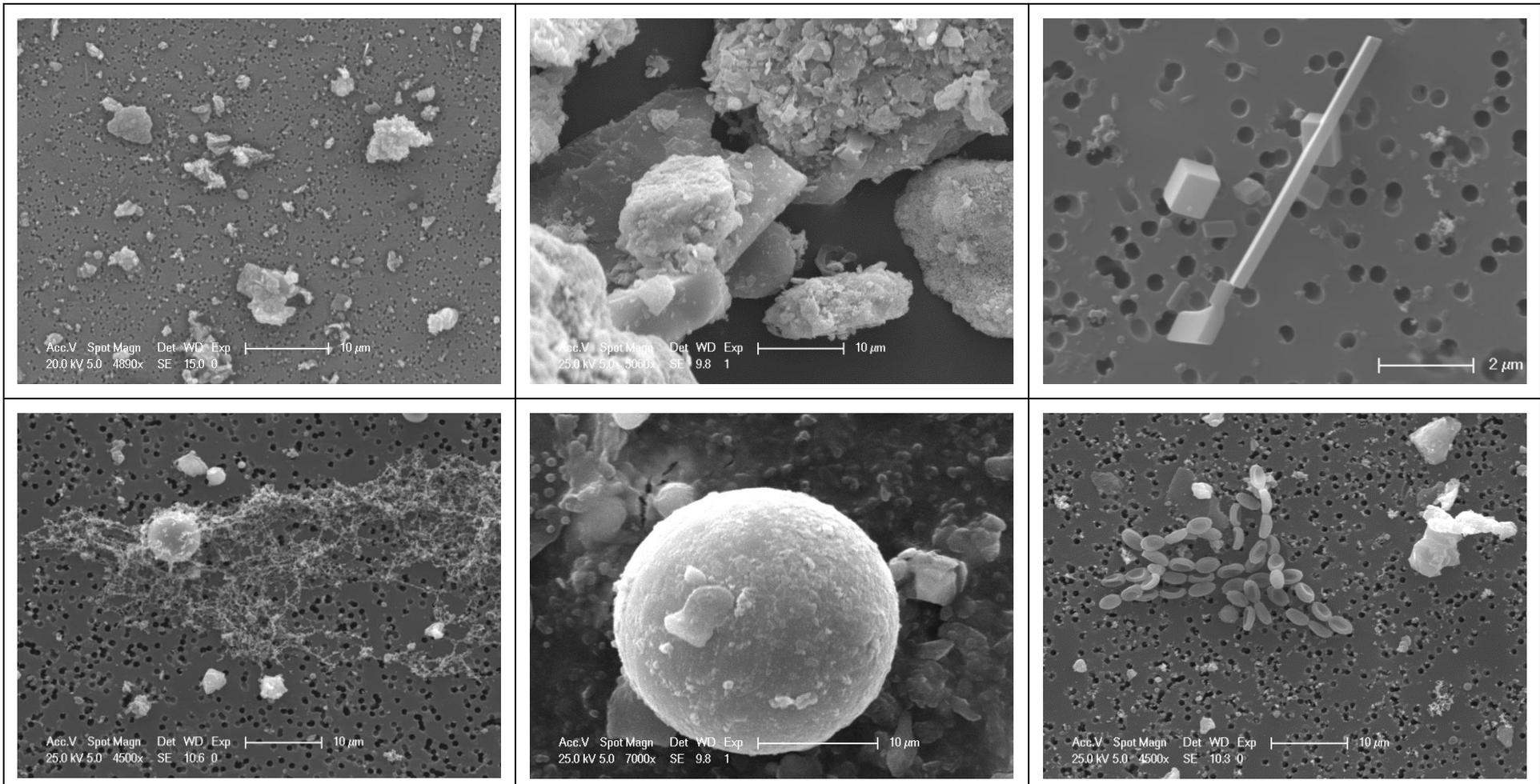


Figura 7 - *PM10 visto al microscopio elettronico. In alto a destra dei cristalli di sale, in basso a sinistra una particella di nerofumo con la sua classica forma di ragnatela, in basso al centro una sferula di ferro che si origina durante lavorazioni metallurgiche ad alta temperatura, in basso a destra del PM10 di chiara origine biologica. Le macchioline nere che si vedono nelle immagini sono i buchi del filtro sul quale viene campionato il PM10 e attraverso i quali passa l'aria durante il campionamento.*

In Friuli Venezia Giulia la situazione è oramai ben consolidata nel tempo: **il pordenonese vede una criticità nelle concentrazioni di polveri rispetto al resto della regione.** Ciò è dovuto al fatto che il fiume Tagliamento rappresenta una sorta di confine orografico che funge da “spartiacque” tra la pianura friulana, caratterizzata da una discreta ventilazione naturale, e la pianura Padana, dove una maggiore stabilità atmosferica contribuisce al ristagno delle polveri aerodisperse. Ciò fa sì che i valori di PM registrati in prossimità del Veneto siano maggiori rispetto alle altre stazioni della pianura friulana e paragonabili piuttosto a quelli registrati, ad esempio, a Treviso.

Il PM2.5

La Tabella 3 riporta i limiti di legge (D.Lgs 155/2010) previsti per il PM2.5 e i valori di riferimento proposti dall'Organizzazione Sanitaria Mondiale (OMS); come evidenziato dalla Figura 8 **in nessuna stazione di monitoraggio del FVG risulta superato il limite.**

Tabella 3 - Limiti e valori di riferimento per PM2.5		
Denominazione	Valore di riferimento/limite	Periodo di mediazione
valore limite annuale per la protezione della salute umana (D.Lgs 155/2010)	20 µg/m ³	media annua (a partire dal 01/01/20)
Valore di riferimento OMS	10 µg/m ³	media annua

Per quanto riguarda il PM2.5 il profilo resta sostanzialmente simile a quello registrato negli anni precedenti in un andamento di sostanziale stabilità (Figura 8).

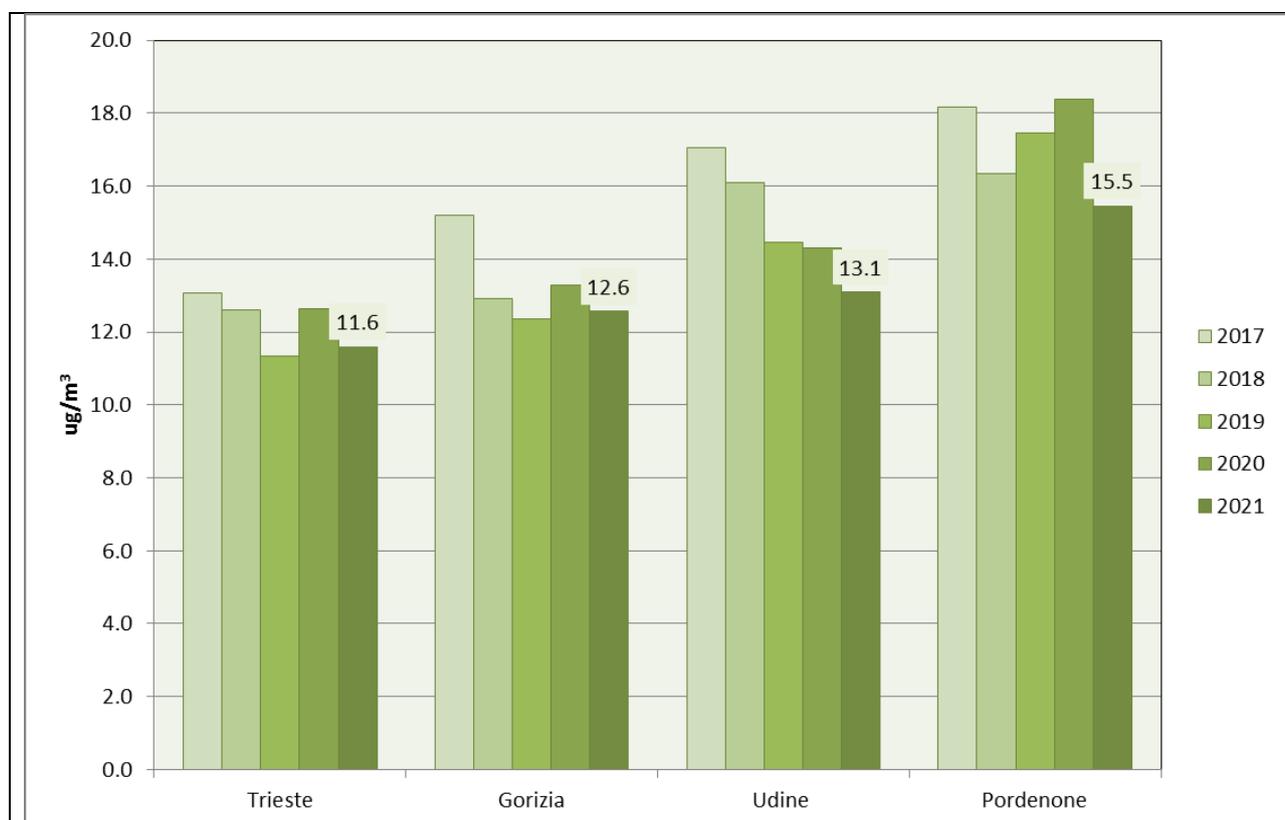


Figura 8 - Valori medi annuali di PM2.5 sul territorio regionale, in evidenza il dato del 2021.

La Figura 9 riporta le distribuzioni mensili dei dati di PM2.5 tramite un grafico chiamato “box plot” in cui la base di un rettangolo colorato rappresenta il 25° percentile, la linea nera il 50°, il lato

superiore il 75°, i segmenti verticali superiori arrivano fino a (circa) il 90° percentile e il segmento verticale inferiore fino a (circa) il 10° (vedasi il glossario in calce per la definizione di “percentile”).

L'andamento della media trascinata su 15 giorni della percentuale di PM2.5 contenuto nel PM10 è invece riportato in Figura 10; si evidenzia una sostanziale stabilità su tutto il territorio regionale, ma spicca la città di Trieste che, nel periodo ottobre-novembre risultato particolarmente ventoso nel 2021, mostra avere una polvere meno ricca della frazione PM2.5; questo è verosimilmente dovuto alla Bora che tende a risollevarsi e rimettere in aria il particolato di maggiori dimensioni.

RELAZIONE SULLA QUALITÀ DELL'ARIA NELLA REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA - ANNO 2021

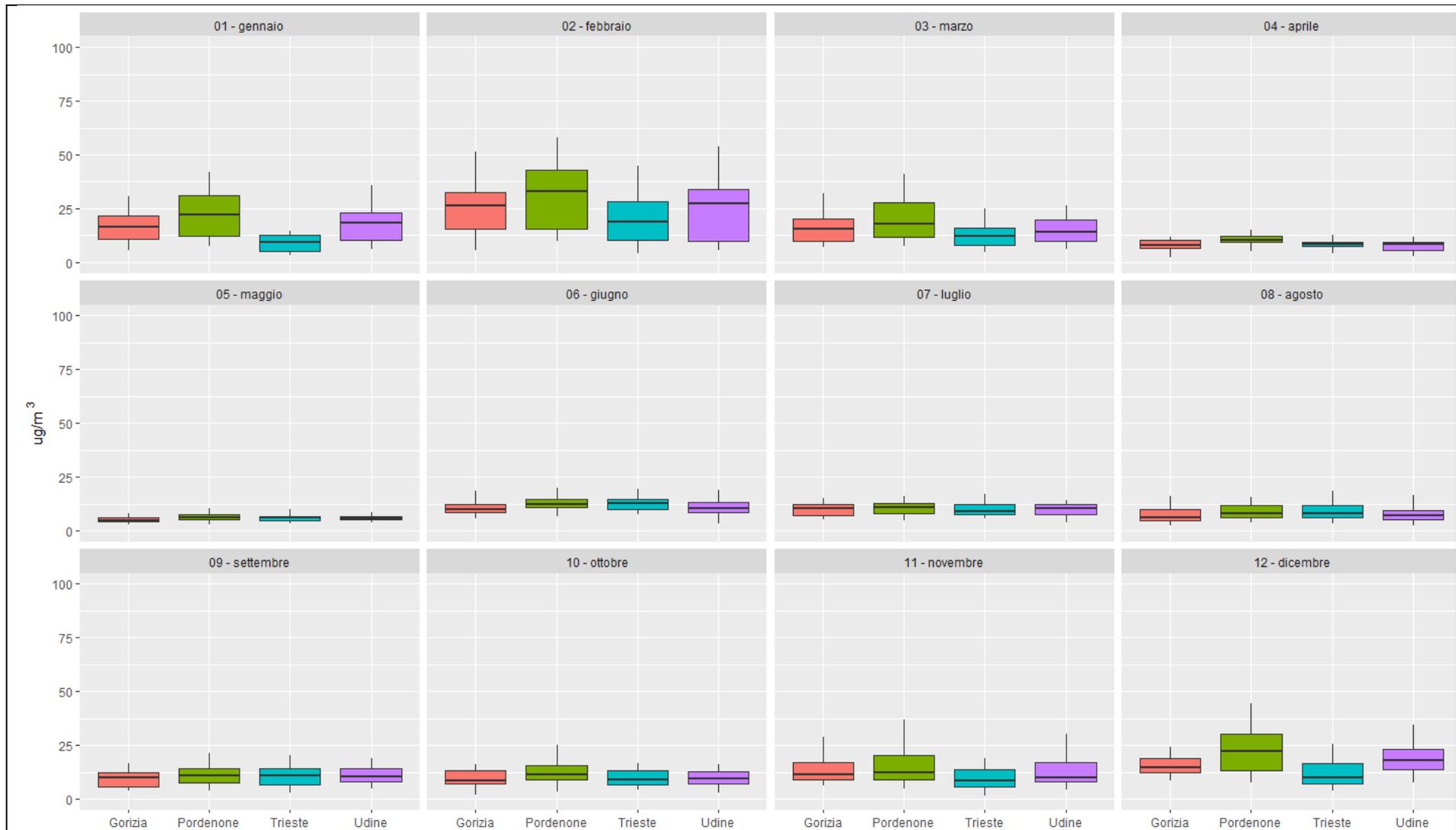
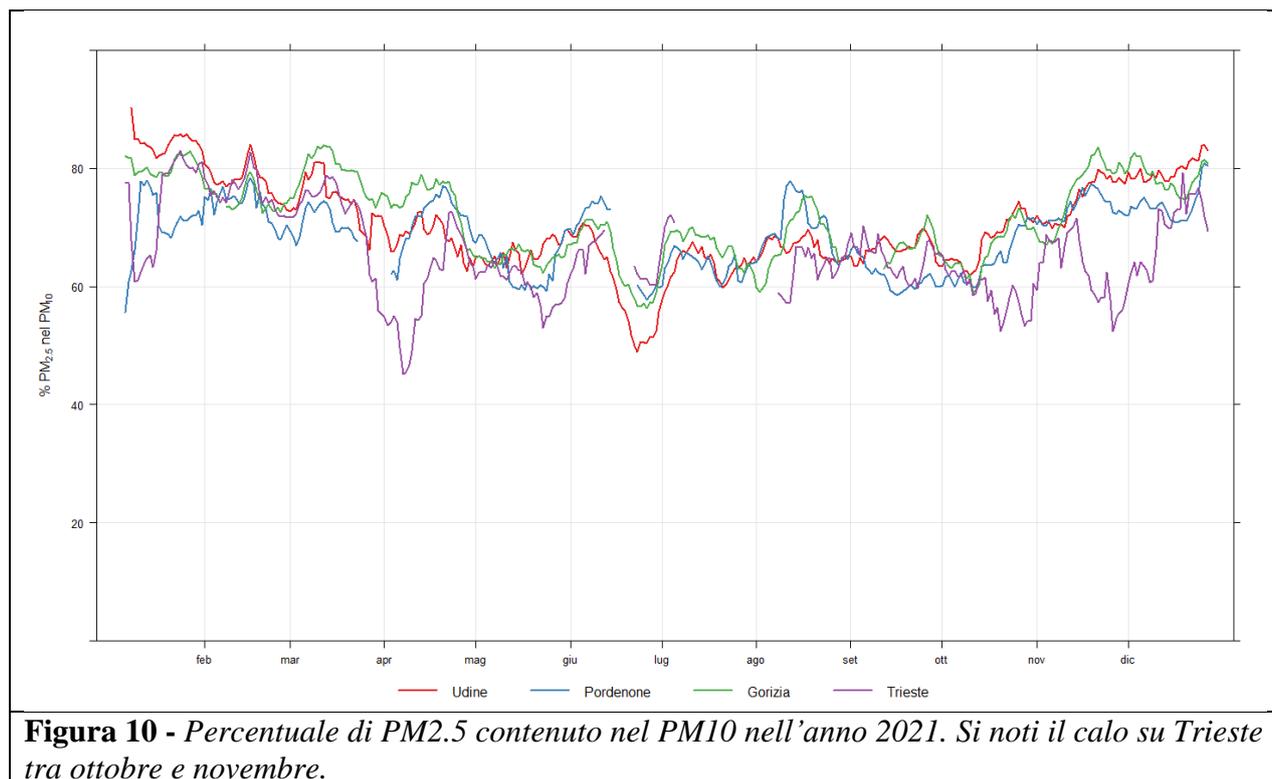


Figura 9 - Box-plot mensile per il PM2.5 nell'anno 2021. Si noti il tipico abbassamento nel periodo primaverile-estivo e i valori sensibilmente più alti misurati a Pordenone. La base di un rettangolo colorato rappresenta il 25° percentile della distribuzione, la linea nera il 50°, il lato superiore il 75°, i segmenti verticali superiori arrivano fino a (circa) il 90° percentile e il segmento verticale inferiore fino a (circa) il 10°. Vedasi il glossario per la definizione di percentile.



Il PM10

La Tabella 4 riporta i limiti vigenti per il PM10 previsti dal D.Lgs155/2010 e i valori di riferimento consigliati dall'OMS.

Denominazione	Valore di riferimento/limite	Periodo di mediazione
Valore limite per la protezione della salute umana (D.Lgs 155/2010)	50 µg/m ³	Media giornaliera da non superare per più di 35 volte in un anno civile
Valore limite annuale per la protezione della salute umana (D.Lgs 155/2010)	40 µg/m ³	Media annua
Valori di riferimento OMS	50 µg/m ³	Media giornaliera da non superare per più di 3 volte in un anno civile
	20 µg/m ³	Media annua

Per quanto riguarda il PM10 invece c'è da dire che **il 2021 ha visto un minor numero di superamenti dei limiti di legge delle concentrazioni medie giornaliere di PM10 rispetto agli anni precedenti.** La Tabella 5 rappresenta il quadro sinottico dei tenori di PM10 sul territorio regionale misurati dalle competenti stazioni di monitoraggio; si evidenzia facilmente come il problema delle polveri interessi di più il pordenonese, mentre la zona montana e costiera possono godere di un'aria migliore.

Tabella 5 - PM10, medie annuali e numero di superamenti negli ultimi 5 anni.											
		Medie annuali					Superamenti annui				
Stazione	Sigla	2017	2018	2019	2020	2021	2017	2018	2019	2020	2021
Sacile	SCL	30.9	29.2	28.3	27.2	24.3	50	38	39	52	38
Morsano	MO R	29.1	27.6	27.9	28.5	25.4	45	20	38	50	35
Brugnera	BRU	30.5	26.2	26.9	28.1	24.4	61	34	47	67	36
Pordenone	PNC	26.4	22.9	24.5	25.6	21.9	39	13	24	38	20
Porcia	POR	24.4	21.7	21.7	23.3	21.9	38	11	15	36	21
Osoppo	OPP	21.1	21.8	21.6	20.0	20.5	16	2	9	15	10
Udine - via S. Daniele	SDN	22.8	20.5	20.6	21.2	19.2	26	8	11	22	12
Udine - via Cairoli	CAI	22.8	20.3	19.6	19.6	18.2	24	5	8	13	9
Trieste - P.zza Volontari Giuliani	PVG	20.9	20	18.4	18.2	18.9	16	4	7	5	8
Trieste - P.zza Carlo Alberto	PCA	19.9	20.4	18.6	17.6	17.3	20	5	11	12	12
Trieste - via Carpineto	CAR	21.7	19.1	19.3	18.1	15.4	18	5	10	15	10
Udine - S. Osvaldo	OSV	20.4	17.9	17.9	18.5	17.2	20	4	8	14	11
Gorizia	AOS	19.4	17.6	17.6	18.7	17.4	20	3	5	10	9
S. Giovanni al Natisone	SGV	20.0	17.4	18.2	17.6	16.8	21	3	11	13	9
Monfalcone - Area verde	MA V	18.8	18	17.3	16.6	14.6	17	3	7	10	7
Trieste - P.le Rosmini	ROS	/	18.9	18.2	18.6	16.1	/	1	10	10	7
Tolmezzo	TOL	15.0	13.8	13.8	14.5	14.5	4	0	2	5	2
Trieste - Basovizza	SIN	12.9	13.6	11.8	11.2	10.4	0	1	3	3	1
Ugovizza	UG O	10.9	11.4	10.2	10.1	10.4	0	0	0	2	2

Al fine di poter dare preziose indicazioni sullo stato della qualità dell'aria su tutto il territorio regionale, ARPA FVG integra i dati sperimentali provenienti dalla rete di monitoraggio della qualità dell'aria con le simulazioni numeriche fotochimiche al fine di ottenere delle mappe di risoluzione spaziale di 2km x 2km.

Questa operazione di unione è realizzata tramite una procedura chiamata Universal Kriging: un metodo di regressione usato nell'ambito della geostatistica che permette di interpolare una grandezza nello spazio partendo da un insieme ristretto di misure note e da un campo descrittore ausiliario in grado di guidare l'interpolazione stessa.

Le misure di qualità dell'aria usate sono appunto quelle rilevate dalle stazioni di fondo della rete di monitoraggio regionale, mentre i descrittori ausiliari sono generati dalla catena modellistica operativa meteo-fotochimica WRF-FARM.

I campi guida utilizzati per la spazializzazione degli indicatori calcolati a partire dalle misurazioni delle stazioni di fondo sono i campi bidimensionali degli stessi indicatori calcolati però utilizzando gli output delle corse del modello FARM che girano operativamente presso il Centro Regionale di Modellistica Ambientale di ARPA FVG.

Nella Figura 11 viene riportata la simulazione numerica per la media annuale di PM10 sul territorio regionale e per il numero di superamenti annui della soglia di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$; anche da queste mappe si può evincere quanto già esposto circa le criticità riscontrate nel pordenonese.

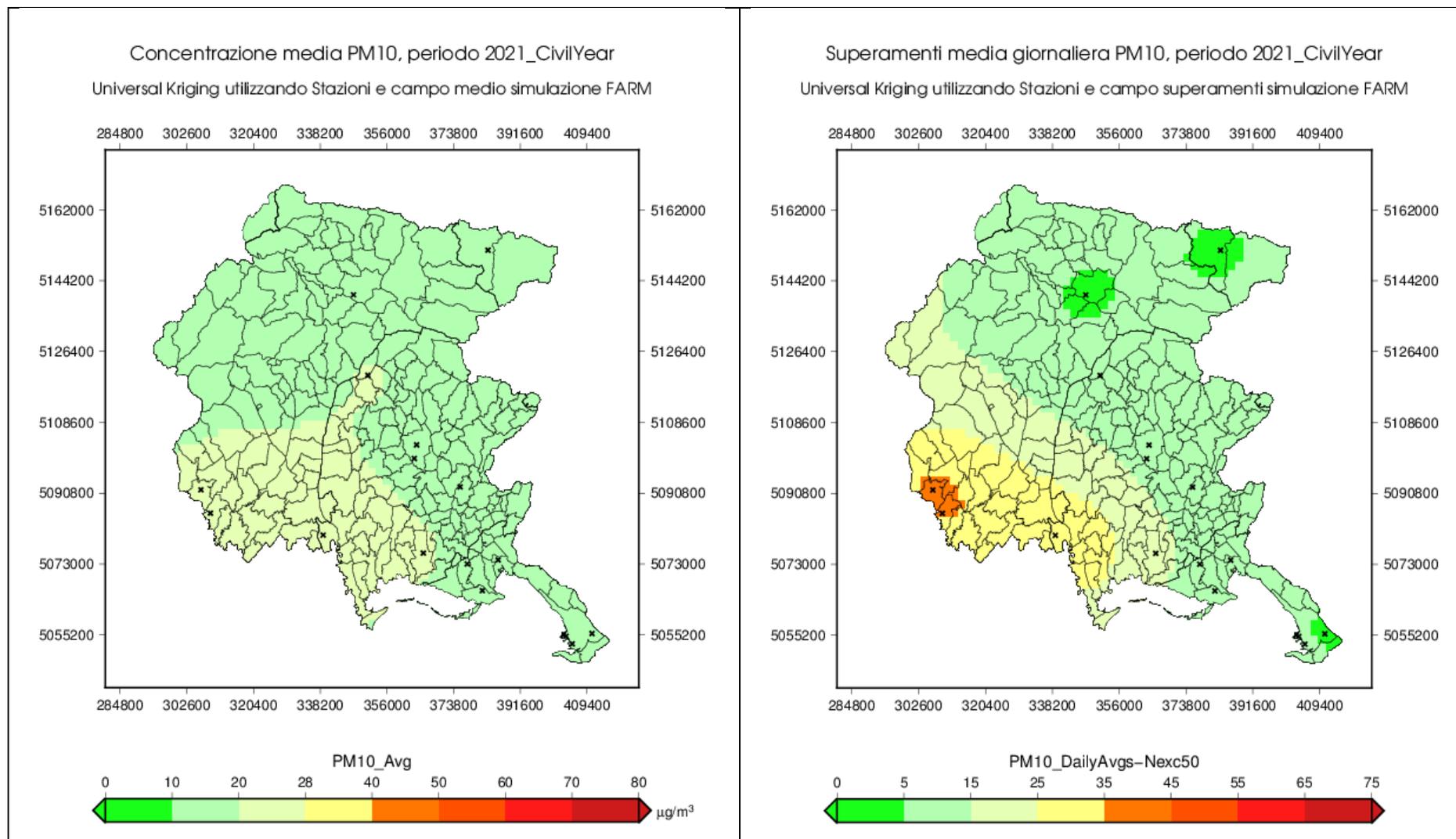


Figura 11 - A sinistra la simulazione delle concentrazioni medie annue di PM10 sul territorio regionale e a destra del numero di superamenti annui.
La simulazione numerica è eseguita a partire dai dati sperimentali registrati dalla rete di monitoraggio della qualità dell'aria.

OZONO

L'ozono [O₃] è un gas instabile scoperto nel 1840, ha un odore pungente caratteristico ed essendo fortemente ossidante è in grado di causare forte irritazione alle mucose e agli occhi. E' un inquinante quasi interamente secondario, cioè non è emesso direttamente da sorgenti antropiche o naturali, ma si forma nella parte più bassa dell'atmosfera (troposfera) a seguito di reazioni chimiche che avvengono in presenza di forte insolazione e coinvolgono tra gli altri, ossidi di azoto, alcuni composti organici volatili e il monossido di carbonio. I composti organici volatili precursori dell'ozono provengono in buona parte dall'utilizzo di solventi o da sorgenti naturali. La Tabella 6 riporta i limiti di legge (D.Lgs 155/2010) previsti per questo inquinante e i valori soglia consigliati dall'Organizzazione Sanitaria Mondiale (OMS).

Denominazione	Valore di riferimento/limite	Periodo di mediazione
Valore obiettivo a lungo termine (OLT) per la protezione della salute umana (D.Lgs 155/2010)	120 µg/m ³	media massima giornaliera calcolata su 8 ore nell'arco di un anno civile
Valore obiettivo per la protezione della salute umana (D.Lgs 155/2010)	120 µg/m ³	Massima media giornaliera calcolata su 8 ore da non superare più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni
Soglia d'informazione (D.Lgs 155/2010)	180 µg/m ³	media oraria
Soglia di allarme (D.Lgs 155/2010)	240 µg/m ³	media oraria
OMS - High level	240 µg/m ³	media massima giornaliera su 8 ore
OMS - Interim target 1	160 µg/m ³	
OMS - Air quality guideline	100 µg/m ³	

Nella nostra regione **nel corso del 2021 non ci sono stati superamenti della soglia di allarme o della soglia d'informazione, ma si sono evidenziate criticità con la soglia dei 120 µg/m³** calcolata come media mobile su 8 ore (vedasi il glossario in calce per la definizione).

Il 2021 è stato un anno peggiore rispetto al triennio precedente, con un numero significativo di superamenti della soglia di 120 µg/m³, che hanno interessato sostanzialmente tutto il territorio regionale; **si assiste cioè al persistere di una criticità ambientale**: in 7 stazioni di monitoraggio su 11 la media dei superamenti negli ultimi 3 anni è superiore al limite di legge per il parametro valore obiettivo per la protezione della salute umana (Figura 12), 2 stazioni registrano valori di poco inferiori al limite previsto e solo le restanti 2 manifestano avere un numero molto contenuto di superamenti.

Va sottolineato come l'aumento dei superamenti nell'ultimo anno non sia affatto accompagnato da un contestuale rialzo dell'irraggiamento solare, come ci si aspetterebbe di primo acchito; anzi nel periodo più critico per questo inquinante (aprile – settembre) il 2021 mostra avere un irraggiamento solare sostanzialmente uguale a quello misurato nel 2020. Ciò a significare che l'aumento nei tenori di ozono è da ricercarsi in fattori di altra natura intimamente legati al complesso chimismo che la sostanza dimostra avere e alla naturale elevata reattività con molte altre sostanze (aerodisperse e non). La Figura 13 evidenzia quanto appena asserito.

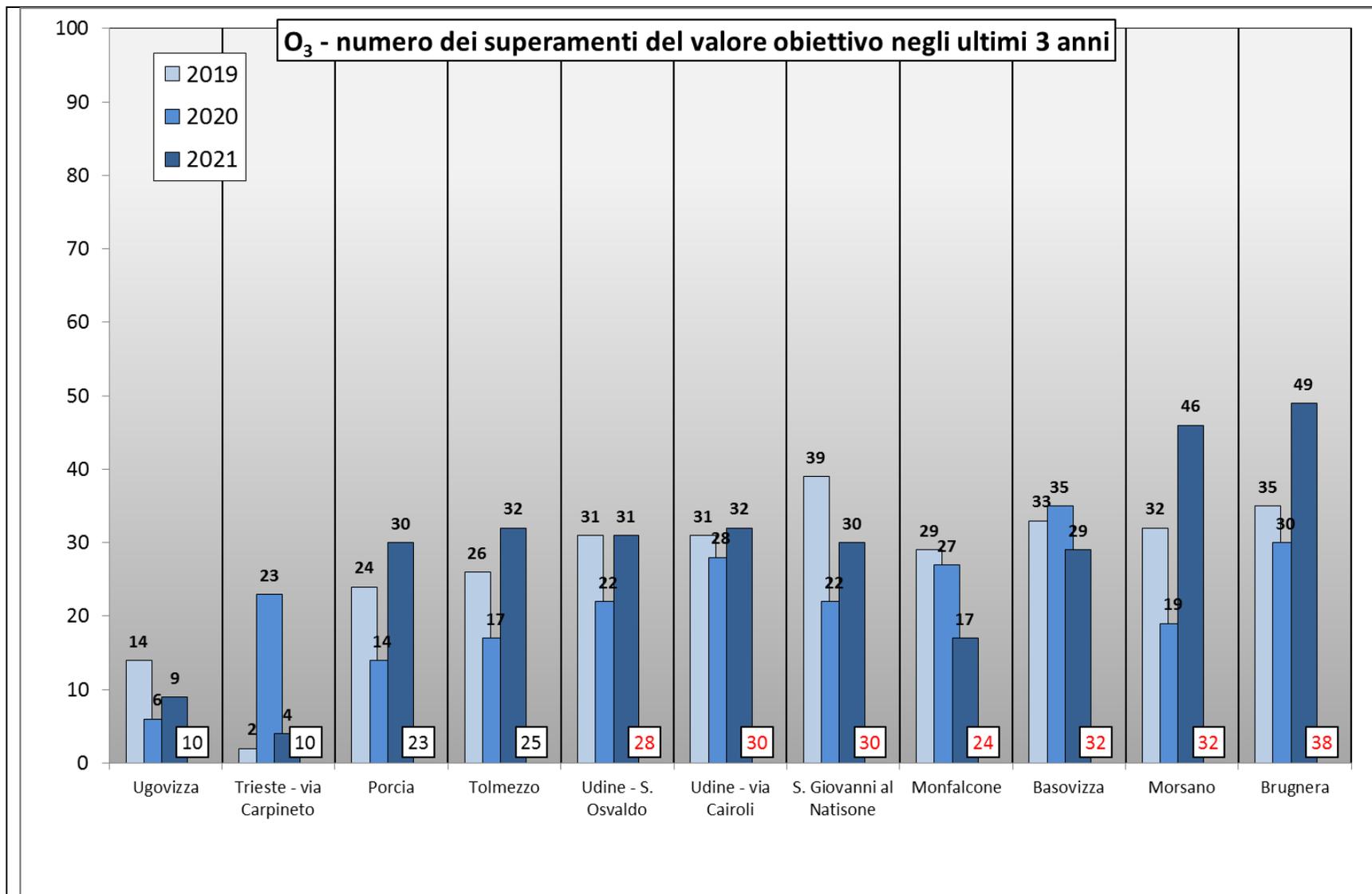
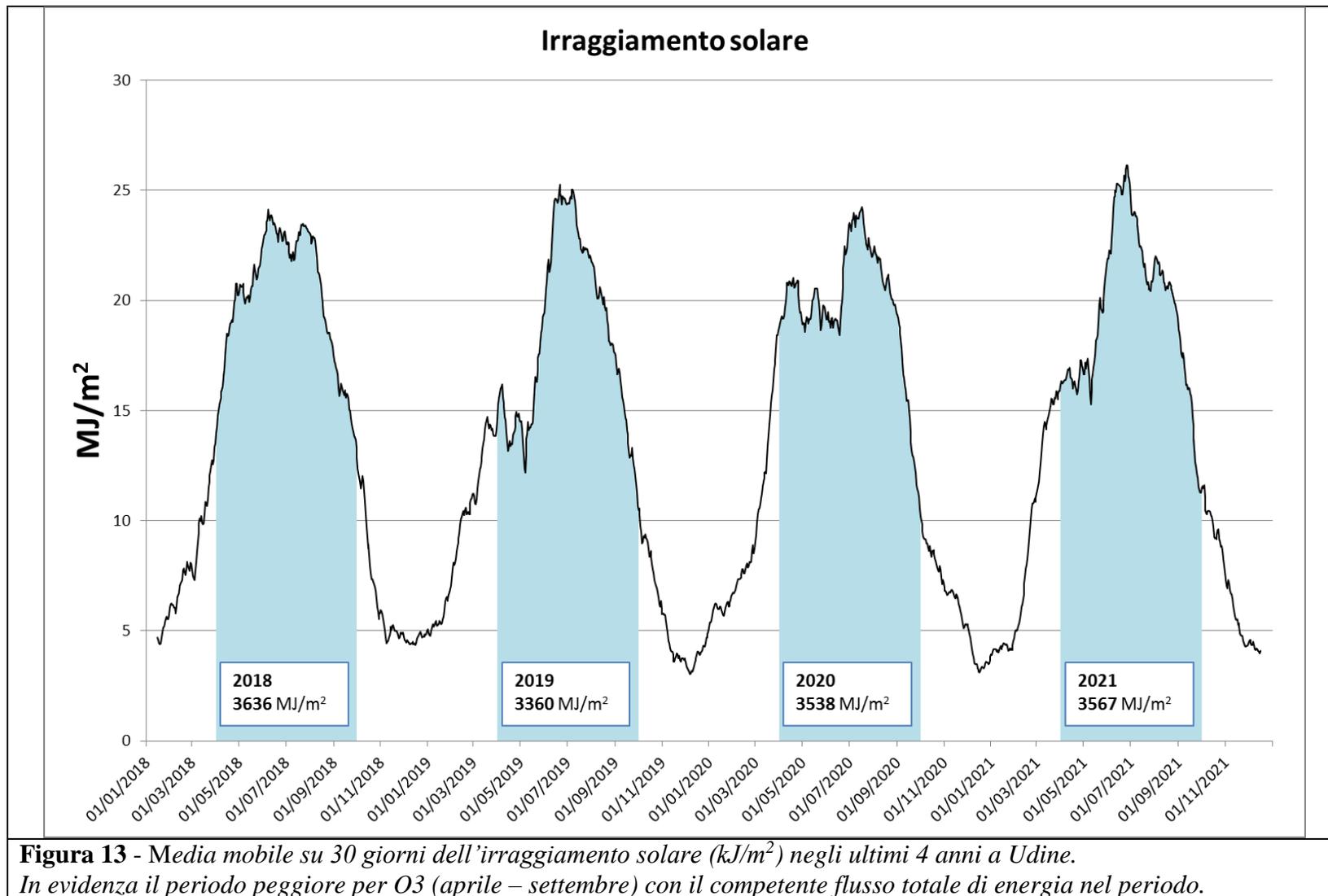
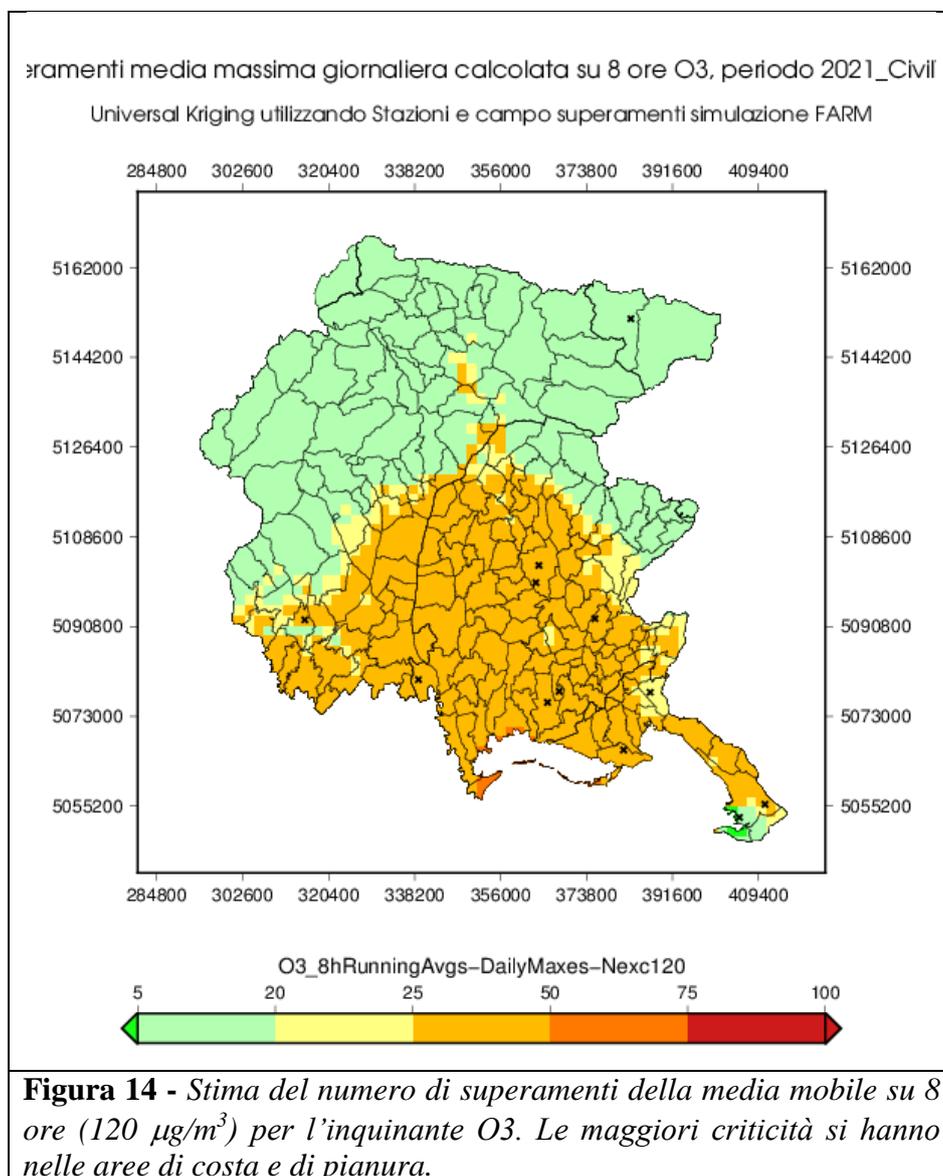


Figura 12 - Superamenti della soglia di 120 µg/m³ per O₃ negli ultimi 3 anni, in evidenza anche il numero medio nei tre anni. In rosso le medie triennali maggiori di 25 (massimo ammesso dalla normativa).



Così come visto per il PM10, anche nel caso dell'ozono è utile poter elaborare delle simulazioni numeriche atte a generare delle mappe del territorio regionale al fine di poter dare delle indicazioni di carattere areale sullo stato della qualità dell'aria rispetto a questo inquinante.

Nella Figura 14 viene riportata la simulazione numerica per il numero di superamenti annui della soglia dei $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ calcolati come media mobile su 8 ore, **le maggiori criticità si hanno nel pordenonese, nelle aree di costa e, in misura leggermente inferiore, nelle aree di pianura.**



BENZENE

Il benzene è un idrocarburo con formula bruta C_6H_6 in cui i sei atomi di carbonio si dispongono a formare un anello esagonale; è un liquido incolore a temperatura ambiente e con un caratteristico odore. È presente nell'aria in fase vapore, con tempi di permanenza che variano da alcune ore ad alcuni giorni, in dipendenza dell'ambiente, del clima e della concentrazione degli altri inquinanti.

Le emissioni di benzene si originano prevalentemente dai processi di combustione per la produzione di energia e per il trasporto, dal riscaldamento domestico e dai processi evaporativi presso i siti produttivi e di distribuzione del carburante. In virtù del suo potere antidetonante il benzene è molto

usato nei carburanti e non stupisce il fatto che la principale fonte di questo inquinante è costituita proprio dal traffico veicolare.

Sono accertati effetti avversi gravi quali emotossicità, genotossicità e cancerogenicità. Il benzene è stato classificato dalla IARC nel gruppo 1 cioè cancerogeno accertato per l'uomo; vi è dunque sufficiente evidenza di cancerogenicità. Secondo OMS in conseguenza dell'accertata cancerogenicità del benzene non è possibile stabilire livelli di esposizione al di sotto dei quali non c'è rischio di sviluppo degli effetti avversi.

In Friuli Venezia Giulia **le concentrazioni di benzene sono diminuite in modo significativo già dalla seconda metà degli anni 2000 e hanno raggiunto livelli minimi ampiamente al di sotto delle soglie previste per la protezione della salute umana.** In Tabella 7 sono riportati i limiti di concentrazione ammessi dalla normativa nazionale.

Denominazione	Valore di riferimento/limite	Periodo di mediazione
Valore limite per la protezione della salute umana (D.Lgs 155/2010)	5 µg/m ³	media annua

Nella Tabella 8 sono riportati i valori medi annuali misurati nella rete minima e di supporto negli ultimi 5 anni; **i dati sono ben rassicuranti.** Si riscontra anche quest'anno una sostanziale stabilità su valori marcatamente al di sotto del limite.

	2017	2018	2019	2020	2021
Trieste - p.zza Volontari Giuliani	2.5	2.4	1.7	1.3	1.5
Trieste - p.le Rosmini	/	1.3	2.1	1.5	0.7
Trieste - p.zza Carlo Alberto	1.9	1.8	1.3	1.0	1.0
Udine - via S. Daniele	1.4	1.3	1.2	1.3	1.3
Brugnera	0.8	1.8	1.5	1.6	1.1
Udine - via Cairoli	1.3	1.1	0.5	0.4	0.4
Monfalcone area verde	/	/	/	0.6	0.6

Nella Figura 15 viene riportato un box-plot delle concentrazioni orarie di benzene rilevate nel 2021, dalla figura si evince come, nelle 2 postazioni a destra in figura, entrambe stazioni da traffico, il 90% delle misure orarie è superiore a circa 0.5 µg/m³ che è dunque un valore di fondo per tale tipologia di sito.

Nella Figura 16 sono riportati i valori medi (e competenti intervalli di confidenza al 95%) registrati nel 2021 nelle stazioni da traffico urbano di piazza Volontari Giuliani (Trieste) e via S. Daniele (Udine); si noti l'abbassamento delle concentrazioni nel periodo estivo a causa della maggior instabilità atmosferica e conseguente aumento della dispersione degli inquinanti, l'abbassamento nel fine settimana a causa della diminuzione del traffico veicolare.

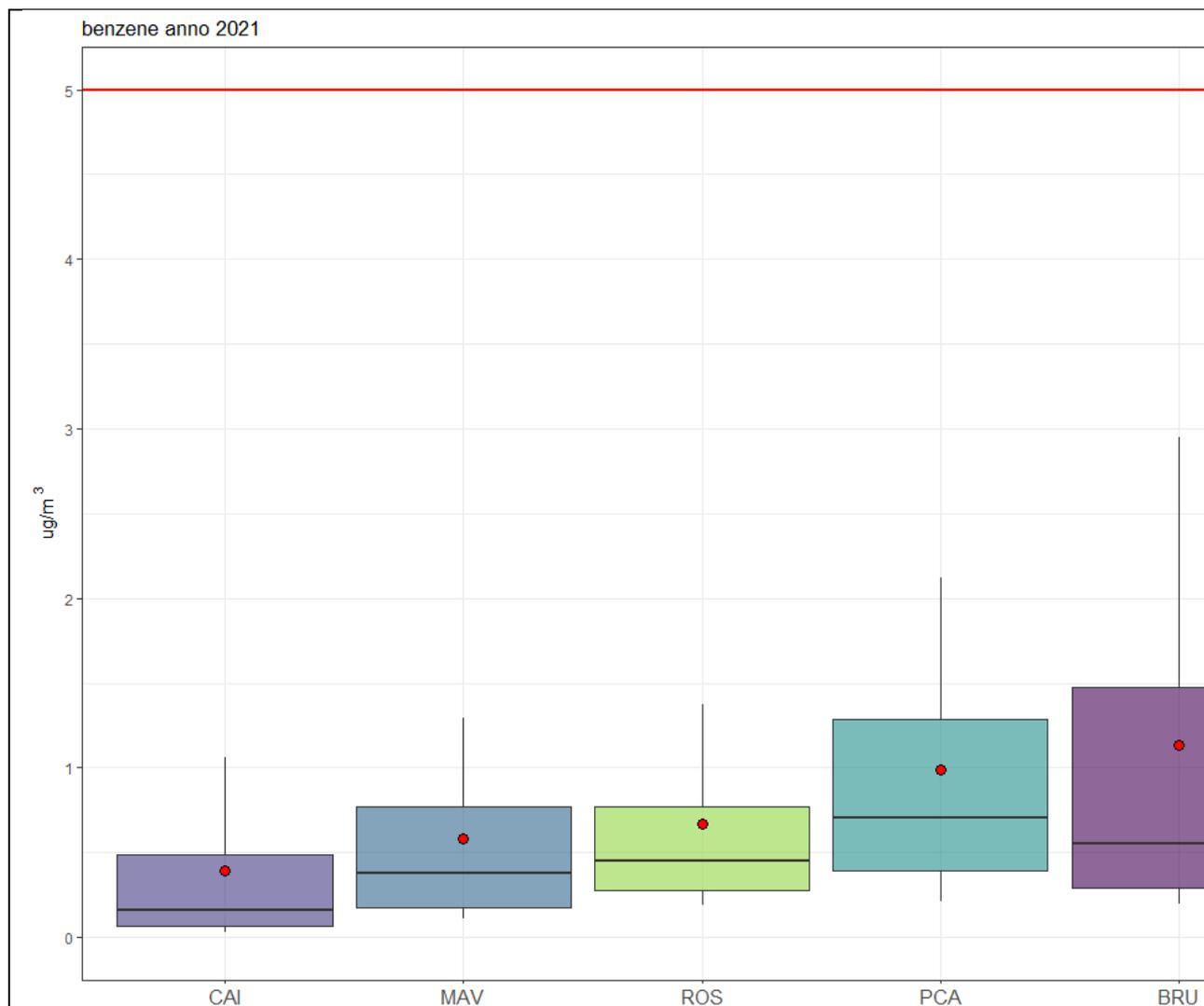


Figura 15 - Boxplot delle concentrazioni orarie di benzene rilevate in FVG nel 2021. Vedasi la Tabella 1 per il significato delle sigle (postazioni di misura) riportate in ascissa. La base di un rettangolo colorato rappresenta il 25° percentile, la linea nera il 50°, il lato superiore il 75°, il punto rosso la media, il segmento verticale superiore arriva fino al 90° percentile e il segmento verticale inferiore scende fino al 10°. La linea rossa rappresenta il limite annuale.

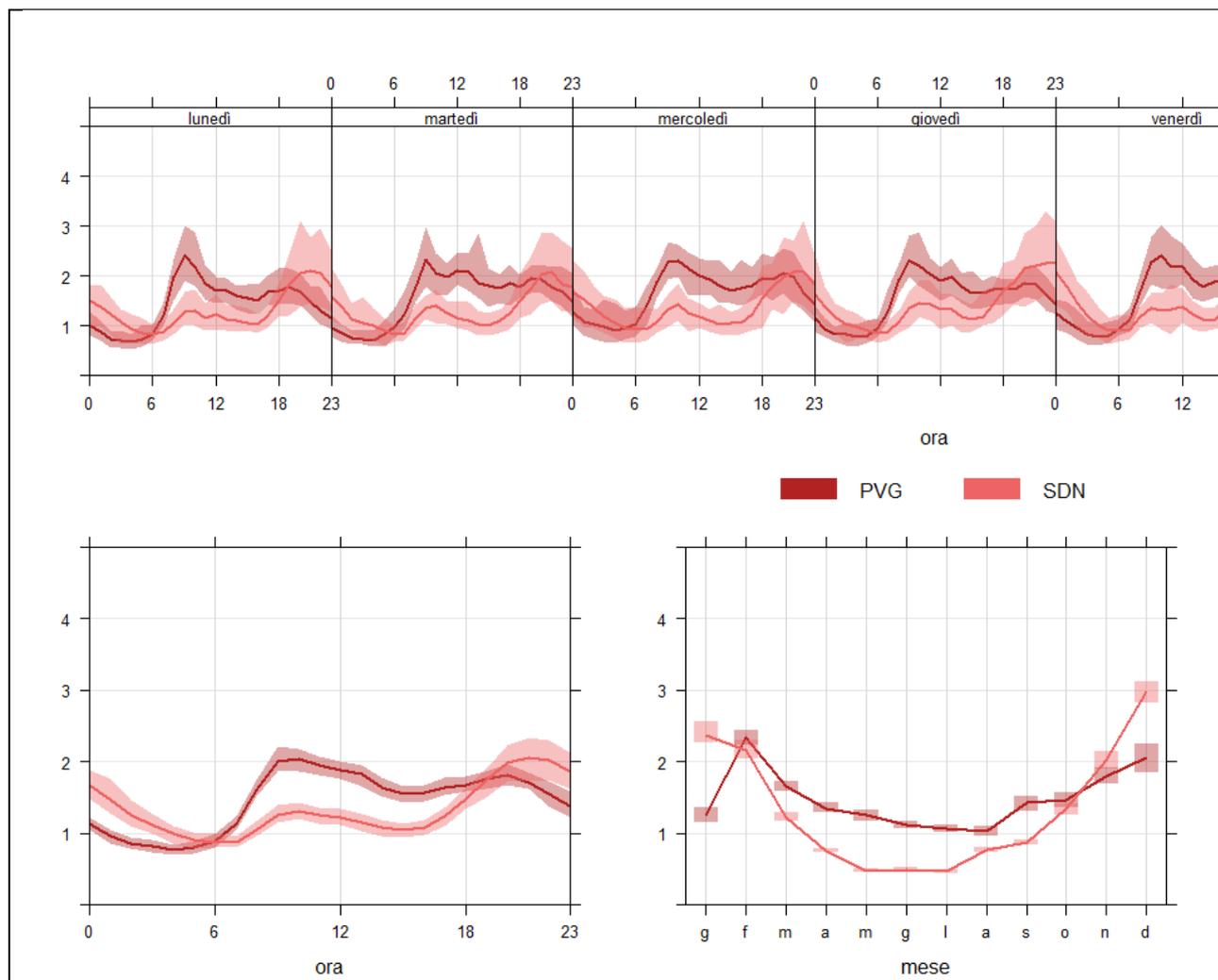


Figura 16 - Valori-tipo di benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) per l'anno 2021 in due stazioni da traffico urbano: piazza volontari Giuliani – Trieste (PVG rosso scuro) e via San Daniele – Udine (SDN rosso chiaro). In alto il profilo orario-settimanale, in basso a sinistra quello orario-annuo, in basso al centro quello mensile e infine, in basso a destra, quello settimanale-annuo. Pur se per certi aspetti simili, il comportamento delle due stazioni differisce a causa della diversa collocazione geografica delle postazioni di monitoraggio: una posta a ridosso di un'area marina con le caratteristiche brezze, l'altra posta al centro della pianura friulana.

BENZO[A]PIRENE

La combustione incompleta di materiali organici determina l'emissione in atmosfera d'idrocarburi policiclici aromatici (IPA) quasi totalmente adsorbiti sul materiale particolato. Tra gli IPA un ruolo di primaria importanza tossicologica lo riveste il benzo[a]pirene (BaP), molecola costituita da 5 anelli benzenici fusi tra loro e classificata dallo IARC come cancerogena per l'uomo (categoria 1). La presenza di BaP sulle polveri aerodisperse viene rilevata sul PM10 mediante complesse analisi chimiche condotte nei laboratori di ARPA FVG.

Le concentrazioni in aria ambiente di BaP sono attualmente regolamentate dal D.Lgs 155/2010 il quale fissa il limite di concentrazione sulla media annuale a 1 ng/m^3 . Mentre a livello nazionale detto limite è da intendersi come "valore obiettivo", ovvero una concentrazione da conseguire ove possibile e in base alle attuali tecnologie e conoscenze, a livello regionale la legge n° 1 del 13 febbraio 2012 stabilisce che debbano essere comunque adottate misure a protezione della salute umana in caso di superamenti e a prescindere dal tipo di stazione di monitoraggio utilizzata per la raccolta dei dati. L'OMS ha raccomandato un valore guida di 1 ng/m^3 per la concentrazione media annuale di B(a)P in aria.

Su una buona parte del FVG si registrano medie annue ben al di sotto del limite, **ma sussistono tuttavia problematiche in Carnia e nel pordenonese**. Degno di particolare attenzione è infatti il dato relativo a Tolmezzo, che si attesta sostanzialmente attorno al limite ammesso dalla vigente normativa e che risulta altresì sensibilmente superiore a quanto registrato l'anno precedente (0.63 ng/m^3). **Una situazione più leggera si riscontra invece nel territorio della pianura friulana, nel goriziano e nel triestino**. La Tabella 9 riporta le statistiche principali delle distribuzioni di BaP misurate nel 2021 sul territorio regionale.

Un discorso a parte meritano le misure di BaP effettuate a **Brugnera**. **Le misure effettuate riguardano il solo periodo invernale con un valore medio di 1.91 ng/m^3** . Questo valore non è però da considerarsi rappresentativo di un intero anno solare ai fini del succitato D.Lgs 155/2010, in quanto mancano i dati relativi al periodo estivo; in questo periodo su tutte le postazioni si registrano sistematicamente i valori più bassi dell'anno (circa 0.02 ng/m^3) che abbassano fortemente la media annuale. Usando questo valore per simulare il possibile valore estivo di Brugnera, si otterrebbe per questa postazione una media annuale che si attesta attorno al valore del limite di legge. A seguito di queste evidenze, pertanto, si è deciso di continuare con il monitoraggio del BaP nell'area di Brugnera al fine di valutarne l'effettiva quantificazione in termini di media annuale e l'eventuale sussistenza di un superamento del valore obiettivo stabilito dalla vigente normativa.

Tabella 9 - Parametri statistici principali rilevati per il BaP nel 2021 (ng/m^3)						
	Pordenone (PNC)	Brugnera (BRU)	Udine (CAI)	Tolmezzo (TOL)	Gorizia (AOS)	Trieste (ROS)
minimo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25° percentile	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
50° percentile	0.2	0.9	0.1	0.2	0.1	0.1
Media annuale	0.58	(*)	0.64	0.98	0.62	0.19
75° percentile	0.8	2.5	0.8	1.7	1.1	0.3
Massimo	4.9	17.5	4.4	7.4	3.7	1.3
Giorni monitorati	355	175	356	336	347	355
<i>(*) dato non rappresentativo in quanto manca completamente il monitoraggio nel periodo estivo; si riporta ugualmente nel testo il dato per completezza di informazione.</i>						

La Figura 17 riporta il valore medio stagionale per ogni stazione di monitoraggio, **come si po' vedere i livelli elevati di BaP sono tipicamente rilevabili durante l'inverno** e ciò a causa dell'utilizzo di generatori di calore (caldaie, stufe, camini e altri apparecchi domestici) alimentati con legna da ardere o varie biomasse combustibili tra cui cippato e pellet. Questa evidenza è confermata dalla correlazione esistente tra la concentrazione media mensile del levoglucosano (uno zucchero che si genera dalla combustione della cellulosa) e la concentrazione media mensile del BaP.

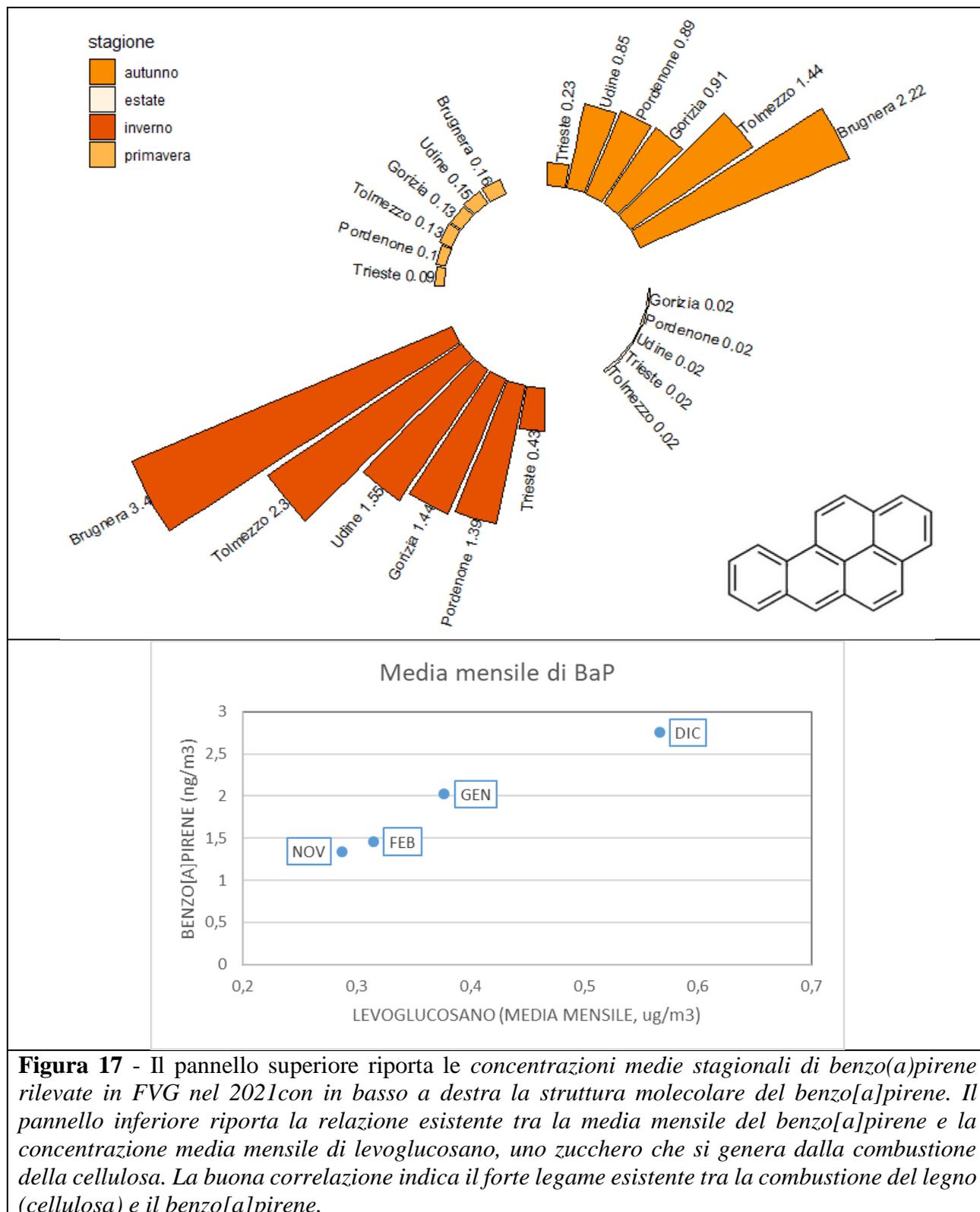


Figura 17 - Il pannello superiore riporta le *concentrazioni medie stagionali di benzo(a)pirene* rilevate in FVG nel 2021 con in basso a destra la *struttura molecolare del benzo[a]pirene*. Il pannello inferiore riporta la *relazione esistente tra la media mensile del benzo[a]pirene e la concentrazione media mensile di levoglucosano, uno zucchero che si genera dalla combustione della cellulosa*. La buona correlazione indica il forte legame esistente tra la combustione del legno (cellulosa) e il benzo[a]pirene.

A conclusione di questo paragrafo si riporta che il monitoraggio di BaP a Ugovizza è stato sospeso già nel 2020 dopo che per il terzo anno consecutivo si sono registrati valori medi annuali di bassa entità (si rimanda alla relazione del 2020 per maggiori dettagli); lo strumento necessario al campionamento è stato perciò spostato a Brugnera dove è in funzione dal 2021.

METALLI E SEMIMETALLI

I principali metalli e semimetalli presenti in aria ambiente sono: piombo, arsenico, cadmio e nichel. ARPA FVG monitora anche altri metalli aerodispersi in prossimità di specifici impianti industriali al fine di poter usare i dati raccolti come indicatori indiretti della corretta gestione degli impianti stessi; questi dati non sono però oggetto della presente relazione e si rimanda a specifici approfondimenti dedicati ai siti industriali.

Piombo, arsenico, cadmio e nichel sono presenti nelle polveri PM10 delle quali sono una parte costitutiva e vengono analizzati grazie a complesse analisi chimiche svolte nei laboratori di ARPA FVG. La Tabella 10 riporta alcune informazioni su questi quattro importanti elementi.

Tabella 10 - Informazioni sui principali metalli e semimetalli aerodispersi		
Elemento	Utilizzi principali e possibili fonti antropiche	Effetti sulla salute (così come reperiti dalle linee guida OMS)
Cadmio (Cd)	Può essere presente nei pigmenti, nelle leghe, negli stabilizzanti per materie plastiche, nelle miscele e fanghi, nelle batterie, nei fertilizzanti di sintesi a base di fosfati e nei combustibili fossili.	I reni, il fegato e le ossa sono gli organi bersaglio di questo metallo. A seguito di esposizione cronica dà origine a malattie renali, osteoporosi, tumore al polmone, malattie cardiovascolari.
Piombo (Pb)	Può essere utilizzato in molti settori industriali e tecnologici. La fonte principale è stata la combustione delle benzine contenenti additivi al piombo alchile, fino al 2000, quando è stata proibita in tutta l'UE la commercializzazione delle benzine contenenti piombo.	Il 90% del piombo presente nell'organismo si lega al fosforo e al calcio depositandosi nelle ossa e nei denti. Si accumula in modo relativamente elevato anche nei reni ed in minor misura nel fegato e nel sistema nervoso. A seguito di esposizione cronica dà origine a malattie cardio-vascolari, aumento della pressione arteriosa, danni renali, affaticamento cronico, problemi neurologici gravi.
Nichel (Ni)	Può essere presente in molte leghe (anche per bigiotteria e conio), nel carbone e negli olii combustibili, nelle batterie, nelle ceramiche.	A seguito di esposizione cronica nei lavoratori (esposti a livelli generalmente più alti del resto della popolazione) è stata osservata nefrotossicità, comparsa di bronchiti croniche, ridotta funzionalità dei polmoni e problemi alla pelle. L'effetto più comune sulla salute è la reazione allergica.
Arsenico (As)	Può venire utilizzato nell'industria microelettronica, nella fabbricazione di semiconduttori, nella produzione di coloranti, nell'industria dei tessuti e della carta e nella lavorazione del vetro. Può essere presente in leghe anche come impurità non voluta.	L'organo bersaglio per i composti inorganici dell'arsenico è la pelle. A seguito di esposizione ripetuta nel tempo a basse dosi di arsenico, possono verificarsi lesioni cutanee, ipercheratosi e tumori della pelle.

Il D.Lgs 155/2010 pone delle soglie di concentrazione in aria ambiente per questi elementi, ma si sottolinea come queste soglie, ad esclusione di quella per il piombo, sono classificate come “valore obiettivo”; sono cioè valori da conseguire, ove possibile, in base alle attuali tecnologie e conoscenze. La Tabella 11 riporta i valori previsti per questi quattro importanti elementi chimici.

Elemento	Denominazione della soglia	Valore di riferimento/limite	Periodo di mediazione
Piombo	Valore limite per la protezione della salute umana	0.5 µg/m ³ (500 ng/m ³)	media annua
Arsenico	Valore obiettivo per la protezione della salute umana	6.0 ng/m ³	
Nichel	Valore obiettivo per la protezione della salute umana	20.0 ng/m ³	
Cadmio	Valore obiettivo per la protezione della salute umana	5.0 ng/m ³	

Il 2021 si conferma un anno in cui i valori di concentrazione dei metalli e semimetalli sono stati abbondantemente al di sotto dei limiti di legge su tutto il territorio regionale. Tutte le valutazioni condotte in questi anni confermano che questi inquinanti sono al di sotto della più cautelativa “soglia di valutazione inferiore”, ovvero quella soglia cautelativa prevista per legge e per la quale non sarebbe neppure necessario il monitoraggio continuativo.

La Figura 18 dà evidenza grafica dei profili dei due siti di indagine negli ultimi quattro anni; si evince una **sostanziale stabilità temporale su valori molto bassi** rispetto ai limiti di legge e un ulteriore abbassamento dei livelli di piombo a Monfalcone.

La Tabella 12 riporta in veste numerica le concentrazioni medie annue misurate nella nostra regione nell'anno 2021; dalla tabella si deduce una discreta somiglianza tra i due siti indagati (Monfalcone e Udine).

Metallo	Udine – via Cairoli ng/m ³	Monfalcone – area verde ng/m ³
Arsenico	0.45	0.46
Cadmio	0.23	0.23
Nichel	1.23	1.49
Piombo	3.08	2.32

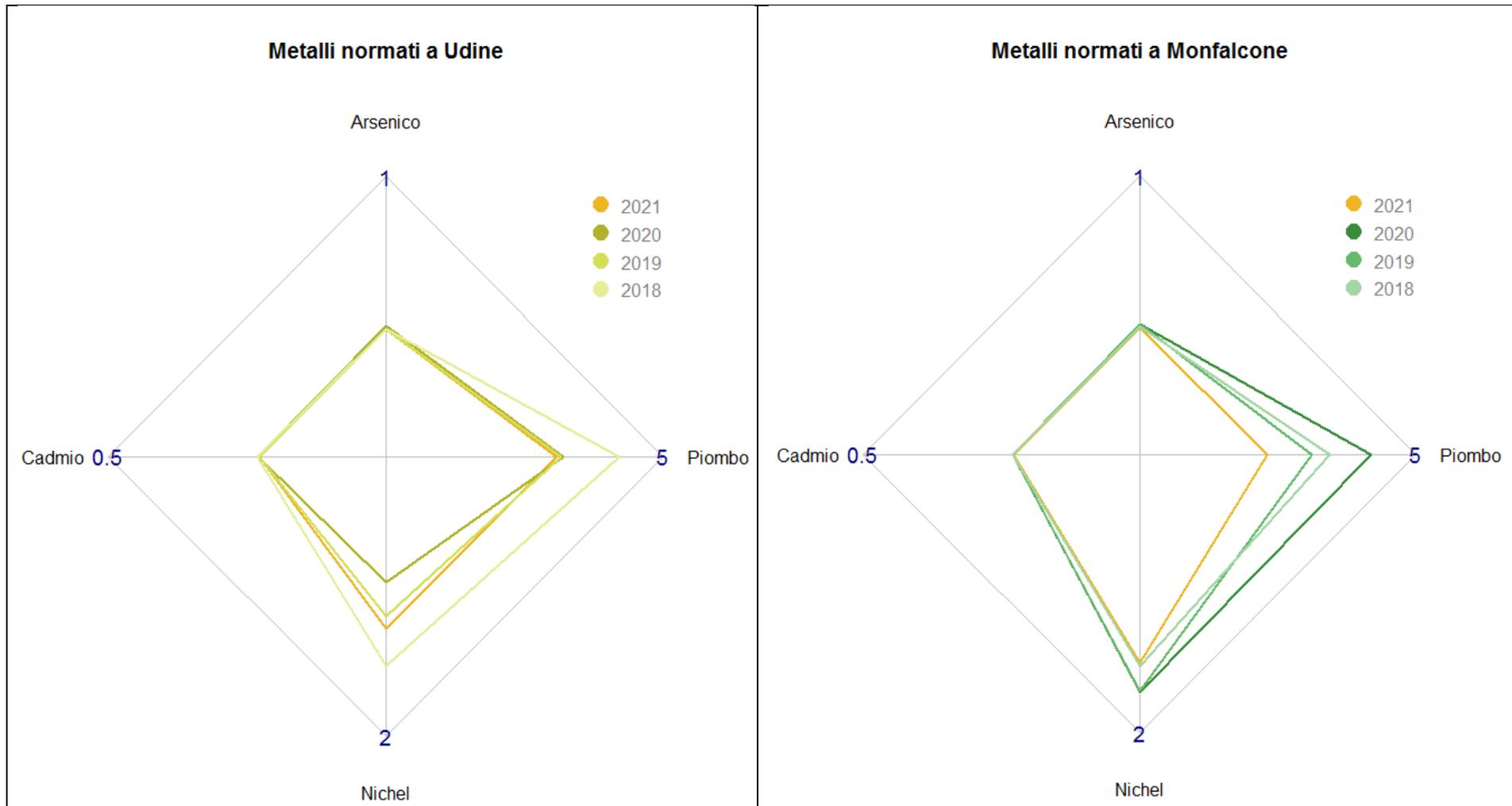


Figura 18 - Confronto tra le medie annuali dei quattro metalli normati. A sinistra Udine (via Cairoli) e a destra Monfalcone (area verde). Si noti come nei grafici il fondo scala, espresso in ng/m^3 e quantificato dal numero in blu, sia diverso da metallo a metallo. I riferimenti numerici usati nel grafico sono stati definiti solo per agevolare la visione degli andamenti in quanto i limiti di legge, riportati di seguito, sono molto più elevati (Arsenico: $6 \text{ ng}/\text{m}^3$; Cadmio: $5 \text{ ng}/\text{m}^3$; Nichel: $20 \text{ ng}/\text{m}^3$; Piombo: $500 \text{ ng}/\text{m}^3$)

MONOSSIDO DI CARBONIO

Il monossido di carbonio [CO] è un gas inodore ed incolore ed è prodotto principalmente dalla combustione incompleta dei combustibili organici quali carburanti per autotrazione, legna, oli combustibili eccetera. Una delle principali sorgenti di carattere non-industriale di CO è rappresentata dalle emissioni dei gas di scarico degli autoveicoli, ecco perché le concentrazioni in aria ambiente di questo inquinante tendono a salire nelle aree d'intenso traffico urbano. Altre fonti di CO sono rappresentate dalla produzione di energia elettrica, dal riscaldamento civile, oltre che dal trattamento dei rifiuti mediante incenerimento.

Come riportato nelle linee guida OMS, il monossido di carbonio ha la proprietà di fissarsi al ferro dell'emoglobina al posto dell'ossigeno impedendo dunque il trasporto di quest'ultimo, il composto che si genera, la carbossiemoglobina, è per di più estremamente stabile, dunque difficile da rigenerare l'emoglobina. Gli organi più colpiti dal CO sono il sistema nervoso centrale e il sistema cardiovascolare, soprattutto nei soggetti cardiopatici. Concentrazioni elevatissime di CO possono condurre a rapida morte del soggetto avvelenato conferendo alla cute la caratteristica colorazione rosso-ciliegia.

Grazie alla massiccia diffusione sul mercato europeo della marmitta catalitica già a partire dalla prima metà degli anni novanta del secolo scorso, si è assistito ad un rapido e efficace abbattimento dei tenori di CO in aria ambiente. A livello regionale questo inquinante da diversi anni oramai non rappresenta dunque più un problema ambientale: **le concentrazioni osservate sono sempre abbondantemente inferiori alle soglie previste e anche nel corso del 2021 non si sono registrati superamenti.**

Valori relativamente più alti di questo inquinante si riscontrano solo nelle aree caratterizzate da un maggior flusso di traffico, in Figura 19 si riportano i valori della media mobile su otto ore relativi alle postazioni triestine di piazza Volontari Giuliani (PVG), stazione da traffico urbano, e di via del Carpineto (CAR), stazione suburbana industriale; si evince subito dai tracciati che i livelli sono ben al di sotto del limite di legge.

Le concentrazioni in aria ambiente di CO sono attualmente regolamentate dal D.Lgs 155/2010 come modificato dal D.Lgs. 250/2012, recepimento della Direttiva Europea 2008/50/CE; accanto a detti cogenti limiti in Tabella 13 vengono riportati anche i valori consigliati dalle linee guida della Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS).

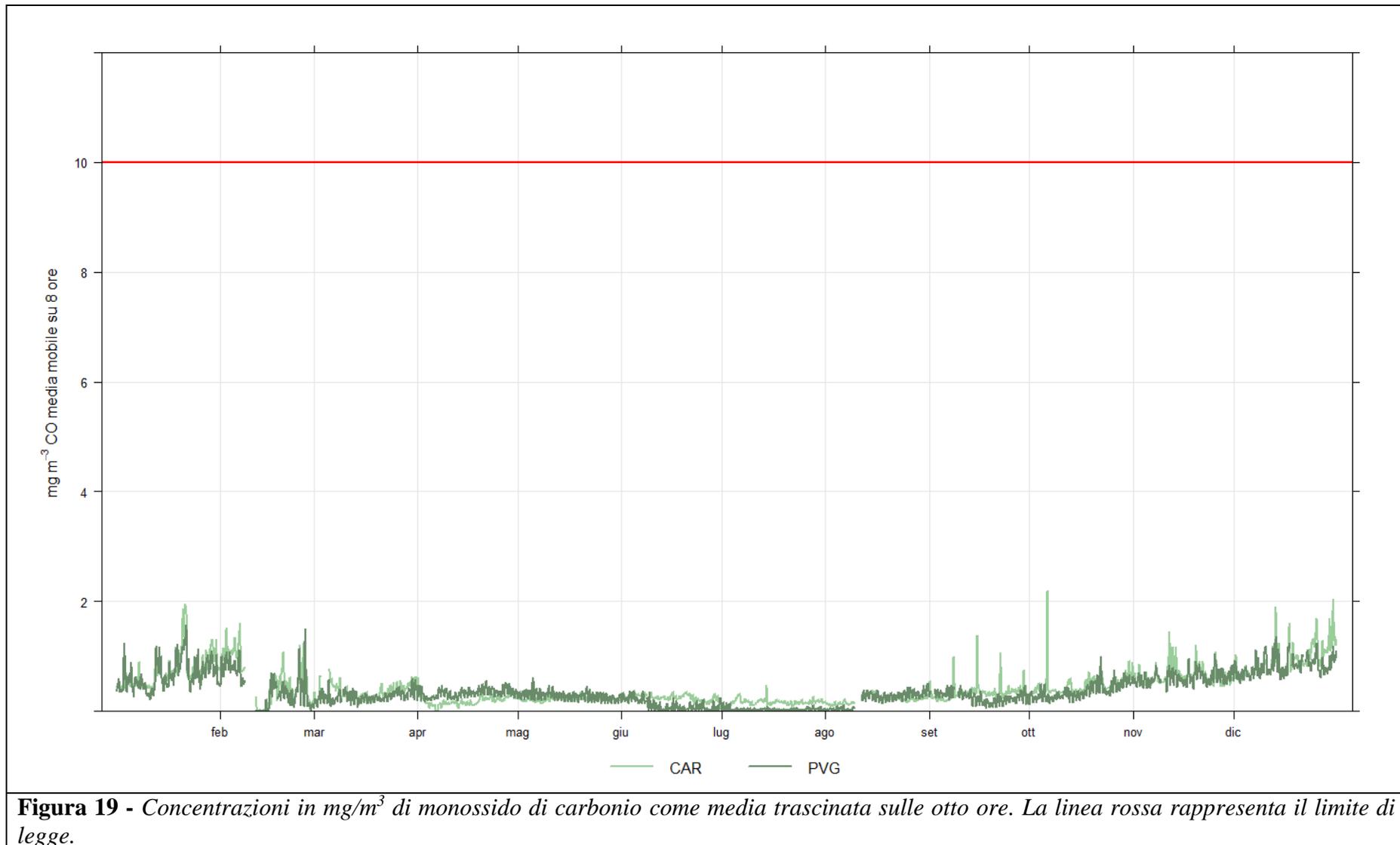


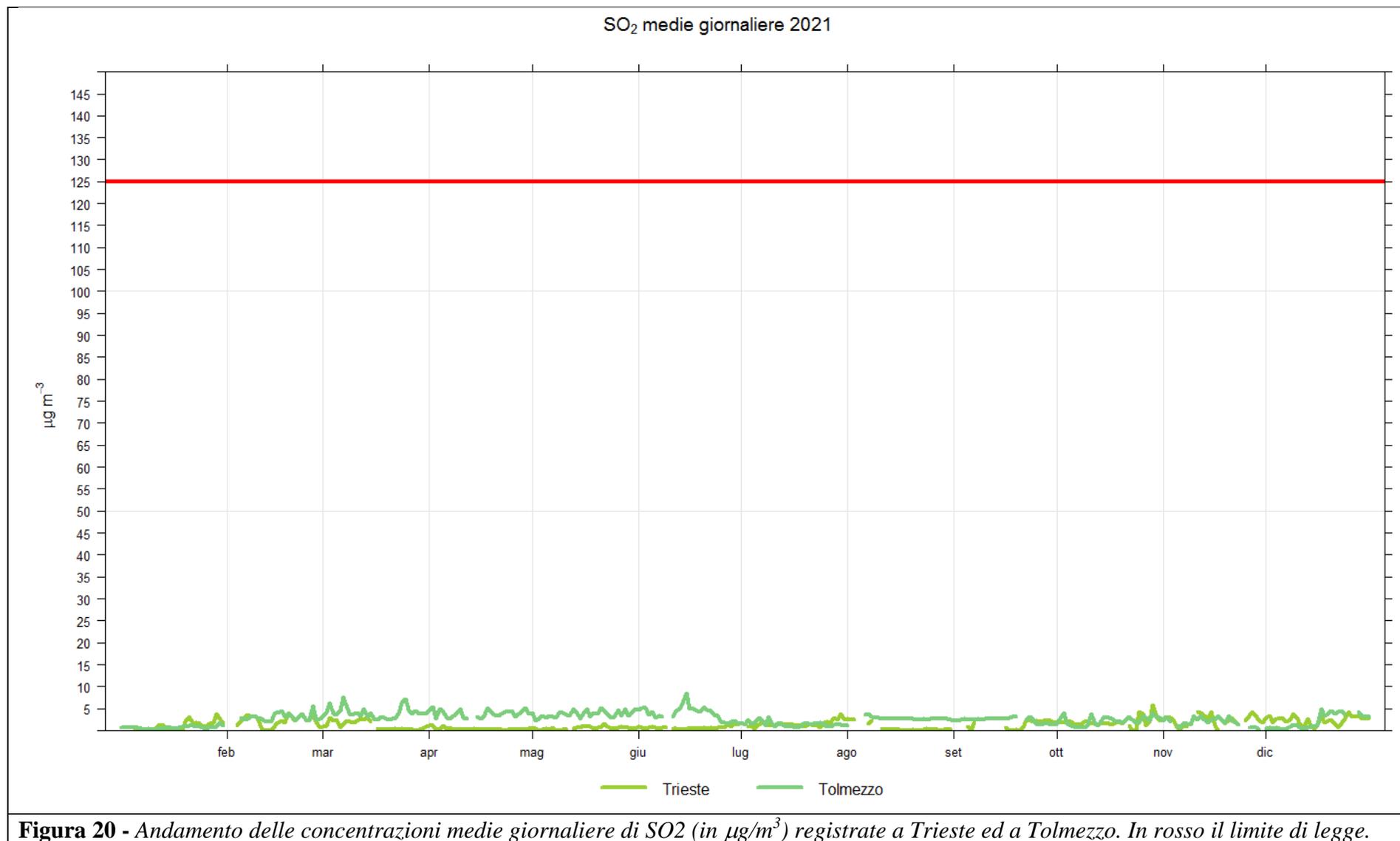
Tabella 13 - I limiti e i valori guida per il monossido di carbonio		
Denominazione	Valore di riferimento/limite	Periodo di mediazione
Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana (D.Lgs 155/2010)	10 mg/m ³	media massima giornaliera su 8 ore
Valori soglia (linee guida OMS)	100 mg/m ³	15 minuti
	60 mg/m ³	30 minuti
	30 mg/m ³	1 ora
	10 mg/m ³	8 ore

BIOSSIDO DI ZOLFO

SO₂ è un gas incolore dall'odore pungente ed i suoi prodotti di ossidazione (triossido di zolfo, SO₃, acido solforico, H₂SO₄, e solfati, SO₄²⁻ sotto forma di aerosol) sono comunemente indicati con il termine generico di "ossidi di zolfo" (SO_x). Le principali fonti d'inquinamento di biossido di zolfo sono riconducibili all'utilizzo di combustibili fossili (carbone e derivati del petrolio) in cui lo zolfo è naturalmente presente come impurezza in concentrazioni piuttosto variabili. Nella Tabella 14 sono riportati i valori limite e i valori guida per SO₂, l'unica molecola solforata attualmente normata.

Tabella 14 - I limiti e i valori guida per il biossido di zolfo		
Denominazione	Valore di riferimento/limite	Periodo di mediazione
Soglia di allarme (D.Lgs 155/2010)	500 µg/m ³	media oraria su 3 ore consecutive
Valore limite orario per la protezione della salute umana (D.Lgs 155/2010)	350 µg/m ³	media oraria, da non superare più di 24 volte per anno civile
Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana (D.Lgs 155/2010)	125 µg/m ³	media giornaliera da non superare più di 3 volte per anno civile
Valori soglia (linee guida OMS)	500 µg/m ³	10 minuti
	20 µg/m ³	24 ore

Così come osservato per il monossido di carbonio anche il biossido di zolfo mostra **da diversi anni concentrazioni irrilevanti su tutto il territorio regionale** e anche il 2021 conferma questo consolidato andamento; non si sono verificati superamenti dei limiti di legge (Figura 20).



CURIOSITA' REGISTRATE NELL'ANNO 2021

Dal 25 al 27 febbraio 2021 gran parte del territorio regionale, ma soprattutto il maniaghese, è stato coinvolto dall'arrivo di sabbie provenienti dalla Libia. Altri due episodi analoghi si sono avuti tra il 23 e 24 giugno e dal 14 al 18 agosto. I fenomeni di trasporto di polveri a larga scala non sono un'anomalia per la nostra regione e mediamente si assiste un paio di volte all'anno all'arrivo di queste sabbie, ben riconoscibili anche ad occhio nudo in quanto sono mediamente di dimensioni superiori al PM10 e si depositano agevolmente sulle superfici anche in zone remote (Figura 21), ricoprendole di una leggera patina di colore giallo-arancione.



Figura 21 - Sabbie sahariane depositate su una chiazza di neve a Cima del Cacciatore (Tarvisio - Camporosso) 18 agosto 2021.

Alla luce dei cambiamenti climatici in atto, vista la frequente presenza dell'anticiclone estivo Africano sull'Europa al posto dell'anticiclone delle Azzorre che caratterizzava le estati degli anni '60 e '70, non si può escludere che nei prossimi decenni questi episodi diventino più frequenti.

GLOSSARIO

mg/m³: milligrammi su metro cubo. Il milligrammo è la millesima parte del grammo.

µg/m³: microgrammo su metro cubo. Il microgrammo è la milionesima parte del grammo.

ng/m³: nanogrammi su metro cubo. Il nanogrammo è la miliardesima parte del grammo.

Percentile: è una misura usata in Statistica per indicare il minimo valore sotto al quale ricade una data percentuale dei dati in esame. Ad esempio: il numero X è il 50° percentile di un insieme di dati quando la metà di essi è più piccola di X.

Media mobile su 8 ore: media aritmetica delle ultime 8 ore; viene ricalcolata ogni ora, aggiungendo l'ultimo dato ed escludendo dal calcolo il più remoto, in modo che i numeri considerati siano sempre e solo 8.

Determinanti: tutte le forzanti che agiscono su un sistema, causandone e modulandone l'evoluzione.

Indice di ventilazione: il prodotto tra la velocità del vento e l'altezza dello strato limite atmosferico.

Giorno di pioggia: giornata nella quale è caduto almeno 1 mm di pioggia per ogni metro quadro.

Giorno soleggiato: giornata nella quale la radiazione cumulata è stata di almeno 15 MJ.

Giorno ventilato: giornata nella quale la velocità media del vento è stata di almeno 2 m/s.

IARC: Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro, conduce la ricerca scientifica sulle cause del cancro e sui meccanismi della carcinogenesi.

Stazione da traffico: stazione di misura posizionata in modo tale che i suoi livelli di inquinamento dipendono prevalentemente dalle emissioni provenienti dal traffico presente (strade, superstrade, autostrade).

Stazione industriale: stazione di misura posizionata in modo tale che i suoi livelli di inquinamento dipendono prevalentemente dalle emissioni di singole sorgenti industriali in vicinanza, o aree industriali con più sorgenti. Il termine "industriale" è preso in senso ampio, includendo anche centrali energetiche, inceneritori e impianti di trattamento rifiuti.

Stazione di fondo: stazione di misura posizionata in modo da avere livelli di inquinamento non direttamente influenzati da alcuna singola sorgente o strada, ma piuttosto dal contributo integrato di tutte le sorgenti che possano raggiungere la stazione (ad esempio il traffico, sorgenti di combustione sotto vento rispetto alla stazione, in una città, o tutte le sorgenti circostanti, come città o aree industriali per un'area rurale).

Stazione urbana: stazione di misura collocata in un ambiente caratterizzato da urbanizzazione continua, ovvero completa (o molto predominante) presenza di edifici nell'intorno delle strade con almeno due piani, o comunque edifici di grandi dimensioni.

Stazione suburbana: stazione di misura collocata in un ambiente caratterizzato da grande urbanizzazione, ovvero insiemi contigui di costruzioni di edifici di ogni misura, con densità inferiore a quella "continua" delle aree urbane. Le zone costruite possono essere vicine ad aree non urbanizzate (agricoltura, laghi, boschi). Si noti che suburbana non è inteso nel senso inglese del termine di una zona periferica di città, che è sempre nei pressi di un'area urbana. In questo contesto, un'area può essere definita suburbana senza essere vicina ad un'area urbana.

Stazione rurale: tutti gli ambienti che non corrispondono ai criteri definiti per gli ambienti urbano o suburbano sono definiti come rurali. Le stazioni poste in ambienti rurali si suddividono in base alla distanza dalla sorgente principale di inquinamento. Le scelte possibili sono: "vicinanza alla città" se l'area arriva fino a 10 km dal confine di una città o di un'area suburbana, "area regionale" se la distanza dalla fonte maggiore di produzione è compresa tra i 10 e 50 km e infine di "area remota" se la distanza dalla fonte maggiore di produzione è maggiore di 50 km.