

N. di prot. nell'oggetto del messaggio PEC
Dati di prot. nell'allegato "segnatura.xml"
TRASMISSIONE VIA PEC

Al Resp. Servizio Tecnico
Geom. Daniela Ciceri
Comune di Garbagna Novarese
Piazza Municipio n.10
28070 Garbagna Novarese (NO)

garbagna.novarese@pcert.it

e p.c.

Provincia di Novara
Settore Affari Istituzionali, Pianificazione Territoriale,
Tutela e Valorizzazione Ambientale
Piazza Matteotti, 1
28100 Novara
protocollo@provincia.novara.sistemapiemonte.it

Servizio: B5.16
Pratica: K13_2019_02045

Rif. Vs. prot. n. 0002292 del 23/07/2019
prot. Arpa n. 66557/2019 del 25/07/2019

OGGETTO: Invio tramite PEC relazione tecnica campagna di rilevamento della qualità dell'aria con Laboratorio Mobile in Comune di Garbagna Novarese.

Con la presente si trasmette la relazione tecnica sulla campagna di rilevamento della qualità dell'aria con Laboratorio Mobile, eseguita in Comune di Garbagna Novarese, piazza Municipio, dal 06/12/2019 al 02/02/2020.

Restando a disposizione per qualsiasi chiarimento, si porgono cordiali saluti.

Il Dirigente Responsabile
dell'Attività di Produzione Nord Est
Dott.ssa Anna Maria Livraga
(firmato digitalmente)

AML/eb

Allegati:
- relazione tecnica

**DIPARTIMENTO TERRITORIALE PIEMONTE NORD EST
 ATTIVITÀ DI PRODUZIONE NORD EST**

OGGETTO:

**Campagna di monitoraggio Qualità dell'Aria con Laboratorio Mobile
 Comune di Garbagna Novarese (NO) – Piazza Municipio
 06/12/2019 - 02/02/2020**



RELAZIONE DI CONTRIBUTO TECNICO-SCIENTIFICO

Redazione	Funzione: Collaboratore professionale sanitario senior - Tecnico della prevenzione	Data: 06/05/2020	
	Nome: Dott.ssa Evelina Ballato		
Verifica e approvazione	Funzione: Dirigente Responsabile dell'Attività di Produzione Nord Est	Firmato digitalmente	
	Nome: Dott.ssa Anna Maria Livraga		

Arpa Piemonte

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

Dipartimento territoriale Piemonte Nord Est - Attività di Produzione Nord Est

Via Bruzza, 4 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269811 – fax 0161269830

E-mail: produzione.nordest@arpa.piemonte.it - PEC: dip.nordest@pec.arpa.piemonte.it – www.arpa.piemonte.it

Redazione dei testi e delle elaborazioni a cura di:

Loretta Badan, Evelina Ballato, della Struttura S.S. K13.02

Per la gestione tecnica della rete di monitoraggio hanno collaborato:

Loretta Badan, Evelina Ballato, Veronica Lagostina, Roberta Nicolini, della Struttura S.S. K13.02

Le determinazioni analitiche sono state realizzate da:

Laboratorio del Dipartimento territoriale Arpa Piemonte Nord Ovest - Sede di Grugliasco

Le analisi meteorologiche relative alla Regione Piemonte, i dati della rete meteorologica regionale e il coordinamento della Rete Regionale della Qualità dell'Aria e del Sistema regionale di monitoraggio meteorologico sono a cura di:

Struttura complessa Sistemi previsionali

Alcune elaborazioni sono state realizzate mediante il software R, pacchetto Openair, strumento open-source, per l'elaborazione di dati di inquinanti in aria.

I dati rilevati dalle stazioni della Rete Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria sono consultabili ai seguenti indirizzi internet:

<http://www.sistemapiemonte.it/ambiente/srqa/conoscidati.shtml> (sito ad accesso libero)

<http://www.regione.piemonte.it/ambiente/aria/rilev/ariaday/ariaweb-new/> (sito ad accesso libero dal 05/12/2017)

Al momento della redazione della presente relazione i dati delle stazioni della Rete Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria sono stati sottoposti solo a validazione interattiva di primo livello, pertanto potrebbero subire variazioni in seguito alla validazione interattiva di secondo livello (certificazione e archiviazione).

INDICE

PREMESSA	4
PRINCIPALI SORGENTI EMISSIVE SUL TERRITORIO	5
ZONIZZAZIONE DEL TERRITORIO.....	7
PRINCIPALI FATTORI METEO CLIMATICI.....	9
QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	9
INQUINANTI OGGETTO DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO	12
IL LABORATORIO MOBILE.....	17
OBIETTIVO DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO	18
SITO DI MISURA	19
RISULTATI.....	21
CARATTERIZZAZIONE METEOROLOGICA.....	61
CONSIDERAZIONI FINALI.....	65

PREMESSA

L'inquinamento atmosferico è il fenomeno di modificazione della normale composizione chimica dell'aria, dovuto alla presenza di sostanze in quantità e con caratteristiche tali da alterarne le normali condizioni di salubrità. Queste modificazioni, pertanto, possono costituire pericolo per la salute dell'uomo, alterare le risorse biologiche e gli ecosistemi, compromettere le attività ricreative e gli altri usi dell'ambiente, nonché i beni materiali. L'aria si definisce inquinata quando la composizione supera limiti convenzionali stabiliti per legge.

L'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Piemonte, nell'ambito del servizio di previsione e prevenzione del rischio di origine antropica e naturale, garantisce il monitoraggio della qualità dell'aria attraverso il Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria, secondo le disposizioni della Legge Regionale n°43 del 7 aprile 2000 ed effettua campagne di misura della qualità dell'aria mediante utilizzo di strumentazione mobile (laboratorio mobile, campionatori trasportabili, ecc.), con finalità di valutazione delle fonti e pressioni ambientali, anche a seguito di eventi occasionali o transitori.

La presente indagine è stata realizzata a seguito di specifica richiesta dell'Amministrazione Comunale di Garbagna Novarese, al fine di conoscere lo stato di qualità dell'aria del territorio, in particolare all'interno del centro abitato, all'intersezione fra Piazza Municipio e la Strada Provinciale 211 "della Lomellina", punto ritenuto particolarmente critico per l'influenza del traffico veicolare, anche in ragione della presenza di un semaforo stradale, necessario a garantire la viabilità del centro cittadino. La Strada Provinciale 211 "della Lomellina", principale collegamento tra la Lomellina e la città di Novara, attraversa l'intero abitato cittadino ed è interessata da intensi flussi di traffico, soprattutto mezzi pesanti, come autoarticolati e autotreni.

Da stime fatte dal Comune, nel 2017, il traffico pesante rappresenta circa il 30 % del totale circolante sulla S.P. 211 ed è soprattutto indotto dall'attività dei vicini e importanti Centri Logistici Intermodali di Novara-CIM e Mortara (PV).

L'attraversamento del Comune di Garbagna Novarese, con percorrenza sulla S.P. 211, per raggiungere gli snodi autostradali della A4 e A7, costituisce di fatto il percorso più breve ed economico per i mezzi in transito, costituendo però una criticità per la viabilità cittadina.

La presente indagine fornisce una valutazione generale dello stato di qualità dell'aria della zona, in riferimento agli inquinanti e ai limiti previsti dalla normativa vigente in materia, ossia secondo il Decreto Legislativo 13 agosto 2010 n. 155 e permette quindi di effettuare confronti con le misurazioni rilevate nello stesso periodo presso le stazioni fisse della Rete di Rilevamento Regionale della Qualità dell'Aria (RRQA).

Il monitoraggio, con il Laboratorio Mobile, prevede la misurazione in aria ambiente dei seguenti inquinanti: monossido di carbonio, biossido di zolfo, biossido e monossido di azoto, benzene, ozono, particolato sospeso PM10 e la determinazione analitica di idrocarburi policiclici aromatici e metalli pesanti in esso contenuti.

I risultati ottenuti sono quindi confrontati con le misurazioni effettuate, nello stesso periodo, presso le stazioni fisse della Rete di Rilevamento Regionale della Qualità dell'Aria (RRQA) della provincia di Novara, quali Borgomanero, Castelletto Ticino, Oleggio, Novara-Roma, Novara-Arpa, Trecate e Cerano.

PRINCIPALI SORGENTI EMISSIVE SUL TERRITORIO

Attraverso le stime fornite dall'Inventario Regionale delle Emissioni in atmosfera (IREA) è possibile fare una prima valutazione della qualità dell'aria sul territorio comunale e individuare i settori più critici per emissioni inquinanti.

Le stime riguardano sorgenti emissive antropiche e naturali, classificate secondo la nomenclatura standard europea, denominata "Selected Nomenclature for sources of Air Pollution" (SNAP), suddivise in 11 macrosettori.

In *Tabella 1* si riportano le stime emissive per il Comune di Garbagna Novarese, espresse in tonnellate/anno e kt/anno per il parametro CO₂, suddivise per macrosettore di attività.

Nell'inventario regionale vengono stimate esclusivamente le emissioni primarie, pertanto l'ozono non è previsto data la sua natura di inquinante secondario.

Report sulle emissioni aggregate - Anno di riferimento 2013 - Comune di GARBANA NOVARESE										
MACROSETTORE	CH4	CO	CO2	N2O	NH3	NMVOC	NOx (come NO2)	SO2	PM10	PM2.5
02 - Combustione non industriale	1,98	23,08	1,79	0,12	0,06	0,23	1,79	0,10	2,24	2,21
03 - Combustione nell'industria	0,003	0,03	0,14	0,001		0,01	0,16	0,01	0,003	0,003
04 - Processi produttivi						0,41				
05 - Estrazione e distribuzione combustibili	12,25					0,39				
06 - Uso di solventi						2,71				
07 - Trasporto su strada	0,26	16,90	3,39	0,09	0,21	4,04	13,52	0,02	2,17	0,79
08 - Altre sorgenti mobili e macchinari	0,02	3,09	0,86	0,04	0,00	0,98	9,51	0,03	0,47	0,47
09 - Trattamento e smaltimento rifiuti					1,54					
10 - Agricoltura	262,60	35,39		0,80	2,76	66,58	3,41	0,68	3,885	3,6380
11 - Altre sorgenti e assorbimenti	0,01	0,09	-0,17	0,0002		1,41	0,004	0,001	0,07	0,07
Totale Comune di Garbagna Novarese	277,13	78,59	6,01	1,05	4,56	78,76	28,39	0,84	8,83	7,19
Totale Provincia di Novara	22714,7	14686,1	3219,6	953,3	1904,1	13315,6	8346,9	4186,4	1572,7	1250,4

Tabella 1: Totale emissioni per macrosettore di attività relative al Comune di Garbagna Novarese (espresse in t/anno e CO₂ in kt/anno) - Fonte IREA - Inventario Regionale Emissioni in Atmosfera 2013

Tra gli inquinanti più critici dell'aria si trovano in generale il particolato atmosferico, PM10 e PM2.5, i composti organici volatili escluso il metano (NMVOC) e gli ossidi di azoto (NOx), espressi come biossido di azoto (NO₂). La determinazione dei composti organici volatili non metanici, insieme agli ossidi di azoto, riveste importanza per l'analisi delle tendenze dei precursori dell'ozono troposferico.

In *Figura 1* si riportano in grafico i contributi percentuali alla formazione di tali inquinanti delle diverse fonti emissive, individuate e stimate per il Comune di Garbagna Novarese.

La principale sorgente emissiva individuata per le polveri, PM10 e PM2,5, risulta essere il macrosettore 10–Agricoltura, che comprende le emissioni dovute a tutte le pratiche agricole (coltivazione, uso di fertilizzanti/pesticidi, l'incenerimento in loco dei residui, allevamento, ecc.), che contribuisce per il 44% alle emissioni di PM10 e per il 51% alle emissioni di PM2,5. Gli impianti di combustione non industriale, ossia finalizzati alla

produzione di calore per il riscaldamento domestico (impianti residenziali, commerciali, istituzionali, agricoli), contribuiscono per il 25% alle emissioni totali di PM10 e per il 31% per le polveri più fini, mentre il trasporto su strada (emissioni traffico veicolare, usura freni, ruote e strada) contribuisce rispettivamente per il 25% e 11%. Il restante 5-6% è attribuibile al macrosettore 08-Altre sorgenti mobili e macchinari, ossia le emissioni dovute, ad esempio, ai mezzi agricoli e forestali.

Per gli ossidi di azoto il contributo principale, pari al 48%, è imputabile alle emissioni del trasporto su strada, il 33% al macrosettore 08-Altre sorgenti mobili e macchinari, il 12 % al macrosettore 10–Agricoltura e il restante 6% alla combustione non industriale.

Per i composti organici volatili non metanici (NMVOC), come si può vedere dal grafico, la fonte emissiva principale è individuata, come per le polveri, nelle attività legate all'agricoltura (87%), un marginale 5% al trasporto su strada e il 4% alle attività non antropiche identificate come "Altre sorgenti e assorbimenti" (attività fitologica di piante, fulmini, emissioni dal suolo, piantumazioni, incendi di boschi), le stesse che contribuiscono in piccola percentuale al particolato atmosferico (1%).

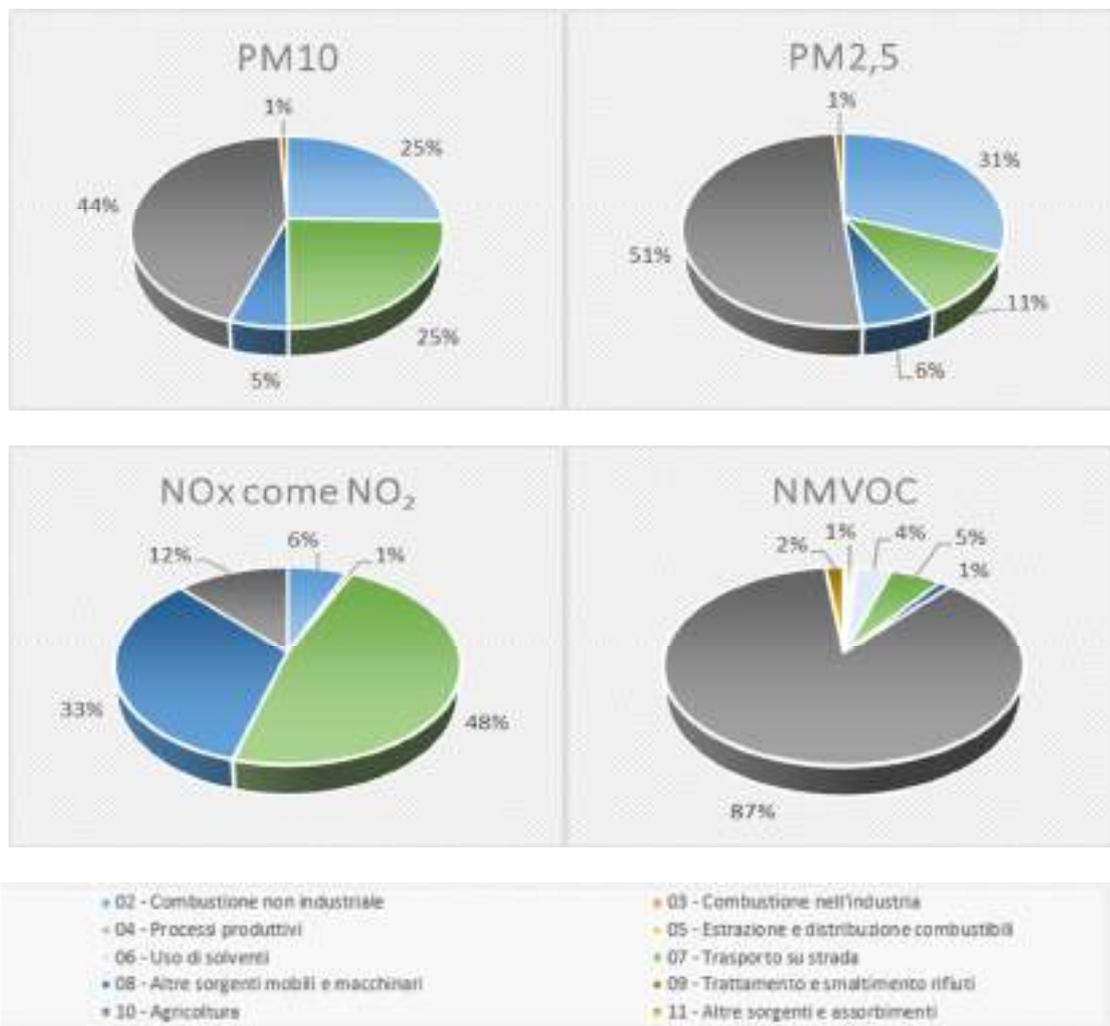


Figura 1: Fonti emissive per macrosettore in Comune di Garbagna Novarese – 2013 (Fonte IREA)

Per approfondimenti, l'inventario regionale delle emissioni in atmosfera è consultabile al seguente indirizzo internet:

<http://www.sistemapiemonte.it/cms/privati/ambiente-e-energia/servizi/474-irea-inventario-regionale-delle-emissioni-in-atmosfera>

ZONIZZAZIONE DEL TERRITORIO

La zonizzazione del territorio è il presupposto per l'attività di valutazione della qualità dell'aria ambiente e per l'individuazione delle aree di superamento dei valori limite, delle soglie di valutazione e dei valori obiettivo previsti dalla normativa, sulla base di metodi e criteri comuni su tutto il territorio nazionale. Le aree, contraddistinte dall'omogeneità degli aspetti predominanti, nel determinare i livelli degli inquinanti, sono accorpate in zone.

La Deliberazione della Giunta Regionale del Piemonte n. 41-855 del 29 dicembre 2014, ha approvato il progetto relativo alla nuova zonizzazione e classificazione del territorio regionale ai fini della valutazione della qualità dell'aria, sulla base degli obiettivi di protezione per la salute umana per gli inquinanti biossido di zolfo, biossido di azoto, benzene, monossido di carbonio, particolato PM10 e PM2,5, piombo, arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene, nonché degli obiettivi a lungo termine per la protezione della salute umana e della vegetazione relativamente all'ozono, secondo quanto disposto dal D.Lgs.155/2010, in attuazione della Direttiva comunitaria 2008/50/CE. La normativa prevede che la zonizzazione del territorio sia revisionata almeno ogni cinque anni e pertanto con deliberazione di giunta n. 24-903 del 30 dicembre 2019 sono stati approvati la verifica e aggiornamento della zonizzazione e della classificazione del territorio regionale piemontese e aggiornamento del relativo programma di valutazione della qualità dell'aria ambiente.

La classificazione delle zone viene valutata sulla base di dati relativi alle caratteristiche orografiche e meteo climatiche, al grado di urbanizzazione e carico emissivo del territorio, sovrapposti ai risultati ottenuti dall'applicazione di una metodologia statistica di clusterizzazione funzionale (Functional Cluster Analysis), sulla base dati (campi di concentrazione al suolo) prodotti dal sistema modellistico di trasporto, dispersione e trasformazione chimica degli inquinanti in atmosfera di ARPA Piemonte.

Ai fini della classificazione, si valuta l'eventuale superamento delle soglie di valutazione superiore e inferiore, secondo i limiti stabiliti dal D.Lgs.155/2010. Il superamento delle soglie è determinato in base alle concentrazioni degli inquinanti nell'aria ambiente nei cinque anni civili precedenti e si realizza se il superamento interessa almeno tre dei cinque anni considerati.

Per l'Ozono si fa riferimento agli obiettivi a lungo termine (LTO), previsti dal medesimo decreto; a tale proposito la classificazione evidenzia il superamento degli obiettivi a lungo termine relativi alla protezione della salute umana e della vegetazione su tutto il territorio regionale.

In base all'attuale zonizzazione, così come revisionata, il Comune di Garbagna Novarese, ascritto alle zone altimetriche di pianura, in conformità alla classificazione ISTAT, è assegnato al codice di zonizzazione della qualità dell'aria IT0119. La zona si caratterizza per livelli di concentrazione di PM10, PM2,5, NO₂ e benzo(a)pirene sopra la soglia di valutazione superiore, mentre gli altri inquinanti, considerati in relazione agli

obiettivi di protezione per la salute umana, risultano entro la soglia di valutazione inferiore (riferimento D.Lgs.155/2010 Allegato 2).

In *Figura 2* si riporta la rappresentazione grafica della nuova zonizzazione del territorio regionale piemontese, per gli inquinanti biossido di zolfo, biossido di azoto, benzene, monossido di carbonio, particolato PM10 e PM2,5, piombo, arsenico, cadmio, nichel, benzo(a)pirene e per il solo ozono.

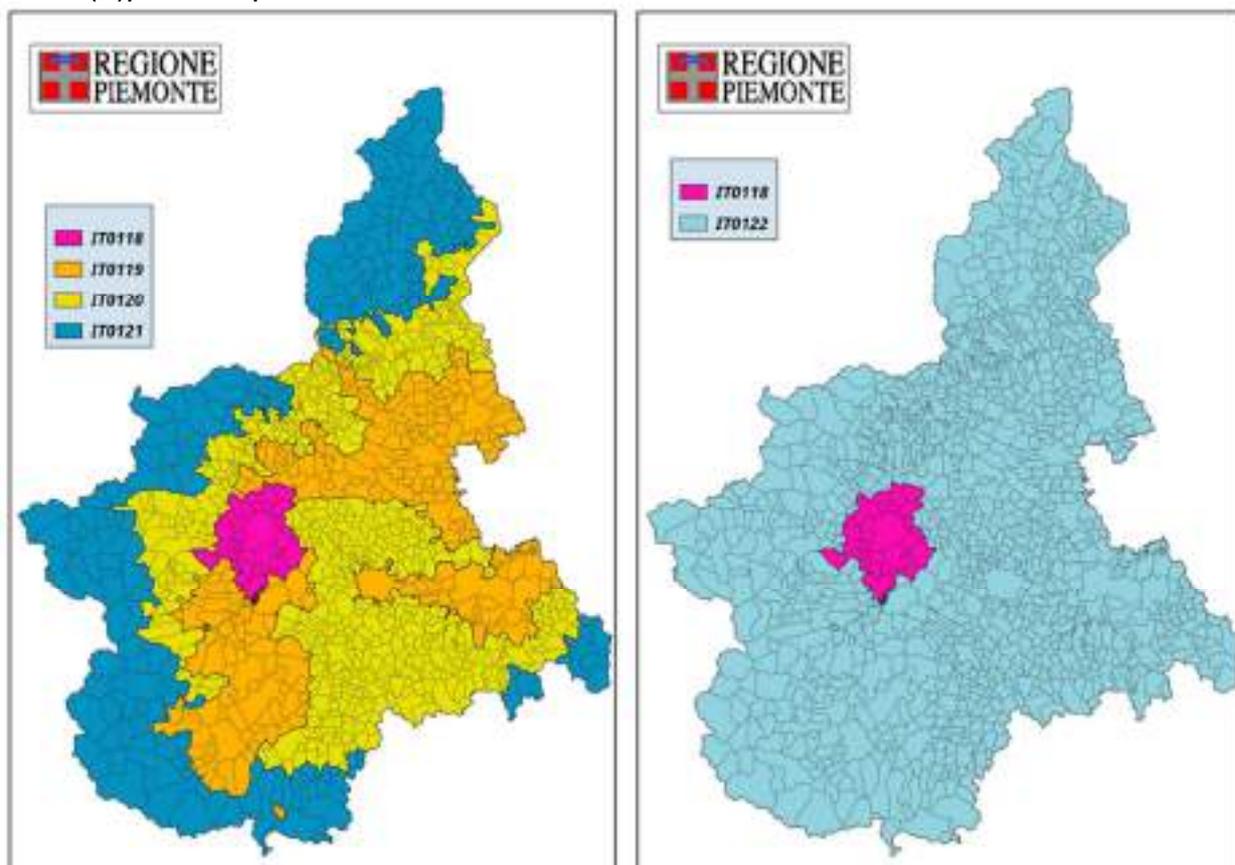


Figura 2: Rappresentazione grafica della nuova zonizzazione regionale per tutti gli inquinanti considerati (figura di sinistra) e per l'ozono (figura di destra) (Fonte: DGR24-903 del 30/12/2019)

Le principali caratteristiche dell'agglomerato di Torino (IT0118) e delle tre zone individuate a livello regionale (IT0119 zona denominata Pianura, IT0120 zona denominata Collina e IT0121 zona denominata Montagna), confermate e aggiornate dalla DGR del 30/12/2019, sono riportate in *Tabella 2*.

	u.m.	Agglomerato Torino IT0118	Zona pianura IT0119	Zona collina IT0120	Zona montagna IT0121	Zona Piemonte IT0122	Regione
N° Comuni		33	268	648	234	1.148	1.181
Popolazione	ab	1.532.332	1.322.598	1.338.960	181.088	2.842.674	4.375.866
Superficie	km ²	838	8.823	8.801	9.125	24.548	25.389
Densità abitativa	ab/km ²	1.826,12	199,70	152,14	19,85	115,80	172,32
Densità em. PM10	µg/km ²	2,32	0,94	0,91	0,23	0,67	0,72
Densità em. Nox	µg/km ²	13,51	3,45	2,02	0,27	1,75	2,14
Densità em. COV	µg/km ²	19,09	7,58	6,85	5,03	6,37	6,79
Densità em. NH3	µg/km ²	2,67	3,99	1,12	0,26	1,57	1,62

Tabella 2: Principali caratteristiche dell'agglomerato e delle tre zone individuate (Fonte: DGR Regione Piemonte 24-903 del 30/12/2019)

PRINCIPALI FATTORI METEOCLIMATICI

Le situazioni meteo climatiche influenzano notevolmente i livelli di inquinamento essendo determinanti all'instaurarsi di condizioni di trasporto e dispersione, di accumulo o dilavamento, nonché di trasformazione degli inquinanti. I principali fattori che influenzano il comportamento degli inquinanti in atmosfera, a livello di strato limite planetario, sono la direzione e velocità del vento, le precipitazioni (intensità e durata degli episodi di pioggia o neve), l'umidità relativa, l'irraggiamento solare e fenomeni di inversione termica. Condizioni di stabilità atmosferica, l'assenza di vento, la mancanza di precipitazioni e l'inversione termica a bassa quota facilitano la formazione di inquinanti secondari, favoriscono l'accumulo degli inquinanti in generale e ne ostacolano la rimozione.

Pertanto nelle attività di monitoraggio della qualità dell'aria vengono considerati i seguenti parametri meteo climatici:

- Temperatura
- Pressione atmosferica
- Livello di pioggia caduta
- Direzione e velocità vento

QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

La norma di riferimento in materia di qualità dell'aria è costituita dal Decreto Legislativo n. 155 del 13 agosto del 2010 e s.m.i. "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa", che istituisce un quadro normativo unitario in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente. Il decreto prevede valori di riferimento per gli inquinanti più rilevanti, sia in relazione al rischio sanitario che ambientale e possono essere:

Valori limite annuale per la protezione della salute umana e degli ecosistemi, finalizzati alla prevenzione dell'inquinamento su lungo periodo.

Valori limite giornalieri o orari volti al contenimento di episodi acuti d'inquinamento.

Valori soglie di allarme superate le quali può insorgere rischio per la salute umana, per cui le autorità competenti sono tenute ad adottare immediatamente misure atte a ridurre le concentrazioni degli inquinanti al di sotto della soglia d'allarme o comunque assumere tutti i provvedimenti del caso che devono comprendere sempre l'informazione ai cittadini.

Valori soglie di informazione superate le quali si devono adottare forme di informazione della popolazione.

Valori obiettivo per la protezione della salute umana e della vegetazione calcolati sulla base di più anni di monitoraggio.

In *Tabella 3* sono elencati i valori di riferimento previsti dalla normativa e i relativi tempi di mediazione.

PARAMETRO	TIPO DI LIMITE	LIMITE		TEMPO MEDIAZIONE DATI
NO ₂	Valore limite per la protezione della salute umana	200 [µg/m ³]	da non superare più di 18 volte l'anno	Media oraria
	Valore limite per la protezione della salute umana	40 [µg/m ³]		Media anno
	Soglia di allarme	400[µg/m ³]		3 ore consecutive
SO ₂	Valore limite per la protezione della salute umana	350 [µg/m ³]	da non superare più di 24 volte l'anno	Media oraria
	Valore limite per la protezione della salute umana	125 [µg/m ³]	da non superare più di 3 volte l'anno	Media nelle 24 ore
	Livello critico per la protezione della vegetazione	20 [µg/m ³]		Media anno e media inverno (1ott - 31 mar)
	Soglia di allarme	500[µg/m ³]		3 ore consecutive
CO	Valore limite per la protezione della salute umana	10 [mg/m ³]		Massimo valore medio di concentrazione su 8 ore
PM 10	Valore limite per la protezione della salute umana	50 [µg/m ³]	da non superare più di 35 volte l'anno	Media nelle 24 ore
	Valore limite per la protezione della salute umana	40 [µg/m ³]		Media anno
Benzene	Valore limite per la protezione della salute umana	5,0 [µg/m ³]		Media anno
Piombo	Valore limite per la protezione della salute umana	0,5 [µg/m ³]		Media anno
Benzo(a)pirene	Valore obiettivo	1,0 [ng/m ³]		Media anno
Arsenico	Valore obiettivo	6,0 [ng/m ³]		Media anno
Cadmio	Valore obiettivo	5,0 [ng/m ³]		Media anno

Nichel	Valore obiettivo	20 ,0 [ng/m3]		Media anno
Ozono	Soglia di informazione	180 [µg/m3]		Media oraria
	Soglia di allarme	240[µg/m3]		Media oraria
	Valore limite per la protezione della salute umana	120 [µg/m3]	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore nell'arco di un anno civile	Media su 8 ore massima giornaliera
	Protezione della vegetazione	AOT40 6000 [µg/m3*h]	1 h cumulativa da maggio a luglio	Media annua

Tabella 3: valori di riferimento Decreto Legislativo 155/2010 e s.m.i.

INQUINANTI OGGETTO DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

Si descrivono schematicamente le principali caratteristiche degli inquinanti monitorati.

Biossido di zolfo (SO₂)

Il biossido di zolfo (SO₂) è un gas dal caratteristico odore pungente.

Zone di più probabile accumulo

Gli insediamenti industriali e i centri urbani sono i punti di massima presenza e accumulo soprattutto in condizioni meteorologiche particolari.

Fonti di emissione

Impianti riscaldamento, centrali di potenza, combustione di prodotti organici di origine fossile contenenti zolfo (gasolio, carbone, oli combustibili).

Periodicità critiche

In passato le situazioni più critiche si sono verificate nei periodi invernali dove, alle normali fonti di combustione, si aggiungeva il contributo del riscaldamento domestico a gasolio. Attualmente, a seguito della diffusa metanizzazione degli impianti di riscaldamento e all'uso di combustibili a basso tenore di zolfo, il contributo inquinante degli ossidi di zolfo è notevolmente diminuito sino quasi a scomparire.

Effetti sulla salute

L'esposizione ad alti livelli di SO₂ può comportare un inturgidimento delle mucose delle vie aeree con conseguente aumento della resistenza al passaggio dell'aria e un aumento delle secrezioni mucose, bronchite, tracheite, spasmi bronchiali e/o difficoltà respiratoria negli asmatici.

Inoltre, è stato accertato un effetto irritativo sinergico in seguito all'esposizione combinata con il particolato, probabilmente dovuto alla capacità di quest'ultimo di veicolare l'SO₂ nelle zone respiratorie profonde del polmone.

Monossido di carbonio (CO)

Il monossido di carbonio è un gas incolore e inodore prodotto dalla combustione incompleta delle sostanze contenenti carbonio.

Zone di più probabile accumulo

Zone ad alta densità di traffico o a forte carattere industriale.

Fonti di emissione (attività antropiche)

Le fonti principale sono costituite dagli scarichi delle automobili, soprattutto a benzina, dal trattamento e smaltimento dei rifiuti, dalle industrie e raffinerie di petrolio, dalle fonderie.

Periodicità critiche

Il periodo più critico è l'inverno che presenta condizioni di stabilità atmosferica e/o ristagno più frequentemente.

Effetti sulla salute

Essendo altamente affine al gruppo EME del sangue, compete con l'ossigeno formando la carbossiemoglobina (250 volte più stabile) e riducendo l'ossigenazione dei tessuti causando ipossia a carico del sistema nervoso, cardiovascolare e muscolare.

Ossidi di azoto (NO_x)

L'ossido di azoto (NO) è un gas inodore e incolore che costituisce il componente principale delle emissioni di ossidi di azoto nell'aria e viene gradualmente ossidato a NO₂, dal caratteristico colore rosso-bruno e dall'odore pungente e soffocante.

Zone di più probabile accumulo

Rappresentano i tipici inquinanti delle aree urbane e industriali, dove l'elevata densità degli insediamenti ne favorisce l'accumulo soprattutto in condizioni meteorologiche di debole ricambio delle masse d'aria.

Fonti di emissione (attività antropiche)

Impianti di riscaldamento, traffico auto veicolare (in particolare quello pesante), centrali di potenza, attività industriali (processi di combustione per la sintesi dell'ossigeno e dell'azoto atmosferici).

Periodicità critiche

La pericolosità degli ossidi di azoto, e in particolare del biossido, è legata anche al ruolo che essi svolgono nella formazione dello smog fotochimico. In condizioni meteorologiche di stabilità e di forte insolazione (primavera-estate), le radiazioni ultraviolette possono determinare la dissociazione del biossido di azoto e la formazione di ozono, che può ricombinarsi con il monossido di azoto e ristabilire una situazione di equilibrio.

Effetti sulla salute

L'NO₂ è circa 4 volte più tossico dell'NO.

E' ormai accertato che l'NO₂ può provocare gravi danni alle membrane cellulari a seguito dell'ossidazione di proteine e lipidi.

Gli effetti acuti comprendono: infiammazione delle mucose, decremento della funzionalità polmonare, edema polmonare.

Gli effetti a lungo termine includono: aumento dell'incidenza delle malattie respiratorie, alterazioni polmonari a livello cellulare e tissutale, aumento della suscettibilità alle infezioni polmonari batteriche e virali.

Ozono (O₃)

E' un gas che non viene emesso direttamente dalle attività antropiche, ma si forma in determinate condizioni, presenta un odore pungente e un colore bluastrò.

Zone di più probabile accumulo

Essendo gli NO_x dei distruttori di O₃, le zone rurali dove vi è meno presenza di questi e maggiore insolazione, sono le zone più soggette ad accumulo

Fonti di emissione (attività antropiche)

Si forma nell'atmosfera in seguito a reazioni fotochimiche a carico di inquinanti precursori prodotti dai processi di combustione (NO_x, idrocarburi, aldeidi).

Periodicità critiche

Presenta un andamento direttamente correlato con la presenza di radiazione solare diretta, pertanto la stagione più sfavorevole è l'estate e in particolare le ore centrali della giornata.

Effetti sulla salute

Trattandosi di un forte ossidante, l'O₃ agisce ossidando i gruppi sulfidrilici presenti in enzimi, coenzimi, proteine e acidi grassi insaturi e interferendo così, con alcuni processi metabolici fondamentali.

L'apparato respiratorio risulta il più colpito soprattutto le piccole arterie polmonari.

Gli effetti acuti comprendono secchezza della gola e del naso, aumento della produzione di muco, tosse, faringiti, bronchiti, diminuzione della funzionalità respiratoria, dolori toracici, diminuzione della capacità battericida polmonare, irritazione degli occhi, mal di testa.

Particolato atmosferico (PM)

Il particolato atmosferico (Particulate Matter PM) può essere definito come una miscela complessa di particelle solide o liquide in sospensione nell'aria. A differenza degli altri inquinanti non è caratterizzato da una specifica composizione chimica, che può variare in funzione delle sorgenti di emissione e delle condizioni meteo climatiche, così come le dimensioni. L'origine può essere naturale e antropogenica, di formazione primaria, ossia direttamente emesso dalle sorgenti, o secondaria, ossia generata per effetto di reazioni chimico-fisiche di composti in fase gassosa presenti in atmosfera. La dimensione delle particelle è convenzionalmente espressa in termini di diametro aerodinamico, definito come il diametro di una particella sferica, a densità standard, che ha lo stesso comportamento aerodinamico (velocità di sedimentazione) della particella in esame. La distribuzione dimensionale determina la classificazione del particolato in:

- PM10 insieme di particelle aerodisperse aventi diametro aerodinamico inferiori o uguali a 10 μm ;
- PM2,5 insieme di particelle aerodisperse aventi diametro aerodinamico inferiori o uguali a 2,5 μm .

Zone di più probabile accumulo

Si tratta di un inquinante di tipo diffuso, poiché permanendo in atmosfera per giorni o settimane, può essere trasportato su lunghe distanze dal luogo di formazione.

Fonti di emissione (attività antropiche)

Le fonti antropiche di particolato sono essenzialmente le attività industriali e il traffico veicolare, gli impianti di riscaldamento, le industrie (inclusa la produzione di energia elettrica). Inoltre, una frazione variabile è di origine secondaria, ossia il risultato di reazioni chimiche che, partendo da inquinanti gassosi generano un enorme numero di composti in fase solida o liquida come solfati, nitrati e particelle organiche.

Periodicità critiche

Mediamente si raggiungono i massimi valori nel periodo invernale caratterizzato da frequenti condizioni di stabilità/ristagno.

Effetti sulla salute

La pericolosità di questi composti è data dalla possibilità di oltrepassare le barriere del sistema respiratorio e penetrare nell'organismo. Infatti, le dimensioni determinano il grado di penetrazione all'interno del tratto respiratorio, mentre le caratteristiche chimiche, determinano la capacità di reagire con altre sostanze inquinanti (IPA, metalli pesanti, SO_2). Le particelle che si depositano nel tratto superiore, o extratoracico (cavità nasali, faringe e laringe), possono causare effetti irritativi locali; quelle che si depositano nel tratto tracheobronchiale, possono causare costrizione e riduzione della capacità epurativa dell'apparato respiratorio, aggravamento delle malattie respiratorie croniche (asma, bronchite ed enfisema) ed eventualmente neoplasie.

Arsenico, Cadmio, Nichel

Sono sostanze inquinanti in tracce presenti nell'aria a seguito di emissioni provenienti da diversi tipi di attività industriali.

Zone di più probabile accumulo

Le concentrazioni in aria di alcuni metalli nelle aree urbane e industriali possono raggiungere valori 10-100 volte superiori a quelli delle aree rurali.

Fonti di emissione (attività antropiche)

Le fonti antropiche responsabili sono principalmente le fonderie, le raffinerie, la produzione energetica, l'incenerimento dei rifiuti e l'attività agricola. Sono presenti in atmosfera sotto forma di particolato aerotrasportato; le dimensioni delle particelle cui sono associati e la loro composizione chimica

Periodicità critiche

Nel periodo invernale, quando sono più frequenti le condizioni di ristagno degli inquinanti atmosferici.

Effetti sulla salute

L'esposizione agli elementi in tracce è associata a molteplici effetti sulla salute: tra i metalli pesanti quelli maggiormente rilevanti sotto il profilo tossicologico sono il Nichel e il Cadmio. Questi ultimi sono classificati dall'Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro come cancerogeni per l'uomo.

dipende fortemente dalla tipologia della sorgente di emissione.

Piombo

Il piombo è un elemento in traccia altamente tossico.

Zone di più probabile accumulo

Nei siti di traffico o industriali.

Fonti di emissione (attività antropiche)

La principale fonte di inquinamento atmosferico era costituita dagli scarichi dei veicoli alimentati con benzina super (il piombo tetraetile era usato come additivo antidetonante). Con il definitivo abbandono della benzina "rossa" i livelli di piombo nell'aria urbana sono quindi diminuiti in modo significativo. Le altre fonti antropiche derivano dalla combustione del carbone e dell'olio combustibile, dai processi di estrazione e lavorazione dei minerali che contengono Pb, dalle fonderie, dalle industrie ceramiche e dagli inceneritori di rifiuti.

Periodicità critiche

Nel periodo invernale, quando sono più frequenti le condizioni di ristagno degli inquinanti atmosferici.

Effetti sulla salute

Il Pb assorbito attraverso l'epitelio polmonare entra nel circolo sanguigno e si distribuisce in quantità decrescenti nelle ossa, nel fegato, nelle reni, nei muscoli e nel cervello.

Il Pb legandosi ai gruppi sulfidrilici delle proteine o sostituendo ioni metallici essenziali, interferisce con diversi sistemi enzimatici. Tutti gli organi costituiscono potenziali bersagli e gli effetti sono estremamente vari (anemia, danni al sistema nervoso centrale e periferico, alle reni, al sistema riproduttivo, cardiovascolare, epatico, endocrino, gastro-intestinale e immunitario).

Benzene (C₆H₆)

Il benzene è un idrocarburo aromatico, tipico costituente delle benzine e dall'odore caratteristico.

Zone di più probabile accumulo

Nei siti di traffico.

Fonti di emissione (attività antropiche)

Gli autoveicoli rappresentano la principale fonte di emissione: in particolare, circa l'85% è immesso nell'aria con i gas di scarico e il 15% rimanente per evaporazione del combustibile e durante le operazioni di rifornimento.

Periodicità critiche

Nel periodo invernale, quando sono più frequenti le condizioni di ristagno degli inquinanti atmosferici.

Effetti sulla salute

L'intossicazione di tipo acuto è dovuta all'azione sul sistema nervoso centrale. Il benzene è stato inserito da International Agency for Research on Cancer (IARC) nel gruppo 1 cioè tra le sostanze che hanno un accertato potere cancerogeno sull'uomo.

A concentrazioni moderate i sintomi sono stordimento, eccitazione e pallore seguiti da debolezza, mal di testa, respiro affannoso, senso di costrizione al torace.

A livelli più elevati si registra eccitamento, euforia e ilarità, seguiti da fatica e sonnolenza e, nei casi più gravi, arresto respiratorio, spesso associato a convulsioni muscolari e infine a morte.

Fra gli effetti a lungo termine vanno menzionate interferenze sul processo emopoietico (con riduzione progressiva di eritrociti, leucociti e piastrine) e l'induzione della leucemia nei lavoratori maggiormente esposti.

Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

Sono costituiti da due o più anelli aromatici condensati e derivano dalla combustione incompleta di numerose sostanze organiche.

Zone di più probabile accumulo

Sono prodotti dalla combustione incompleta di materiale organico e derivano dall'uso di olio combustibile, gas, carbone e legno nella produzione di energia, pertanto risultano presenti un po' ovunque.

Fonti di emissione (attività antropiche)

Traffico autoveicolare (processi di combustione incompleta, in particolare di combustibili derivati dal petrolio), evaporazione dei carburanti, alcuni processi industriali, riscaldamento domestico, combustione della legna.

Periodicità critiche

Nel periodo invernale, quando sono più frequenti le condizioni di ristagno degli inquinanti atmosferici.

Effetti sulla salute

Gli idrocarburi policiclici aromatici sono molto spesso associati alle polveri sospese. In questo caso la dimensione delle particelle del particolato aerodisperso rappresenta il parametro principale che condiziona l'ingresso e la deposizione nell'apparato respiratorio e quindi la relativa tossicità. Presenti nell'aerosol urbano sono generalmente associati alle particelle con diametro aerodinamico minore di 2 micron e quindi in grado di raggiungere facilmente la regione alveolare del polmone e da qui il sangue e quindi i tessuti. Oltre ad essere degli irritanti di naso, gola e occhi sono riconosciuti per le proprietà mutagene e cancerogene. E' accertato il potere cancerogeno di tutti gli IPA a carico delle cellule del polmone, e tra questi anche del benzo(a)pirene (BaP) (gli IPA sono stati inseriti nel gruppo 1 della classificazione IARC). Poiché è stato evidenziato che la relazione tra BaP e gli altri IPA, detto profilo IPA, è relativamente stabile nell'aria delle diverse città, la concentrazione di BaP è spesso utilizzata come indice del potenziale cancerogeno degli IPA totali.

IL LABORATORIO MOBILE

Il laboratorio mobile di Arpa Piemonte è un veicolo opportunamente attrezzato con una stazione meteorologica e con analizzatori dedicati alla misura in continuo di inquinanti chimici del tutto simili a quelli presenti nelle stazioni fisse della Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria (RRQA). Tale aspetto permette di effettuare un confronto diretto tra il sito di misura e le centraline fisse.



Figura 3: Mezzo mobile di Arpa Piemonte e strumentazione allestita

Gli analizzatori sono costantemente controllati nei loro valori di ZERO e SPAN, con calibrazioni dinamiche multipunto, secondo le disposizioni della normativa vigente (DM 30 marzo 2017), così come le modalità con le quali si effettuano i rilevamenti. In *Tabella 4* si riportano le strumentazioni, i metodi applicati e il principio di misura per ciascun inquinante.

PARAMETRO	PRINCIPIO DI MISURA	METODO DI RIFERIMENTO	STRUMENTO
PM10	Gravimetria	UNI EN 12341	PM10, CHARLIE HV TCR Tecora
Benzo(a)pirene	Analisi su particolato PM10 mediante GC-MS	ARPA U.RP.MA001 EN 15549 marzo 2008	GC-MS
As-Cd-Ni-Pb	Analisi su particolato PM10 mediante ICP- MS	ARPA U.RP.M429 UNI EN 14902/2005	ICP-MS
NO2	Chemiluminescenza	UNI EN 14211:2005	Teledyne API 200E
O3	Assorbimento Ultravioletto	UNI EN 14625:2005	Teledyne API 400E
CO	Spettrometria IR non dispersiva	UNI EN 14626:2005	Teledyne API 300
SO2	Fluorescenza UV	UNI EN 141212:2005	Teledyne API 100E
Benzene	Gasromatografia (GC- PID)	UNI EN 14662:2005	GC 866 AIRTOXIC

Tabella 4: elenco strumentazione e principio di misura

OBIETTIVO DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

Il monitoraggio della qualità dell'aria è stato svolto da Arpa Piemonte, Dipartimento Territoriale Piemonte Nord Est, su richiesta dell'Amministrazione Comunale di Garbagna Novarese, con lo scopo di valutare la situazione dell'inquinamento atmosferico della zona e in particolare del centro cittadino, interessato da intensi flussi di traffico, soprattutto mezzi pesanti, come autoarticolati e autotreni.

La Strada Provinciale 211, che attraversa l'intero abitato del Comune, costituisce l'arteria di collegamento alle direttrici autostradali più veloce ed economica, in particolare per i mezzi in transito provenienti dai vicini interporti di Novara e Mortara (PV).

Il monitoraggio svolto fornisce delle misurazioni indicative, della qualità dell'aria ambiente, in relazione ai riferimenti normativi previsti dal D.Lgs.155/2010.

Le misurazioni indicative permettono di stimare i livelli degli inquinanti in aree non coperte dalle stazioni della rete fissa, descrivendo in modo puntuale la situazione di un limitato periodo di tempo e soggetta all'influenza delle condizioni meteo climatiche del periodo.

La campagna di monitoraggio è stata eseguita dal 06/12/2019 al 02/02/2020; il limitato periodo di misurazione, in una singola stagione, non soddisfa l'obiettivo di qualità dei dati relativo al periodo minimo di copertura del 14% (pari ad almeno 52 giorni, un giorno variabile di ogni settimana dell'anno, oppure otto settimane equamente distribuite nell'arco dell'anno), come previsto dalla normativa al fine di evitare risultati non rappresentativi (D.Lgs.155/2010 Allegato1), ma permette comunque di effettuare considerazioni di tipo comparativo con le misurazioni rilevate nello stesso periodo, dalle stazioni fisse della Rete di Rilevamento Regionale della Qualità dell'Aria (RRQA), nel caso specifico ubicate a Borgomanero, Castelletto Ticino, Oleggio, Novara-Roma, Novara-Arpa, Trecate e Cerano.

In *Figura 4* sono visualizzate le stazioni fisse della Rete Regionale di Rilevamento, in provincia di Novara, prese a riferimento per la comparazione.



Figura 4: mappa con alcune stazioni fisse della Rete Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria in provincia di Novara (fonte: Base topografica transfrontaliera Geoportale ARPA Piemonte)

● stazione suburbana ● stazione urbana ● stazione rurale

SITO DI MISURA

Il sito di misura è localizzato in Comune di Garbagna Novarese (*Figura 5 - Figura 6*), piazza del Municipio e l'attività di monitoraggio è stata effettuata dal 06/12/2019 al 02/02/2020.

Il territorio comunale si estende per circa 10 Km² per un'altitudine media di 132 m s.l.m.; presenta una densità abitativa di circa 142 ab/Km² e una popolazione di circa 1431 abitanti (Istat 2018).

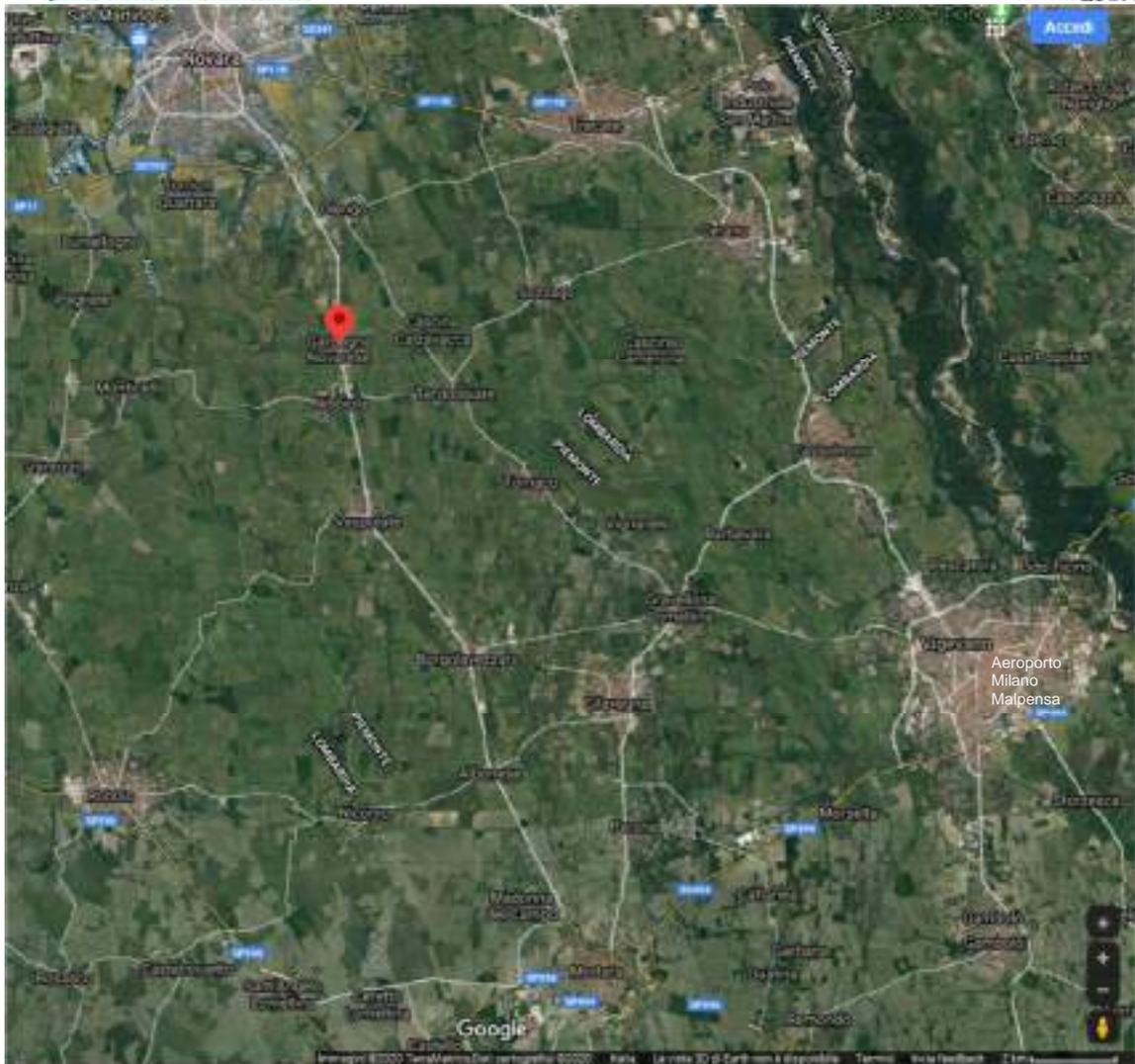


Figura 5: Contesto territoriale (fonte Google Maps).

Le stazioni di misura della qualità dell'aria sono classificate a seconda della tipologia e delle caratteristiche della zona dove sono ubicate. Il sito di monitoraggio può essere assimilato a una stazione di misurazione di traffico, di tipo suburbana, a carattere residenziale/agricola.

In *Tabella 5* si riporta sinteticamente la classificazione delle stazioni della Rete Regionale di Rilevamento della qualità dell'aria prese a riferimento del sito di misura.

Sito	Tipo di stazione	Tipo di zona	Caratterizzazione della zona	Coordinate UTM WGS84	Distanza in linea d'aria sito
Garbagna Novarese-MM	Traffico	Suburbana	Residenziale/Agricola	X= 473379 Y= 5025957	
Novara-Arpa	Fondo	Urbana	Residenziale	X: 470327 Y: 5031713	ca. 6,7 Km
Novara-Roma	Traffico	Urbana	Residenziale/Commerciale	X: 470256 Y: 5031939	ca. 6,8 Km

Trecate-Verra	Fondo	Urbana	Residenziale	X: 470327 Y: 5031713	ca. 8,6 Km
Cerano-Bagno	Fondo	Suburbana	Residenziale	X: 483279 Y: 5028490	ca.10,2 Km
Oleggio-Gallarate	Traffico	Urbana	Residenziale/Commerciale	X: 472317 Y: 5048945	ca. 23,0 Km
Castelletto Ticino-Fontane	Fondo	Rurale	Agricola	X: 469048 Y: 5062296	ca. 36,6 Km
Borgomanero-Molli	Traffico	Urbana	Residenziale	X: 457832 Y: 5059686	ca. 37,1 Km

Tabella 5: classificazione delle stazioni secondo Criteria for EUROAIRNET e la Decisione 2001/752/CE



Figura 6: sito di monitoraggio Garbagna Novarese – Piazza Municipio (fonte: Google Maps)

RISULTATI

I valori rilevati nel sito oggetto d'indagine sono riferiti e organizzati in grafici e tabelle, suddivisi per parametro. I dati rilevati sono messi a confronto con i dati delle stazioni fisse della Rete Regionale, selezionate in funzione del parametro considerato, in base agli analizzatori presenti e alla tipologia di stazione (classificazione).

I dati elaborati sono riferiti al periodo 07/12/2019 – 02/02/2020, per gli inquinanti gassosi, e al periodo 07/12/2019 – 31/01/2020 per il particolato atmosferico PM10 e gli inquinanti in esso contenuti, in quanto si considerano solo le giornate di campionamento complete.

Il confronto con limiti normativi annuali, dove riportato, è fatto a solo scopo indicativo, in quanto non è corretto riferire valori ottenuti su un periodo di tempo inferiore rispetto a limiti prescrittivi annuali.

Lo stile grafico adottato per le tabelle di reportistica permette, attraverso l'uso di colori, di fornire indicazioni della qualità dell'aria relativa ai valori riscontrati e limitatamente al periodo monitorato, secondo il seguente ordine: **verde scuro molto buona**, **verde chiaro buona**, **giallo moderatamente buona**, **arancio moderatamente insalubre**, **rosso insalubre**.

I valori di range qualitativi sono indicati nella specifica tabella di riferimento prodotta per ogni inquinante.

Biossido di Zolfo (SO₂)

I valori di biossido di zolfo (SO₂), misurati con il laboratorio mobile, presentano una concentrazione media giornaliera di 5 µg/m³ (Tabella 6), con una massima media oraria di 6 µg/m³.

L'inquinante non presenta variazioni significative negli andamenti settimanali e giornalieri (Figura 9 – Figura 10 - Figura 11).

Le concentrazioni misurate sono basse e confrontabili con quelle rilevate presso le altre stazioni della Rete Regionale messe a confronto (Figura 7 - Figura 8) e più in generale, con quanto è generalmente riscontrato a livello regionale. L'inquinante non evidenzia criticità attestandosi molto al di sotto dei limiti previsti dalla normativa, con valori prossimi ai limiti di rilevabilità strumentale.

La qualità dell'aria, rispetto ai valori riscontrati, risulta pertanto **molto buona** (Tabella 7).

Unità di misura: microgrammi / metro cubo

	Garbagna Novarese MM	Novara- Roma	Trecate	Cerano
Minima media giornaliera	3	9	4	6
Massima media giornaliera	6	11	7	17
Media delle medie giornaliere:	5	10	5	9
Giorni validi	27	18	27	23
Percentuale giorni validi	100%	67%	100%	85%
Media dei valori orari	5	10	5	9
Massima media oraria	10	18	8	70
Ore valide	644	467	645	557
Percentuale ore valide	99%	72%	100%	86%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	0	0	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	0	0	0	0

<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	0	0	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (500)</u>	0	0	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (500)</u>	0	0	0	0

Tabella 6: reportistica Biossido di Zolfo

Parametro	Tipo di media	Unità di misura	Molto buona	Buona	Moderatamente Buona	Moderatamente Insalubre	Insalubre
Biossido di Zolfo (SO ₂)	oraria	microgrammi / metro cubo	<140	140-210	210-350	350-500	>500
Biossido di Zolfo (SO ₂)	giornaliera	microgrammi / metro cubo	<50	50-75	75-125	125-150	>150

Tabella 7: valori di range qualitativi Biossido di Zolfo

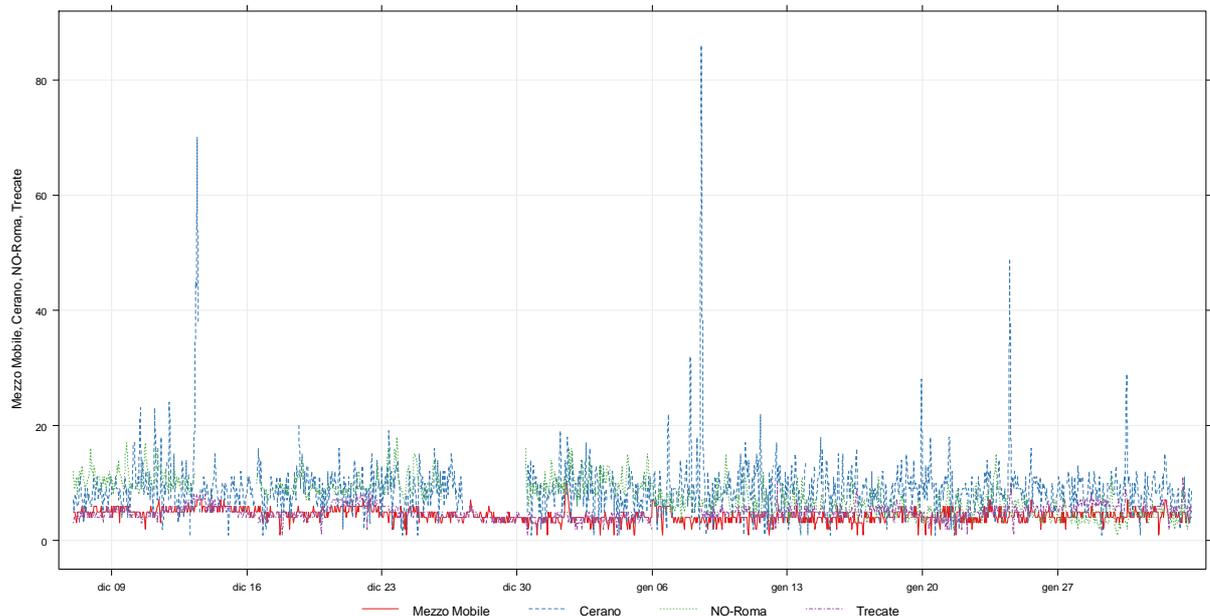


Figura 7: confronto delle medie orarie di Biossido di Zolfo

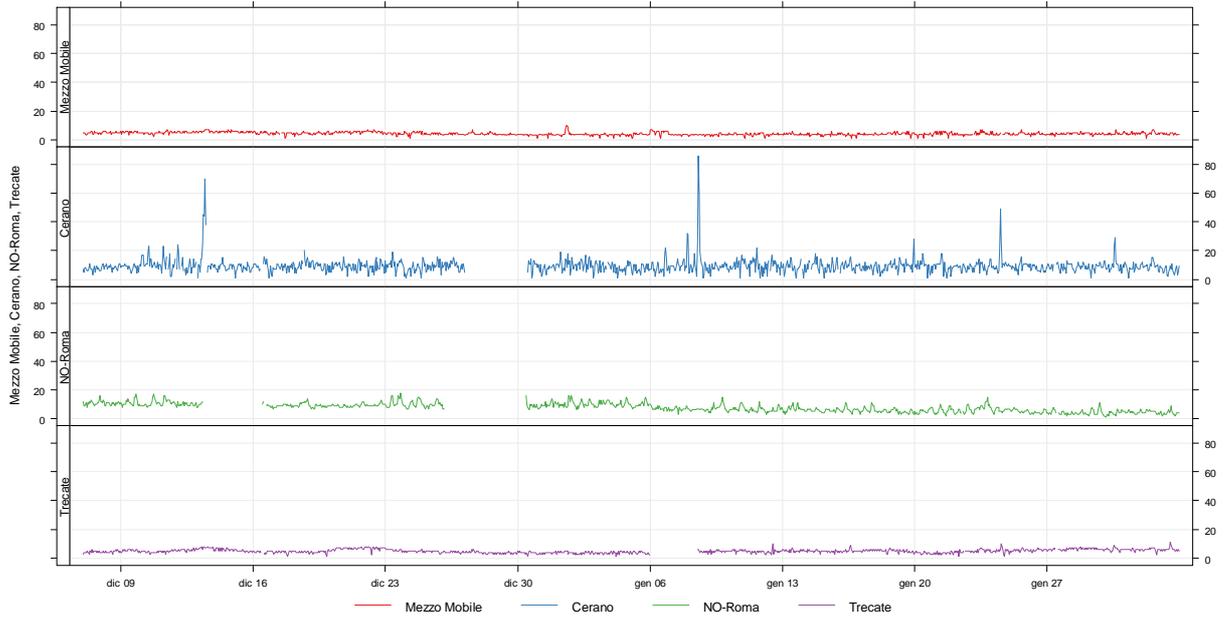


Figura 8: confronto delle medie orarie di Biossido di Zolfo

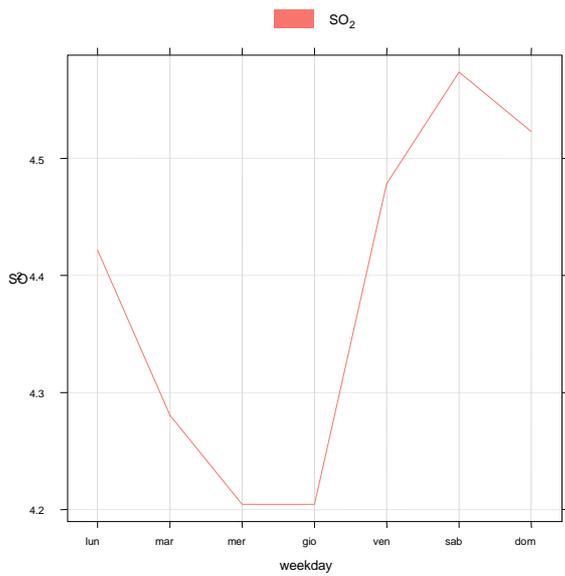


Figura 9: settimana tipo - Biossido di Zolfo

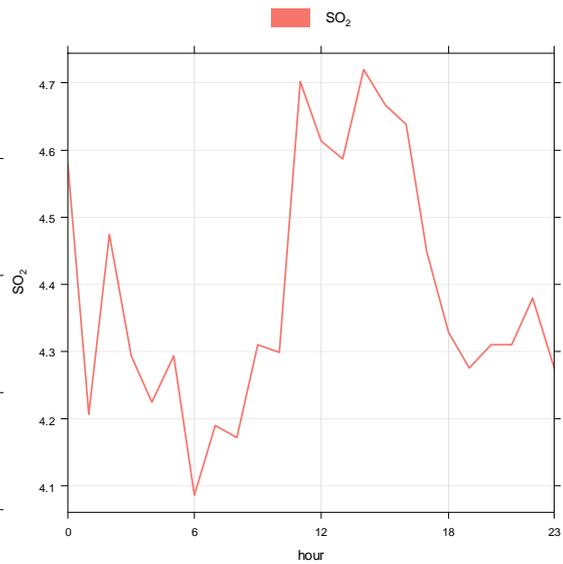


Figura 10: giorno tipo - Biossido di Zolfo

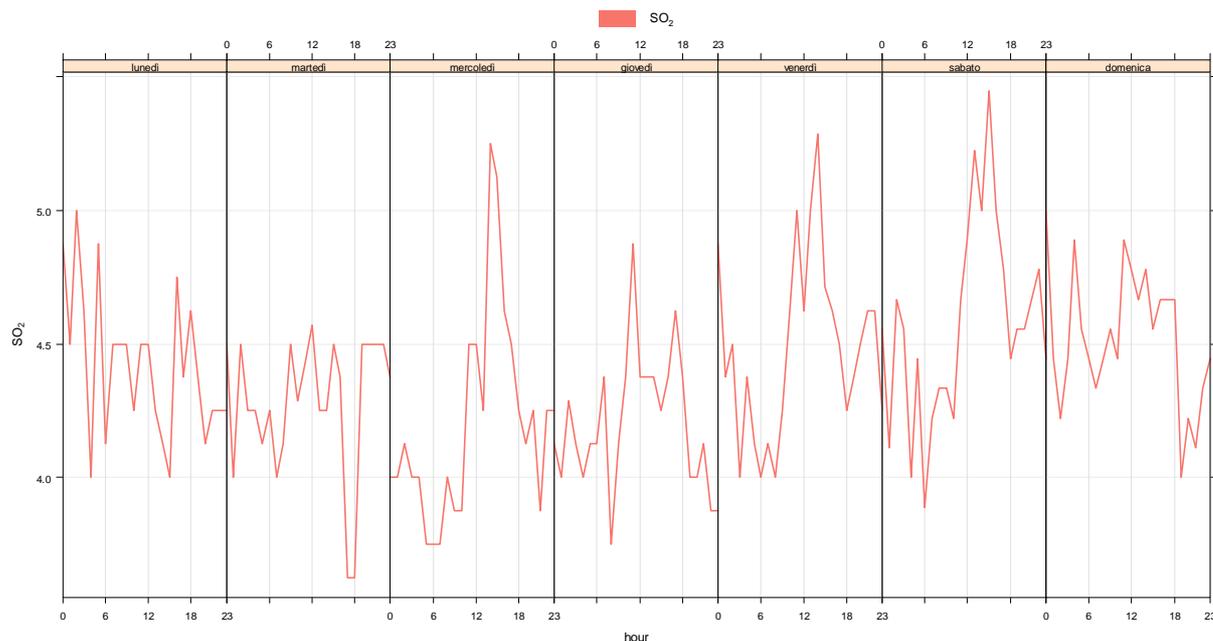


Figura 11: andamento medio orario in relazione al giorno della settimana - Biossido di Zolfo

Biossido di Azoto (NO₂)

Le concentrazioni di biossido di azoto (NO₂) rilevate presso il sito di monitoraggio, presentano valori medi giornalieri pari a 36 µg/m³ (Tabella 8), con una massima media giornaliera di 61 µg/m³ registrata il 23/01/2020; il massimo valore orario raggiunto è stato di 85 µg/m³ (23/01/2020 ore 18:00) a fronte di un limite previsto dalla normativa di 200 µg/m³, da non superare più di 18 volte per anno civile. Dato il breve periodo di monitoraggio, non è possibile fare valutazioni rispetto al limite annuale di 40 µg/m³.

Il sito presenta concentrazioni medie orarie tra le più basse rispetto alle stazioni messe a confronto, come si evidenzia nei grafici di Figura 12 - Figura 13 - Figura 14. Le concentrazioni misurate risultano maggiormente confrontabili con l'andamento presentato dalla stazione della RRQA di Castelletto Ticino, classificata di fondo rurale agricola e la stazione di Cerano, classificata di fondo suburbana residenziale.

Nei giorni centrali della settimana, dal mercoledì al sabato, l'andamento giornaliero, delle concentrazioni di biossido di azoto, presenta un graduale aumento dalle prime ore del mattino fino al tardo pomeriggio, in cui si raggiungono le concentrazioni più elevate (Figura 16 - Figura 17), mentre si evidenziano concentrazioni più basse e confrontabili dalla domenica al martedì (Figura 15 - Figura 17), probabilmente in relazione a minori flussi di traffico, in particolare dei mezzi pesanti.

Al fine di semplificare la visualizzazione degli andamenti, dell'inquinante, nelle stazioni messe a confronto, si riportano i grafici box-plot (Figura 18) delle medie orarie. I grafici descrivono in modo sintetico la distribuzione dei dati raccolti durante la campagna (1387 per il Mezzo Mobile e tra 1208 e 1386 per le stazioni di confronto): il 50 % delle osservazioni sono rappresentate dalla scatola, i cui estremi sono costituiti dal primo e terzo quartile (distanza interquartile), che è una misura della dispersione della distribuzione; il segmento che la divide rappresenta la mediana (secondo quartile), che coincide con la media quando la distribuzione dei dati è simmetrica; i segmenti che escono dalla scatola (baffi) sono delimitati dal minimo e massimo della

distribuzione (range interquartile), mentre i valori esterni a questi limiti sono individuati come anomali (outliers), rispetto alla maggior parte dei dati osservati.

Dal grafico è evidente come, il sito di indagine, presenti concentrazioni dell'inquinante tra le più basse e la maggior similitudine nella distribuzione delle concentrazioni con la stazione di fondo rurale di Castelletto Ticino e la stazione di fondo suburbana di Cerano.

Il grafico bivariato in coordinate polari (polar plot), invece, permette di valutare, rispetto al punto di misura, la variazione delle concentrazioni dell'inquinante in funzione della direzione e velocità del vento. La coordinata radiale indica la velocità del vento (m/s), l'angolo polare individua la direzione (gradi Nord), mentre nel piano sono riprodotte le concentrazioni, in base alla legenda con gradiente di colore.

Il grafico polar plot, per il biossido di azoto (*Figura 19*), mostra le concentrazioni maggiori in condizioni di calma di vento o di intensità di vento debole (< 1m/s), evidenziando in modo significativo la possibilità che le sorgenti emmissive dell'inquinante siano attribuibili a una scala spaziale locale, ossia a sorgenti emmissive prevalentemente a carattere "locale". Questo non implica che le sorgenti emmissive di biossido di azoto coincidano esclusivamente con i flussi di traffico veicolare locali.

Presso il sito di monitoraggio, la qualità dell'aria, rispetto ai valori riscontrati di biossido di azoto, risulta quindi **molto buona** (*Tabella 9*).

Unità di misura: microgrammi / metro cubo

	Garbagna Novarese MM	Castellet to Ticino	Borgoma -nero	Oleggio	NO- Roma	NO- Arpa	Trecate	Cerano
Minima media giornaliera	20	19	33	29	33	31	34	25
Massima media giornaliera	61	46	64	79	73	72	80	62
Media delle medie giornaliere:	36	31	48	49	51	47	53	41
Giorni validi	58	57	58	58	49	58	58	58
Percentuale giorni validi	100%	98%	100%	100%	84%	100%	100%	100%
Media dei valori orari	36	31	47	49	51	47	53	41
Massima media oraria	85	74	118	183	113	86	117	100
Ore valide	1387	1377	1386	1386	1208	1382	1386	1386
Percentuale ore valide	100%	99%	100%	100%	87%	99%	100%	100%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	0	0	0	0	0	0	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)</u>	0	0	0	0	0	0	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (400)</u>	0	0	0	0	0	0	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)</u>	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 8: reportistica Biossido di Azoto

Parametro	Tipo di media	Unità di misura	Molto buona	Buona	Moderatamente Buona	Moderatamente Insalubre	Insalubre
Biossido di Azoto (NO ₂)	oraria	microgrammi / metro cubo	<100	100-140	140-200	200-300	>300

Tabella 9: valori di range qualitativi Biossido di Azoto

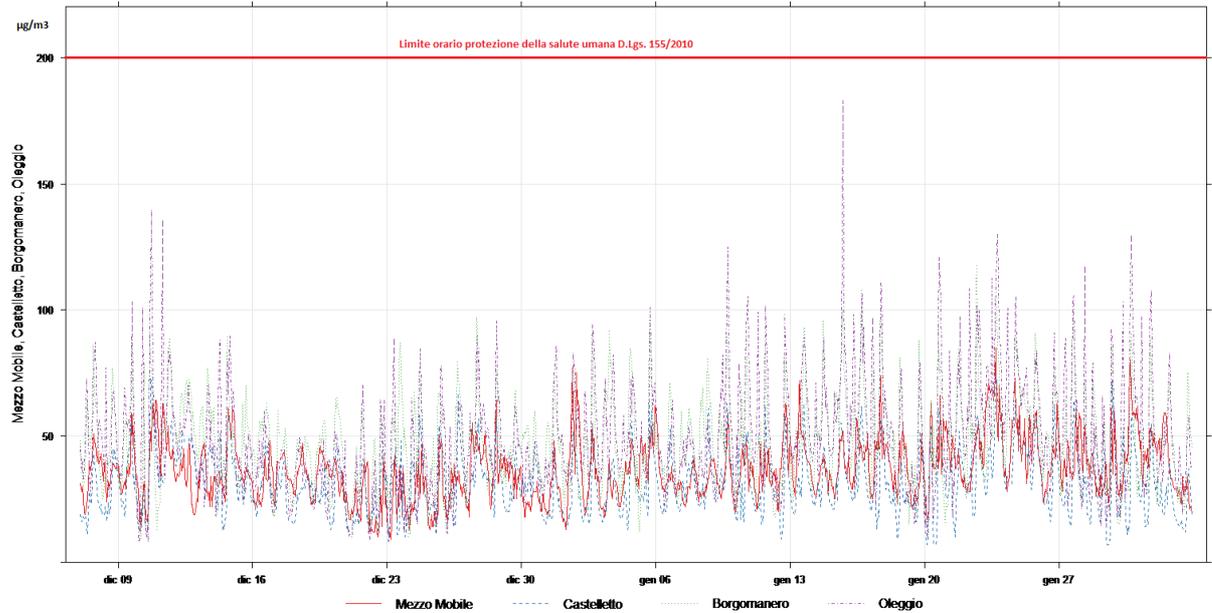


Figura 12: confronto delle medie orarie di Biossido di Azoto

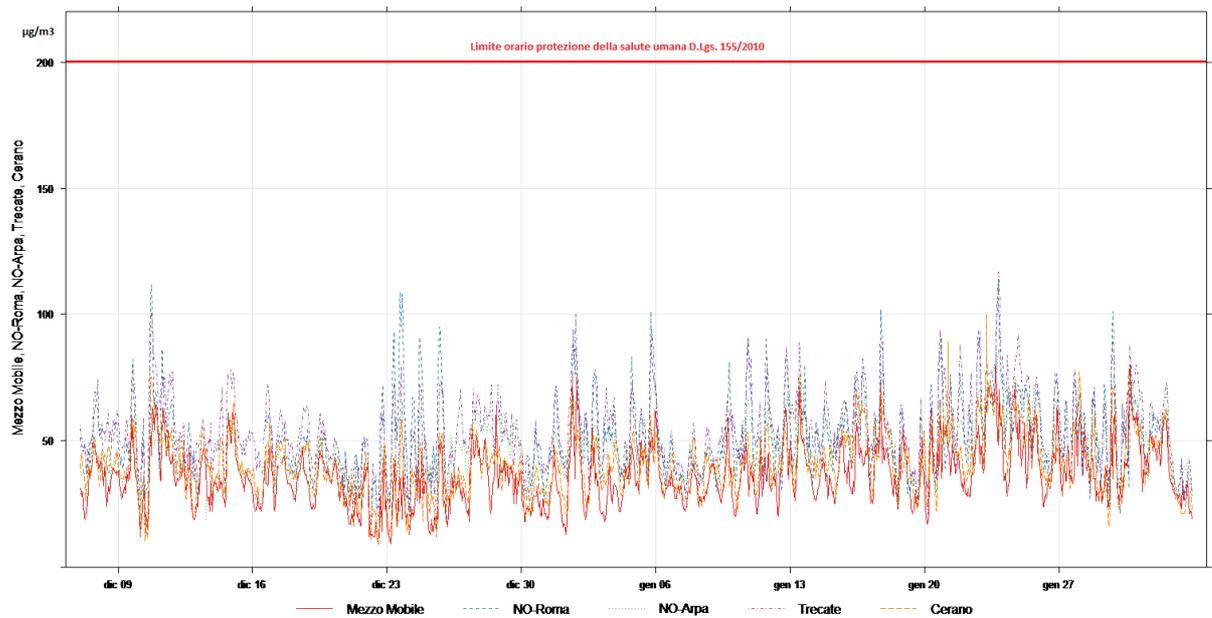


Figura 13: confronto delle medie orarie di Biossido di Azoto

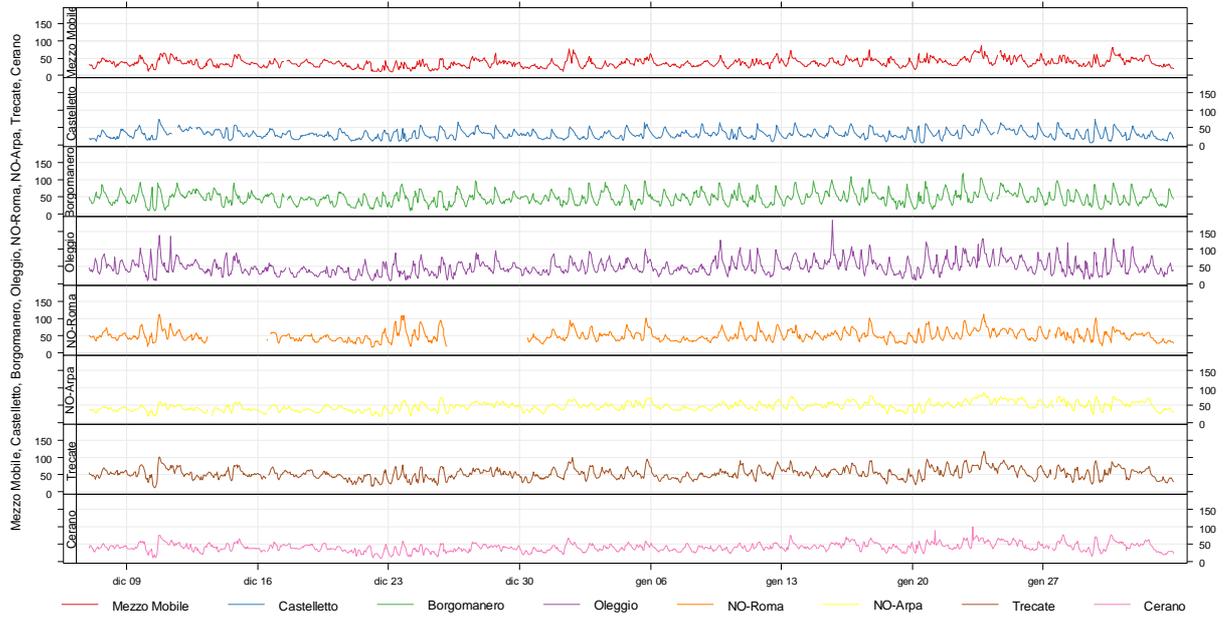


Figura 14: confronto delle medie orarie di Biossido di Azoto

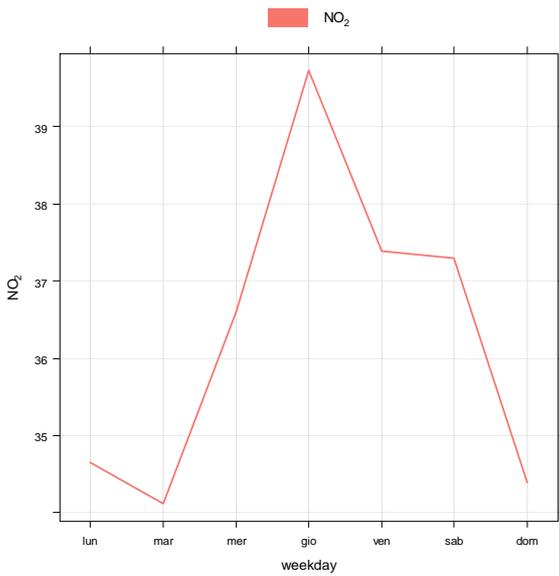


Figura 15: settimana tipo – Biossido di Azoto

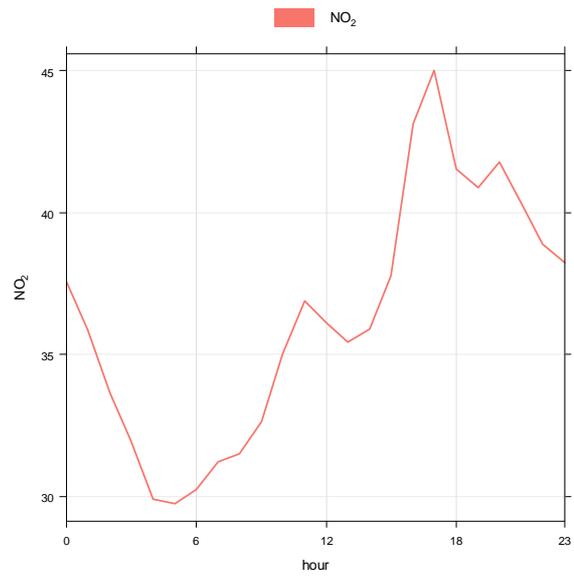


Figura 16: giorno tipo – Biossido di Azoto

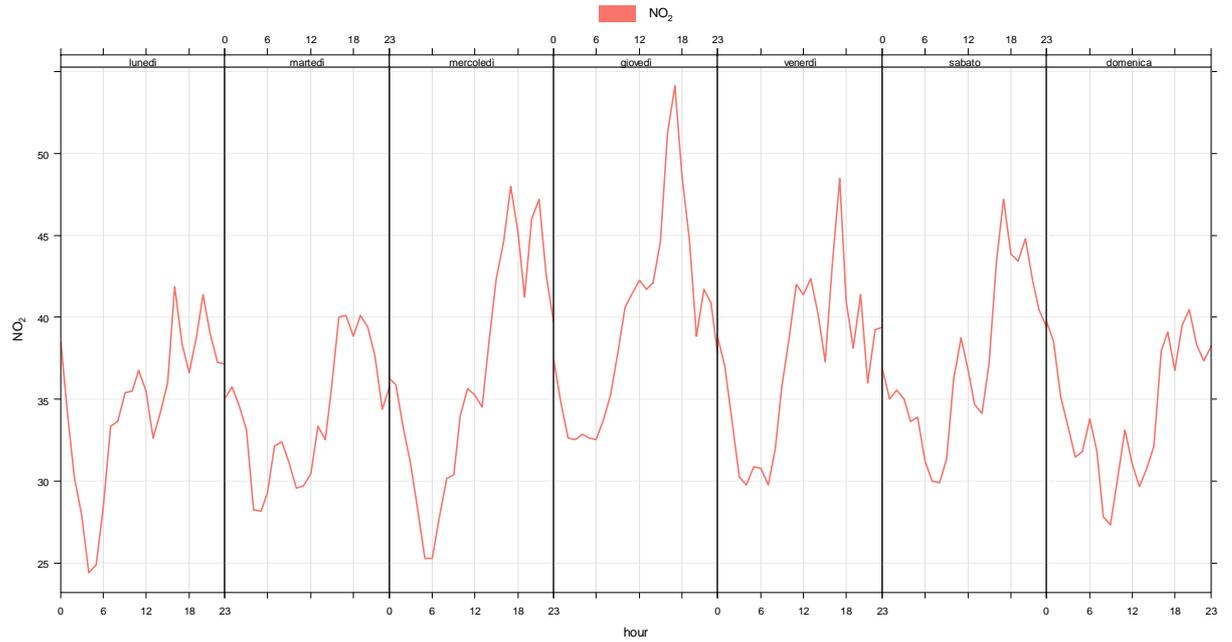


Figura 17: andamento medio orario in relazione al giorno della settimana –Biossido di Azoto

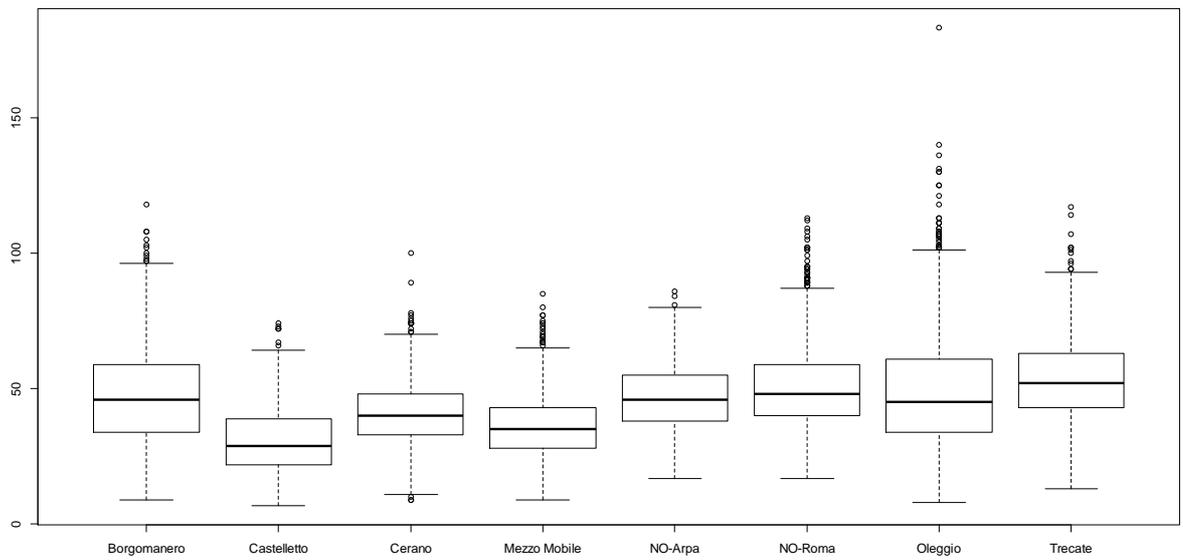


Figura 18: Box Plot Biossido di Azoto

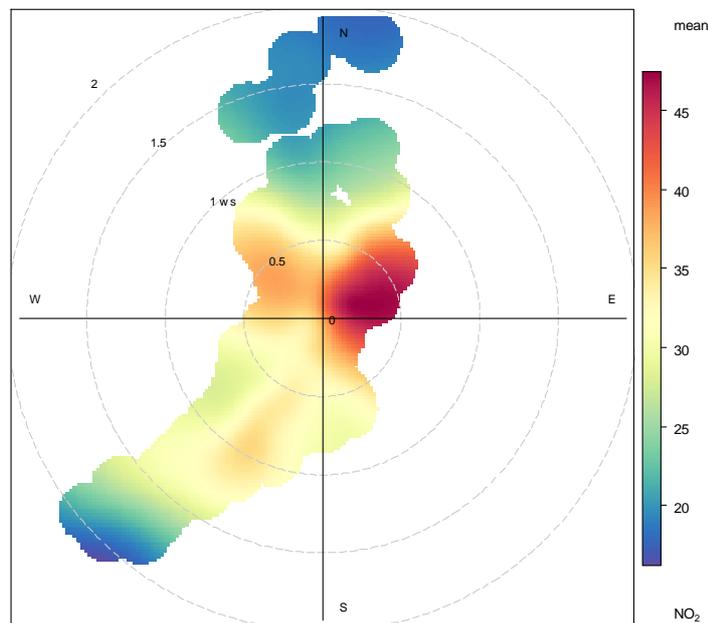


Figura 19: Polar Plot Biossido di Azoto

Monossido di Azoto (NO)

Il monossido di azoto non è soggetto a limiti normativi in quanto, alle concentrazioni tipiche dell'aria ambiente, non provoca effetti dannosi alla salute e all'ambiente. Viene monitorato per il calcolo dei NOx totali e per il fatto che per ossidazione si trasforma in biossido di azoto, con il quale costituisce un precursore dell'ozono e del particolato atmosferico di origine secondaria.

Le concentrazioni rilevate presso il sito di monitoraggio, presentano valori medi giornalieri pari a $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabella 10) e una massima media giornaliera di $78 \mu\text{g}/\text{m}^3$; il massimo valore orario raggiunto è stato di $169 \mu\text{g}/\text{m}^3$ il 24/01/2020 alle ore 02:00.

Il sito presenta concentrazioni medie giornaliere e orarie maggiormente confrontabili con le stazioni di Cerano e Borgomanero (Figura 20 - Figura 21 - Figura 22 - Figura 26).

L'andamento giornaliero delle concentrazioni di monossido di azoto presenta i valori più alti nelle ore centrali del mattino (Figura 24 - Figura 25) e variazioni che trovano corrispondenza con l'andamento del traffico veicolare.

L'andamento settimanale mostra, come per il biossido di azoto, concentrazioni di inquinante più alte nei giorni centrali della settimana e un picco significativo il lunedì mattina (Figura 23 - Figura 25).

Il grafico box-plot (Figura 26) evidenzia la similitudine della distribuzione delle concentrazioni del sito di monitoraggio con la stazione di Castelletto Ticino, mentre le altre stazioni presentano picchi orari di concentrazione più sostenuti (massima media oraria, outliers).

Il grafico polar plot del monossido di azoto (Figura 27) evidenzia, come per il biossido di azoto, le concentrazioni maggiori in condizioni di calma di vento o venti deboli ($< 1\text{m/s}$), denotando un contributo minimo alle concentrazioni dell'inquinante dovuto a sorgenti di emissione esterne all'area di studio.

Unità di misura: microgrammi / metro cubo

	Garbagna Novarese MM	Castelletto Ticino	Borgomanero	Oleggio	NO-Roma	NO-Arpa	Trecate	Cerano
Minima media giornaliera	8	5	8	10	21	9	10	5
Massima media giornaliera	78	51	72	140	109	103	94	78
Media delle medie giornaliere:	32	23	29	57	60	43	39	30
Giorni validi	58	58	58	58	49	58	58	58
Percentuale giorni validi	100%	100%	100%	100%	84%	100%	100%	100%
Media dei valori orari	32	23	29	57	59	43	39	30
Massima media oraria	169	150	252	492	348	271	269	249
Ore valide	1387	1379	1386	1386	1208	1381	1386	1386
Percentuale ore valide	100%	99%	100%	100%	87%	99%	100%	100%

Tabella 10: reportistica Monossido di Azoto

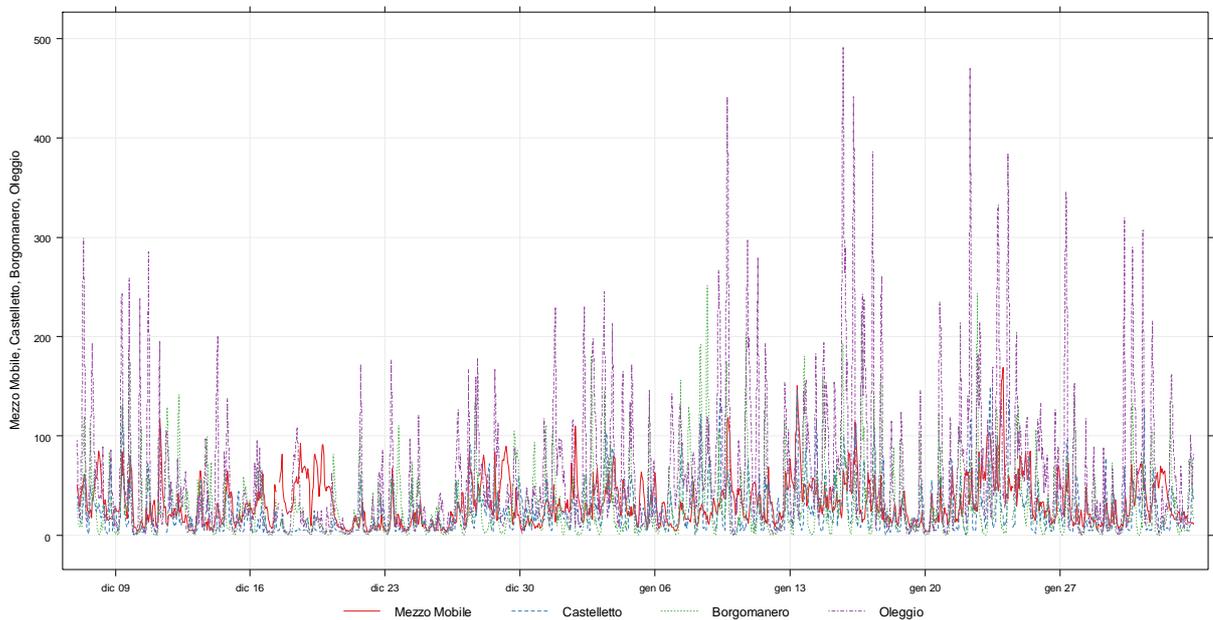


Figura 20: confronto delle medie orarie di Monossido di Azoto

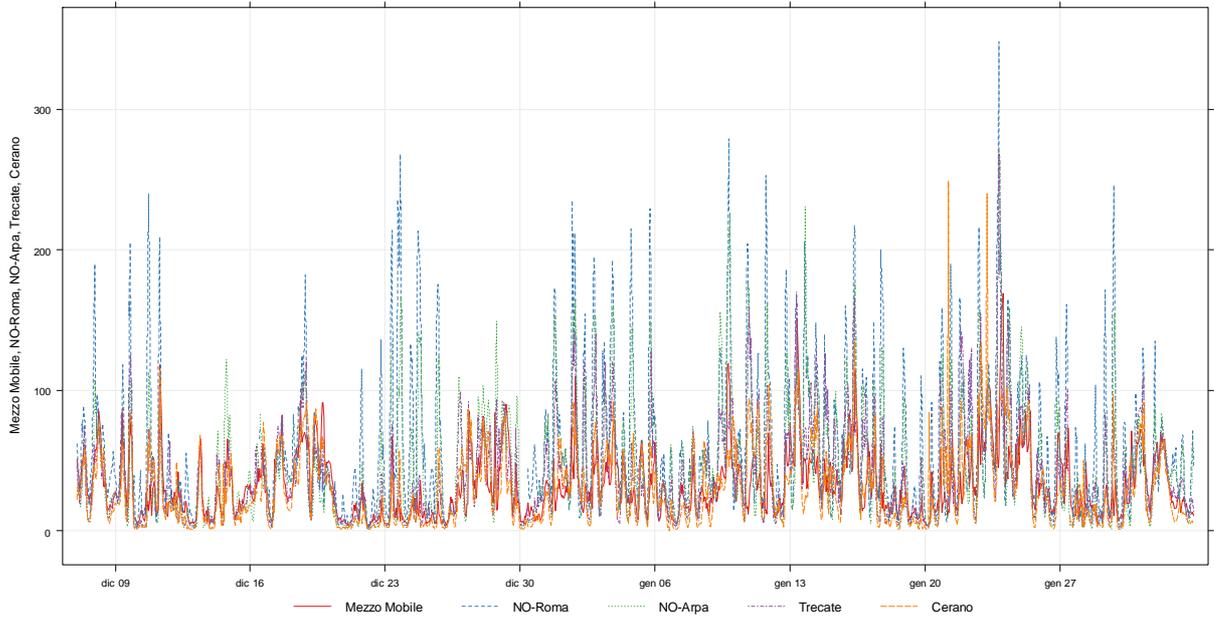


Figura 21: confronto delle medie orarie di Monossido di Azoto

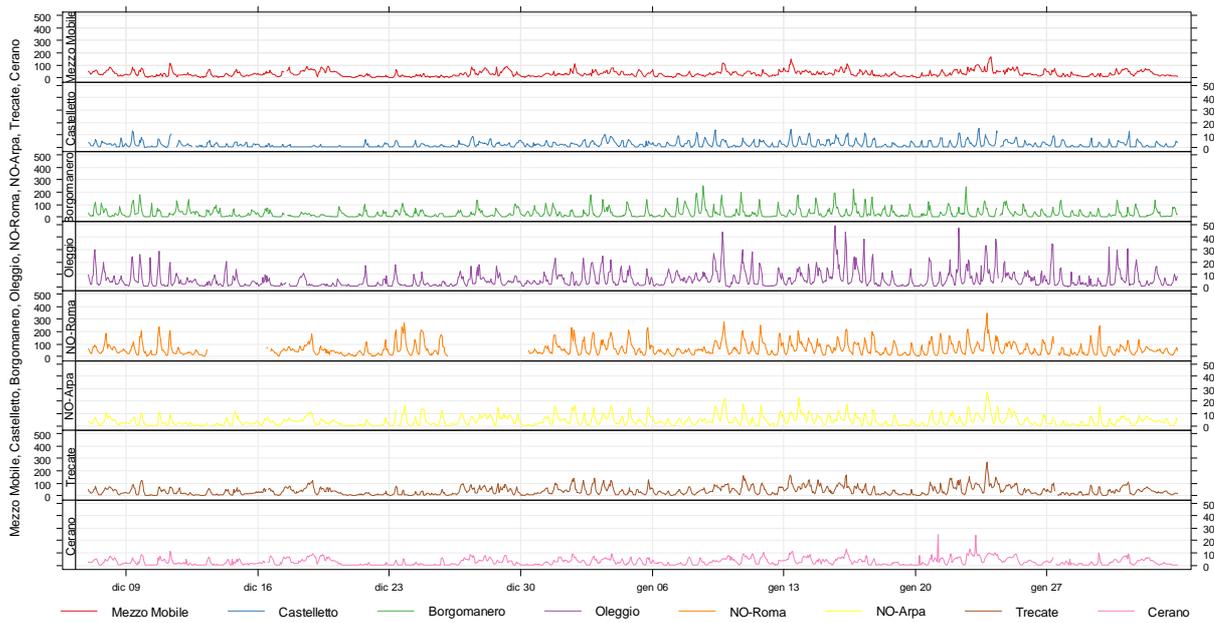


Figura 22: confronto delle medie orarie di Monossido di Azoto

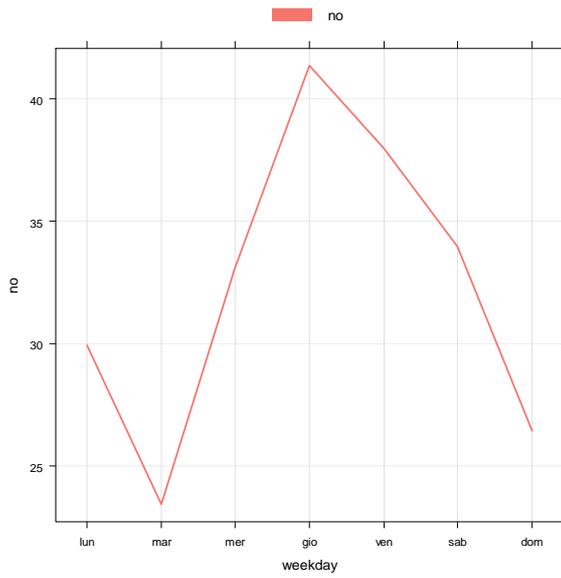


Figura 23: settimana tipo – Monossido di Azoto

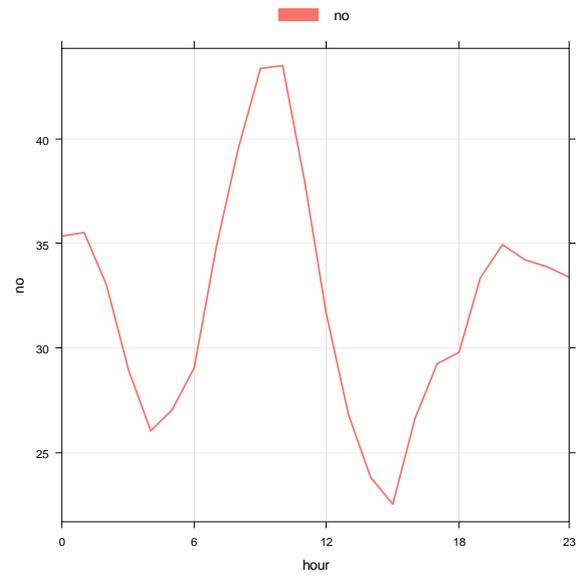


Figura 24: giorno tipo – Monossido di Azoto

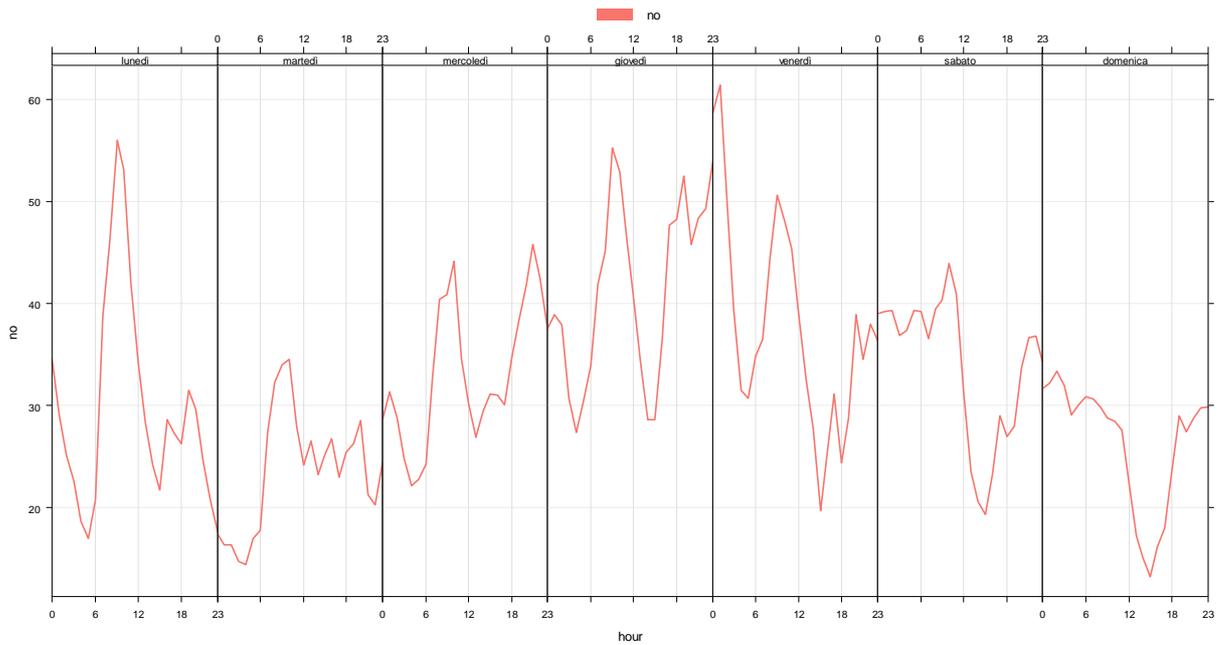


Figura 25: andamento medio orario in relazione al giorno della settimana - Monossido di Azoto

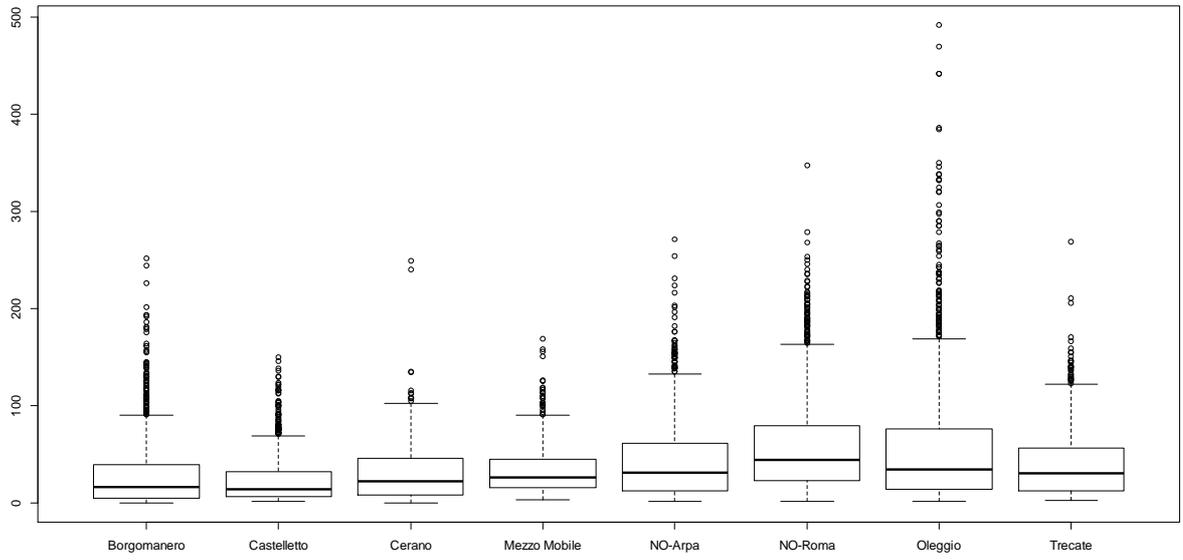


Figura 26: Box Plot Monossido di Azoto

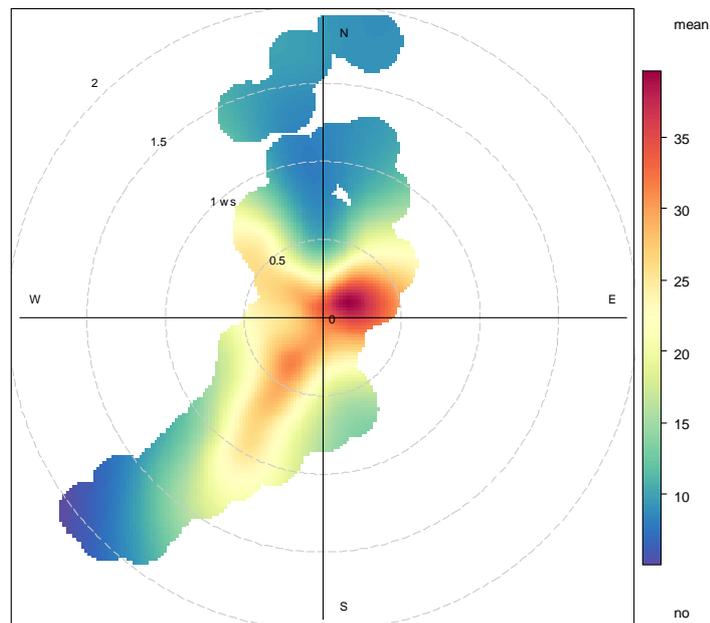


Figura 27: Polar Plot Monossido di Azoto

Ozono (O₃)

Le concentrazioni di ozono rilevate durante la campagna di monitoraggio sono risultate basse, presentando l'andamento tipico della stagione invernale, caratterizzata da debole irraggiamento solare e temperature basse. Non sono stati quindi registrati superamenti del limite di protezione della salute umana (120 µg/m³ - media mobile 8 h – *Figura 30*), della soglia di informazione (180 µg/m³) e della soglia di allarme (240 µg/m³).

La massima media oraria del periodo è stata di 68 µg/m³ (10/12/2019) e il massimo delle medie di 8 ore è risultato di 55 µg/m³ (*Tabella 11*), registrato sempre il giorno 10/12/2019.

I valori mediamente più alti, registrati presso il sito di monitoraggio e la stazione di Castelletto Ticino, rispetto alla stazione di Novara-Arpa (stazione di fondo-urbana) (*Figura 28 - Figura 29 - Figura 35*), sono spiegabili dalle complesse dinamiche di trasformazione, peculiari di questo inquinante, che tipicamente nelle aree urbane presenta processi di formazione e trasformazione molto rapidi, nei quali hanno un ruolo determinante i precursori, in particolare gli ossidi di azoto, che in condizioni di scarso irraggiamento solare e temperature basse, tipiche della stagione invernale, favoriscono la rimozione dell'ozono dall'atmosfera urbana.

A differenza dei suoi precursori, le cui concentrazioni sono direttamente proporzionali alle quantità emesse in prossimità delle sorgenti, l'ozono può raggiungere concentrazioni elevate in zone soggette a fenomeni di trasporto di masse d'aria. Generalmente le maggiori concentrazioni di ozono si rilevano proprio nelle aree suburbane e rurali, come il sito di monitoraggio e la stazione di Castelletto Ticino, dove risultano determinanti i fenomeni di trasporto sulle lunghe distanze, e la minor presenza di monossido di azoto ne limita i fenomeni di rimozione.

L'andamento dell'inquinante, visualizzato come settimana tipo (*Figura 31 - Figura 33*), mette in evidenza un contenuto aumento delle concentrazioni dalla domenica al martedì, giorni in cui si registrano le minori concentrazioni di biossido e monossido di azoto, che come già evidenziato, nelle condizioni ambientali tipiche della stagione fredda, sono determinati all'instaurarsi di fenomeni di rimozione.

L'andamento giornaliero risulta tipico e coerente con l'innalzarsi delle temperature e della radiazione solare nelle ore centrali della giornata (*Figura 32 - Figura 33*).

Le interazioni tra le concentrazioni di ozono e dei suoi precursori, quali monossido e biossido di azoto, sono ben evidenziate nel grafico di *Figura 34*, come andamento medio orario in relazione al giorno della settimana.

Il grafico polar plot relativo all'ozono (*Figura 36*) evidenzia concentrazioni maggiori dell'inquinante quando i venti sono relativamente più sostenuti (1-2 m/s) e provenienti da nord, confermando, per questo inquinante di natura secondaria, il fenomeno di trasporto e formazione sulle lunghe distanze, dalle zone maggiormente antropizzate, alle aree suburbane e rurali.

Dato il periodo di monitoraggio, la qualità dell'aria, rispetto al parametro ozono, si conferma **molto buona** (*Tabella 12*).

Unità di misura: microgrammi / metro cubo

	Garbagna Novarese MM	Castelletto Ticino	NO-Arpa
Minima media giornaliera	3	3	1

Massima media giornaliera	32	42	18
Media delle medie giornaliere:	11	15	5
Giorni validi	58	58	50
Percentuale giorni validi	100%	100%	86%
Media dei valori orari	11	15	5
Massima media oraria	68	83	42
Ore valide	1386	1379	1234
Percentuale ore valide	100%	99%	89%
Minimo medie 8 ore	3	2	1
Media delle medie 8 ore	11	15	5
Massimo medie 8 ore	55	68	34
Percentuale medie 8 ore valide	100%	99%	89%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	0	0	0
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)</u>	0	0	0
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	0	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	0	0	0
<u>Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)</u>	0	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)</u>	0	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)</u>	0	0	0

Tabella 11: reportistica Ozono

Ozono (O3)	oraria	microgrammi / metro cubo	<90	90-180	180-210	210-240	>240
Ozono (O3)	8 ore	microgrammi / metro cubo	<60	60-120	120-180	180-240	>240

Tabella 12: valori di range qualitativi Ozono

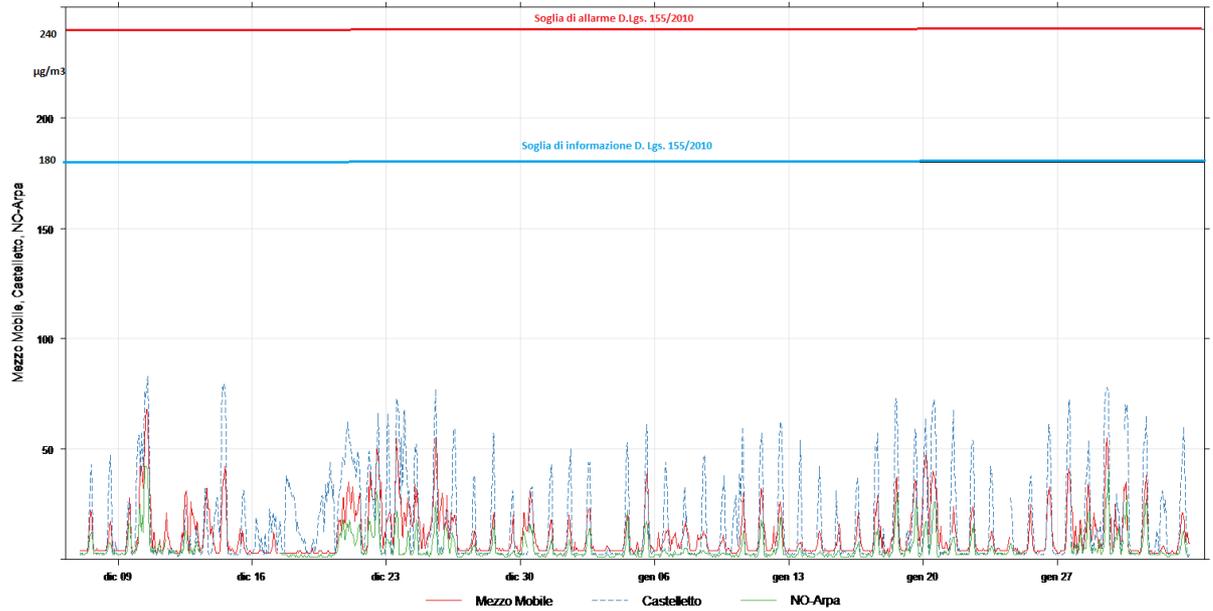


Figura 28: confronto delle medie orarie di Ozono

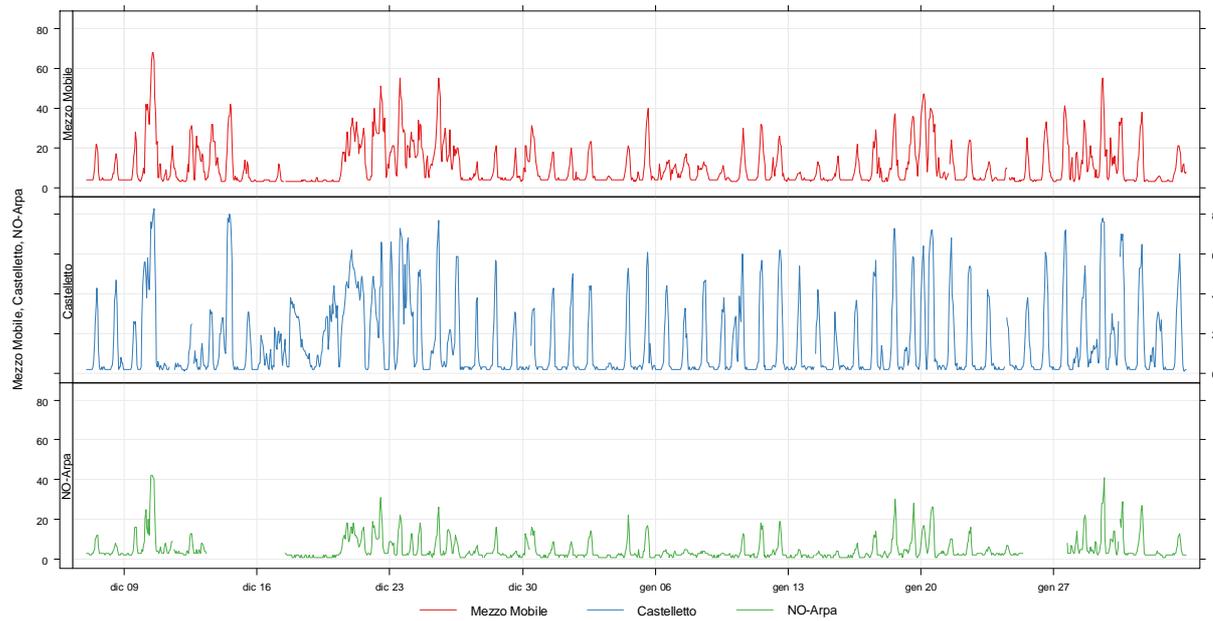


Figura 29: confronto delle medie orarie di Ozono

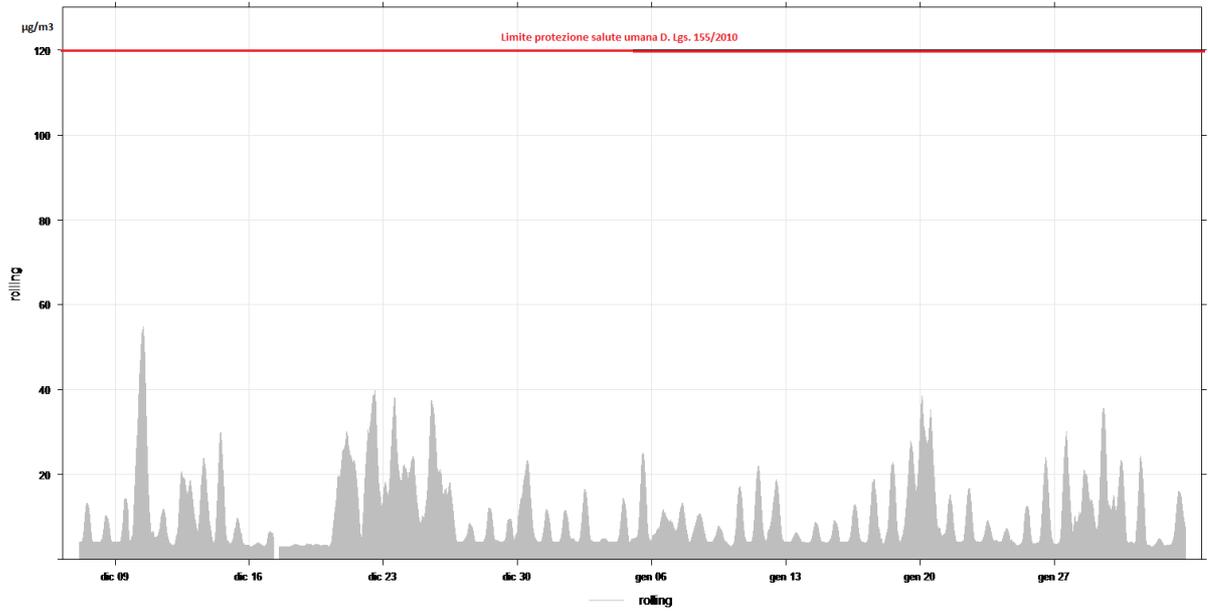


Figura 30: medie mobili otto ore Ozono

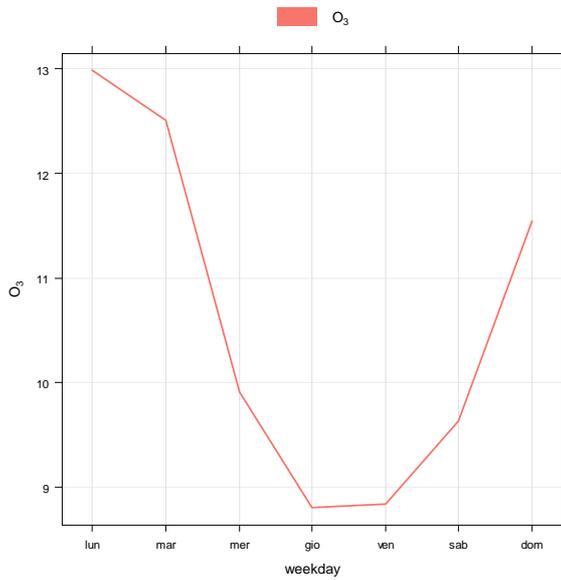


Figura 31: settimana tipo – Ozono

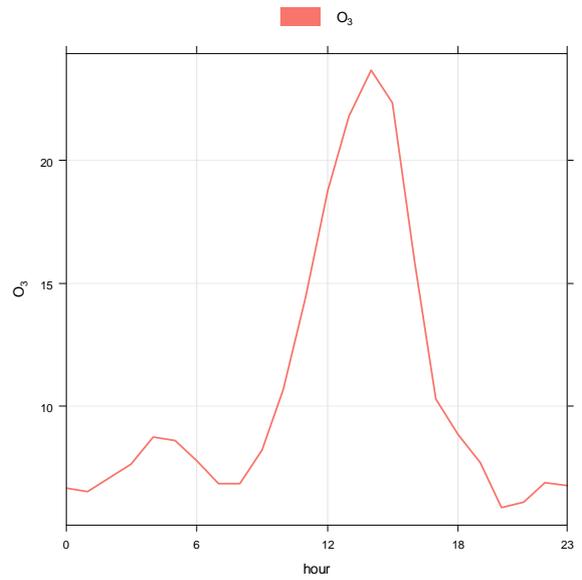


Figura 32: giorno tipo – Ozono

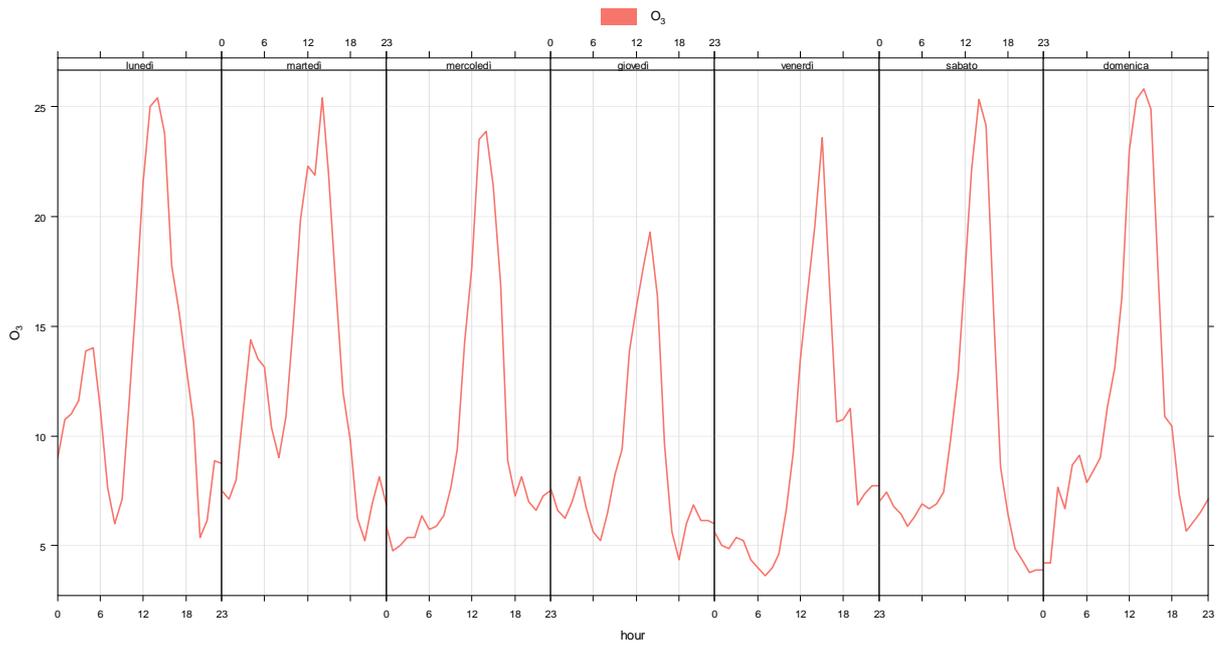


Figura 33: andamento medio orario in relazione al giorno della settimana – Ozono

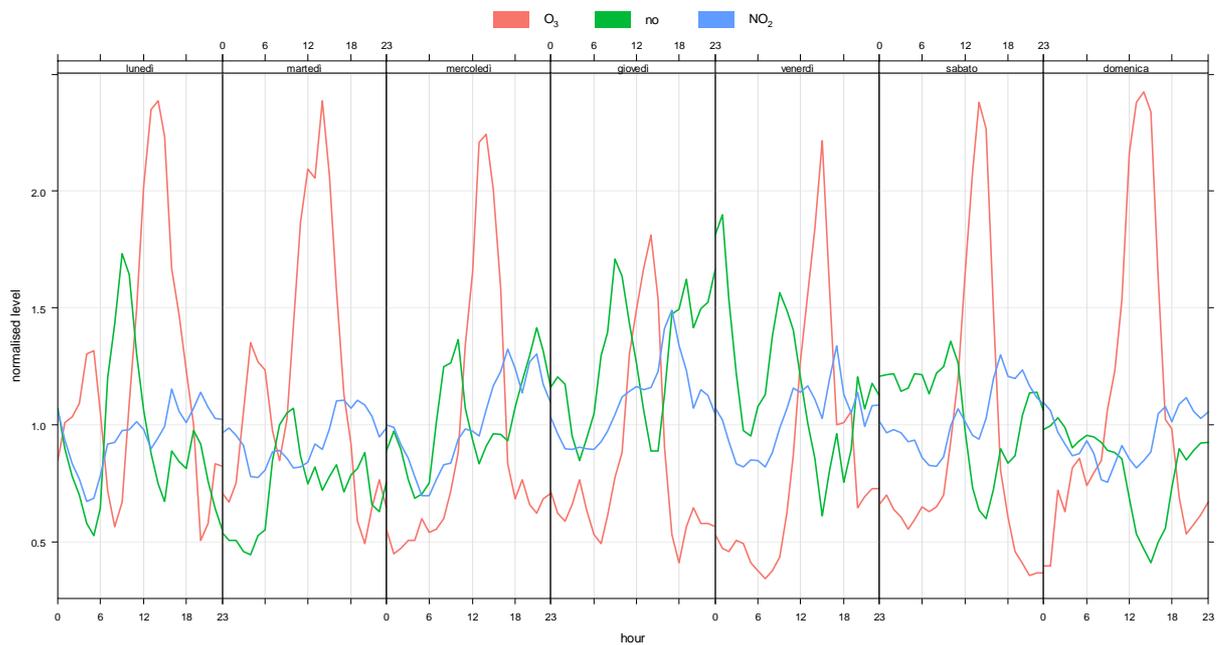


Figura 34: andamento medio orario in relazione al giorno della settimana – Confronto Ozono, NO e NO₂ – valori normalizzati

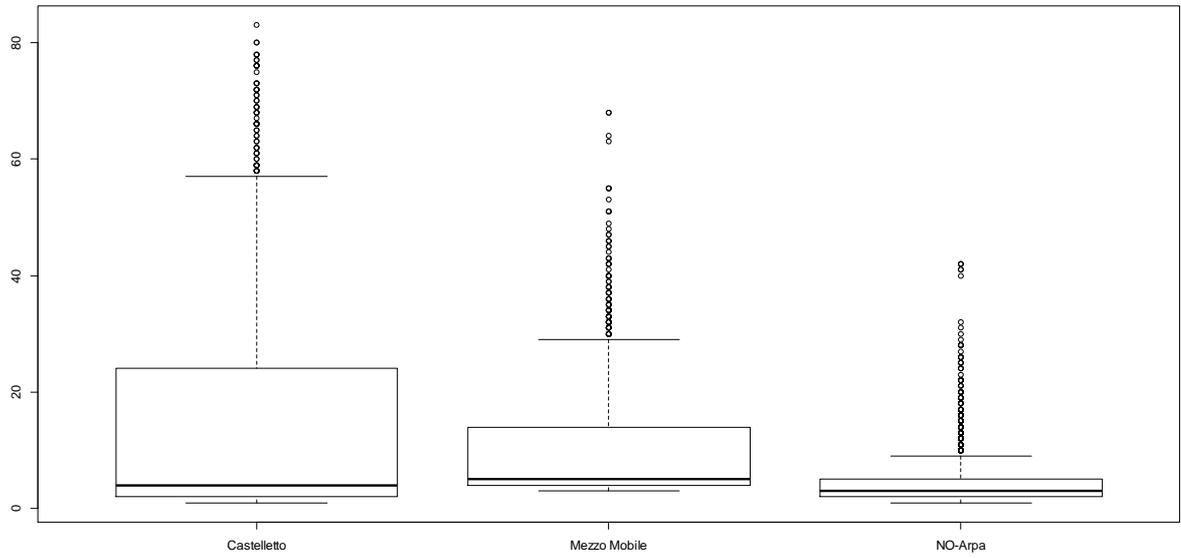


Figura 35: Box Plot Ozono

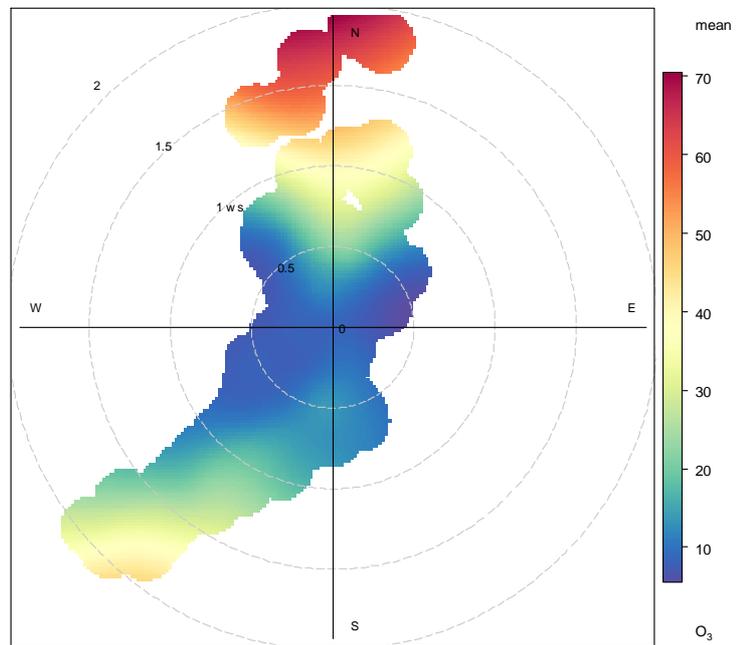


Figura 36: Polar Plot Ozono

Monossido di Carbonio (CO)

Le concentrazioni di monossido di carbonio (CO) rilevate con il laboratorio mobile, presentano valori medi giornalieri di $0,4 \text{ mg/m}^3$ (Tabella 13), con una massima media oraria di $1,7 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. Il valore massimo delle medie di 8 ore è risultato pari a $1,5 \text{ mg/m}^3$. L'inquinante presenta concentrazioni basse e decisamente inferiori rispetto al limite previsto dalla normativa a protezione della salute umana, fissato a 10 mg/m^3 ed espresso come media massima giornaliera calcolata su 8 ore (media mobile 8 ore – Figura 39).

L'andamento giornaliero delle concentrazioni di monossido di carbonio, considerato un tracciante del traffico veicolare, evidenzia gli apporti maggiori nelle ore della giornata caratterizzate da maggior traffico veicolare e, come già visto per gli altri inquinanti, apporti minori il lunedì e martedì, presentando però una minore riduzione la domenica, presumibilmente imputabile al traffico "leggero", presente nel giorno festivo (Figura 40 – Figura 41 - Figura 42).

I grafici box plot delle medie orarie (Figura 43) e i grafici di confronto (Figura 37 - Figura 38) mettono in evidenza una maggiore differenza, comunque non particolarmente significativa, tra il sito di monitoraggio e la stazione di traffico urbana della città di Novara (stazione Novara-Roma), rispetto ai dati della stazione di Borgomanero.

In ambito urbano, la principale sorgente antropogenica di questo inquinante è dovuta alle emissioni dei motori a scoppio alimentati a benzina e, a differenza di quanto avviene per gli ossidi di azoto, per il CO le massime emissioni si verificano in condizioni di motori al minimo, in decelerazione e in fase di avviamento a freddo. Le emissioni risultano dunque maggiori in condizioni di traffico lento e fermate ai semafori.

Il monossido di carbonio, inoltre, è caratterizzato da un alto gradiente spaziale, sicché la sua concentrazione varia rapidamente nello spazio, sia dalla distanza della fonte di emissione (ossia dalla distanza del traffico veicolare), sia dal suolo verso l'alto.

Il grafico polar plot (Figura 44), mostrando le concentrazioni maggiori in condizioni di calma di vento o di intensità di vento debole ($< 1 \text{ m/s}$), conferma come l'inquinante sia maggiormente insidioso in condizioni di bassa ventilazione.

L'inquinante comunque non evidenzia criticità, in analogia a quanto viene riscontrato a livello regionale.

Pertanto, anche per questo parametro, la qualità dell'aria, nel periodo di monitoraggio, è risultata **molto buona** (Tabella 14).

Unità di misura: milligrammi / metro cubo

	Garbagna Novarese MM	Borgo- manero	Novara- Roma
Minima media giornaliera	0.4	0.6	0.6
Massima media giornaliera	1.2	1.2	1.5
Media delle medie giornaliere:	0.8	0.9	1.1
Giorni validi	58	58	49
Percentuale giorni validi	100%	100%	84%
Media dei valori orari	0.8	0.9	1.1

Massima media oraria	1.7	2.0	2.8
Ore valide	1387	1386	1209
Percentuale ore valide	100%	100%	87%
Minimo medie 8 ore	0.4	0.5	0.4
Media delle medie 8 ore	0.8	0.9	1.1
Massimo medie 8 ore	1.5	1.8	2.1
Percentuale medie 8 ore valide	100%	99%	86%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (10)</u>	0	0	0
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 10)</u>	0	0	0

Tabella 13: reportistica Monossido di Carbonio

Parametro	Tipo di media	Unità di misura	Molto buona	Buona	Moderatamente Buona	Moderatamente Insalubre	Insalubre
Monossido di Carbonio (CO)	8 ore	milligrammi / metro cubo	<5	5-7	7-10	10-16	>16

Tabella 14: valori di range qualitativi Monossido di Carbonio

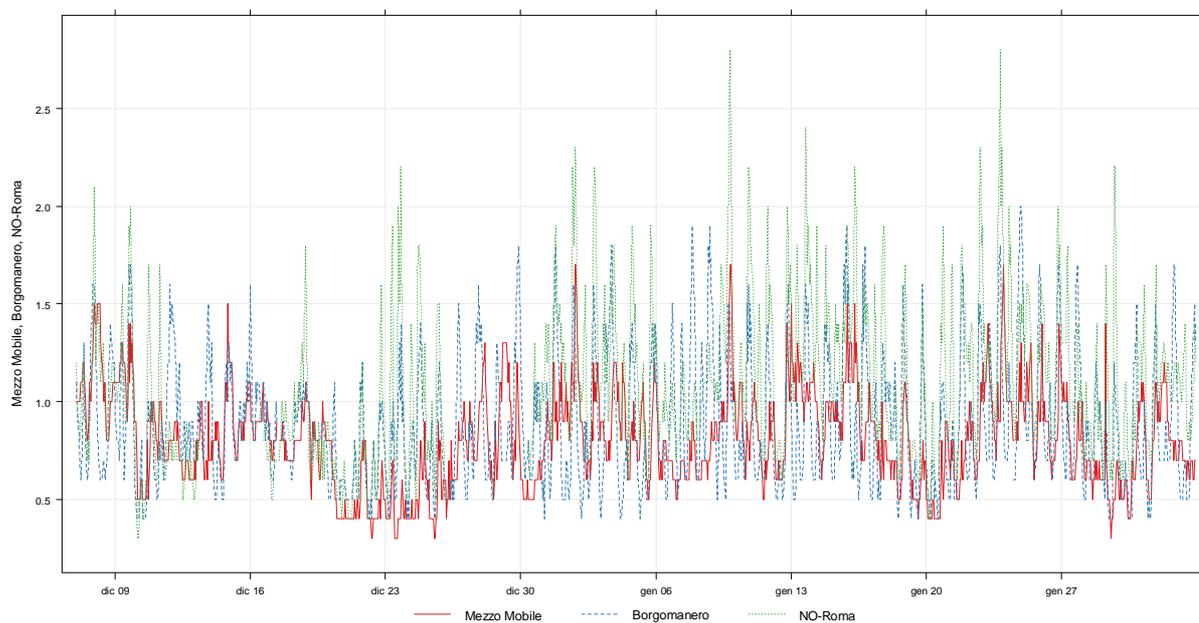


Figura 37: confronto delle medie orarie di Monossido di Carbonio

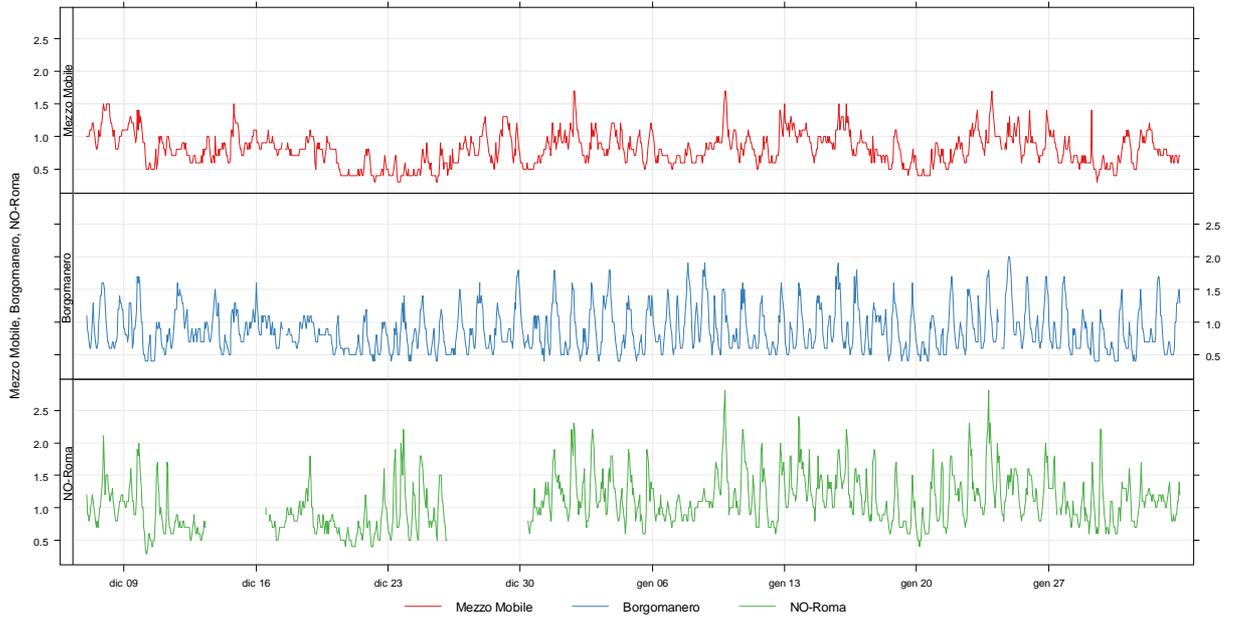


Figura 38: confronto delle medie orarie di Monossido di Carbonio

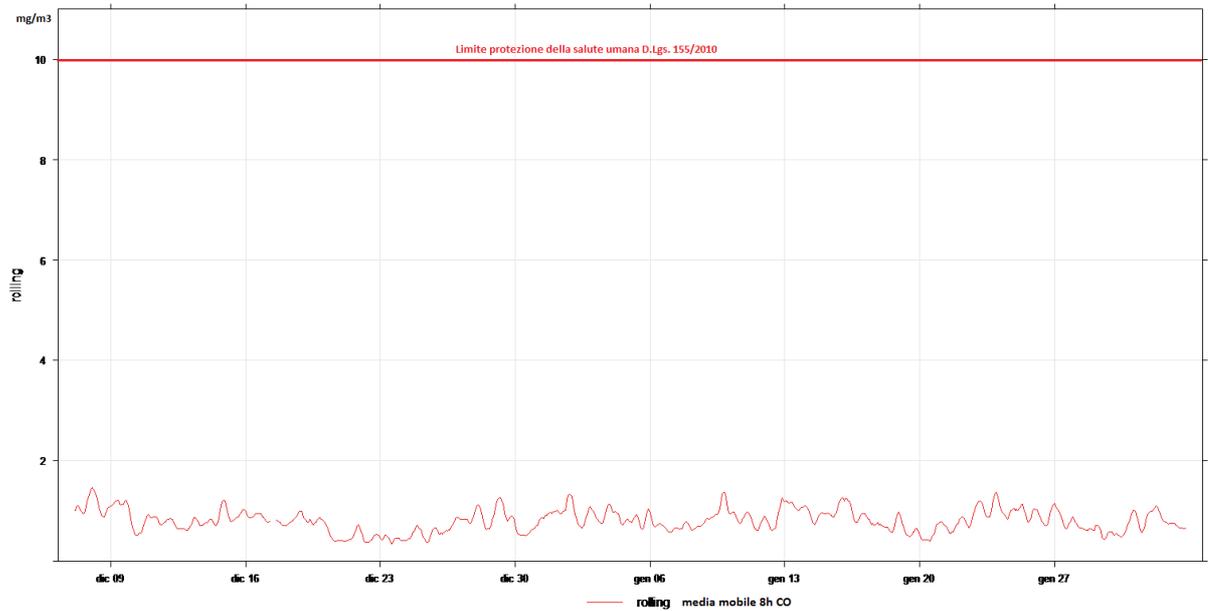


Figura 39: media mobile otto ore Monossido di Carbonio

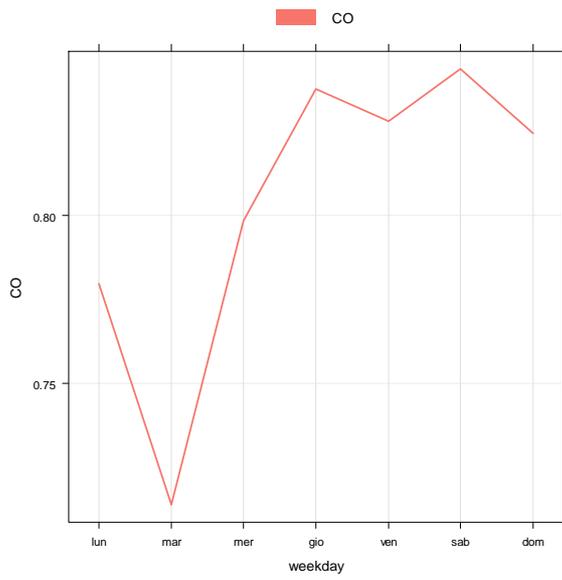


Figura 40: settimana tipo - Monossido di Carbonio

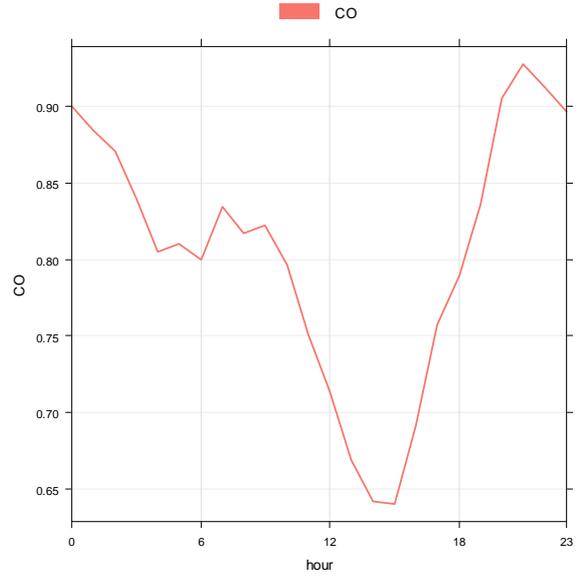


Figura 41: giorno tipo - Monossido di Carbonio

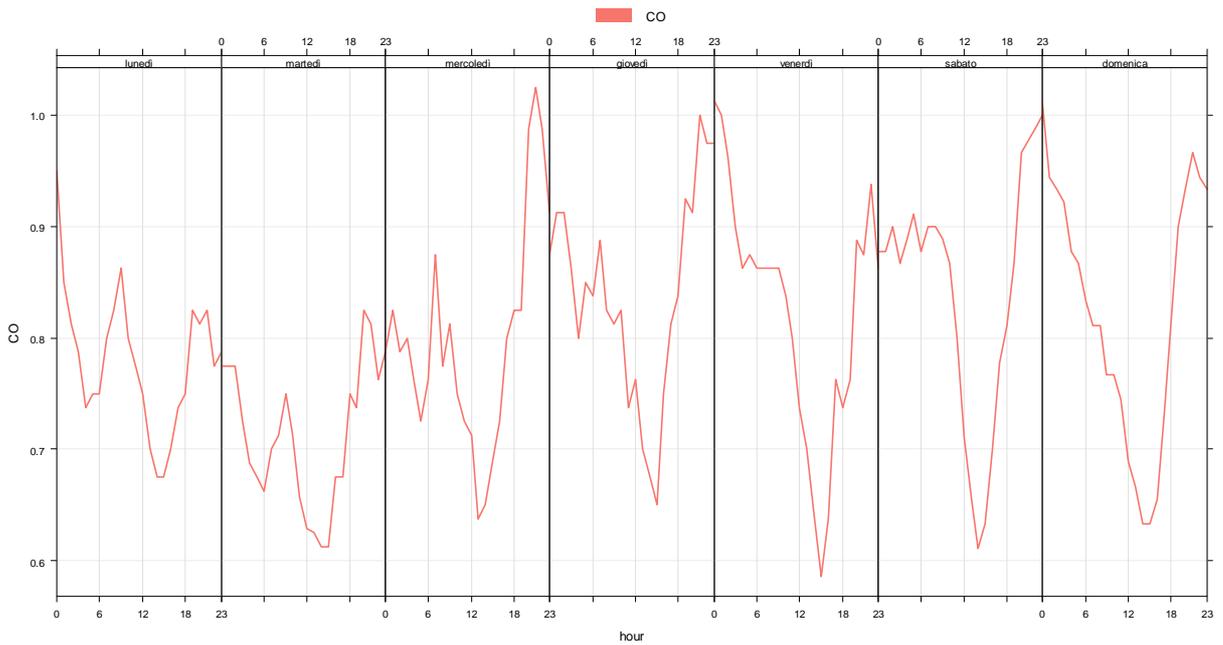


Figura 42: andamento medio orario in relazione al giorno della settimana- Monossido di Carbonio

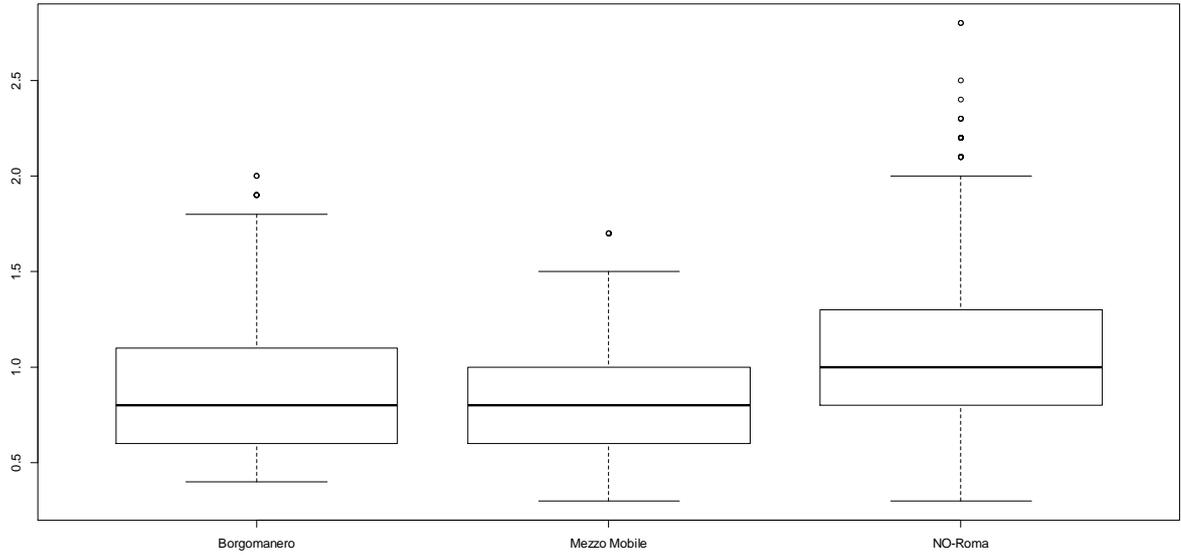


Figura 43: Box Plot Monossido di Carbonio

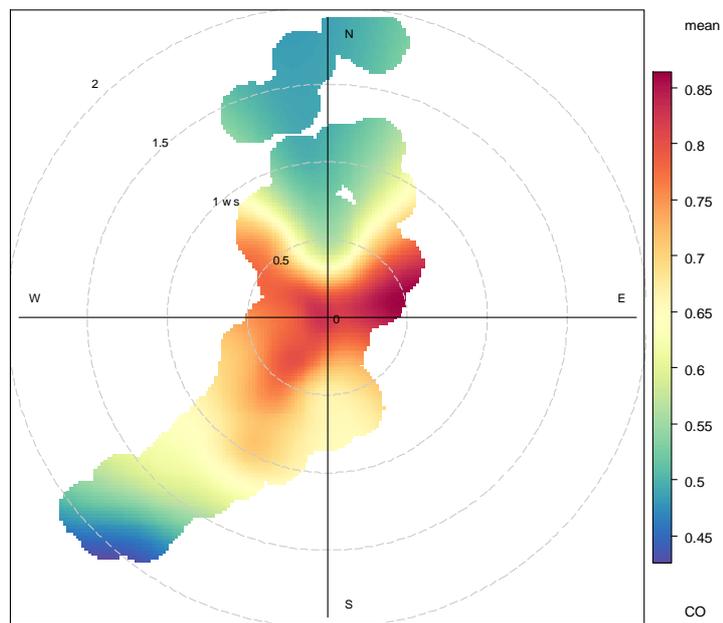


Figura 44: Polar Plot Monossido di Carbonio

Benzene (C₆H₆)

L'inquinante presenta una concentrazione media di periodo di 3,8 µg/m³, una massima media giornaliera pari a 5,5 µg/m³ e una massima media oraria di 7,6 µg/m³, verificatasi il 12/01/2020 alle ore 20:00 (Tabella 15).

Dal confronto dei dati orari con le stazioni della RRQA prese a riferimento (Figura 45 – Figura 46 – Figura 50), si osserva che il sito di monitoraggio presenta le concentrazioni medie orarie maggiori, ma con picchi di concentrazione, espressi dalla massima media oraria, piuttosto contenuti.

Come per il monossido di carbonio, anche per il benzene si rilevano gli apporti maggiori nelle ore centrali della giornata, con valori massimi in corrispondenza delle ore in cui il traffico è più intenso, e con una flessione il lunedì e martedì (Figura 47 – Figura 48 - Figura 49).

L'accordo degli andamenti normalizzati delle concentrazioni di benzene e monossido di carbonio, per ciascuna ora del giorno, nei diversi giorni della settimana (Figura 51 - Figura 52 - Figura 54), permette di indicare per tali inquinanti la medesima origine emissiva, identificabile nel traffico veicolare e in particolare nei motori alimentati a benzina.

Il grafico polar plot (Figura 50) evidenzia, anche per il benzene, le concentrazioni maggiori in condizioni di calma di vento e di intensità di vento debole (< 1m/s). Come il monossido di carbonio, anche il benzene presenta un elevato gradiente spaziale, pertanto le concentrazioni maggiori si rilevano in prossimità della sorgente di emissione e in condizioni di bassa ventilazione.

Indicativamente, le concentrazioni di benzene rilevate nel periodo di monitoraggio, risultano nel range che classifica la qualità dell'aria come **moderatamente buona** (Tabella 16), rispetto a un limite normativo annuale, in riferimento al quale andrebbero fatte le giuste valutazioni.

Unità di misura: microgrammi / metro cubo

	Garbagna Novarese MM	Borgoma- nero	NO-Roma	Trecate	Cerano
Minima media giornaliera	1.8	1.1	1.3	1.1	1.3
Massima media giornaliera	5.5	3.6	4.1	4.3	4.5
Media delle medie giornaliere:	3.8	2.4	2.7	2.4	2.8
Giorni validi	58	58	49	58	58
Percentuale giorni validi	100%	100%	84%	100%	100%
Media dei valori orari	3.8	2.4	2.6	2.4	2.8
Massima media oraria	7.6	7.2	9.3	20.1	8.9
Ore valide	1384	1365	1191	1367	1367
Percentuale ore valide	99%	98%	86%	98%	98%

Tabella 15: reportistica Benzene.

Parametro	Tipo di media	Unità di misura	Molto buona	Buona	Moderatamente Buona	Moderatamente Insalubre	Insalubre
Benzene	annuale oraria	microgrammi / metro cubo	<2.0	2.0-3.5	3.5-5.0	5.0-10.0	>10.0

Tabella 16: valori di range qualitativi Benzene

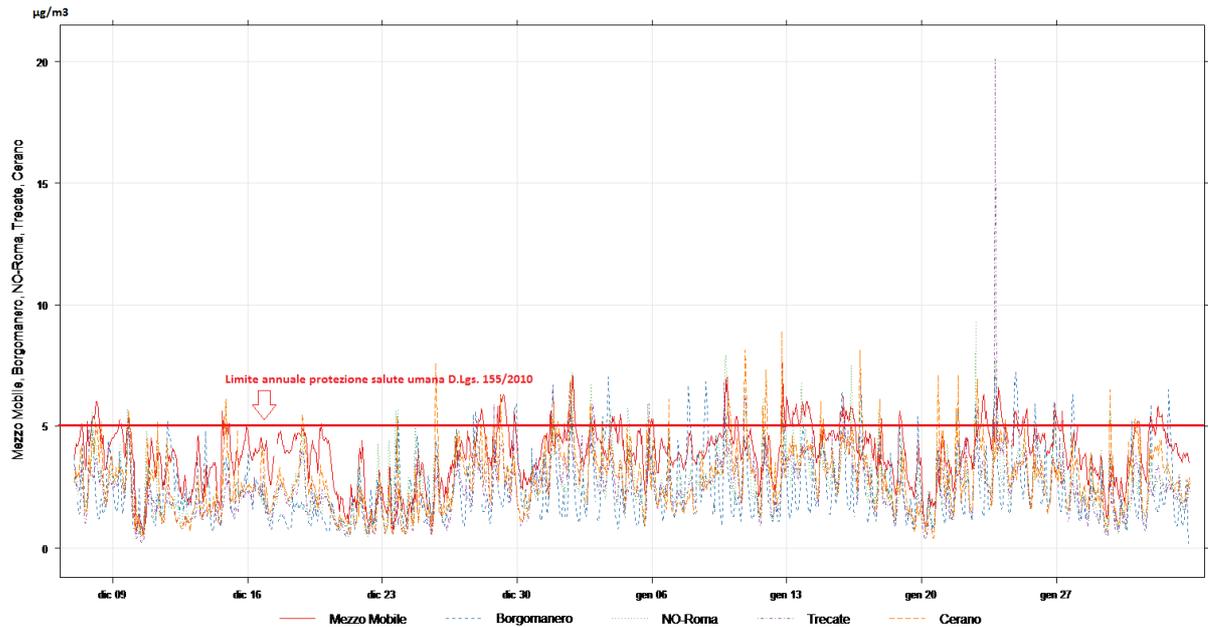


Figura 45: confronto delle medie orarie di Benzene

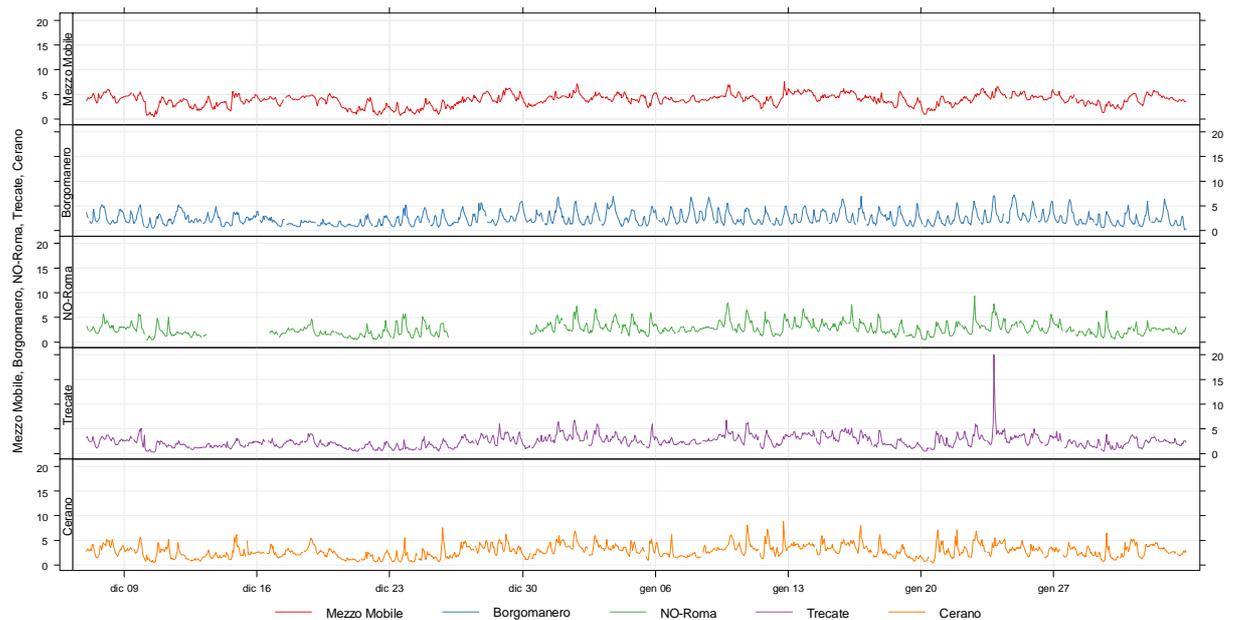


Figura 46: confronto delle medie orarie di Benzene

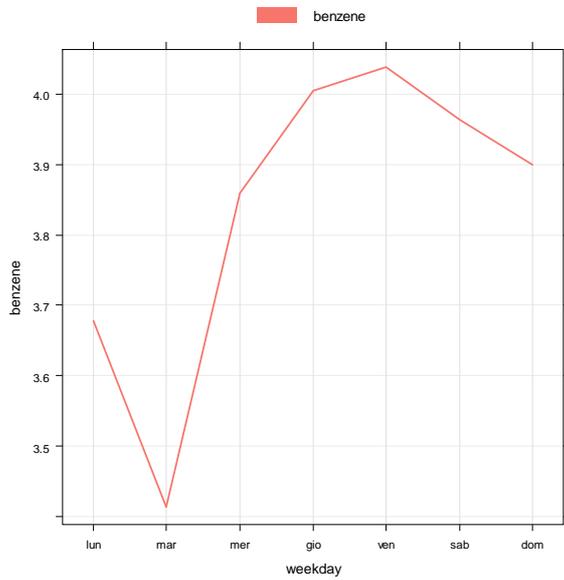


Figura 47: settimana tipo – Benzene

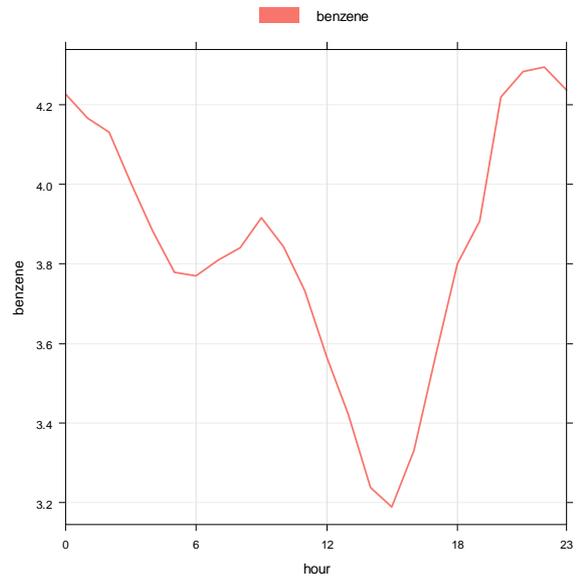


Figura 48: giorno tipo – Benzene

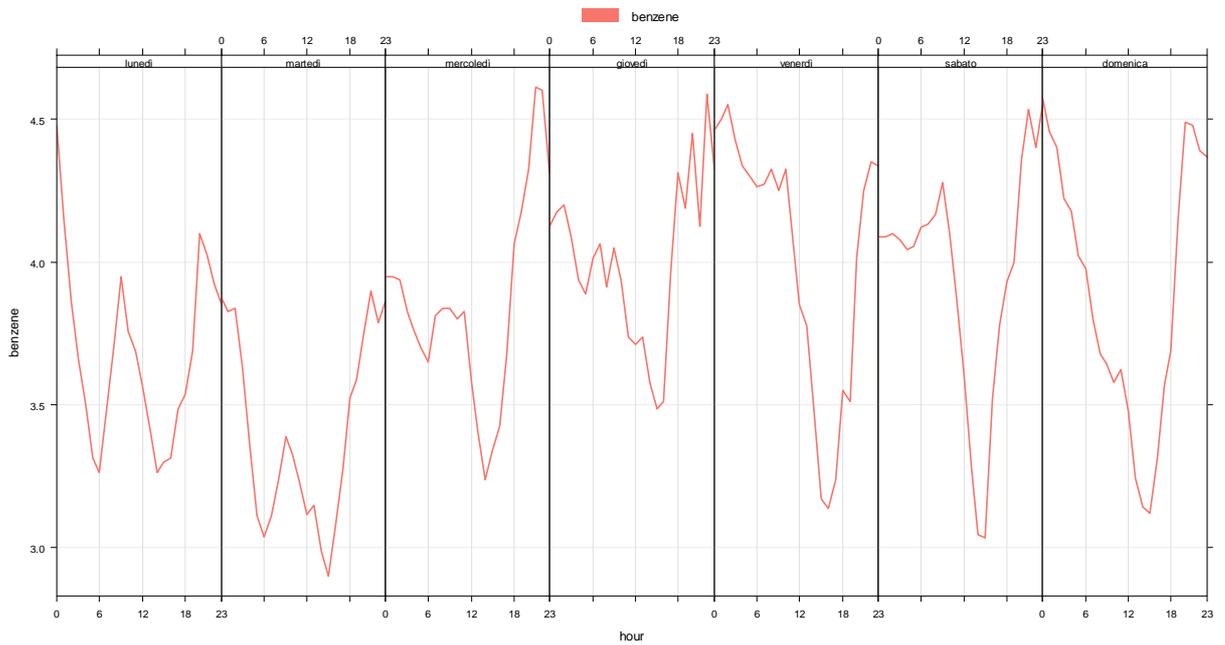


Figura 49: andamento medio orario in relazione al giorno della settimana- Benzene

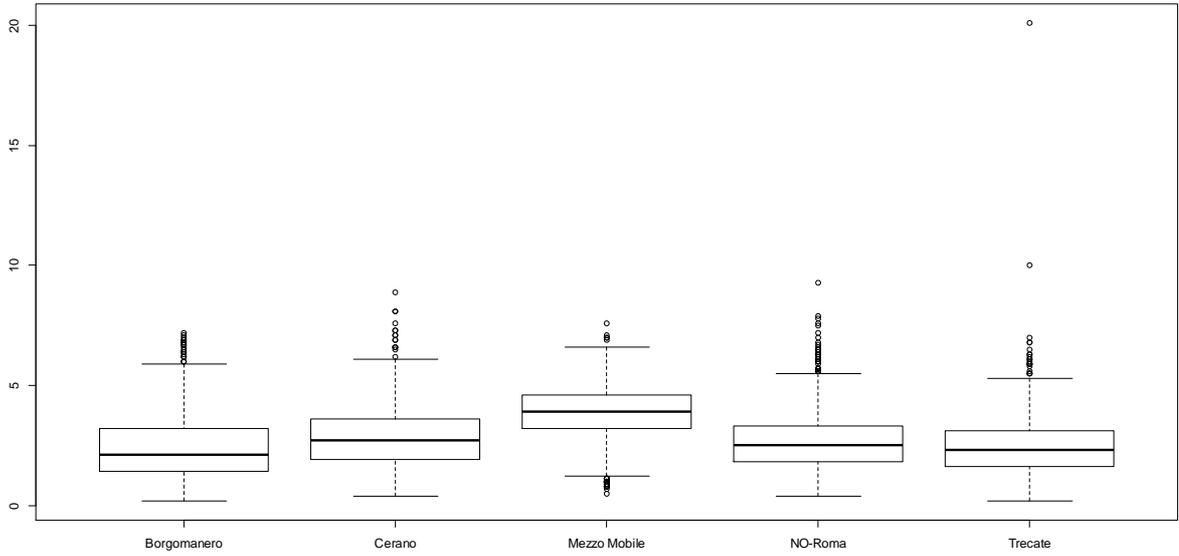


Figura 50: Box Plot Benzene

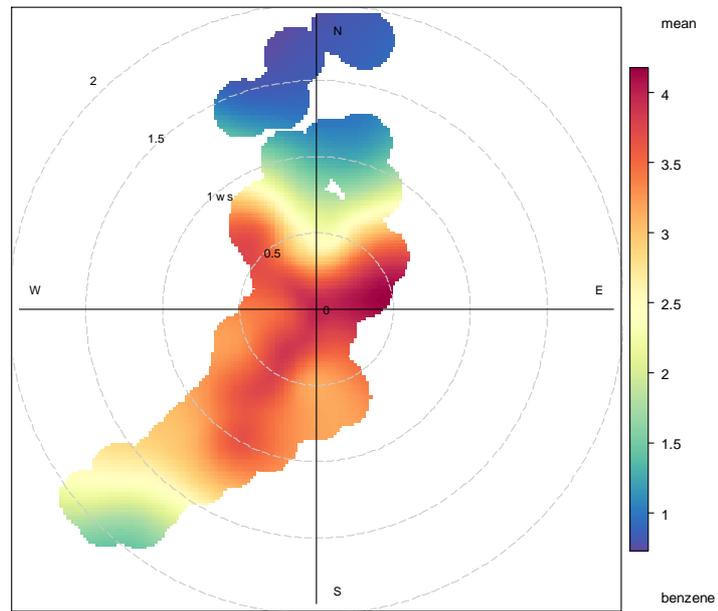


Figura 50: Polar Plot Benzene

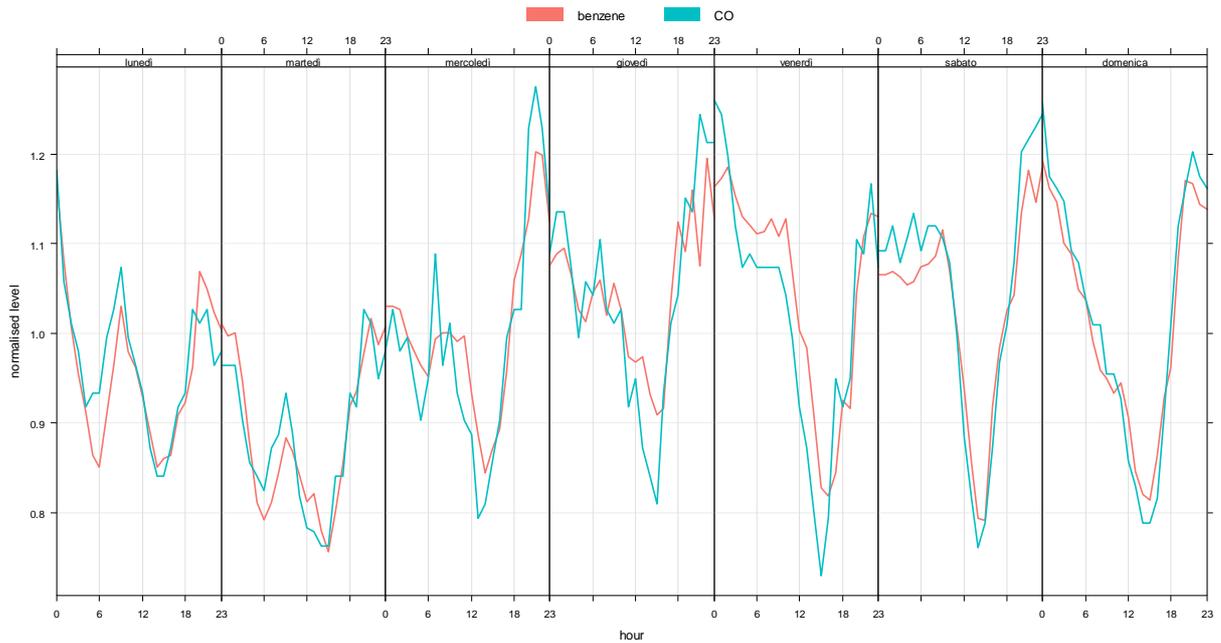


Figura 51: andamento medio orario in relazione al giorno della settimana - Confronto Benzene e Monossido di carbonio - valori normalizzati

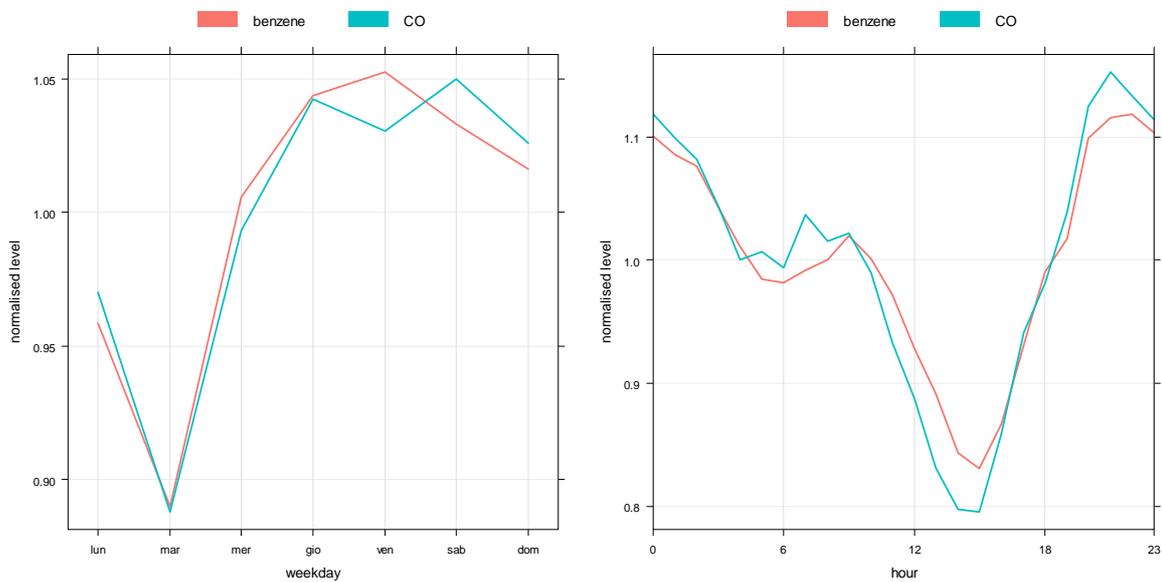


Figura 52: settimana tipo – Confronto Benzene e CO Figura 53: giorno tipo – Confronto Benzene e CO

POLVERI PM10

Il parametro polveri sottili PM10, presso il sito di monitoraggio, nel periodo osservato, ha fatto registrare 18 superamenti del limite giornaliero di protezione della salute umana fissato dalla normativa a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, da non superare per più di 35 volte per anno civile; il valore più alto rilevato è stato di $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, registrato il giorno 09/12/2019 e la media del periodo è risultata pari a $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabella 17). Dato il breve periodo di monitoraggio non è possibile fare valutazioni rispetto al limite annuale di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Il confronto con le misurazioni di PM10 registrate presso le stazioni fisse della Rete Regionale (Figura 55 – Figura 56 - Figura 57) evidenzia come il sito di monitoraggio presenti concentrazioni maggiormente confrontabili con le stazioni presenti nel centro della città di Novara, la stazione di traffico di Novara-Roma e la stazione di fondo di Novara-Arpa. Risultano maggiori le differenze rispetto alle stazioni collocate più a nord della provincia (Borgomanero e Castelletto Ticino), soprattutto in riferimento alla media giornaliera (Figura 57 grafico a box plot).

Nel complesso, l'andamento delle concentrazioni di particolato, risulta comunque analogo per tutte le centraline della provincia, a riprova che le variazioni nel tempo e nello spazio di questo inquinante sono prevalentemente condizionate da fattori meteo climatici, in particolare in relazione al vento e al fenomeno di rimozione legato alle precipitazioni atmosferiche (Figura 56). A tale proposito, il periodo dal 10/12 al 27/12, risultando particolarmente piovoso e ventoso (per eventi di foehn), con medie termometriche sopra la media stagionale, ha fatto registrare concentrazioni di PM10 contenute e tali da non far rilevare superamenti del limite giornaliero di protezione della salute umana. Maggiori criticità si sono invece evidenziate nel mese di gennaio con 13 superamenti dei 18 totali registrati durante la campagna, complice anche l'arrivo di polveri sahariane, che hanno interessato l'intero territorio regionale, dal 23/01 per alcuni giorni.

Indicativamente, le concentrazioni di PM10 rilevate nel periodo di monitoraggio, risultano nel range che classifica la qualità dell'aria come **moderatamente insalubre** (Tabella 18), rispetto a un limite normativo annuale, in riferimento al quale andrebbero fatte le giuste valutazioni.

Unità di misura: microgrammi / metro cubo

	Garbagna Novarese MM*	Castelletto**	Borgomanero**	Oleggio**	NO-Roma*	NO-Arpa*	Cerano*
Minima media giornaliera	8	2	7	6	8	11	14
Massima media giornaliera	75	64	69	90	78	77	96
Media delle medie giornaliere:	41	32	31	42	43	42	49
Giorni validi	54	53	52	56	53	55	56
Percentuale giorni validi	96%	95%	93%	100%	95%	98%	100%
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	18	9	5	20	19	20	26

*campionatore gravimetrico **campionatore automatico Beta

Tabella 17: reportistica polveri sottili PM10

Parametro	Tipo di media	Unità di misura	Molto buona	Buona	Moderatamente Buona	Moderatamente Insalubre	Insalubre
PM10	annuale giornaliera	microgrammi / metro cubo	<10	10-20	20-40	40-48	>48

Tabella 18: valori di range qualitativi PM10

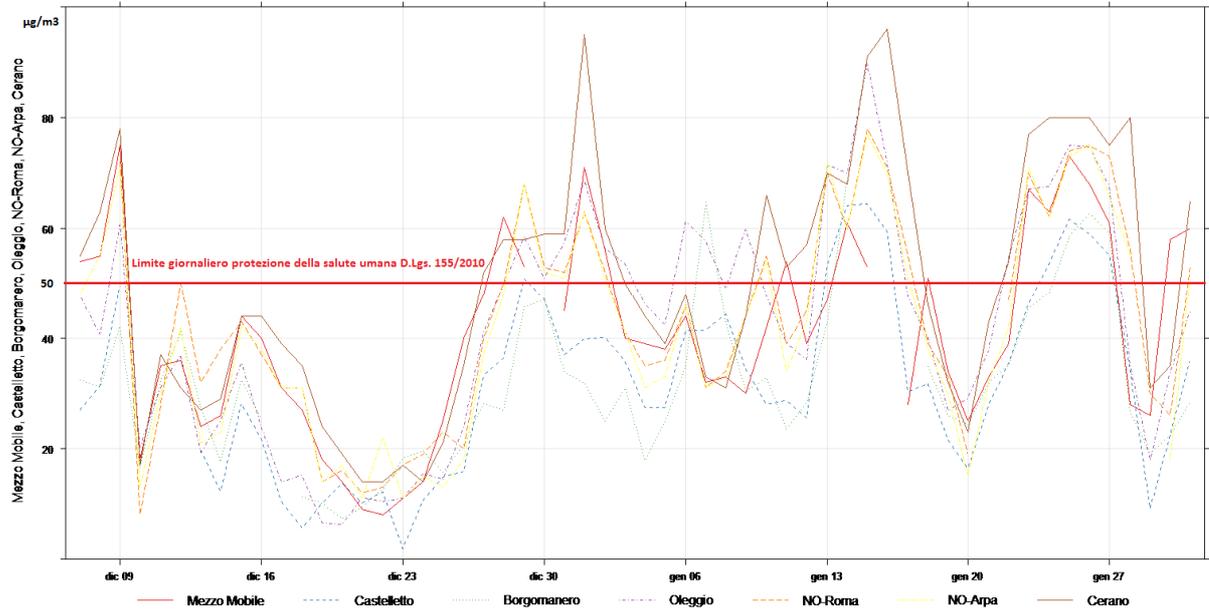


Figura 54: confronto valori giornalieri di PM10

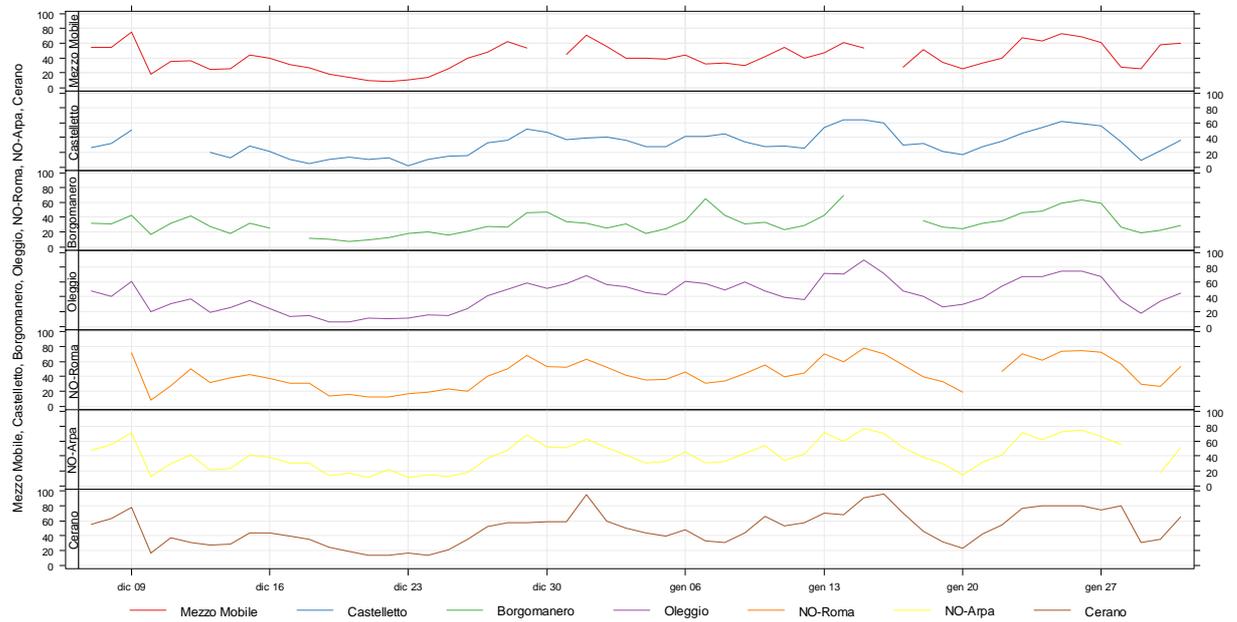


Figura 55: confronto valori giornalieri di PM10

pioggia cumulata giornaliera e concentrazione di PM10

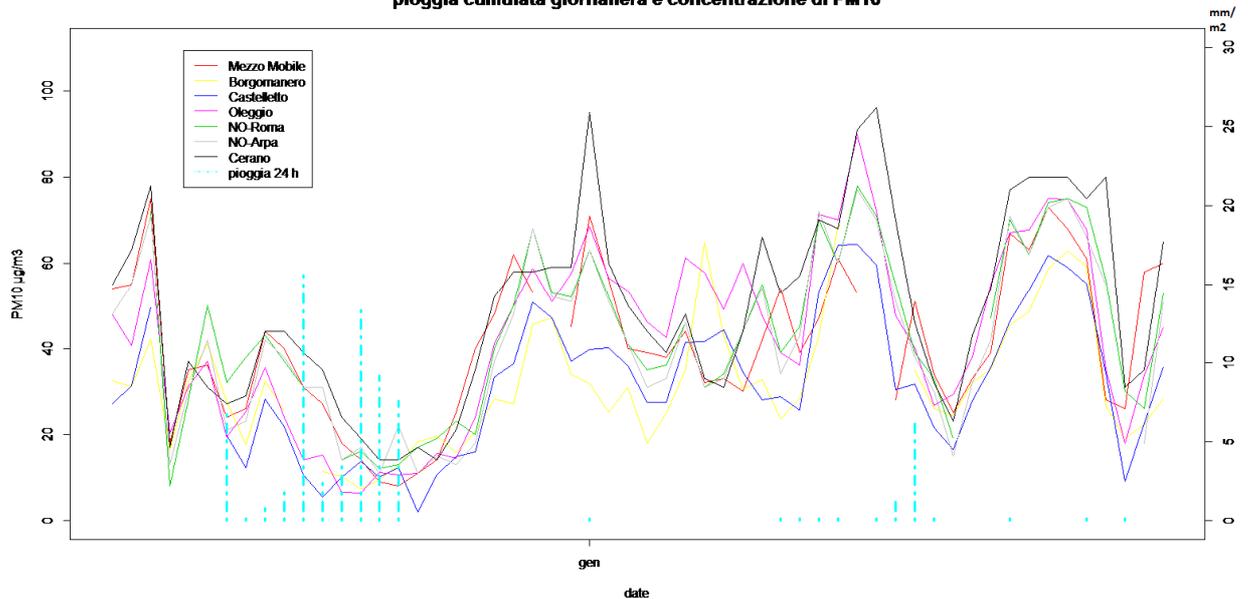


Figura 56: pioggia cumulata giornaliera e concentrazione di PM10 rilevata nelle stazioni di interesse

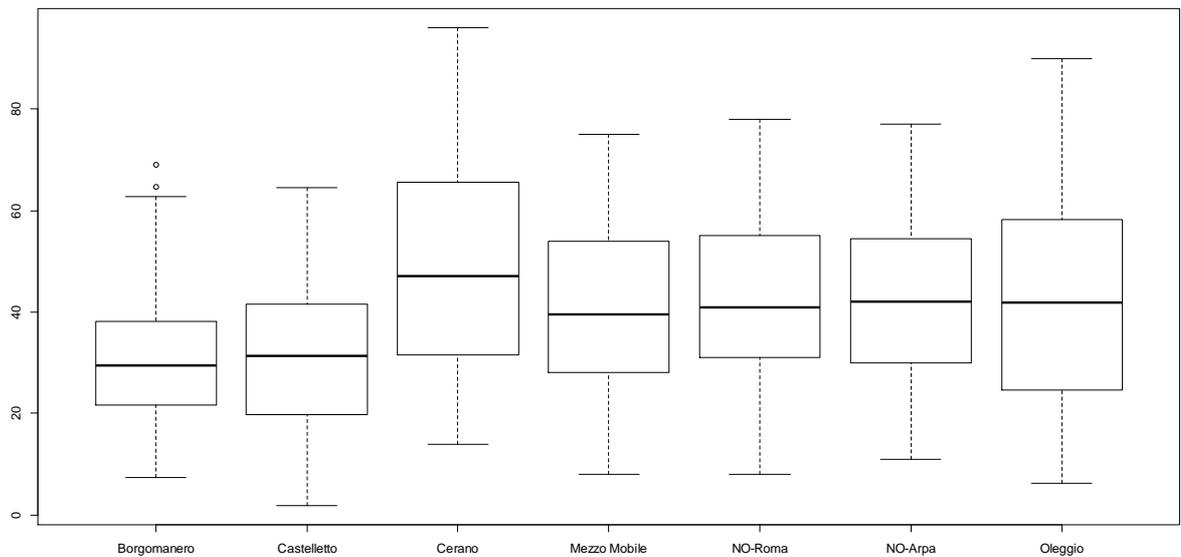


Figura 57: box plot polveri PM10

Metalli – Arsenico, Cadmio, Nichel, Piombo

La determinazione dei metalli viene effettuata su “campioni composti” mensili, ottenuti mediante fustellazione dei filtri giornalieri campionati e validati ai fini della determinazione del PM10.

Le concentrazioni di Arsenico, Cadmio, Nichel e Piombo rilevate nei campioni composti mensili sono riportate in *Tabella 19*, espresse come media di periodo (dal

07/12/2019 al 31/01/2020). Le concentrazioni riportate su sfondo azzurro sono risultate inferiori al limite di quantificazione del metodo analitico applicato.

Per questi metalli la normativa di riferimento (D.Lgs. 155/2010) individua un valore limite per il piombo e valori obiettivo per gli altri metalli, calcolati come media su anno civile, pertanto non è corretto riferire valori ottenuti su un periodo temporale inferiore con limiti prescrittivi annuali; nei grafici seguenti si riportano i limiti di legge a solo scopo conoscitivo.

Nel periodo osservato non si evidenzia alcuna criticità relativamente ai metalli, né presso il sito di monitoraggio, né presso le stazioni fisse della rete regionale prese a riferimento, riscontrando concentrazioni inferiori o prossime ai limiti di quantificazione dei metodi analitici applicati (*Figura 58 - Figura 59 - Figura 60 - Figura 61*).

Unità di misura: nanogrammi / metro cubo

	Garbagna Novarese MM	Borgo- manero	NO-Roma	NO-Arpa	Cerano
Media periodo: Arsenico (As) ng/m ³	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Media periodo: Cadmio (Cd) ng/m ³	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3
Media periodo: Nichel (Ni) ng/m ³	1.8	1.5	1.4	1.5	1.7
Media periodo: Piombo (Pb) µg/m ³	0.012	0.007	0.009	0.010	0.013
Giorni validi	54	56	53	55	56
Percentuale giorni validi	96%	100%	95%	98%	100%

Tabella 19: concentrazione di Arsenico, Cadmio, Nichel e Piombo nel PM10

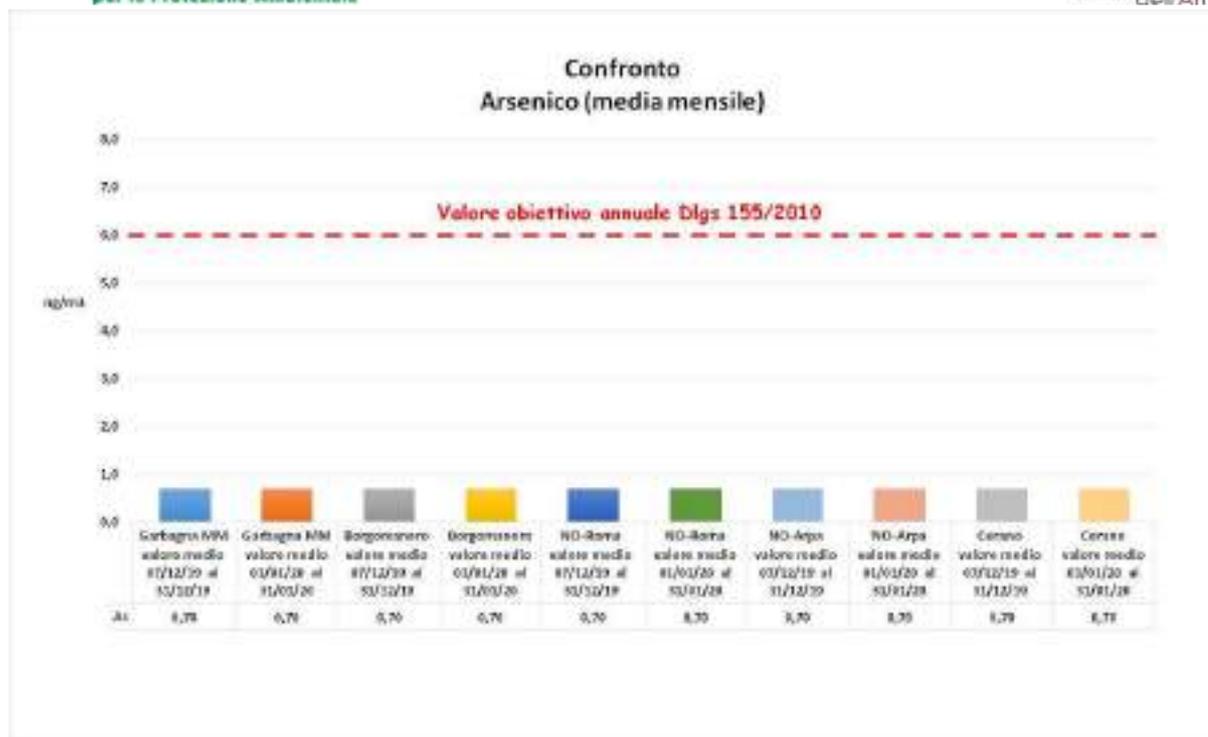


Figura 58: confronto Arsenico – media mensile



Figura 59: confronto Cadmio – media mensile



Figura 60: confronto Nichel – media mensile



Figura 61: confronto piombo – media mensile

METALLI NON NORMATI

Sulla frazione PM10 del materiale particolato (campione composito) sono stati determinati anche i metalli Antimonio (Sb), Cromo (Cr), Ferro (Fe), Manganese (Mn), Rame (Cu), Vanadio (V) e Zinco (Zn), per i quali la normativa non indica valori di riferimento. La selezione di questo gruppo di “metalli non normati” rispetto ad altri possibili, deriva dal fatto che Arpa Piemonte da diversi anni effettua un’indagine conoscitiva del contenuto di metalli nel particolato atmosferico, su siti selezionati della Rete Regionale, con il fine di valutarne la rilevanza ambientale.

Le stazioni della RRQA di Borgomanero e Cerano rientrano tra i siti selezionati ai fini dell’indagine regionale, mentre non sono comprese le due stazioni della città di Novara. In tabella 20 si riportano le concentrazioni dei metalli non normati misurate sul campione composito di PM10 relativo al sito di monitoraggio e alle stazioni di Borgomanero e Cerano. Dal confronto non emergono particolari criticità o differenze significative tra i siti (*Tabella 20*).

Le concentrazioni riportate su sfondo azzurro sono risultate inferiori al limite di quantificazione del metodo analitico applicato.

Unità di misura: nanogrammi / metro cubo

	Garbagna Novarese MM	Borgomanero	Cerano
Media periodo: Antimonio (Sb)	1.53	0.98	1.67
Media periodo: Cromo (Cr)	5.97	5.97	5.27
Media periodo: Ferro (Fe)	420	663	477
Media periodo: Manganese (Mn)	8.90	8.77	11.4
Media periodo: Rame (Cu)	21.6	24.3	24.8
Media periodo: Vanadio (V)	0.71	0.71	0.71
Media periodo: Zinco (Zn)	47.2	39.9	51.0
Giorni validi	54	56	56
Percentuale giorni validi	96%	100%	100%

Tabella 20: concentrazione di “metalli non normati” nel PM10

Si mettono a confronto in grafico (*Figura 62*) le concentrazioni di metalli rilevate nel particolato atmosferico PM10 presso il sito di monitoraggio di Garbagna Novarese e le stazioni della rete regionale di Borgomanero e Cerano. In *Figura 63* si riporta il confronto relativo al solo Ferro, per semplicità di visualizzazione.

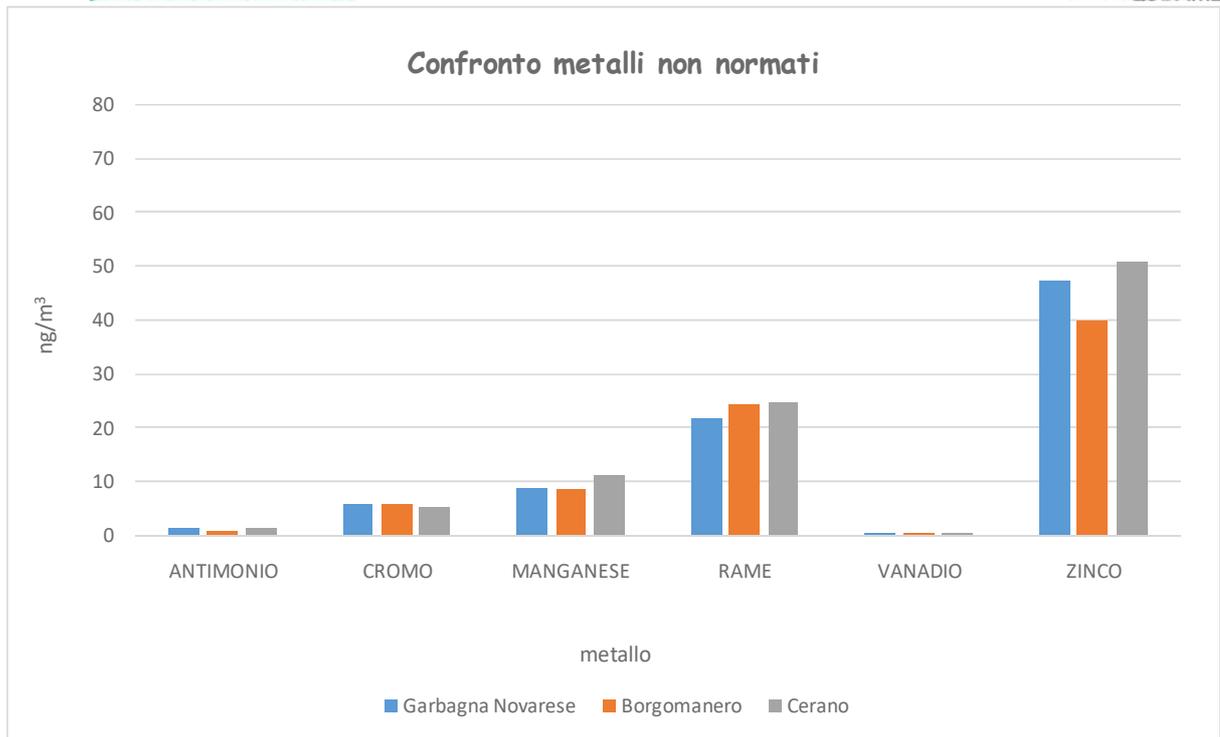


Figura 62: confronto sito di monitoraggio Garbagna Novarese e Stazioni RRQA relativo ai metalli non normati

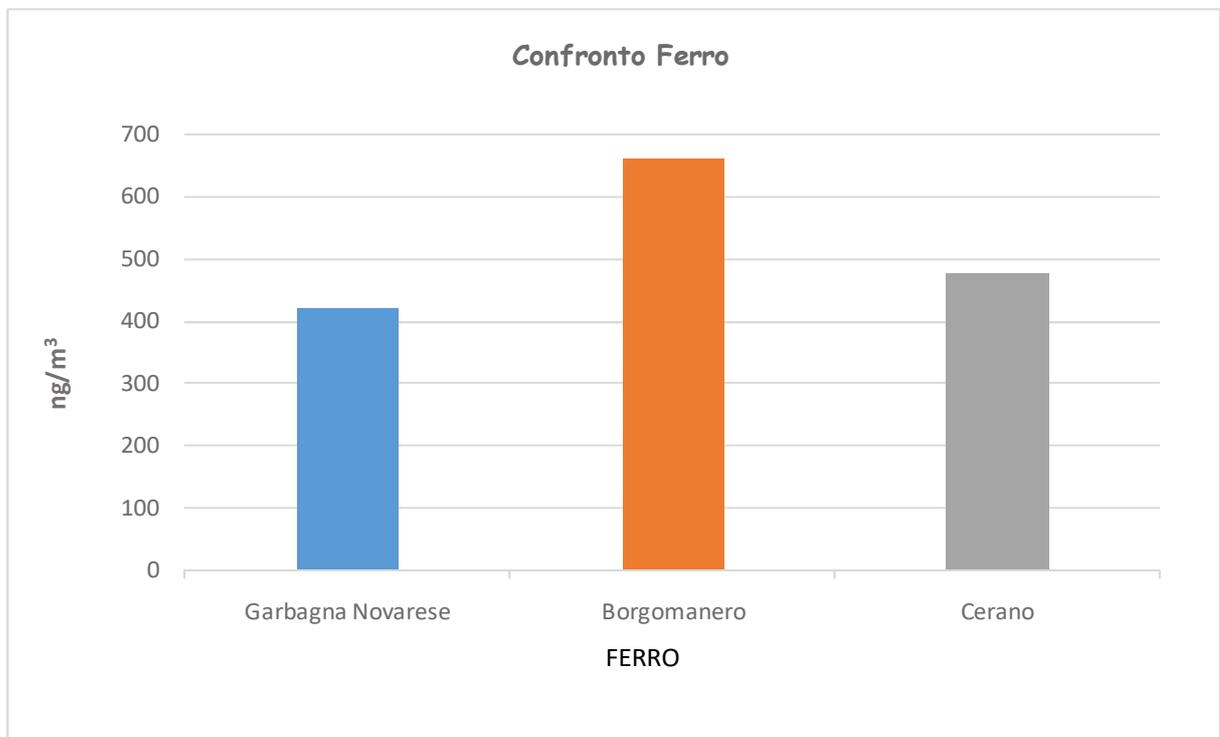


Figura 63: confronto sito di monitoraggio Garbagna Novarese e Stazioni RRQA relativo al parametro Ferro

Benzo(a)Pirene

Il Benzo(a)Pirene è l'unico, tra gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), per il quale la normativa di riferimento (D.Lgs.155/2010) esprime un valore obiettivo, per la concentrazione dell'inquinante nell'aria ambiente; anche in questo caso il valore deve essere calcolato come media annuale e pertanto non è corretto fare confronti con valori ottenuti su periodi inferiori. Il Benzo(a)Pirene viene utilizzato come indicatore dell'esposizione agli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA).

In *Tabella 21* sono riportati i valori determinati analiticamente sulla frazione PM10 del materiale particolato, campionato presso i siti di interesse, come media del periodo 07/12/2019 - 31/01/2020.

Il sito di monitoraggio ha presentato una concentrazione media di periodo pari a 1,3 ng/m³, evidenziando una situazione intermedia tra le stazioni della città di Novara e le stazioni di Borgomanero e Cerano (*Figura 64*).

Unità di misura: nanogrammi / metro cubo

	Garbagna Novarese MM	Borgomanero	NO-Roma	NO-Arpa	Cerano
Media delle medie giornaliere (b):	1.3	1.8	1.1	1.1	2.0
Giorni validi	54	56	53	55	56
Percentuale giorni validi	96%	100%	95%	98%	100%

Tabella 21: reportistica Benzo(a)pirene

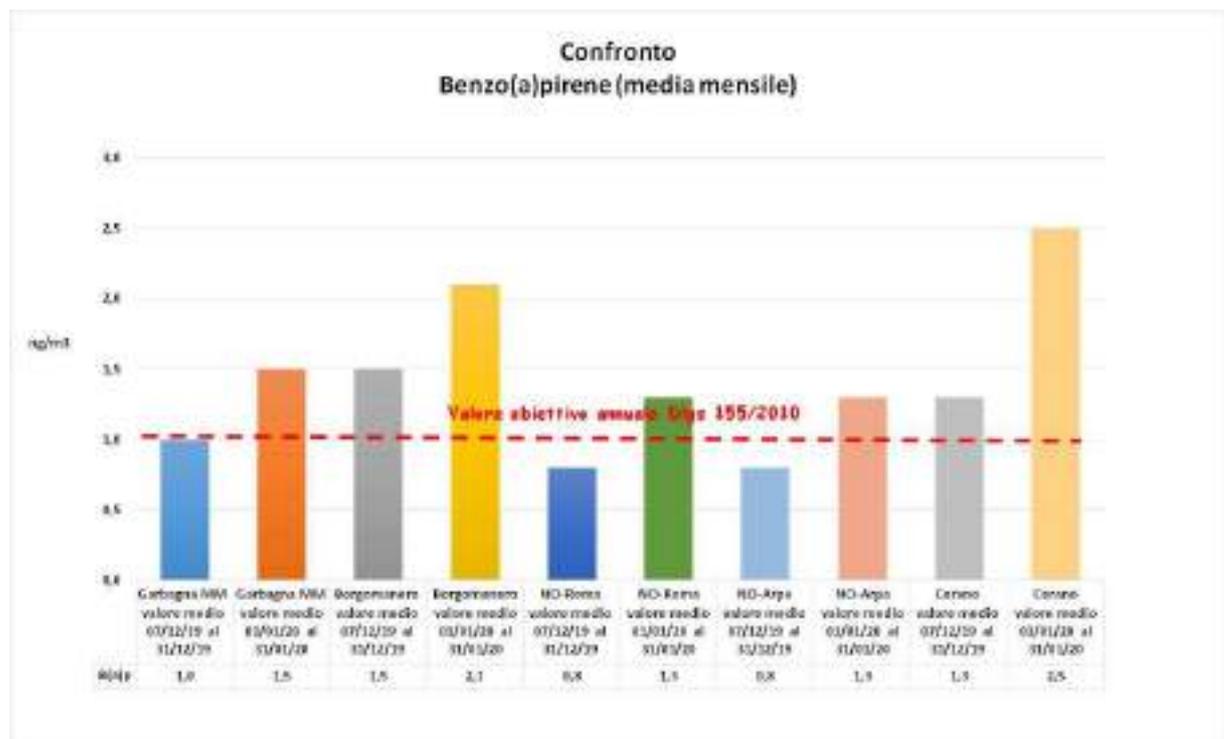


Figura 64: confronto Benzo(a)pirene – media mensile

Per una caratterizzazione più completa, sulla frazione PM10 sono determinati anche altri idrocarburi policiclici aromatici, considerati a elevata rilevanza tossicologica. In *Tabella 22* sono riportate le concentrazioni trovate.

Anche per questi inquinanti, il sito di monitoraggio presenta concentrazioni intermedie tra le stazioni prese a riferimento, come ben si evidenzia nel grafico di *Figura 65*.

Unità di misura: nanogrammi / metro cubo

	Garbagna Novarese MM	Borgomanero	NO-Roma	NO-Arpa	Cerano
Media periodo benzo(a)antracene	0.93	1.56	0.73	0.73	1.49
Media periodo benzo(b+j+k)fluorantene	3.17	3.85	2.73	2.82	4.52
Media periodo Indeno[1,2,3-cd]pirene	1.30	1.64	1.11	1.13	1.78
Media periodo Crisene	1.19	1.89	1.05	1.02	1.99
Media periodo Benzo(g,h,i)perilene	1.26	1.59	1.17	1.14	1.69
Giorni validi	54	56	53	55	56
Percentuale giorni validi	96%	100%	95%	98%	100%

Tabella 22: concentrazione di Idrocarburi Policiclici Aromatici nel PM10

Si riportano in grafico (figura 61) i valori di IPA rilevati.

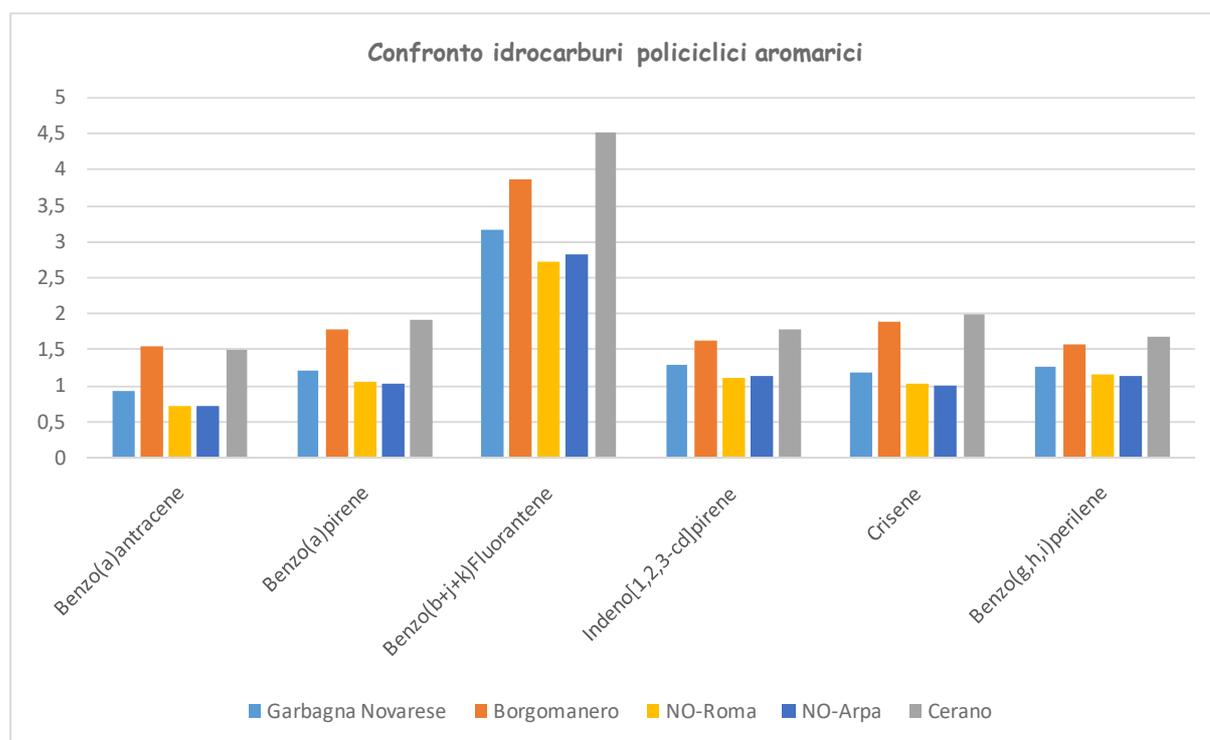


Figura 65: confronto sito di monitoraggio Garbagna Novarese e Stazioni RRQA relativo a IPA

CARATTERIZZAZIONE METEOROLOGICA

A livello regionale, il mese di dicembre 2019 è risultato piuttosto piovoso facendo registrare un surplus precipitativo di 68,7 mm (pari al 127%), risultando l'ottavo mese di dicembre più piovoso dal 1958 a oggi, mentre da un punto di vista termometrico, con una temperatura media di 3,8 °C, ha presentato un'anomalia termica positiva di circa 2,5 °C, rispetto alla media del periodo 1971-2000, risultando il terzo mese di dicembre più caldo nella distribuzione storica considerata. Il 25 dicembre è risultato il giorno più caldo del mese, registrando presso il sito di monitoraggio una temperatura media giornaliera di 16,1 °C.

Durante il mese numerosi gli episodi di *foehn* (13 giorni) che hanno contribuito allo scostamento termico positivo.

In Piemonte, il mese di gennaio 2020 è stato principalmente caratterizzato da condizioni di stabilità anticiclonica, che hanno determinato, sulle zone pianeggianti del territorio regionale, nebbie localmente fitte e persistenti.

Nel complesso il mese di gennaio 2020 ha fatto registrare un deficit precipitativo di 47,5 mm (pari al 79%), mentre da un punto di vista termometrico, con una temperatura media di 3 °C, ha presentato un'anomalia termica positiva di 2,5 °C, rispetto alla media del periodo 1971-2000, risultando il quarto mese di gennaio più caldo nella distribuzione storica degli ultimi 63 anni.

Dal 29/01 si è instaurato sulla regione un marcato gradiente barico che ha convogliato una sostenuta ventilazione da nordovest, con condizioni di *foehn*, estese anche alle zone pianeggianti, risultando il giorno più caldo del mese (15,1 °C valore massimo di temperatura registrato a Garbagna Novarese).

Nel dettaglio, il periodo della campagna di monitoraggio è stato caratterizzato da:

Temperatura (Figura 67):

Si sono registrati i seguenti valori: $T_{media} = 4,0$ °C; $T_{min} = -3,4$ °C (registrata il 09/01/2020); $T_{max} = 16,1$ °C (registrata il 25/12/2019).

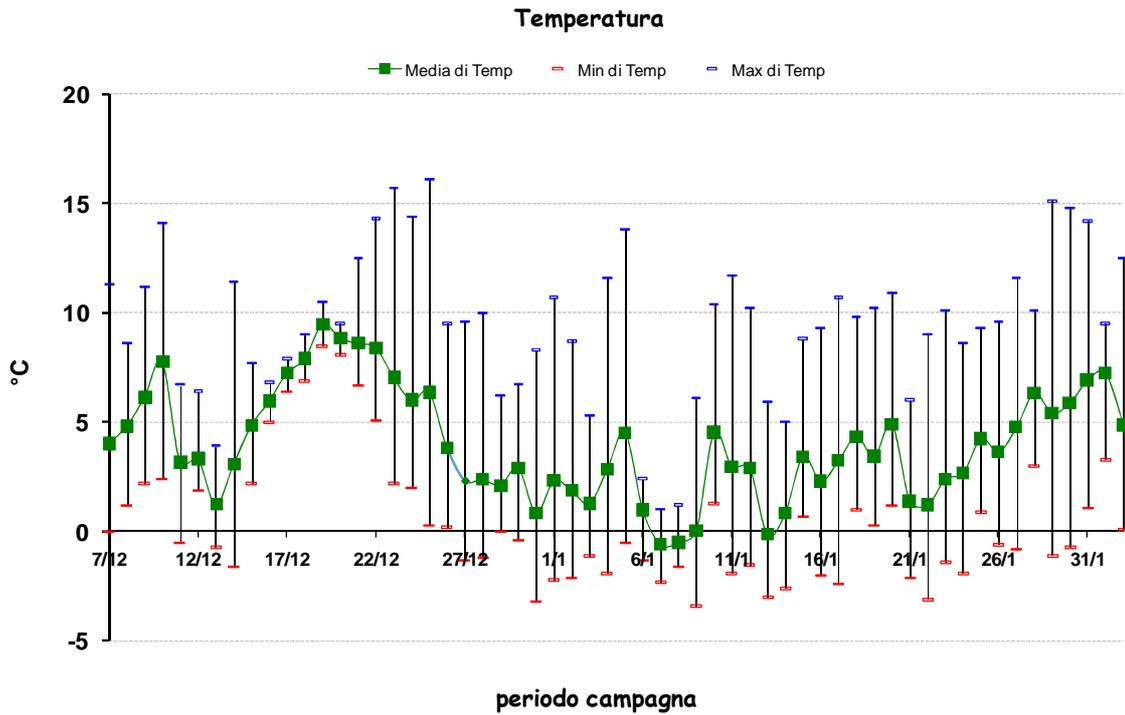


Figura 66: valori giornalieri di temperatura.

Pressione atmosferica (Figura 67):

Variabile tra i 977 e i 1027 hPa, con media del periodo di 1008 hPa.

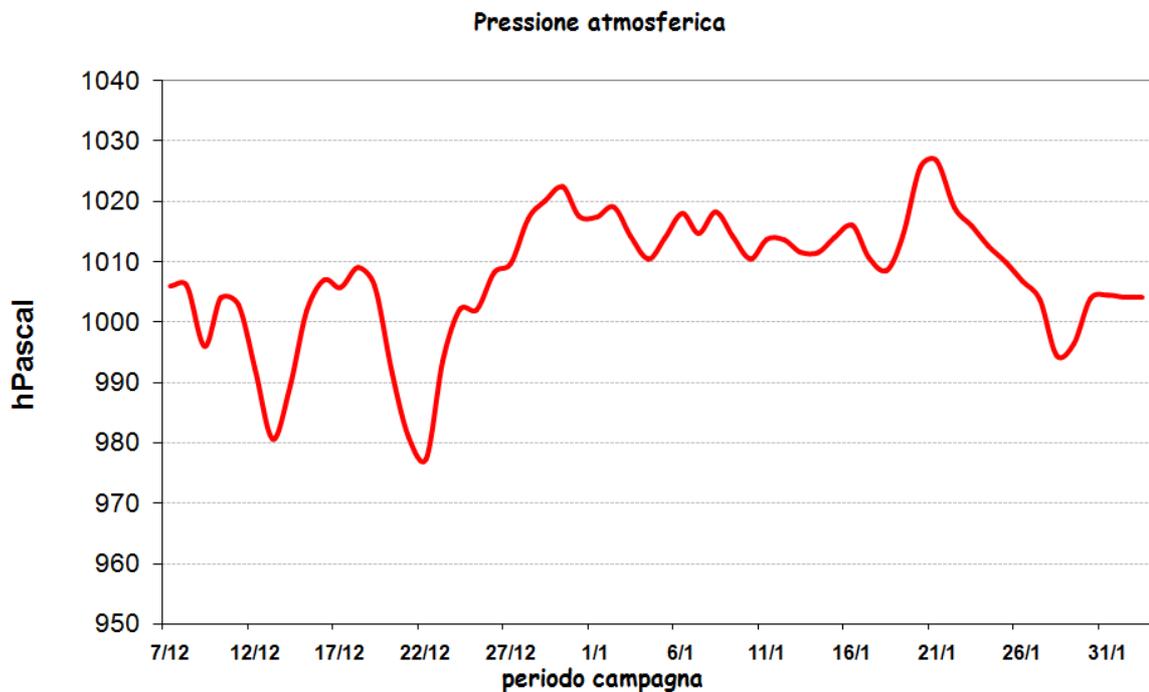


Figura 67: Pressione atmosferica media nel periodo

Piovosità (Figura 68):

La somma totale di pioggia nel periodo di monitoraggio è stata di circa 73,6mm in altezza per ogni metro quadrato di superficie, con un valore di massimo di 15,6 mm/m² registrato il giorno 17/12/2019.

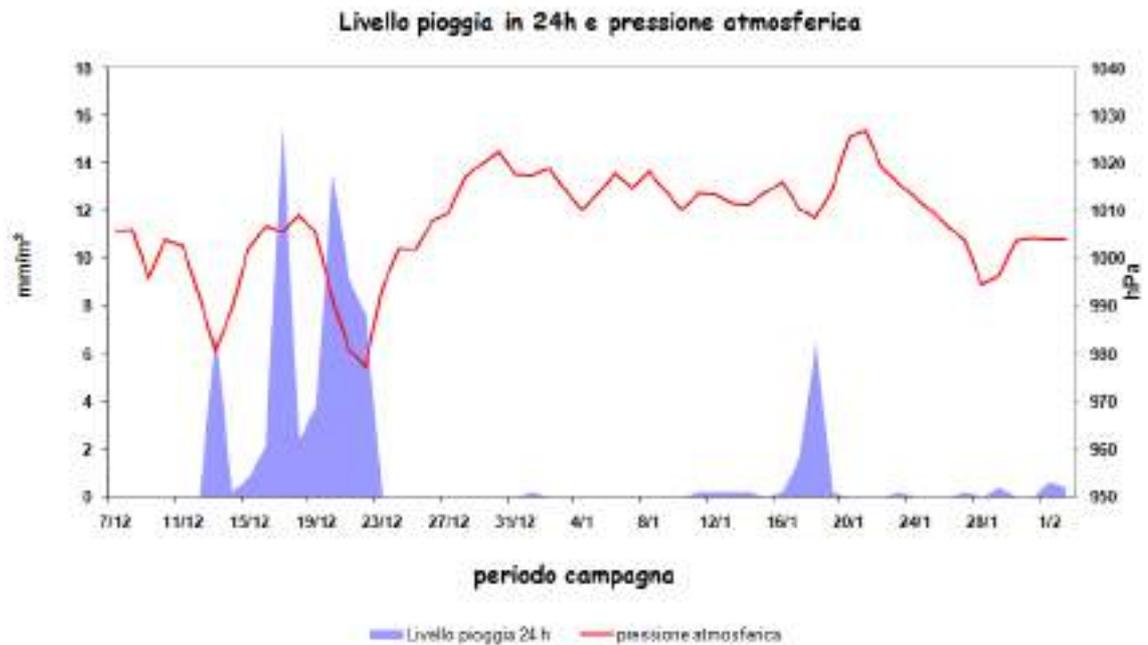


Figura 68: valori giornalieri di pioggia caduta e andamento pressione atmosferica

Vento:

La zona oggetto del monitoraggio è caratterizzata dalla presenza di venti con direzione prevalente da Sud-Ovest (*Figura 69 - Figura 70*). Nel periodo di monitoraggio i venti non hanno mai raggiunto velocità superiori a 3 m/s. Direzione, velocità e prevalenza sono illustrati nei grafici sottostanti.

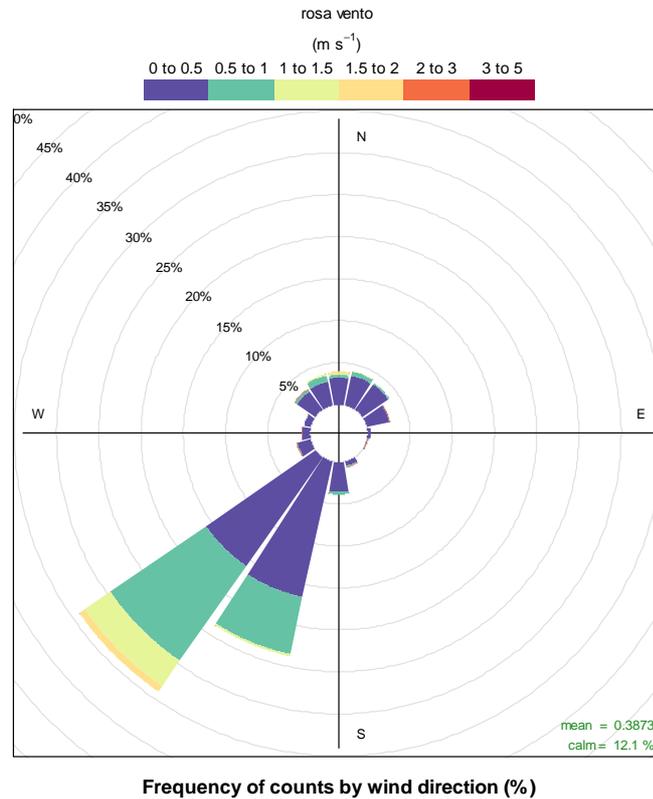
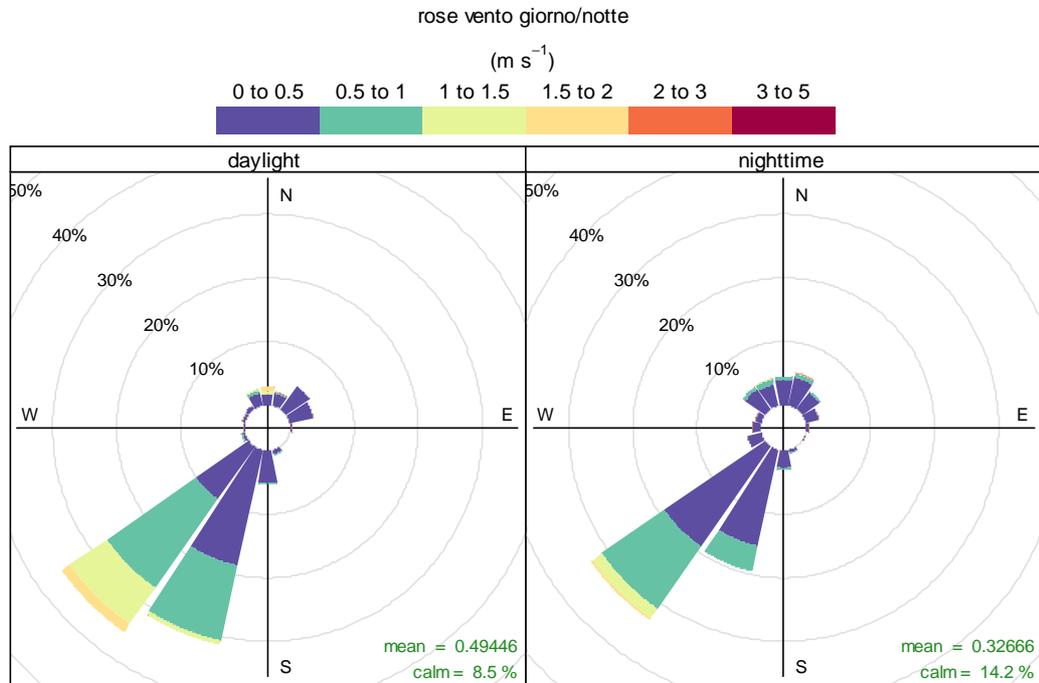


Figura 69: direzione dei venti e classi di velocità nel periodo



Frequency of counts by wind direction (%)

Figura 70: direzione dei venti e dati diurni e notturni nel periodo. (Nota: il valore di calma % riportata sul diagramma è calcolata sui dati di direzione mancanti o nulli)

CONSIDERAZIONI FINALI

I dati delle concentrazioni degli inquinanti rilevati nel sito di monitoraggio, Comune di Garbagna Novarese, piazza Municipio, sono stati confrontati con i dati rilevati dalle stazioni fisse della Rete Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria della provincia di Novara, ossia dalla stazione di Castelletto Ticino (tipologia stazione fondo rurale), di Borgomanero (tipologia stazione traffico urbana), di Oleggio (tipologia stazione traffico urbana), di Novara-Roma (tipologia stazione traffico urbana), di Novara-Arpa (tipologia stazione fondo urbana), di Trecate (tipologia stazione fondo urbana) e di Cerano (tipologia stazione fondo suburbana).

Dall'analisi dei dati di qualità dell'aria rilevati durante la campagna di monitoraggio si possono fare le considerazioni che seguono.

I dati di inquinanti primari come il **biossido di zolfo** e il **monossido di carbonio**, hanno presentato concentrazioni molto basse, mantenendosi ben al di sotto dei limiti stabiliti dalla normativa, in analogia a quanto viene generalmente riscontrato a livello regionale. Non emergono differenze significative tra i siti messi a confronto. Per entrambi gli inquinanti, relativamente al periodo di monitoraggio, la qualità dell'aria è risultata quindi **molto buona**.

Le concentrazioni di **biossido di azoto** non hanno presentato episodi di superamento del valore limite orario, registrando valori tra i più bassi tra le stazioni della RRQA messe a confronto. L'andamento dell'inquinante mostra le maggiori analogie con quanto rilevato presso la stazione di fondo rurale di Castelletto Ticino e la stazione di fondo suburbana di Cerano. Le stazioni di traffico della RRQA di Borgomanero, NO-Roma e Oleggio presentano picchi di concentrazione più evidenti e una conseguente maggiore dispersione nella distribuzione dei dati.

Le stazioni di traffico presentano generalmente valori di concentrazione più elevati rispetto alle stazioni di fondo.

Rispetto ai valori riscontrati di biossido di azoto, nel periodo della campagna, la qualità dell'aria è risultata quindi **molto buona**.

Anche il **monossido di azoto** ha presentato i livelli di concentrazione tra i più bassi tra le stazioni di confronto, non evidenziando particolari criticità.

In generale, gli andamenti degli ossidi di azoto riscontrati, sono riconducibili all'influenza del traffico veicolare sulla qualità dell'aria della zona e imputabili soprattutto ai veicoli diesel, senza però evidenziare una situazione di particolare criticità. Questo potrebbe essere spiegato dal fatto che, nonostante gli elevati flussi di traffico sulla Strada Provinciale 211 "della Lomellina", le emissioni di NOx nei gas di scarico sono maggiori in condizioni di traffico veloce e motore ad alto numero di giri, condizione tipica delle strade extraurbane e autostrade, mentre si riducono quando i motori sono in decelerazione e girano al minimo. Quest'ultima condizione è sicuramente prevalente presso il sito di indagine, sia per le ridotte velocità di transito, imposte per l'attraversamento del centro abitato, sia per la presenza del semaforo stradale, indispensabile per la regolazione della viabilità.

Le concentrazioni di **ozono**, come prevedibile, non hanno presentato superamenti dei limiti previsti dalla normativa, registrando un andamento tipico della stagione invernale, caratterizzata da debole irraggiamento solare e temperature basse.

I livelli più alti, riscontrati presso il sito di monitoraggio e la stazione di fondo rurale di Castelletto Ticino, rispetto alla stazione di fondo urbana di Novara-Arpa, sono dovuti ai fenomeni di trasporto dell'inquinante dalle aree urbane a quelle suburbane e rurali, dove il minor inquinamento da ossidi di azoto, nelle condizioni meteo climatiche del periodo, ne limita i fenomeni di rimozione.

Dato il periodo di monitoraggio, la qualità dell'aria, rispetto al parametro ozono, si conferma quindi **molto buona**.

Per il parametro **benzene** il sito di monitoraggio ha presentato concentrazioni medie giornaliere superiori a tutte le stazioni di confronto, ma con concentrazioni massime medie orarie più contenute e tali da non evidenziare particolari criticità. Relativamente a questo inquinante, il valore limite annuale per la protezione della salute umana, fissato dal D.Lgs. 155/2010 a $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, è da tempo ampiamente rispettato in tutto il

territorio regionale, anche nelle stazioni di traffico storicamente caratterizzate dai valori più elevati.

La coerenza delle variazioni di concentrazione del benzene e del monossido di carbonio, con gli andamenti del traffico veicolare (ore di punta), permette di confermare nel trasporto su strada la principale fonte emissiva di tali inquinanti, in particolare dei veicoli alimentati a benzina.

Indicativamente, le concentrazioni riscontrate nel periodo di monitoraggio risultano nel range che classifica la qualità dell'aria come **moderatamente buona**, rispetto a un limite normativo annuale, in riferimento al quale andrebbero fatte le giuste valutazioni.

Le concentrazioni di polveri sottili **PM10**, registrate presso il sito di monitoraggio, sono risultate in linea con gli andamenti riscontrati nelle stazioni della rete regionale collocate nella città di Novara, ossia la stazioni di traffico di NO-Roma e la stazione di fondo urbana di NO-Arpa.

Nel periodo di osservazione, presso il sito di monitoraggio, sono stati registrati 18 superamenti del valore limite giornaliero fissato dalla normativa a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, da non superare in più di 35 giorni per anno civile. Il maggior numero di superamenti (13 su 18) si sono verificati nel mese di gennaio, caratterizzato da condizioni meteo climatiche sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti (condizioni di stabilità anticiclonica e scarse precipitazioni atmosferiche), oltre a far registrare eventi particolari e di impatto sulle concentrazioni di polveri sottili, come le sabbie sahariane, in circolazione sul territorio regionale dal 23/01/2020 per alcuni giorni, co-responsabili di almeno 5 giorni consecutivi di superamento.

Nel mese di dicembre, invece, le condizioni meteo climatiche sono risultate più favorevoli alla dispersione delle polveri sottili, sia per le abbondanti precipitazioni sia per i numerosi eventi di *foehn*, inoltre, le temperature piuttosto elevate per il periodo, hanno favorito minori apporti emissivi del comparto riscaldamento.

La coerenza delle variazioni degli andamenti delle concentrazioni di particolato atmosferico PM10, presso il sito di monitoraggio e tutte le stazioni della rete regionale prese a riferimento, evidenzia il carattere ubiquitario dell'inquinante, che caratterizzato da tempi lunghi di permanenza in atmosfera, può diffondersi su vasta scala rendendo difficile la distinzione tra zona urbana e zona rurale, tra zona di traffico e zona di fondo.

Indicativamente, le concentrazioni di PM10 rilevate nel periodo di monitoraggio, risultano nel range che classifica la qualità dell'aria come **moderatamente insalubre**, rispetto a un limite normativo annuale, in riferimento al quale andrebbero fatte le giuste valutazioni.

Dalle stime fornite dall'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera (IREA), la principale sorgente emissiva per le polveri PM10, individuata per il Comune di Garbagna Novarese, risulta essere il macrosettore 10–Agricoltura (44%). Le molteplici attività agricole presenti sul territorio oggetto dell'indagine potrebbero concorrere alla formazione della componente secondaria del particolato, che sommandosi alla componente primaria, generata principalmente dal traffico veicolare (25%) e dal riscaldamento domestico (25%), determinano, nel periodo invernale, sfavorevole alla dispersione degli inquinanti, i livelli critici di inquinante.

Per quanto riguarda le concentrazioni dei metalli normati, **Arsenico, Cadmio, Nichel e Piombo**, determinati nella frazione PM10 del materiale particolato, non emergono criticità, in quanto nel periodo di monitoraggio hanno presentato concentrazioni

inferiori o prossime ai limiti di quantificazione dei metodi analitici applicati. I valori rilevati denotano livelli di fondo.

Anche le concentrazioni degli altri metalli quantificati nella frazione PM10, non hanno evidenziato alcuna criticità in riferimento a possibili apporti emissivi di particolare rilevanza.

Il valore di **benzo(a)pirene**, utilizzato come marker dell'esposizione agli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) nell'aria ambiente e determinato nella frazione PM10 del materiale particolato, ha evidenziato, presso il sito di indagine, una concentrazione di poco superiore a quanto rilevato presso le stazioni di NO-Roma e di NO-Arpa, non mettendo in evidenza, comunque particolari apporti emissivi.

Negli ultimi anni l'inquinante ha presentato alcune criticità locali dovute all'incremento dei consumi di biomasse legnose in ambito residenziale.

Anche gli altri idrocarburi policiclici aromatici, determinati nella frazione PM10, sono risultati in concentrazioni tali da non evidenziare criticità di rilievo.

In generale, l'analisi delle concentrazioni degli inquinanti monitorati, non evidenzia differenze significative tra il sito oggetto d'indagine e le stazioni della Rete Regionale della Qualità dell'Aria prese a riferimento, che nel complesso risultano rappresentative della qualità dell'aria del territorio comunale, secondo l'inquinante considerato.

Dalle concentrazioni degli ossidi di azoto rilevati, non emerge una situazione di particolare criticità, riconducibile alle emissioni dei mezzi stradali pesanti, probabilmente in ragione della ridotta velocità di attraversamento del centro cittadino.

Nel periodo di monitoraggio l'inquinante che ha presentato maggiori criticità è invece il particolato atmosferico PM10. A tale riguardo gli apporti principali del traffico veicolare sono ascrivibili alle emissioni indirette, dovute al risollevarsi di materiale terrigeno, usura freni e ruote, indotto dal passaggio dei veicoli di qualsiasi tipologia, e alle emissioni dirette dei veicoli diesel, in particolare di quelli pesanti.

Dato il contesto territoriale, possono risultare significativi anche gli apporti del comparto agricoltura, soprattutto con riferimento alla componente secondaria del particolato, che diffondendosi anche a diversi chilometri di distanza dalle sorgenti, omogeneizza i livelli di PM10 su vasta scala.

In generale si conferma quindi, anche per il territorio del Comune di Garbagna Novarese, la nota e complessa criticità, ricorrente nel periodo invernale, a livello di Bacino Padano, per l'inquinante PM10.