



Agenzia Regionale per la Prevenzione
e Protezione Ambientale del Veneto

A.R.P.A.V.
Dipartimento Provinciale di Belluno
Servizio Stato dell'Ambiente

“INDAGINE SULLA QUALITÀ DELL’ARIA NELLA CITTÀ DI BELLUNO”

ANNO 2013 (DATI 2012)



ARPAV

Agenzia Regionale per la Prevenzione
e Protezione Ambientale del Veneto

Dipartimento Provinciale di Belluno
Servizio Stato dell' Ambiente
Ufficio Monitoraggio Aria
Ufficio Informativo Ambientale

Via Tomea 5
32100 BELLUNO BL

Tel. +39-0437-935511

Fax.+39-0437-30340

E-mail: dapbl@arpa.veneto.it

Belluno, marzo 2013

Indice

INTRODUZIONE	5
PARTE 1- MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA NEL COMUNE DI BELLUNO: ANNO 2012	5
Premessa	5
Localizzazione	6
Parametri monitorati	6
Tecniche analitiche	6
Caratteristiche degli inquinanti monitorati	7
Polveri (PM10 e PM2,5)	7
Monossido di Carbonio (CO)	8
Biossido d'azoto (NO ₂)	8
Ossidi di Zolfo (SO _x)	9
Ozono (O ₃)	9
Benzo(a)Pirene (C ₂₀ H ₁₂)	10
Il quadro normativo	11
Risultati analitici dell'attività di monitoraggio nell'anno 2012: confronto con i riferimenti di legge	15
Analisi comparativa dei dati delle stazioni fisse di rilevamento di Belluno, Feltre e Pieve d'Alpago	17
Valutazione del trend poliennale di tutti i parametri rilevati	20
Valutazione stagionale, settimanale e giornaliera dei parametri monitorati	20
Composizione chimica delle polveri sottili	30
Valutazione della caratterizzazione del PM10 e sua variazione stagionale	30
Ione Solfato (SO ₄ ²⁻)	31
Ione Nitrato (NO ₃ ⁻)	31
Ione Ammonio (NH ₄ ⁺)	31
Ione Cloruro (Cl ⁻)	31

Ione Sodio (Na ⁺)	31
Gli altri cationi	32
Frazione non estraibile	32
Commento ai dati	32
Valutazioni con campionatori passivi	35
Confronto dei valori di BTX (Benzene, Toluene, Xilene) tra le varie posizioni e postazioni di rilevamento nel periodo 2005 - 2012	35
Scheda sintetica di valutazione	37
Considerazioni finali	38
APPENDICE	39
Applicazione di indici di qualità dell'aria alla stazione di Belluno	39
PARTE 2 - APPROFONDIMENTO MODELLISTICO	40
Stima delle emissioni e calcolo delle concentrazioni di PM₁₀ e benzene lungo alcuni archi stradali della città di Belluno	40
Flussi di traffico	40
Stima delle emissioni da traffico stradale	44
Stima delle concentrazioni degli inquinanti	45
<i>Situazione media</i>	45
<i>Situazione di maggiore e minore stabilità atmosferica</i>	48
Stima delle ricadute di polveri totali e ossidi di azoto prodotti dalla ditta Procaffè S.p.A. sita nel comune di Belluno.	52
Ciclo produttivo	52
Dati di input del modello di dispersione	52
Analisi modellistica	52
Considerazioni finali	57

Introduzione

Il presente documento è redatto a seguito della convenzione stipulata in data 15/11/2012 e integra il "Rapporto annuale preliminare sulla qualità dell'aria - Comune di Belluno – anno 2012" trasmesso in data 15/02/2013.

ARPAV esegue da diversi anni un programma di rilevamento della qualità dell'aria nel Comune di Belluno con una stazione di monitoraggio situata presso il parco comunale "Città di Bologna". Tale centralina risulta rappresentativa di gran parte del territorio comunale.

La prima parte del presente studio presenta la valutazione dei dati raccolti nel corso del 2012, i quali sono stati comparati con l'andamento temporale dei parametri sia nell'ambito dell'anno indagato che, per confronto, con gli anni precedenti e con gli altri centri provinciali nei quali esiste una stazione di monitoraggio.

Gli inquinanti sono stati indagati con strumenti in automatico e attraverso analisi di laboratorio. Le indagini online si sono incentrate sul monitoraggio delle Polveri sottili (PM10) e (PM2,5), dell'Ozono (O₃), del Biossido di Azoto (NO₂), dell'Anidride Solforosa (SO₂), del Monossido di Carbonio (CO), mentre le analisi di laboratorio hanno consentito di indagare la composizione delle Polveri sottili. Sono stati infatti misurati i livelli di Idrocarburi policiclici aromatici (IPA) con particolare attenzione al Benzo(a)pirene (BaP) e i principali ioni (Ammonio, Cloruro, Nitrato, Sodio, Solfato). Si è inoltre incrementata la serie storica di dati stimati con campionatori passivi.

La seconda parte del presente rapporto illustra uno studio relativo a degli approfondimenti modellistici. In particolare presenta i risultati delle valutazioni di ricaduta delle emissioni di PM10 e benzene lungo tre direttrici stradali dove sono stati raccolti i dati di traffico (Largo Ugo Neri, via Vittorio Veneto e via Mameli) e quelli della elaborazione di una mappa di ricaduta di emissioni di polveri totali e NOx di un'azienda presente in zona industriale.

Parte 1- Monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Belluno: anno 2012

Premessa

Il dipartimento A.R.P.A.V. di Belluno effettua il controllo della qualità dell'aria nel Comune di Belluno attraverso una centralina di monitoraggio posizionata all'interno del parco "Città di Bologna", sul lato di via F. Ostilio. La stazione fissa di Belluno è una stazione classificata di tipo "urbano" ed è collocata in un parco cittadino che risente di una viabilità interna non molto sostenuta. Nel corso dell'anno 2012 la rete regionale di controllo della qualità dell'aria del Veneto è stata sottoposta ad un processo di revisione per renderla conforme alle disposizioni del Decreto Legislativo 155/2010. Per la stazione di Belluno nello specifico non è più previsto il monitoraggio di benzene (effettuato con campionamento attivo) e dei metalli pesanti (piombo, arsenico, cadmio, nichel). Per quanto riguarda il benzene permane per questo inquinante il monitoraggio tramite campionatori passivi denominati radielli dislocati in diversi punti sensibili della città.

La presente relazione illustra i risultati del monitoraggio annuale eseguito nella stazione di Belluno (parco città di Bologna) e negli altri siti di campionamento della provincia di Belluno nell'anno 2012 in riferimento ai limiti di legge vigenti e offre una lettura dei dati definendone il trend nel corso degli ultimi anni e gli andamenti stagionale, settimanale e giornaliero tipico di ognuno di essi. Inoltre viene seguita la

caratterizzazione delle polveri PM10 in relazione al loro contenuto di idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e di ioni (anioni e cationi).

Localizzazione

Le coordinate geografiche GBO della stazione sono: 1748534; 5114874.



I dati del monitoraggio sono riferiti agli inquinanti di seguito indicati.

Parametri monitorati

I dati del monitoraggio sono riferiti agli inquinanti di seguito indicati:

- Polveri (PM10)
- Polveri (PM2,5)
- Monossido di carbonio (CO)
- Ossidi d'azoto, in particolare biossido d'azoto (NO₂)
- Biossido di zolfo (SO₂)
- Ozono (O₃)
- Benzo(a)Pirene (C₂₀H₁₂)
- Cationi e anioni (solfati, nitrati, cloruri ecc)
- Benzene (C₆H₆) (con campionatori passivi denominati radielli)

Tecniche analitiche

Per gli inquinanti monitorati le tecniche di misura corrispondono alle specifiche dettate dalla normativa italiana, recepimento di quella europea.

Tali sistemi analitici si riconducono a:

- Polveri PM10 metodo automatico: determinazione per assorbimento β delle polveri su nastro in fibra di vetro previo frazionamento;
- Polveri PM10 metodo manuale: determinazione gravimetrica su filtri in fibra di quarzo da 47 mm previo frazionamento;
- Polveri PM2,5 metodo manuale: determinazione gravimetrica su filtri in fibra di quarzo da 47 mm previo frazionamento;
- Monossido di carbonio: determinazione per assorbimento I.R.;
- Ossidi d'azoto, in particolare del biossido d'azoto: determinazione per emissione a chemiluminescenza;

- Biossido di zolfo: determinazione per emissione a fluorescenza;
- Ozono: determinazione per assorbimento U.V;
- Benzo(a)Pirene: estrazione ad ultrasuoni dai filtri del PM10 con solvente e analisi HPLC in cromatografia inversa e rivelatore spettrofluorimetrico;
- Analisi per la determinazione di cationi e anioni: estrazione dei filtri in ultrasuoni e successiva cromatografia ionica (F-D CEN/TR 16269 ott. 2011);
- Benzene: campionamento passivo su fiale denominate radielli con un'esposizione settimanale, successivo desorbimento termico e analisi gascromatografica.

Caratteristiche degli inquinanti monitorati

Polveri (PM10 e PM2,5)

Materiale particolato (PM) è il termine usato per indicare presenze solide o di aerosol in atmosfera, generalmente formate da agglomerati di diverse dimensioni, composizione chimica e proprietà, derivanti sia da fonti antropiche che naturali. Le differenti classi dimensionali conferiscono alle particelle caratteristiche fisiche e geometriche assai varie.

Le polveri PM10 rappresentano il particolato che ha un diametro inferiore a 10 µm, mentre le PM2,5, che costituiscono in genere circa il 60-90% delle PM10, rappresentano il particolato che ha un diametro inferiore a 2,5 µm.

Vengono dette polveri inalabili quelle in grado di penetrare nel tratto superiore dell'apparato respiratorio dal naso alla laringe.

Parte delle particelle che costituiscono le polveri atmosferiche è emessa come tale da diverse sorgenti naturali ed antropiche (particelle primarie); parte invece deriva da una serie di reazioni chimiche e fisiche che avvengono nell'atmosfera (particelle secondarie).

L'abbattimento e/o l'allontanamento delle polveri è legato in gran parte alla meteorologia. Pioggia e neve abbattano le particelle, il vento le sposta anche sollevandole, mentre le dinamiche verticali connesse ai profili termici e/o eolici le allontanano.

Le più importanti sorgenti naturali sono così individuate:

- incendi boschivi;
- polveri al suolo risollevate e trasportate dal vento;
- aerosol biogenico (spore, pollini, frammenti vegetali, ecc.);
- emissioni vulcaniche;
- aerosol marino.

Le più rilevanti sorgenti antropiche sono:

- processi di combustione di legno, derivati del petrolio, residui agricoli;
- emissioni prodotte in vario modo dal traffico veicolare (emissioni dei gas di scarico, usura dei pneumatici, dei freni e del manto stradale);
- processi industriali;
- emissioni prodotte da altri macchinari e veicoli (mezzi di cantiere e agricoli, aeroplani, treni, ecc.).

Una volta emesse, le polveri PM10 possono rimanere in sospensione nell'aria per circa dodici ore, mentre le particelle a diametro sottile, ad esempio 1 µm, possono rimanere in circolazione per circa un mese. La frazione fine delle polveri nei centri

urbani è prodotta principalmente da fenomeni di combustione derivanti dal traffico veicolare e dagli impianti di riscaldamento.

Il particolato emesso dai camini di altezza elevata può essere trasportato dagli agenti atmosferici anche a grandi distanze. Per questo motivo parte dell'inquinamento di fondo riscontrato in una determinata città può provenire da una fonte situata anche lontana dal centro urbano. Nei centri urbani l'inquinamento da polveri fini, che sono le più pericolose per la salute, è essenzialmente dovuto al traffico veicolare ed al riscaldamento domestico.

Le dimensioni delle particelle in sospensione rappresentano il parametro principale che caratterizza il comportamento di un aerosol. Dato che l'apparato respiratorio è come un canale che si ramifica dal punto di inalazione naso o bocca, sino agli alveoli con diametro sempre decrescente, si può immaginare che le particelle di dimensioni maggiori vengono trattenute nei primi stadi, mentre quelle sottili penetrano sino agli alveoli. Il rischio determinato dalle particelle è dovuto alla deposizione che avviene lungo tutto l'apparato respiratorio, dal naso agli alveoli.

La deposizione si ha quando la velocità delle particelle si annulla per effetto delle forze di resistenza inerziale alla velocità di trascinamento dell'aria, che decresce dal naso sino agli alveoli. Questo significa che procedendo dal naso o dalla bocca attraverso il tratto tracheo-bronchiale sino agli alveoli, diminuisce il diametro delle particelle che penetrano e si depositano.

Monossido di Carbonio (CO)

Il monossido di carbonio (CO) è un gas incolore, inodore ed insapore prodotto dai processi di combustione incompleta di materiali contenenti carbonio. Il CO emesso dai veicoli subisce nell'atmosfera poche reazioni, essendo notevolmente stabile ed avendo un tempo di permanenza di quattro mesi circa. La sua concentrazione decresce progressivamente all'aumentare della distanza dalle sorgenti di emissione, cioè principalmente dalle strade adibite a circolazione autoveicolare.

Le fonti più importanti di CO sono il traffico motorizzato, gli insediamenti produttivi e le abitazioni. La sua produzione varia in relazione al tipo di veicolo, essendo maggiore nei motori a benzina rispetto ai diesel che funzionano con una maggiore quantità di aria, realizzando così una combustione più completa. La produzione di questo gas dipende inoltre dal regime del motore, risultando maggiore in avviamento, in decelerazione ed al minimo, mentre è minore a velocità di crociera. Nel traffico urbano quindi la quantità di CO prodotta dai veicoli è relativamente elevata a causa delle frequenti decelerazioni ed accelerazioni, nonché dalle soste con il motore al minimo. La concentrazione di CO nei gas di scarico è inoltre influenzata dal sistema di alimentazione del motore adottato, dalla sua regolazione e dalla presenza o meno dei dispositivi di limitazione delle emissioni. Il progressivo rinnovo del parco autoveicolare ed i provvedimenti di fluidificazione del traffico hanno portato, a parità di veicoli circolanti, ad una riduzione delle emissioni.

Biossido d'azoto (NO₂)

Pur essendo presenti in atmosfera diverse specie di ossidi d'azoto, per l'inquinamento dell'aria si fa riferimento principalmente al monossido d'azoto (NO), al biossido (NO₂) ed alla loro somma pesata.

La principale fonte antropogenica di ossidi d'azoto è la combustione ad alta temperatura, come quella dei motori dei veicoli: l'elevata temperatura che si origina durante lo scoppio provoca la reazione fra l'azoto dell'aria e l'ossigeno formando monossido d'azoto.

La quantità prodotta cresce con la temperatura di combustione e con la velocità di raffreddamento dei gas prodotti che impedisce la decomposizione in azoto ed

ossigeno.

Le miscele "ricche", cioè con poca aria, danno luogo ad emissioni con limitate concentrazioni di monossido d'azoto a causa della bassa temperatura raggiunta nella camera di combustione, ma originano elevate emissioni di idrocarburi e monossido di carbonio per effetto della combustione incompleta. Miscele "povere", cioè con elevata quantità di aria, determinano maggiori concentrazioni di NO nelle emissioni, e limitano una buona resa del motore a causa dell'eccesso di aria che raffredda la camera di combustione. Quando i fumi vengono mescolati con aria allo scarico si forma una significativa quantità di biossido d'azoto per ossidazione del monossido ad opera dell'ossigeno. Altre importanti fonti di ossidi d'azoto sono gli insediamenti produttivi, gli impianti domestici e le pratiche agricole che utilizzano fertilizzanti azotati a causa dei processi ossidativi dell'ammoniaca.

Ossidi di Zolfo (SO_x)

Gli ossidi di zolfo presenti in atmosfera sono le anidridi solforosa (SO₂) e solforica (SO₃) con predominanza della prima; questi composti vengono anche indicati con il termine comune SO_x. L'anidride solforosa o biossido di zolfo è un gas incolore, irritante, non infiammabile, molto solubile in acqua e dall'odore pungente. Dato che è più pesante dell'aria tende a stratificare nelle zone più basse.

Il biossido di zolfo si forma nel processo di combustione per ossidazione dello zolfo presente nei combustibili fossili quali carbone, olio combustibile e gasolio. Le fonti di emissione principali sono legate alla produzione di energia, agli impianti termici, ai processi industriali ed al traffico. L'anidride solforosa è il principale responsabile delle "piogge acide" perché tende a trasformarsi in anidride solforica e, in presenza di umidità, in acido solforico. In particolari condizioni meteorologiche e in presenza di quote di emissioni elevate può diffondersi nell'atmosfera e interessare territori situati anche a grandi distanze.

Ozono (O₃)

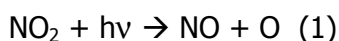
L'ozono è un gas irritante di colore bluastrò, costituito da molecole instabili formate da tre atomi di ossigeno; queste molecole si scindono facilmente liberando ossigeno molecolare (O₂) ed un atomo di ossigeno estremamente reattivo



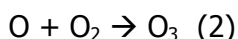
Per queste sue caratteristiche l'ozono è quindi un energico ossidante in grado di demolire sia materiali organici che inorganici.

L'ozono presente nella bassa troposfera è principalmente il prodotto di una serie complessa di reazioni chimiche di altri inquinanti presenti nell'atmosfera, detti precursori, nelle quali interviene l'azione dell'irraggiamento solare. I principali precursori coinvolti sono gli ossidi d'azoto ed i composti organici volatili (COV).

La produzione di ozono in troposfera per reazione chimica ha inizio con la fotolisi del biossido d'azoto, ovvero la scissione di questa molecola da parte della radiazione solare, $h\nu$, con lunghezza d'onda inferiore a 430 nm, in monossido d'azoto ed ossigeno atomico:



seguita dalla combinazione dell'ossigeno atomico con ossigeno atmosferico:



Una volta prodotto l'ozono può a sua volta reagire con il monossido d'azoto formatosi dalla reazione (1) per riformare il biossido d'azoto di partenza:



L'ozono viene quindi prodotto dalla reazione (2) e successivamente rimosso dalla reazione (3) in un ciclo a produzione teoricamente nulla.

In troposfera sono però presenti specie molto reattive chiamate "radicali perossialchilici", convenzionalmente indicati come RO_2 , prodotte dalla ossidazione di idrocarburi ed altri composti organici volatili. Il monossido d'azoto reagisce con questi radicali secondo la reazione generale:



In presenza di radicali perossialchilici la reazione (4) risulta competitiva rispetto alla reazione (3) la quale non ha modo di avvenire, essendo uno dei reagenti, il monossido d'azoto, rimosso dalla reazione (4); l'ozono prodotto dalla sequenza di reazione (1) e (2) può quindi accumularsi in atmosfera.

I precursori coinvolti nel ciclo dell'ozono possono essere di origine antropogenica, a seguito di combustioni ed evaporazione di solventi organici, o derivare da sorgenti naturali di emissione quali incendi e vegetazione.

Nei centri urbani gli inquinanti coinvolti nella produzione di ozono derivano principalmente dal traffico veicolare. Nella complessa serie di reazioni coinvolgenti NO_x e composti organici volatili, i vari COV hanno effetti differenti; tra i più reattivi vanno ricordati il toluene, l'etene, il propene e l'isoprene. Dopo l'emissione i precursori si disperdono nell'ambiente in maniera variabile a seconda delle condizioni atmosferiche. Affinché dai precursori, con l'azione della radiazione solare, si formi ozono in quantità apprezzabili, occorre un certo periodo di tempo che può variare da poche ore a giorni. Questo fa sì che le concentrazioni di O_3 in un dato luogo non siano linearmente correlate alle quantità di precursori emessi nella zona considerata. Inoltre, visto il tempo occorrente per la formazione di ozono, le masse d'aria contenenti O_3 , COV ed NO_x possono percorrere notevoli distanze, anche centinaia di chilometri, determinando effetti in aree diverse da quelle di produzione. Da ciò deriva che il problema dell'inquinamento da ozono non può essere valutato strettamente su base locale, ma deve essere considerato su ampia scala.

Le concentrazioni di ozono dipendono quindi notevolmente dalle condizioni atmosferiche; le reazioni che portano alla sua formazione sono reazioni fotochimiche e quindi le concentrazioni dell'inquinante aumentano con il crescere della radiazione solare, mentre diminuiscono con l'aumentare della nuvolosità. La conseguenza è che i valori massimi di concentrazione di ozono si registrano nel tardo pomeriggio estivo.

Benzo(a)Pirene ($\text{C}_{20}\text{H}_{12}$)

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono prodotti dalla combustione incompleta di composti organici e pertanto derivano da fonti per la massima parte di tipo antropico, anche se esistono apporti dovuti ad incendi boschivi ed eruzioni vulcaniche.

Il principale IPA è il Benzo(a)Pirene (BaP), unico tra questi composti soggetto alla normativa dell'inquinamento atmosferico. I processi che lo originano comportano la concomitante formazione di altri IPA non soggetti alla normativa.

Le principali sorgenti di derivazione antropica di questi composti sono il traffico veicolare, il riscaldamento domestico e i processi di combustione industriale.

Nelle zone urbane le emissioni di IPA dovute al traffico veicolare, in particolare dai processi di combustione dei motori diesel, risultano rilevanti. Le quantità emesse sono correlate all'efficienza e alla qualità tecnica del motore, al grado di manutenzione, alla quantità di IPA presenti nel carburante, nonché alla presenza ed efficienza di sistemi di riduzione delle emissioni. Nei processi combustivi si possono inoltre verificare reazioni di trasformazione, con conseguenti modifiche alla composizione degli IPA.

Il riscaldamento domestico contribuisce in modo rilevante alla presenza di questi composti, soprattutto durante i mesi freddi nelle aree caratterizzate da climi rigidi, come la provincia di Belluno. La quantità e la qualità delle emissioni è naturalmente funzione sia della tipologia di combustibile utilizzata sia della struttura tecnica dell'impianto di riscaldamento. Ad esempio, è noto che il contenuto di IPA nel particolato derivante dalla combustione di legname è maggiore rispetto a quello del gasolio. È importante sottolineare come gli impianti di riscaldamento alimentati a metano hanno un'emissione di IPA praticamente nulla, risultando i più "puliti" per questo inquinante.

Altre fonti di emissione rilevanti sono gli impianti industriali che utilizzano oli combustibili a basso tenore di zolfo (BTZ) o gasoli.

In genere gli IPA presenti nell'aria, pur essendo chimicamente stabili, possono degradare reagendo con la luce del sole. Quelli di massa maggiore si adsorbono al particolato aerodisperso, andando successivamente a depositarsi al suolo. Per la loro relativa stabilità e per la capacità di aderire alle polveri possono essere trasportati anche a grandi distanze dalle zone di produzione.

Il quadro normativo

L'esigenza di salvaguardare la salute e l'ambiente dai fenomeni di inquinamento atmosferico ha ispirato un corpo normativo volto alla definizione di:

- valori limite degli inquinanti per la protezione della salute umana e dell'ambiente;
- livelli critici per la protezione dei recettori naturali e degli ecosistemi;
- valori obiettivo per la protezione della salute umana e dell'ambiente;
- soglie di informazione e di allarme per la protezione della salute umana;
- obiettivi a lungo termine per la protezione della salute umana e dell'ambiente.

Nel corso degli anni si sono succeduti numerosi atti legislativi recepimenti di normative europee.

La direttiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio ha abrogato la legislazione precedente costituendo un testo unico sulla qualità dell'aria ambiente. Il suo recepimento da parte dello Stato Italiano è avvenuto con il D.Lgs. 155/2010 e sue modifiche e integrazioni (D.Lgs. n°250 del 24-12-2012).

Il quadro riassuntivo dei riferimenti è riportato nelle tabelle seguenti, nelle quali sono presi in considerazione i singoli inquinanti, la tipologia d'esposizione (acuta o cronica) e l'oggetto della tutela, ovvero la protezione della salute umana o della vegetazione.

Tabella 1: riferimenti di legge per l'esposizione acuta D.Lgs. 155/2010

INQUINANTE	TIPOLOGIA	CONCENTRAZIONE
PM10	Valore limite giornaliero da non superare più di 35 volte per anno civile	50 µg/m ³
O₃	Soglia di informazione Media oraria *	180 µg/m ³
O₃	Soglia di allarme Media oraria *	240 µg/m ³
NO₂	Soglia di allarme **	400 µg/m ³
NO₂	Valore limite orario da non superare più di 18 volte per anno civile	200 µg/m ³
CO	Valore limite Media massima giornaliera calcolata su 8 h	10 mg/m ³
SO₂	Soglia di allarme **	500 µg/m ³
SO₂	Valore limite orario da non superare più di 24 volte per anno civile	350 µg/m ³
SO₂	Valore limite giornaliero da non superare più di 3 volte per anno civile	125 µg/m ³

* per l'applicazione dell'articolo 10 comma 1, deve essere misurato o previsto un superamento di tre ore consecutive

** misurato per 3 ore consecutive, presso siti fissi di campionamento aventi un'area di rappresentatività di almeno 100 Km² oppure pari all'estensione dell'intera zona o dell'intero agglomerato se tale zona o agglomerato sono meno estesi

Tabella 2: riferimenti di legge per l'esposizione cronica D.Lgs. 155/2010

INQUINANTE	TIPOLOGIA	CONCENTRAZIONE	NOTE
PM10	Valore limite Media su anno civile	40 µg/m ³	
PM2.5	Valore limite Media su anno civile	25 µg/m ³	Margine tolleranza 20 % l'11 giugno 2008, con riduzione il 1 gennaio successivo e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0 % entro il 1° gennaio 2015
O₃	Valore obiettivo per la protezione della salute Media massima giornaliera calcolata su 8 h da non superare per più di 25 volte per anno civile come media su 3 anni	120 µg/m ³	Il raggiungimento del valore obiettivo per la protezione della salute umana sarà valutato nel 2013, con riferimento al triennio 2010 - 2012.
O₃	Valore obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana Media massima giornaliera calcolata su 8 h nell'arco dell'anno civile	120 µg/m ³	Data entro la quale deve essere raggiunto l'obiettivo a lungo termine non definita
NO₂	Valore limite Anno civile	40 µg/m ³	
Pb	Valore limite Media su anno civile	0.5 µg/m ³	
C₆H₆	Valore limite Media su anno civile	5 µg/m ³	
As	Valore obiettivo Media su anno civile	6 ng/m ³	
Ni	Valore obiettivo Media su anno civile	20 ng/m ³	
Cd	Valore obiettivo Media su anno civile	5 ng/m ³	
B(a)P	Valore obiettivo Media su anno civile	1 ng/m ³	

Tabella 3: riferimenti di legge per la vegetazione D.Lgs. 155/2010

INQUINANTE	TIPOLOGIA	CONCENTRAZIONE	NOTE
SO ₂	Livello critico per la vegetazione Anno civile	20 µg/m ³	
SO ₂	Livello critico per la vegetazione (1 ottobre - 31 marzo)	20 µg/m ³	
NO _x	Limite critico per la vegetazione Anno civile	30 µg/m ³	
O ₃	Valore obiettivo per la protezione della vegetazione AOT40 (calcolato sulla base dei valori di 1 h) da maggio a luglio *	18000 µg/m ³ h come media su 5 anni	Il raggiungimento del valore obiettivo per la protezione della vegetazione sarà valutato nel 2015, con riferimento al quinquennio 2010 - 2014.
O ₃	Valore obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione AOT40 (calcolato sulla base dei valori di 1 h) da maggio a luglio *	6000 µg/m ³ h come media su 5 anni	Data entro la quale deve essere raggiunto l'obiettivo a lungo termine non definita

* AOT = Accumulated Ozone exposure over a Threshold of 40 Parts Per Billion definito come la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie di ozono e la soglia prefissata 40 ppb, relativamente alle ore di luce.

Risultati analitici dell'attività di monitoraggio nell'anno 2012: confronto con i riferimenti di legge

Nelle tabelle che seguono vengono esposti i raffronti tra i limiti di legge e i valori misurati nel 2012 dei diversi inquinanti per quanto riguarda le soglie di esposizione acuta e cronica, secondo quanto stabilito dalla normativa.

STAZIONE DI BELLUNO PARCO BOLOGNA RAFFRONTO DEI DATI CON I RIFERIMENTI DI LEGGE - ANNO 2012			
Esposizione acuta			
Inquinante	Tipologia	Valore limite	Risultati
PM10	Limite di 24 h da non superare più di 35 volte per anno civile	50 µg/m ³	12 superamenti
O ₃	Soglia di informazione Media 1 h	180 µg/m ³	3 superamenti
O ₃	Soglia di allarme	240 µg/m ³	0 superamenti
	Media 1 h		
NO ₂	Soglia di allarme*	400 µg/m ³	0 superamenti
NO ₂	Limite orario da non superare più di 18 volte per anno civile	200 µg/m ³	0 superamenti
CO	Massimo giornaliero della media mobile di 8 h	10 mg/m ³	0 superamenti
SO ₂	Soglia di allarme*	500 µg/m ³	0 superamenti
SO ₂	Limite orario da non superare più di 24 volte per anno civile	350 µg/m ³	0 superamenti
SO ₂	Limite di 24 h da non superare più di 3 volte per anno civile	125 µg/m ³	0 superamenti
* misurato per 3 ore consecutive in un sito rappresentativo della qualità dell'aria in un'area di almeno 100 Km ² , oppure in un'intera zona o agglomerato nel caso siano meno estesi.			

STAZIONE DI BELLUNO PARCO BOLOGNA RAFFRONTO DEI DATI CON I RIFERIMENTI DI LEGGE - ANNO 2012				
Esposizione cronica				
Inquinante	Tipologia	Valore limite	Note	Risultati
PM10	Valore limite annuale. Anno civile	40 µg/m ³		20 µg/m ³
PM2,5	Valore limite annuale. Anno civile	25 µg/m ³		16 µg/m ³
O ₃	Valore obiettivo per la protezione della salute da non superare per più di 25 giorni all'anno come media su 3 anni	120 µg/m ³	In vigore dal 2010. Prima verifica nel 2013.	42 superamenti
	Media su 8 h massima giornaliera			
O ₃	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	120 µg/m ³		42 superamenti
	Media su 8 h massima giornaliera			
NO ₂	Valore limite Anno civile	40 µg/m ³		22 µg/m ³
B(a)P	Valore obiettivo per la protezione della salute umana media annuale	1 ng/m ³		1,4 ng/m ³

Polveri PM10: per questo inquinante sono stati rispettati sia lo standard di qualità dell'aria acuto con 12 superamenti giornalieri (su 35 consentiti) che quello cronico con una media annuale di 20 µg/m³, rispetto ad valore limite di 40 µg/m³.

Polveri PM2,5: la media annuale di questo inquinante è risultata pari a 16 µg/m³, rispetto ad valore limite annuale di 25 µg/m³ da raggiungere entro il 2015.

Ozono: per questo inquinante nel 2011 si sono registrati 3 superamenti della soglia di informazione alla popolazione di 180 µg/m³ ma nessun superamento della soglia d'allarme di 240 µg/m³, il dato massimo orario è stato di 194 µg/m³.

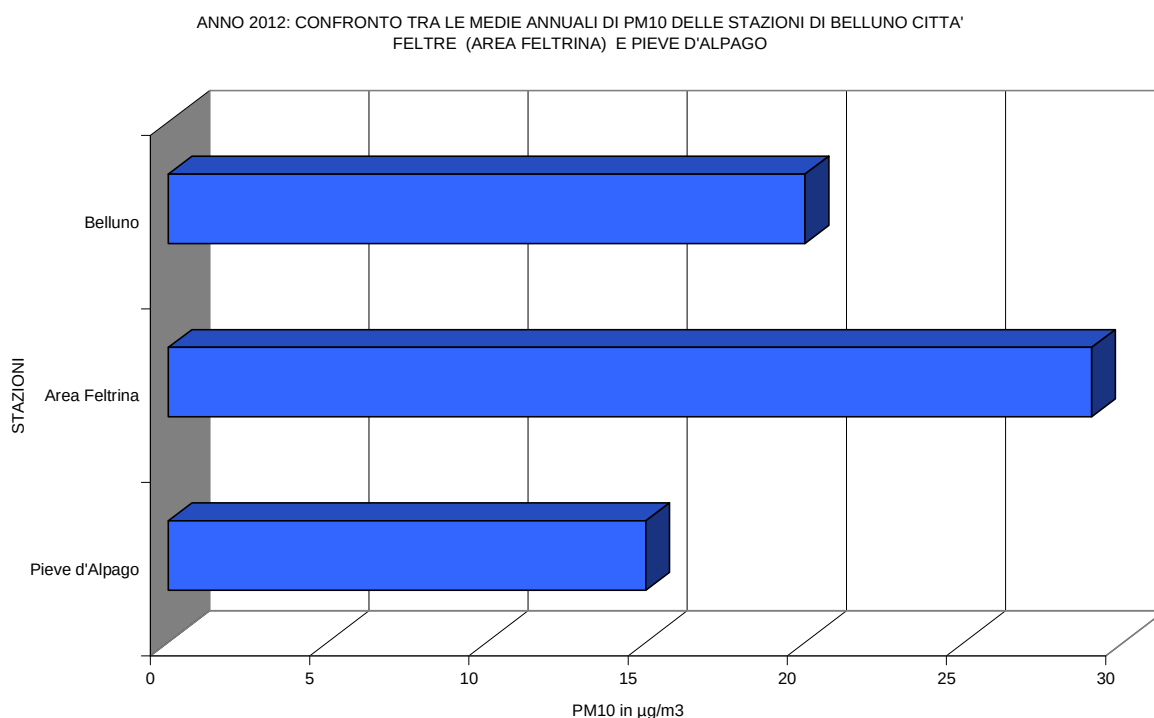
Biossido d'azoto: le concentrazioni misurate si sono mantenute al di sotto dei limiti di legge. Il dato massimo orario rilevato è stato di 126 µg/m³ a fronte di un limite orario di 200 µg/m³ da non superare più di 18 volte all'anno. La media annuale pari a 22 µg/m³ si è attestata al di sotto del limite di legge.

Benzo(a)pirene: la concentrazione media annua è risultata di $1,4 \text{ ng/m}^3$, superiore al valore obiettivo annuale per la protezione della salute umana fissato in 1 ng/m^3 e in vigore dal 31/12/2012.

Monossido di carbonio: le concentrazioni rilevate si sono mantenute al di sotto dei limiti di legge. La media mobile di otto ore massima rilevata nel 2012 è stata di $2,3 \text{ mg/m}^3$, a fronte di un limite massimo giornaliero di 10 mg/m^3 .

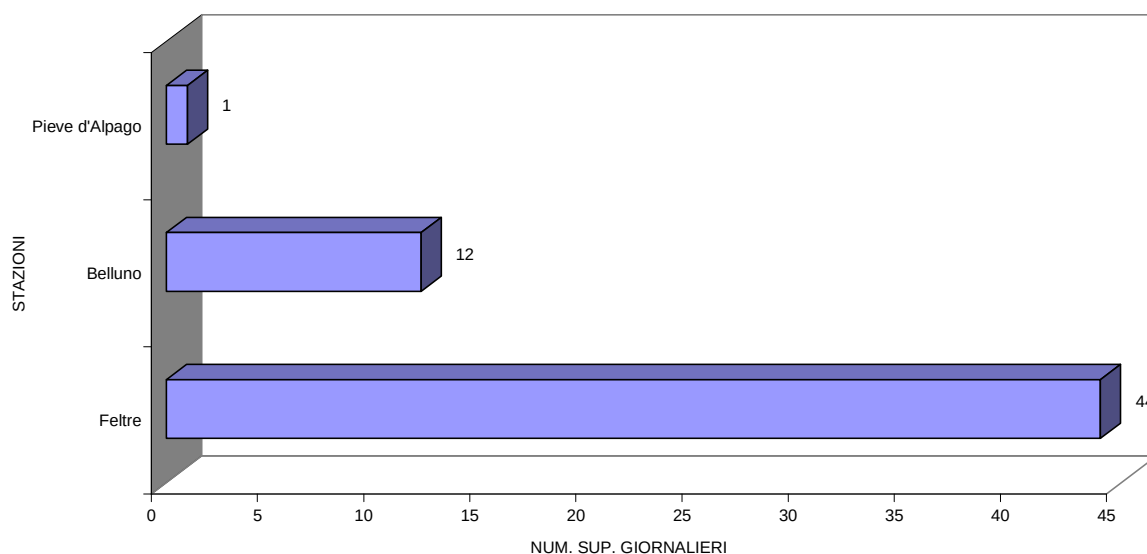
Anidride solforosa: le concentrazioni rilevate si sono mantenute abbondantemente al di sotto dei limiti di legge. Le basse concentrazioni trovano spiegazione nel fatto che questo inquinante viene misurato in maniera significativa solo in presenza di talune emissioni di tipo industriale che utilizzano soprattutto gasoli. Il valore massimo orario rilevato è stato di $37 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ da confrontarsi col limite di $350 \text{ } \mu\text{g/m}^3$.

Analisi comparativa dei dati delle stazioni fisse di rilevamento di Belluno, Feltre e Pieve d'Alpago



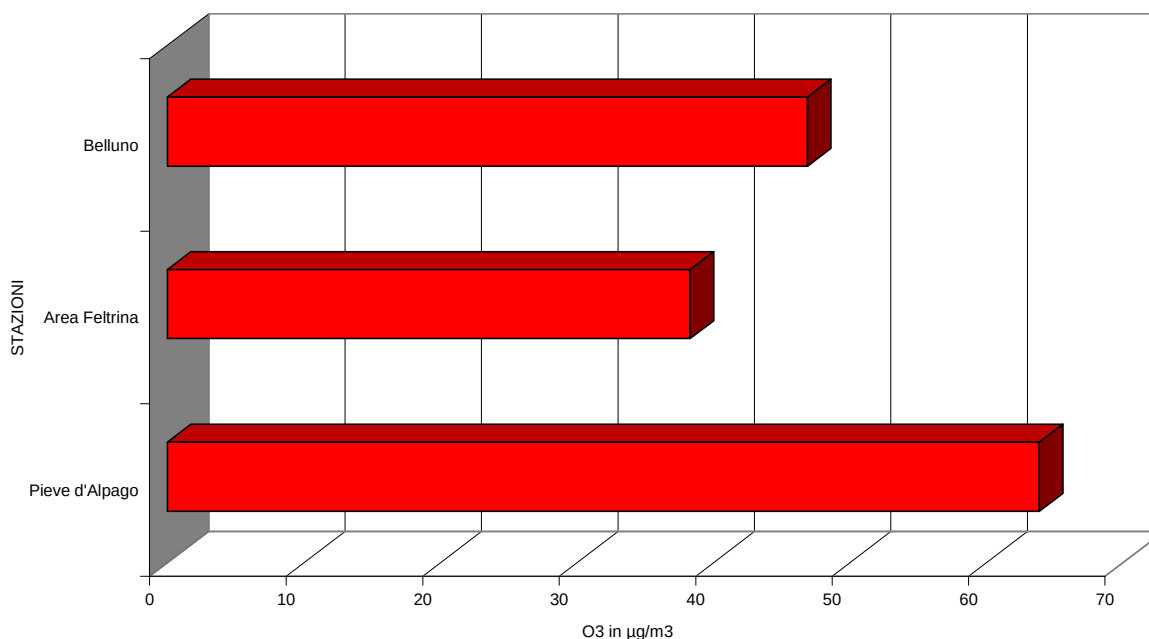
Il grafico di confronto delle medie annuali di PM10 delle stazioni fisse evidenzia il rispetto del limite per l'esposizione cronica ($40 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ come media annuale) in tutte le stazioni anche se Feltre si conferma la stazione con il più elevato livello annuale di polveri.

ANNO 2012: CONFRONTO NUMERO DI SUPERAMENTI DEL LIMITE GIORNALIERO DI POLVERI PM10 DELLE STAZIONI DI BELLUNO CITTA', FELTRE (AREA FELTRINA) E PIEVE D'ALPAGO



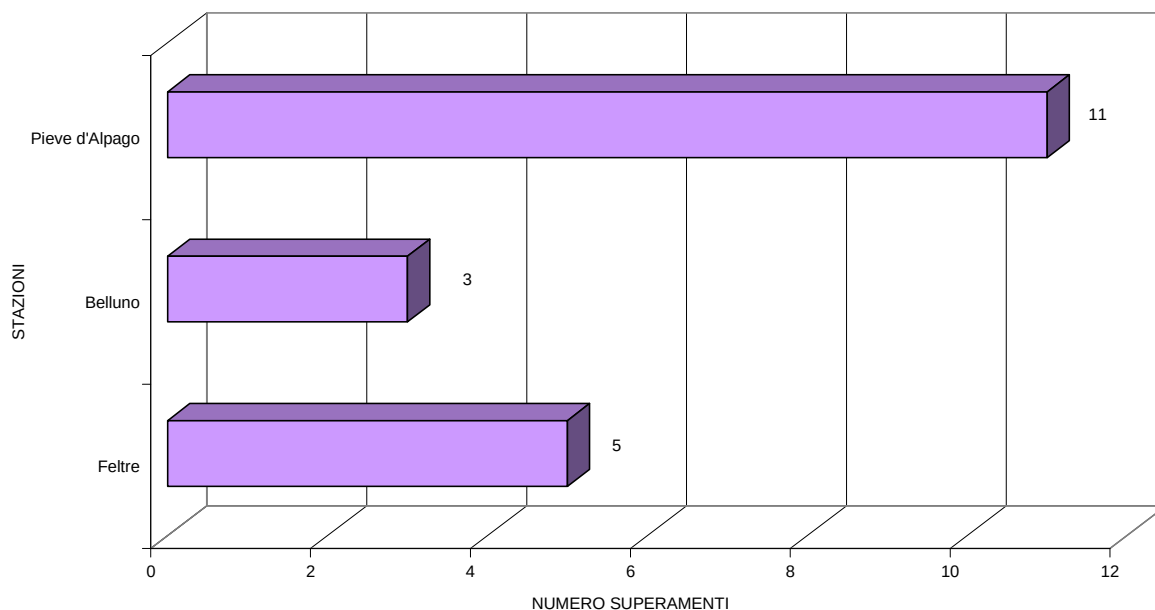
Il grafico di confronto dei superamenti del limite acuto delle polveri PM10 ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media giornaliera da non superare più di 35 volte in un anno), evidenzia che solo la stazione di Feltre (area Feltrina) con 44 sforamenti ha superato tale limite di tipo acuto.

ANNO 2012: CONFRONTO TRA LE MEDIE ANNUALI DI OZONO (O_3) DELLE STAZIONI DI BELLUNO CITTA', FELTRE (AREA FELTRINA) E PIEVE D'ALPAGO



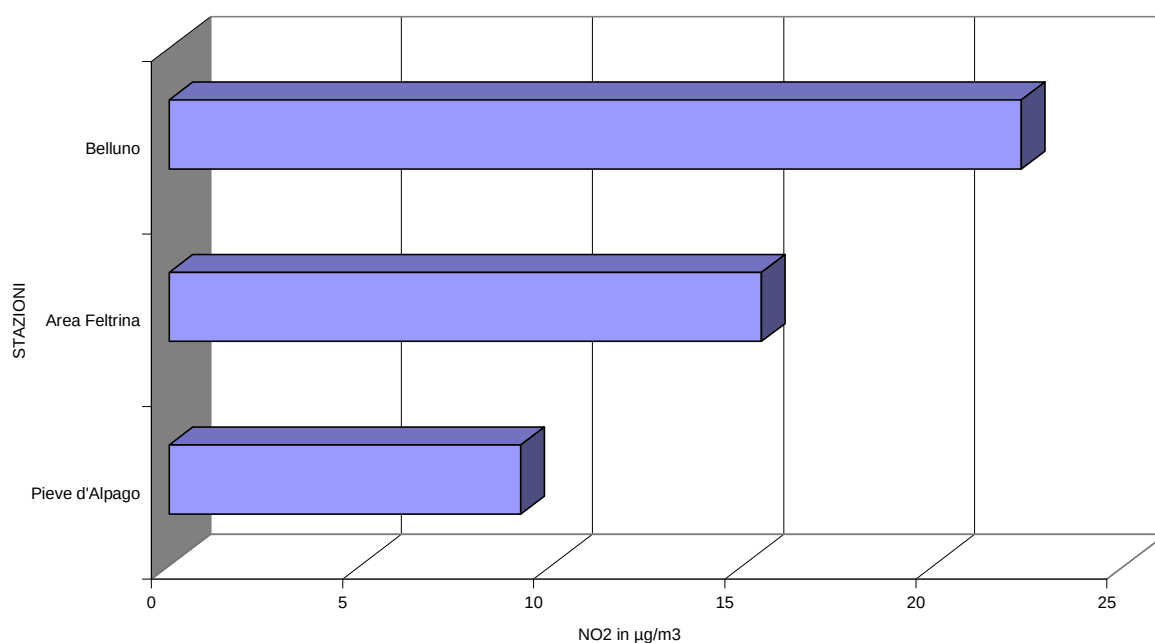
Nel caso dell'ozono invece la stazione di Pieve d'Alpago, sita in zona pedemontana (loc. Villa), conferma come per il 2011, il valore medio più elevato per le caratteristiche di ruralità della localizzazione, con modesta presenza di inquinanti primari (NO , NO_2 e NO_x) che degradano l'ozono.

ANNO 2012: CONFRONTO TRA I SUPERAMENTI DELLA SOGLIA DI INFORMAZIONE ALLA POPOLAZIONE ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) PER L'OZONO (O_3) NELLE STAZIONI DI BELLUNO, FELTRE (AREA FELTRINA) E PIEVE D'ALPAGO



Per quanto riguarda i superamenti della soglia di informazione alla popolazione ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) la stazione di Pieve d'Alpago presenta il maggior numero di sforamenti, seguita da Feltre e Belluno. Nessuna delle tre stazioni ha fatto registrare superamenti della soglia di allarme.

ANNO 2012: CONFRONTO TRA LE MEDIE ANNUALI DI BISSIDO D'AZOTO (NO_2) DELLE STAZIONI DI BELLUNO CITTA', FELTRE (AREA FELTRINA) E PIEVE D'ALPAGO



Il grafico del biossido d'azoto conferma la scarsa presenza di ossidi d'azoto nella stazione di Pieve d'Alpago mentre per la stazione di Belluno, di tipo urbano, le concentrazioni sono relativamente più elevate per la maggior vicinanza a strade trafficate.

Valutazione del trend poliennale di tutti i parametri rilevati

STAZIONE DI BELLUNO PARCO CITTA' DI BOLOGNA: TREND							
PARAMETRO	SO ₂	NO ₂	O ₃	CO	PM10	Benzene	Benzo(a)Pirene
Unità di misura	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	mg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	ng/m ³
anno	media	media	media	media	media	media	media
2004	2	24	44	0.4	30	***	***
2005	2	27	49	0.3	27	3.1	0.9
2006	2	28	48	0.4	26	2.5	1.0
2007	3	24	37	0.4	23	1.2	1.2
2008	2	23	41	0.3	23	1.1	1.1
2009	2	26	41	0.4	24	0.9	1.1
2010	1	26	47	0.3	21	0.9	1.2
2011	2	24	44	0.3	23	1.9	1.3
2012	2	22	47	0.4	20	***	1.4

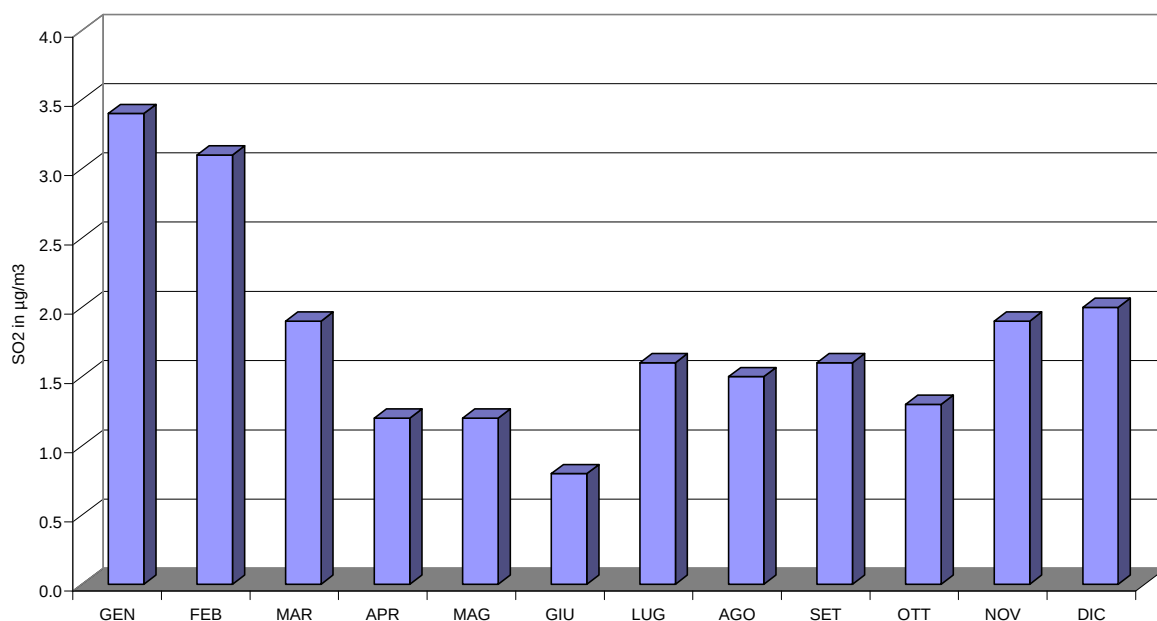
*** Misura non prevista

La tabella, che considera il trend degli inquinanti monitorati dal momento dell'attivazione della stazione di Parco "Città di Bologna", evidenzia una sostanziale stabilità per quanto riguarda l'anidride solforosa (SO₂), il biossido d'azoto (NO₂), il monossido di carbonio (CO) e l'ozono (O₃). L'andamento delle polveri PM10 ha registrato nei primi anni una costante diminuzione delle concentrazioni per poi attestarsi su una sostanziale stabilità. Il benzo(a)pirene negli ultimi anni ha registrato un trend di leggero aumento.

Valutazione stagionale, settimanale e giornaliera dei parametri monitorati

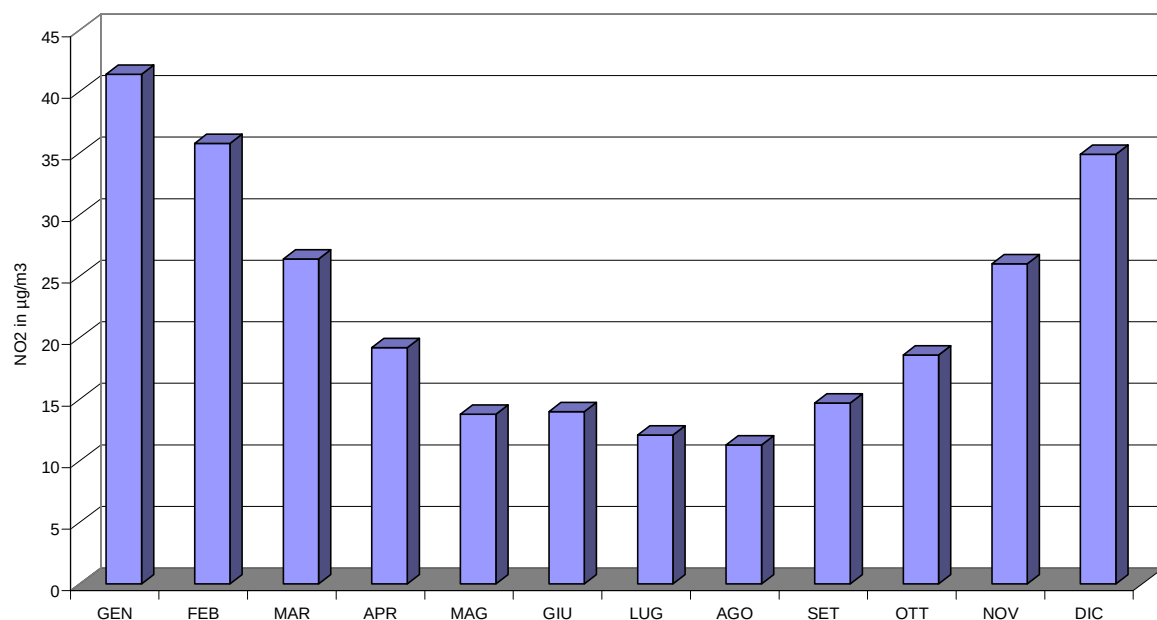
In questo paragrafo vengono presentate alcune valutazioni sull'andamento stagionale e settimanale di alcuni parametri, cercando di metterne in evidenza la relazione con i fattori climatici e con le fonti di emissione su base annuale o giornaliera a seconda che si tratti di dati raccolti su base giornaliera o oraria.

STAZIONE DI BELLUNO "PARCO CITTA' DI BOLOGNA"
ANNO 2012
MEDIE MENSILI PARAMETRO SO₂

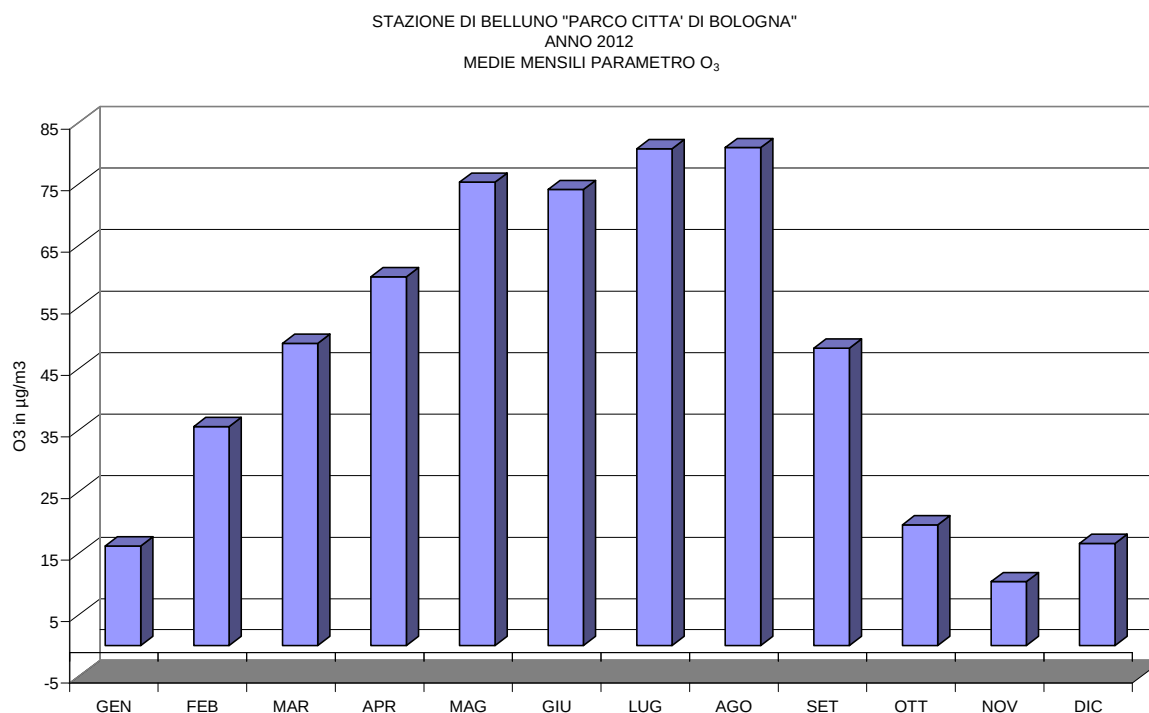


Il primo grafico rappresenta l'andamento stagionale dell'anidride solforosa (SO₂). I dati, estremamente bassi, pur oscillando nel corso dei mesi hanno evidenziato un leggero incremento nel periodo invernale.

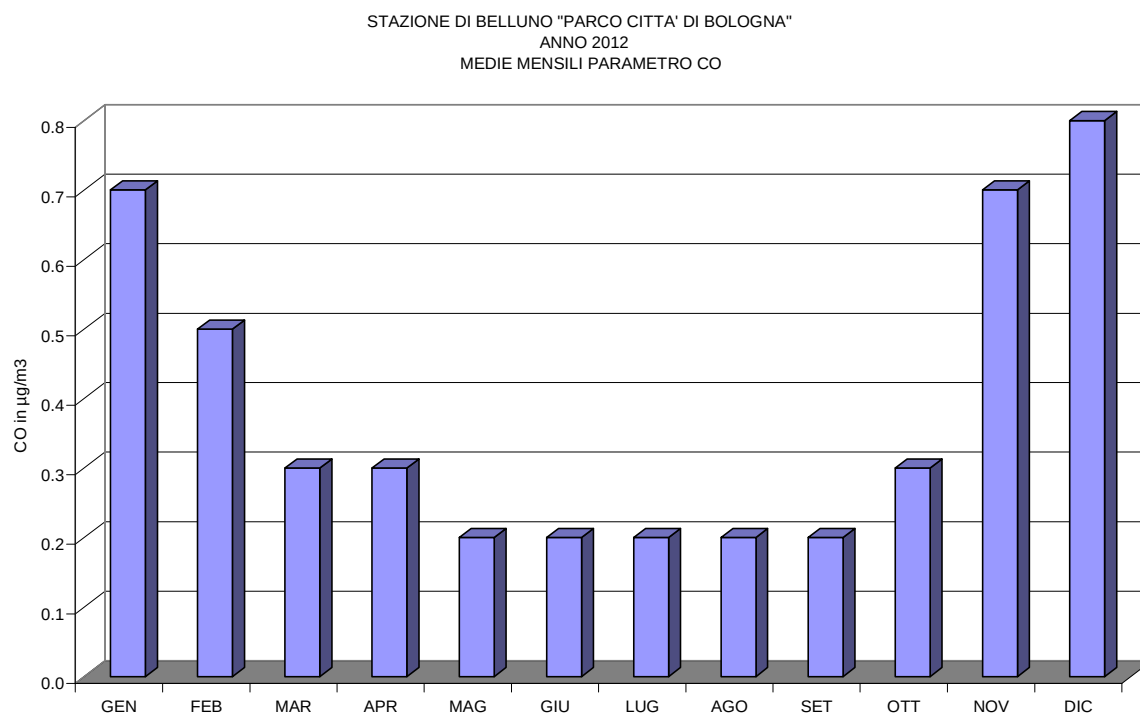
STAZIONE DI BELLUNO "PARCO CITTA' DI BOLOGNA"
ANNO 2012
MEDIE MENSILI PARAMETRO NO₂



Anche il biossido d'azoto (NO₂) presenta valori più elevati nel periodo invernale sia per l'aumento del carico antropico sia per le ridotte capacità di dispersione degli inquinanti.

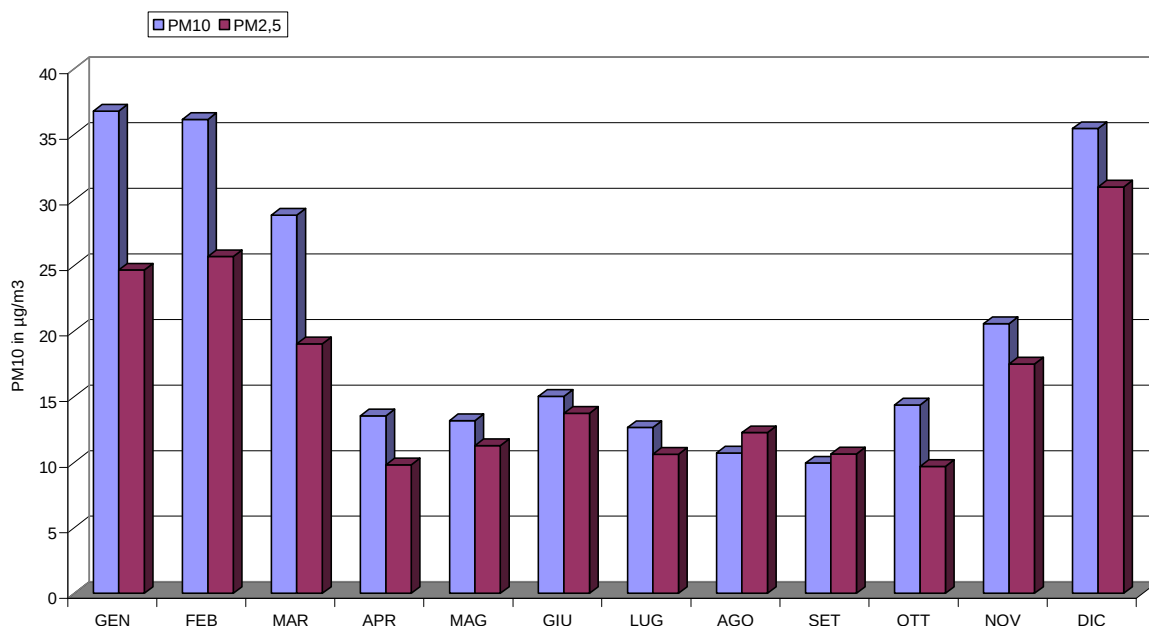


Contrariamente agli inquinanti precedentemente illustrati l'ozono, inquinante secondario correlato strettamente alla radiazione solare, tende a crescere dalla stagione primaverile-estiva e decrescere successivamente.



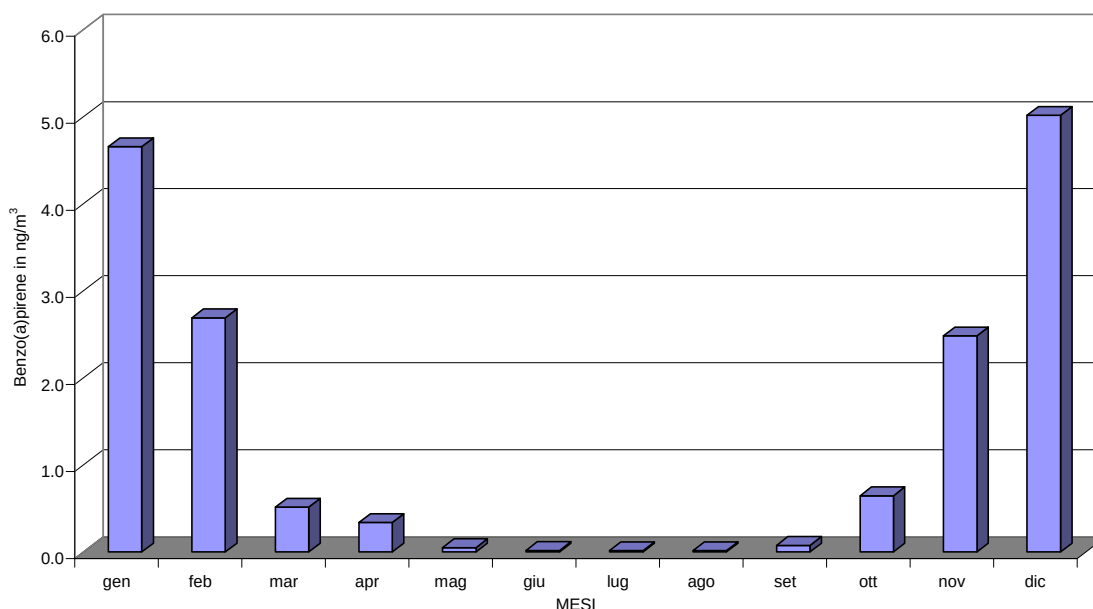
Il monossido di carbonio (CO), pur con livelli modesti, presenta un andamento stagionale marcato, con valori più elevati nel periodo invernale sempre dovuti al generale aumento del carico antropico.

STAZIONE DI BELLUNO "PARCO CITTA' DI BOLOGNA"
ANNO 2012
CONFRONTO MEDIE MENSILI PARAMETRI PM10 E PM2,5



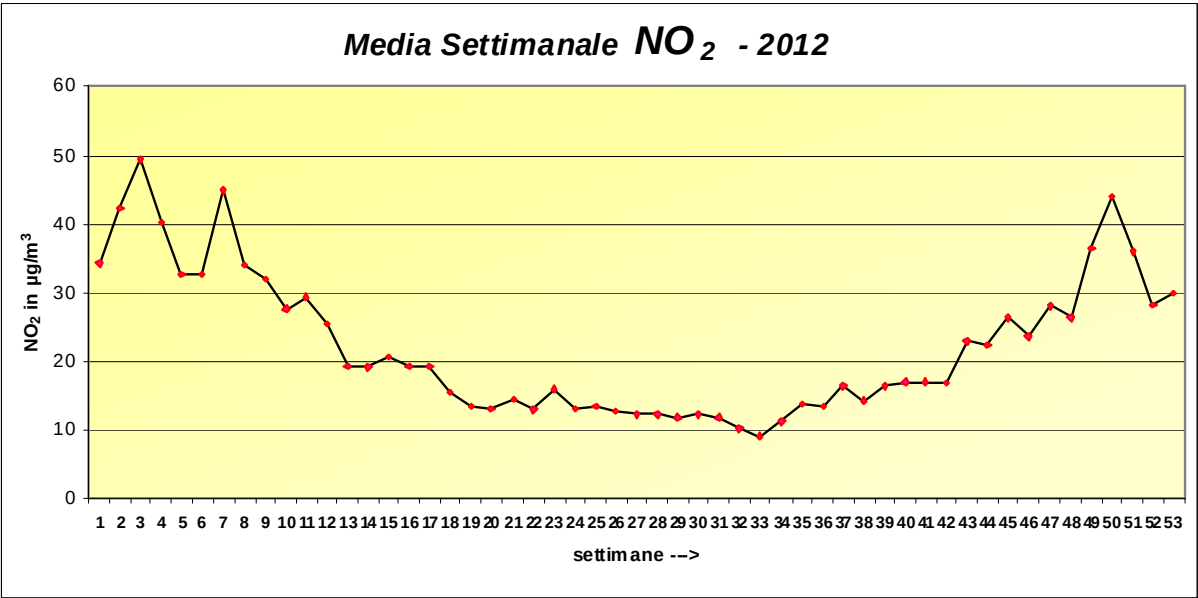
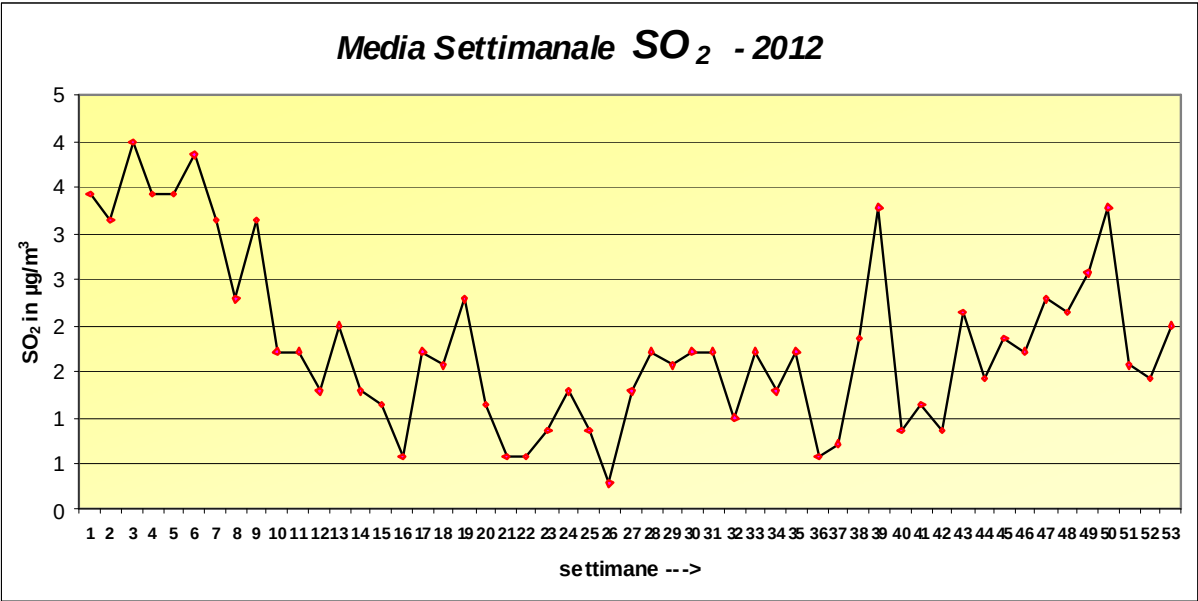
Il grafico delle polveri PM10 e PM2,5 evidenzia, la normale stagionalità di questi inquinanti dovuti all'aumento del carico antropico e alle condizioni meteorologiche sfavorevoli, con concentrazioni più elevate nei periodi invernali.

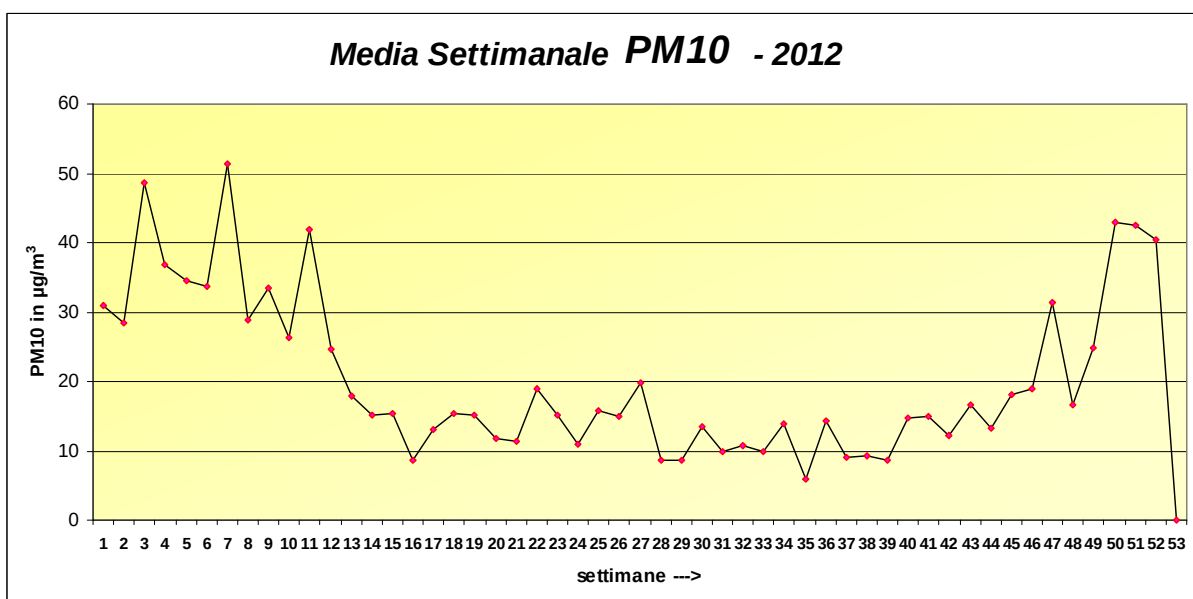
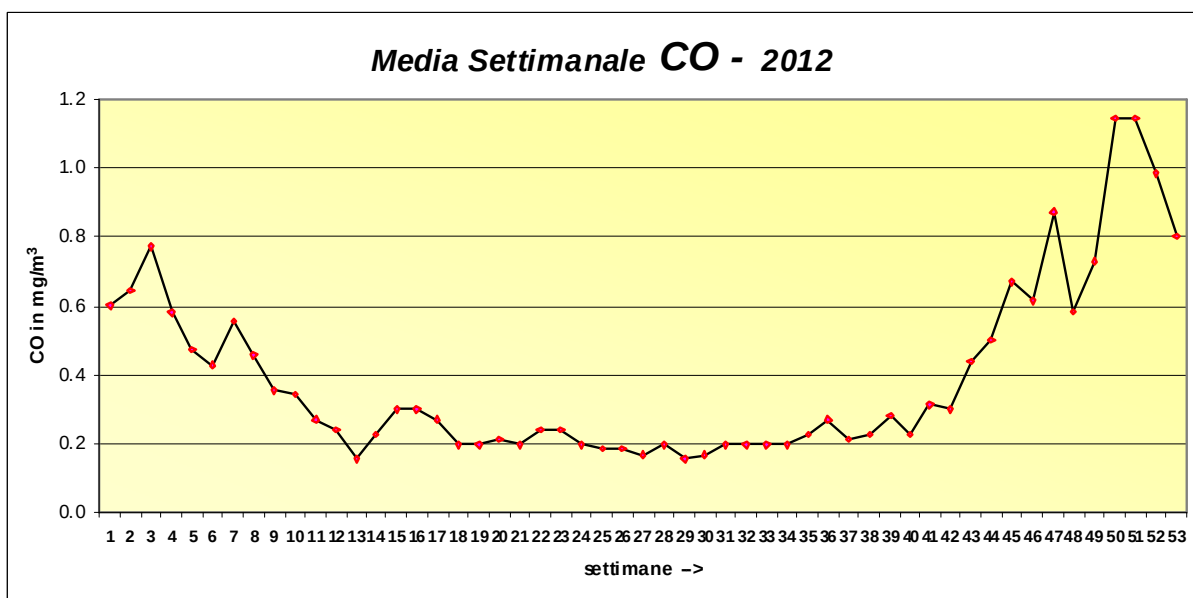
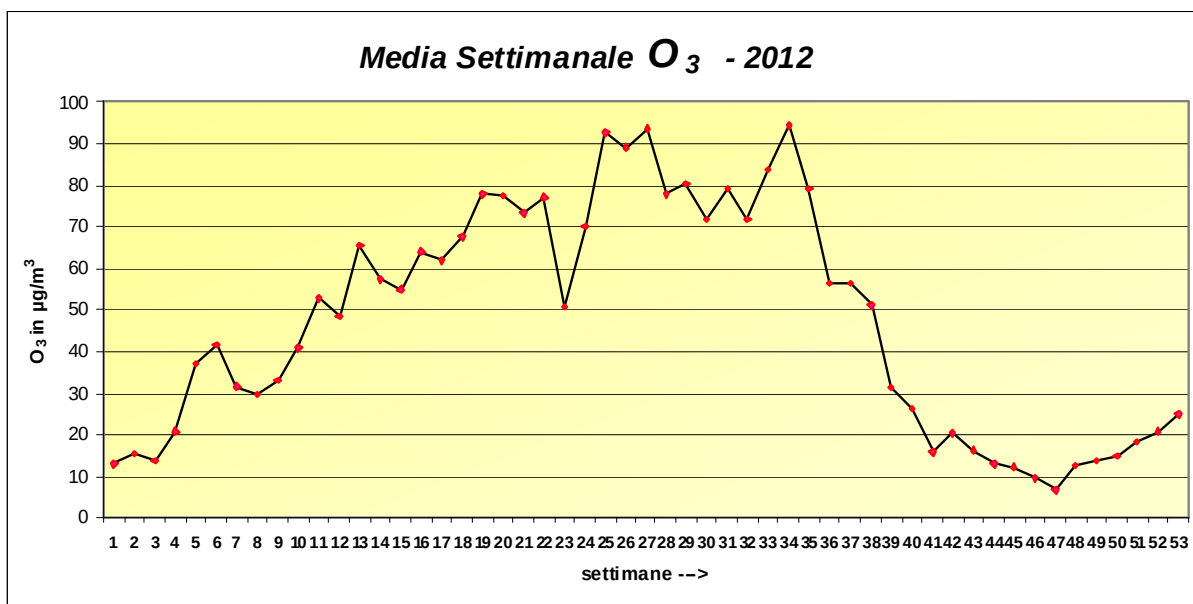
STAZIONE DI BELLUNO "PARCO CITTA' DI BOLOGNA"
ANNO 2012
MEDIE MENSILI PARAMETRO Benzo(a)pirene



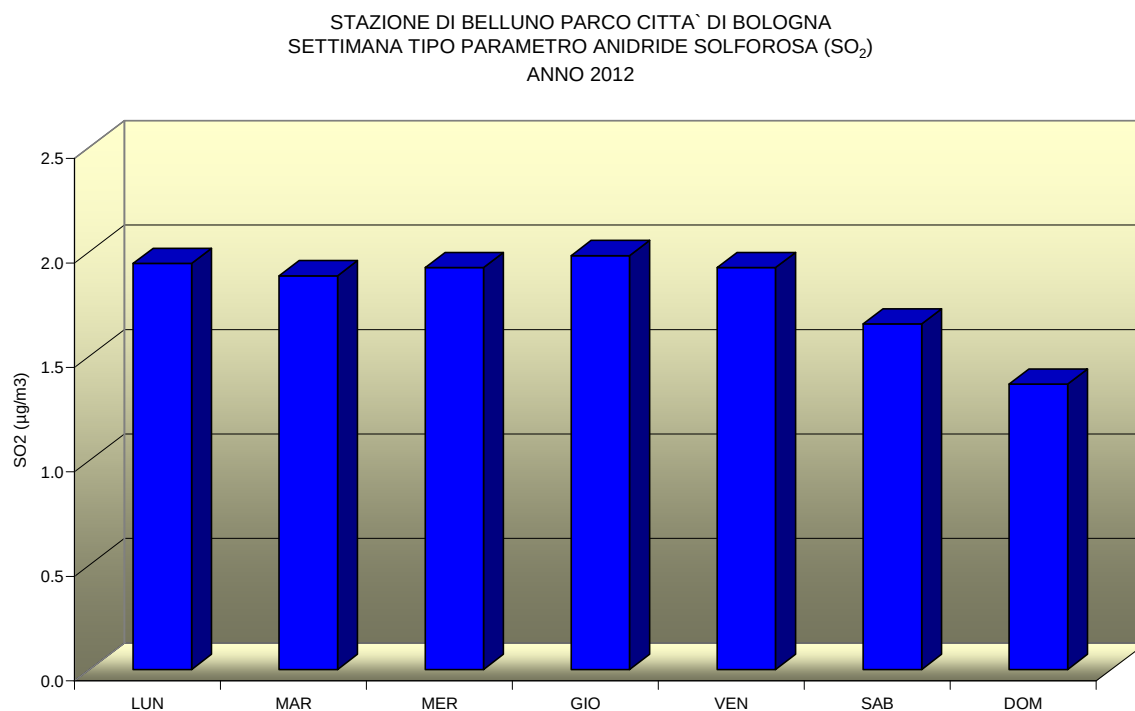
Anche il grafico del Benzo(a)pirene evidenzia un marcato andamento stagionale, con valori più elevati nel periodo invernale per l'aumento del carico antropico e per le condizioni di scarso rimescolamento atmosferico.

La stagionalità degli inquinanti illustrata dai precedenti grafici su base mensile viene confermata dai sottostanti diagrammi creati sulla base dei dati medi settimanali:

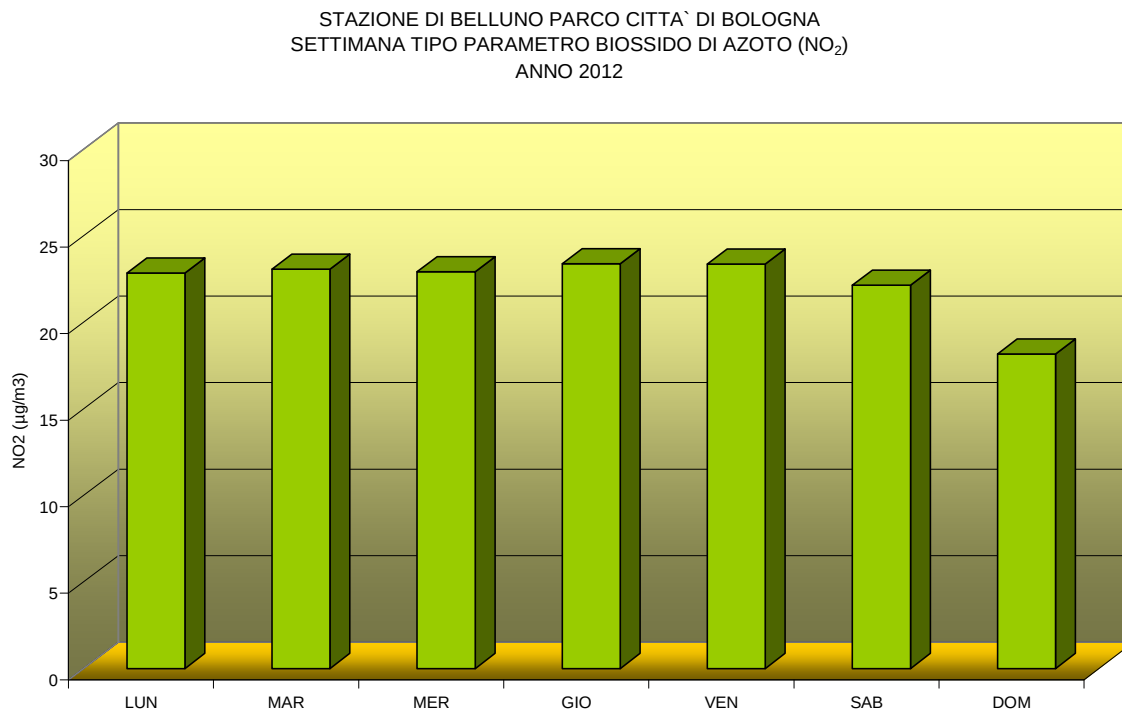




I dati sono stati anche elaborati per ottenere una settimana tipo per ogni inquinante.

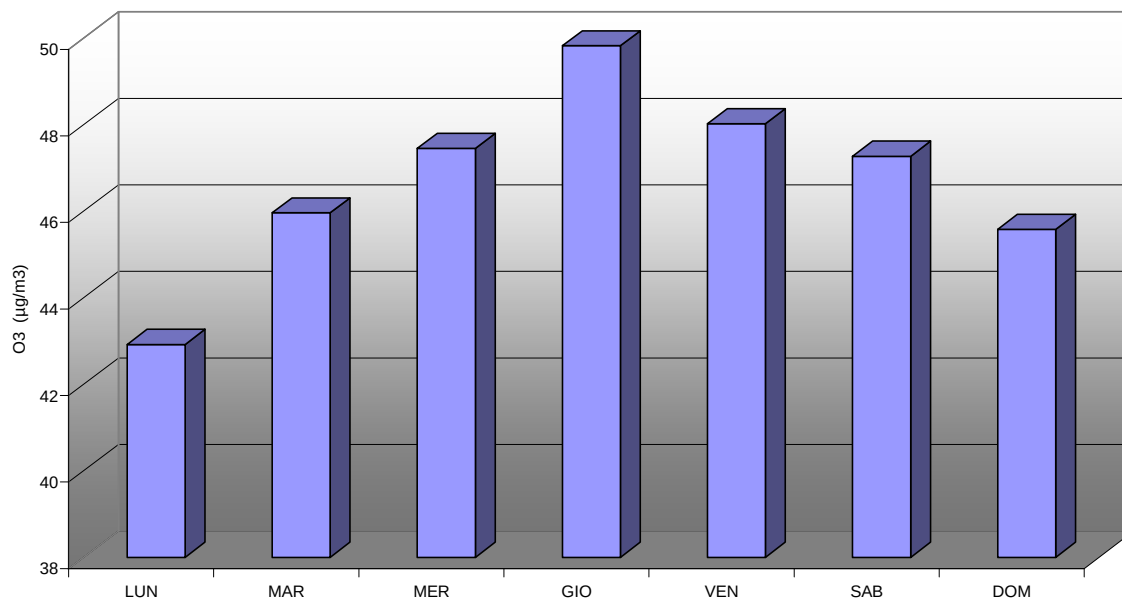


Per quanto riguarda l'anidride solforosa, stimando costante l'apporto dovuto al riscaldamento domestico, si può attribuire la diminuzione di concentrazione del fine settimana al minor volume di traffico di veicoli diesel per trasporto persone o commerciali.



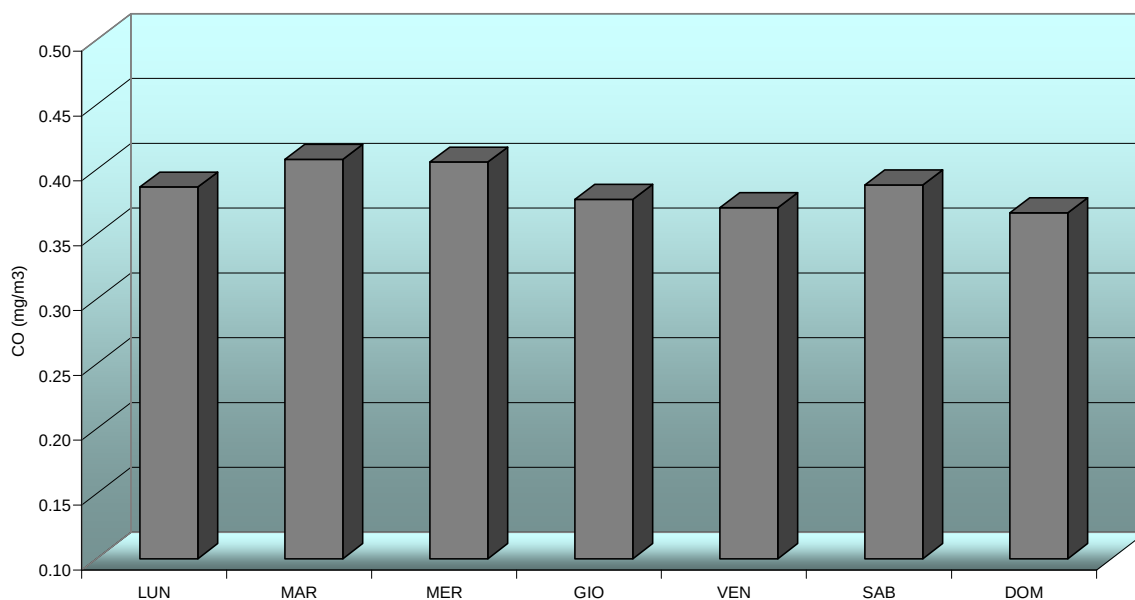
L'andamento del biossido d'azoto evidenzia un andamento di concentrazioni abbastanza stabili con un leggero calo nel fine settimana.

STAZIONE DI BELLUNO PARCO CITTA' DI BOLOGNA
SETTIMANA TIPO PARAMETRO OZONO (O₃)
ANNO 2012



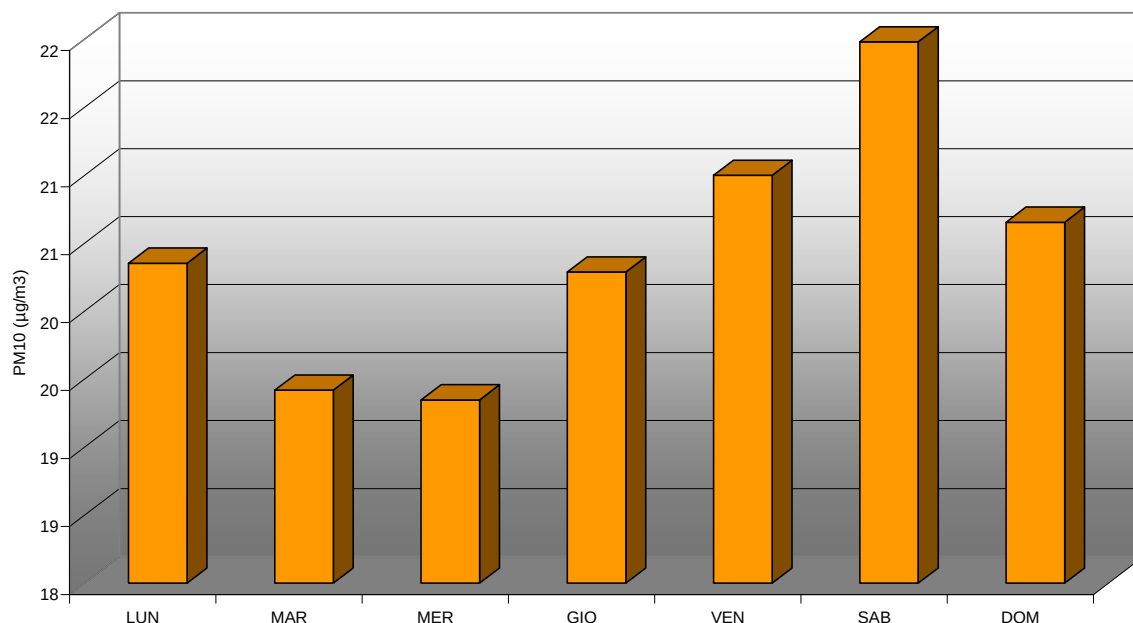
Per quanto riguarda l'andamento settimanale dell'ozono, si rileva una certa variabilità nelle concentrazioni con aumenti di concentrazione a metà settimana. Trattandosi di un inquinante secondario, in parte già presente in natura, non è possibile formulare ipotesi che lo colleghino a particolari fonti.

STAZIONE DI BELLUNO PARCO CITTA' DI BOLOGNA
SETTIMANA TIPO PARAMETRO MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)
ANNO 2012



Il monossido di carbonio mostra un andamento di concentrazioni abbastanza stabile nel corso della settimana.

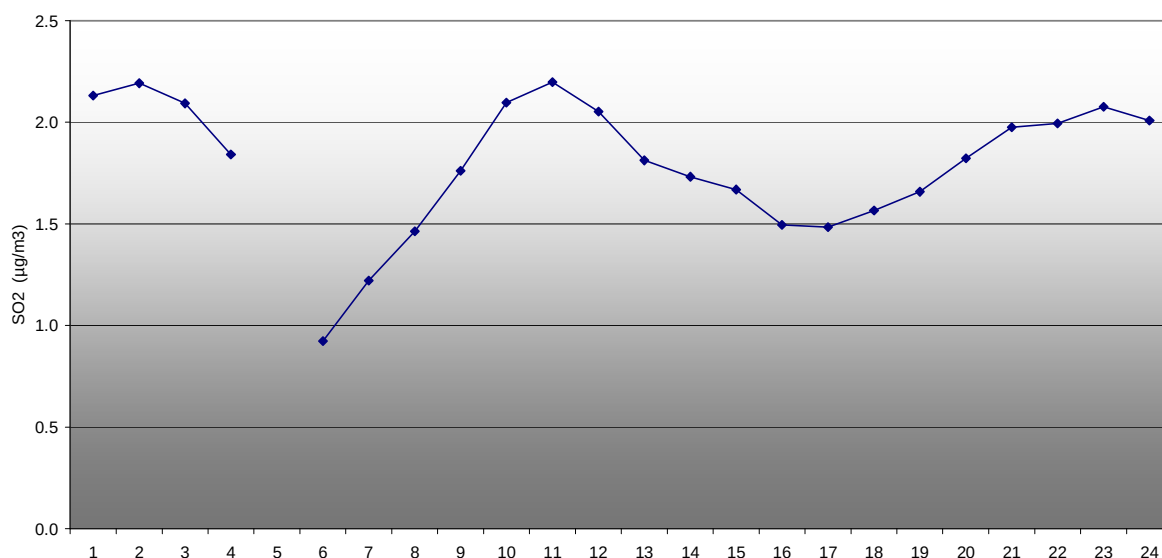
STAZIONE DI BELLUNO PARCO CITTA' DI BOLOGNA
SETTIMANA TIPO PARAMETRO POLVERI PM10
ANNO 2012



La settimana tipo delle polveri PM10 evidenzia un leggero aumento di concentrazione verso il fine settimana con una diminuzione nella giornata di domenica.

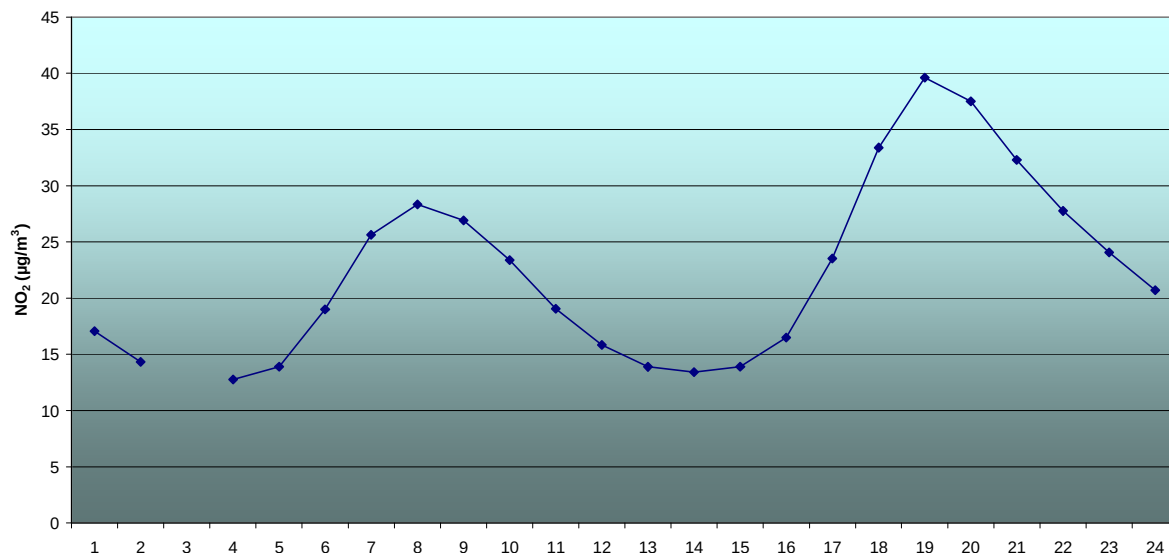
Nei seguenti diagrammi (giorno tipo) viene illustrato l'andamento giornaliero della concentrazione degli inquinanti monitorati in continuo, l'elaborazione è stata eseguita non considerando la variazione dovuta all'eventuale introduzione dell'ora legale.

STAZIONE DI BELLUNO PARCO CITTA' DI BOLOGNA
GIORNO TIPO PARAMETRO ANIDRIDE SOLFOROSA (SO₂)
ANNO 2012



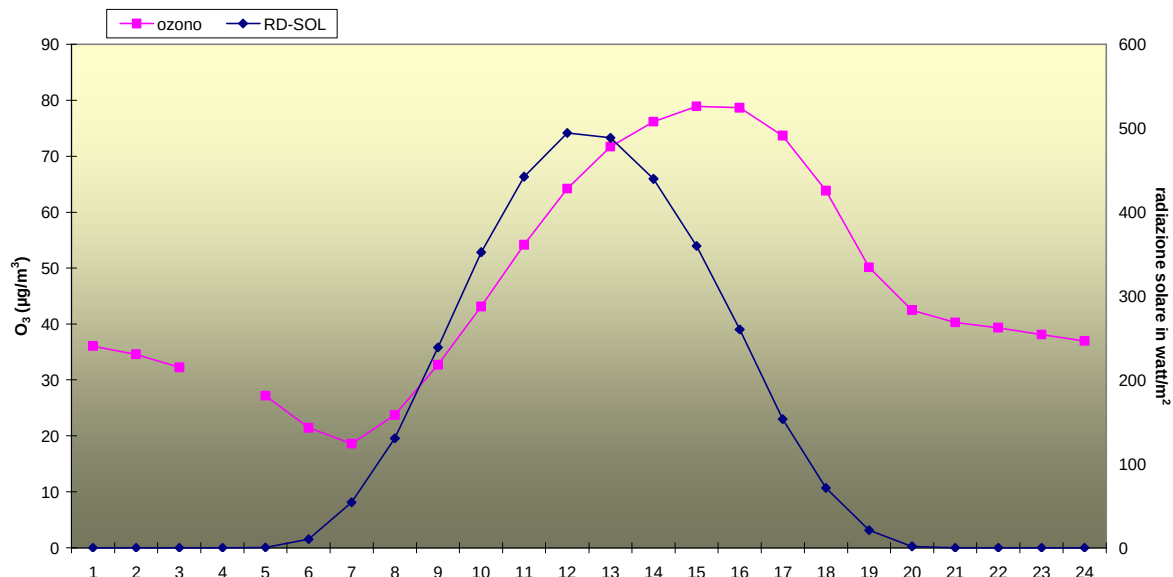
L'anidride solforosa, pur con valori estremamente bassi, ha un andamento con due leggeri aumenti al mattino e alla sera.

STAZIONE DI BELLUNO PARCO CITTA' DI BOLOGNA
GIORNO TIPO PARAMETRO BIOSSIDO DI AZOTO (NO₂)
ANNO 2012



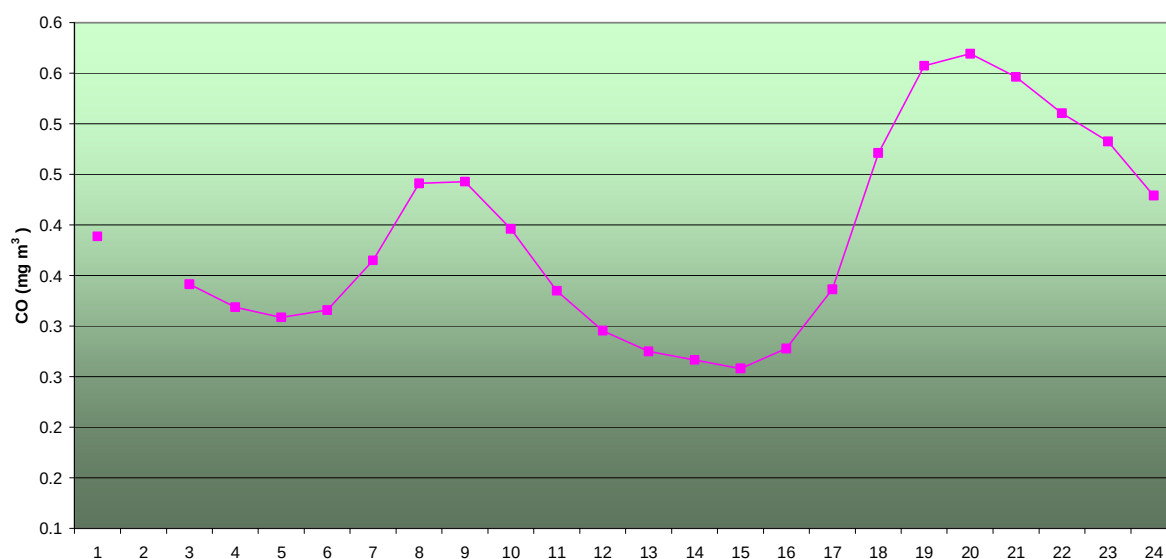
L'andamento del biossido d'azoto mostra due punte giornaliere alle 8-9 di mattina ed alle 19-20 della sera.

STAZIONE DI BELLUNO PARCO CITTA' DI BOLOGNA
GIORNO TIPO PARAMETRI OZONO (O₃) E RADIAZIONE SOLARE
ANNO 2012



Per quanto riguarda il grafico dell'ozono, il cui andamento è associato a quello della radiazione solare, si evidenzia che il picco di radiazione solare precede di qualche ora quello dell'ozono che presenta le massime concentrazioni a metà pomeriggio.

**STAZIONE DI BELLUNO PARCO CITTA' DI BOLOGNA
GIORNO TIPO PARAMETRO MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)
ANNO 2012**



Il monossido di carbonio ha un andamento del tutto simile a quello del biossido d'azoto.

Composizione chimica delle polveri sottili

Valutazione della caratterizzazione del PM10 e sua variazione stagionale

La composizione chimica del particolato atmosferico varia in funzione delle caratteristiche delle sorgenti di emissione e della zona di provenienza.

Infatti il predominio di certe sostanze chimiche e la loro distribuzione dimensionale all'interno del PM10 è strettamente legata all'origine e al meccanismo di formazione.

Il particolato si presenta come una miscela complessa di sostanze organiche e non, tra le quali si possono rinvenire Solfati, Nitrati, Ammoniaca, Carbonio organico, specie cristalline e metalli.

Il particolato grossolano è in gran parte di origine primaria, mentre il particolato fine, il cui trasporto può avvenire anche a distanze di centinaia di chilometri, è costituito da PM secondario e da una frazione derivante da combustioni.

Nonostante il particolato atmosferico abbia una composizione chimica molto eterogenea, è principalmente costituito da alcune specie che possono essere raccolte in tre classi:

- ◆ ioni inorganici (Solfati, Ammonio, Nitrati, Cloruri, Sodio);
- ◆ componente carboniosa comprendente il Carbonio organico ed il Carbonio elementare;
- ◆ elementi cristallini (Silicio, Calcio, Magnesio, Alluminio, Ferro).

Gli ioni inorganici predominano nelle particelle fini, che rappresentano principalmente la componente secondaria del PM10 (reazioni chimiche che convertono i vapori e i

gas atmosferici in fase condensata liquida e/o solida). Tuttavia, nella frazione fine esistono anche composti di origine primaria, come il Carbonio elementare, alcuni metalli e gli IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici).

Al contrario, i materiali cristallini fanno parte solitamente della componente meno fine e grossolana.

Dall'analisi della frazione estraibile in acqua dei filtri per il PM10 sono stati individuati i seguenti inquinanti inorganici: Solfati, Nitrati, Cloruri, Ammonio, nonché ioni Sodio, Potassio, Magnesio e Calcio. Di seguito verrà presentata una descrizione sintetica per ciascun componente della frazione estraibile.

Ione Solfato (SO_4^{2-})

La principale fonte antropogenica dei composti dello Zolfo è l'impiego di combustibili (principalmente oli combustibili, gasolio) ed è quindi attribuibile al riscaldamento, alla combustione nell'industria ed al trasporto su strada. Tali emissioni avvengono prevalentemente in termini di Anidride solforosa (SO_2) poi sottoposta ad una serie di reazioni che portano tra l'altro alla formazione di particolato secondario.

Durante la combustione quasi tutto lo Zolfo viene trasformato in SO_2 che deriva in misura minore anche da sorgenti naturali, come le emissioni vulcaniche e l'ossidazione atmosferica delle specie dello Zolfo ridotte. Una volta che l' SO_2 è stato emesso o si è formato nell'atmosfera, può essere convertito a solfato da reazioni in fase omogenea (gassosa) e da reazioni in fase eterogenea (acquosa o di aerosol).

Ione Nitrato (NO_3^-)

Deriva principalmente dall'uso di autoveicoli e dall'uso di combustibili in impianti per il riscaldamento e nell'industria. L'emissione avviene prevalentemente come Monossido di Azoto (NO) e Biossido di Azoto (NO_2) che nella troposfera come specie reattive si presentano in continua trasformazione l'una nell'altra. Anche tali Ossidi possono contribuire alla formazione di particolato secondario trasformandosi in ioni nitrato.

Infatti il meccanismo principale per la formazione di nitrato in fase particolata è la formazione dell'acido nitrico derivante dagli Ossidi di Azoto.

Ione Ammonio (NH_4^+)

L'Ammoniaca (NH_3) deriva sia da fonti naturali che antropiche; oltre che nei processi di denitrificazione naturale e ad opera dei microrganismi del suolo, l' NH_3 viene emessa da attività produttive e agricole (anche in seguito all'uso di fertilizzanti), nonché dagli allevamenti zootecnici.

Si tratta di un composto rilevante nella formazione e neutralizzazione degli aerosol di nitrato e solfato in atmosfere inquinate.

Ione Cloruro (Cl^-)

La sorgente naturale principale è l'aerosol marino, mentre le sorgenti antropiche sono le emissioni da inceneritori di rifiuti (es. combustione di alcuni tipi di materiale plastico) e la combustione di carbone per la produzione di energia elettrica.

Il Cloruro di Sodio come il Cloruro di Calcio sono sovente utilizzati per il trattamento del manto stradale nella stagione invernale al fine di contrastare l'azione di neve e gelo.

Ione Sodio (Na^+)

Proviene principalmente da apporti di aerosol marino e in parte dall'uso di sali per rendere sicuro il manto stradale d'inverno.

Gli altri cationi

Il Calcio (Ca^{2+}) deriva dall'erosione meccanica e dal conseguente trasporto delle particelle estratte dal suolo da parte del vento; altre cause vanno ricercate nelle attività agricole, incendi forestali, combustioni di carburanti, della legna e della torba e da processi industriali come i processi produttivi legati al cemento.

Il Magnesio (Mg^{2+}) e il Potassio (K^+) provengono in gran parte da combustioni di biomasse e limitatamente al secondo la sua presenza può essere ricondotta a pratiche agricole di concimazione.

Frazione non estraibile

Rappresenta la componente organica e inorganica dei filtri PM10 non estraibile in acqua. Ne fa parte la componente carboniosa del particolato atmosferico che include due differenti tipologie di Carbonio: OC (organic carbon) e EC (elemental carbon).

La frazione principale del Carbonio totale è il Carbonio organico (OC) che ne rappresenta circa il 70-80%; può essere originato da processi di combustione (combustibile e biomasse) costituendone il principale componente nei fumi.

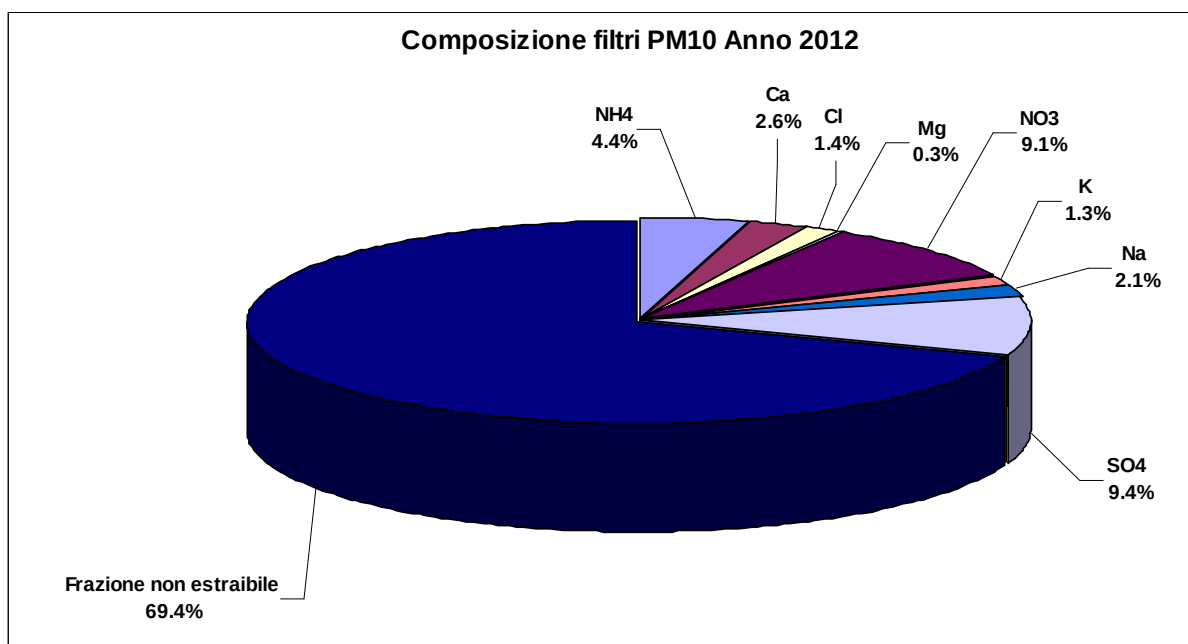
Il Carbonio elementare (EC), è un inquinante di origine primaria legato soprattutto alla combustione incompleta di combustibili fossili, alle emissioni dei veicoli diesel e alla pirolisi della biomassa.

Possono essere presenti anche gli Inquinanti organici persistenti (POPs) tra cui gli Idrocarburi policiclici aromatici (IPA), le Policlorodibenzodiossine (PCDD), i Policlorodibenzofurani (PCDF), nonché altri composti organici e silicati.

Commento ai dati

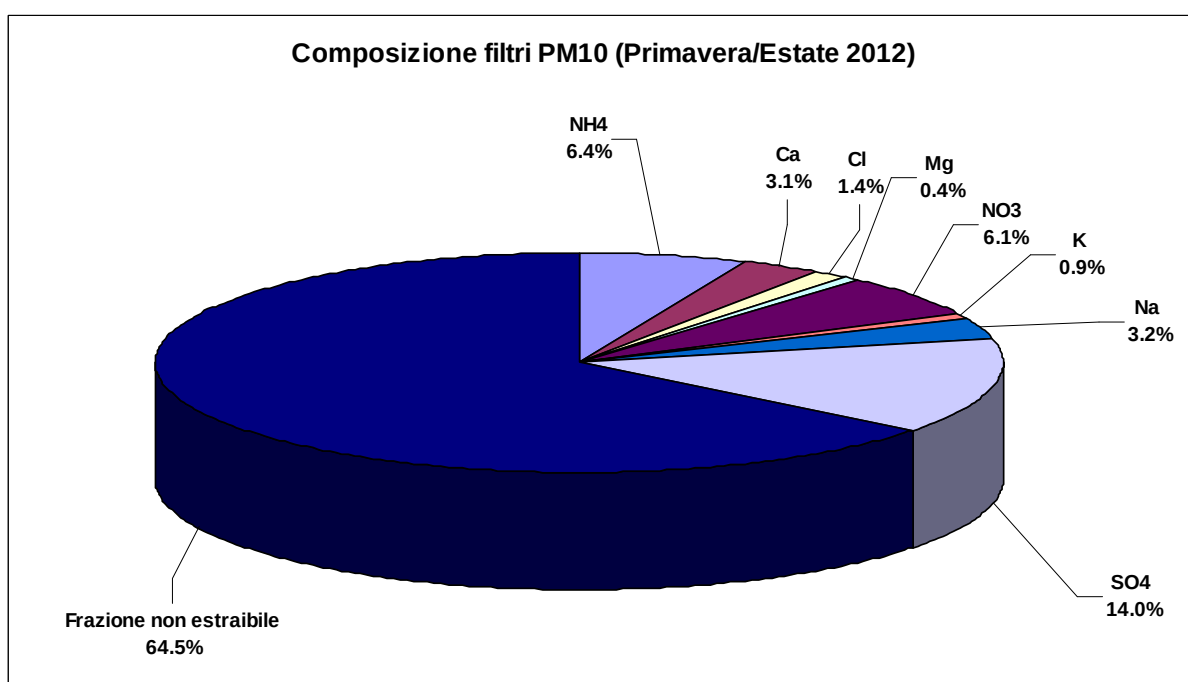
La figura sottostante rappresenta la composizione media annuale per l'anno 2012 dei filtri contenenti particolato.

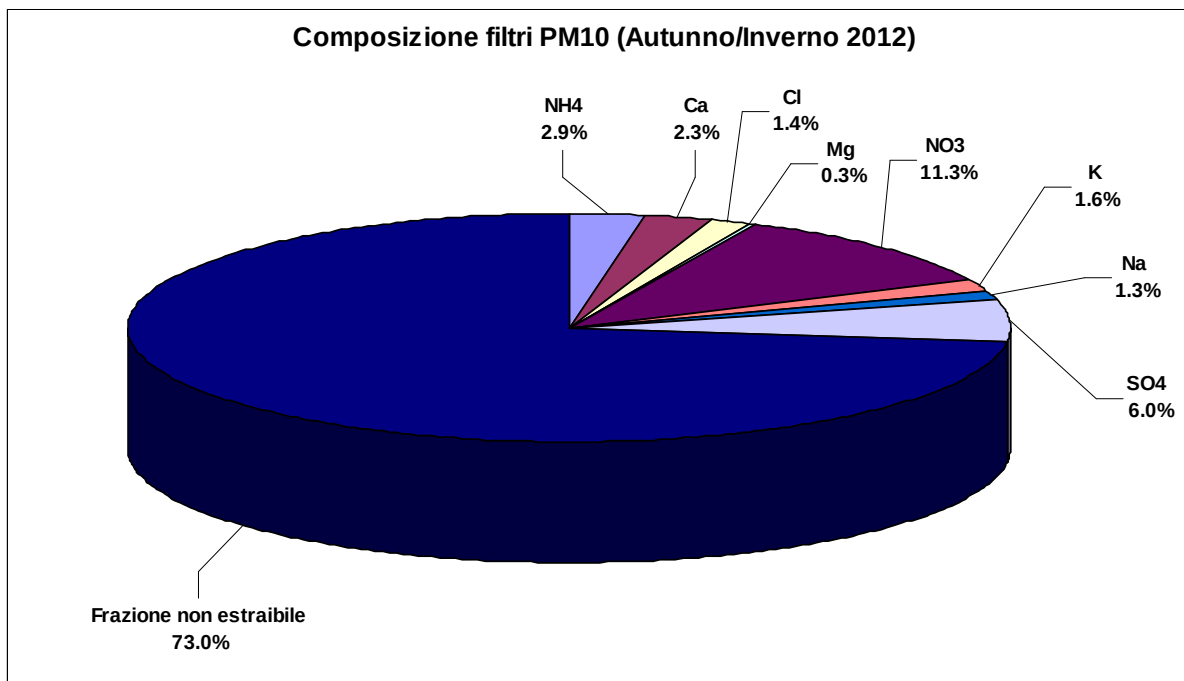
Tra le specie estraibili spicca la componente inorganica secondaria (nitrati, solfati e ammonio) che nel 2012 si è attestata a circa il 23%, in linea rispetto al recente passato. L'importanza di questa quota è legata ai fenomeni di combustione (industriale, domestico e traffico) che sono la causa non solo delle emissioni primarie di polveri ma anche della rilevante presenza degli ioni solfato e nitrato come componenti secondarie del particolato. Da non trascurare è il peso del sodio la cui presenza probabilmente non è indice di un'emissione di tipo antropico ma di una causa naturale. Gli ioni calcio, magnesio e potassio sono principalmente di origine terrigena essendo elementi tipici crostali e la loro abbondanza nel particolato è riconducibile a fenomeni di risospensione.



Nelle figure seguenti la situazione annuale viene suddivisa nei due semestri; la prima rappresenta il semestre più caldo (primavera-estate) mentre la seconda descrive il semestre più freddo (autunno-inverno). Nel semestre “caldo” del 2012 come tradizionalmente accade si assiste ad una leggera crescita della frazione estraibile che si mantiene comunque bel al di sotto del 50% arrivando ad un 35,5%.

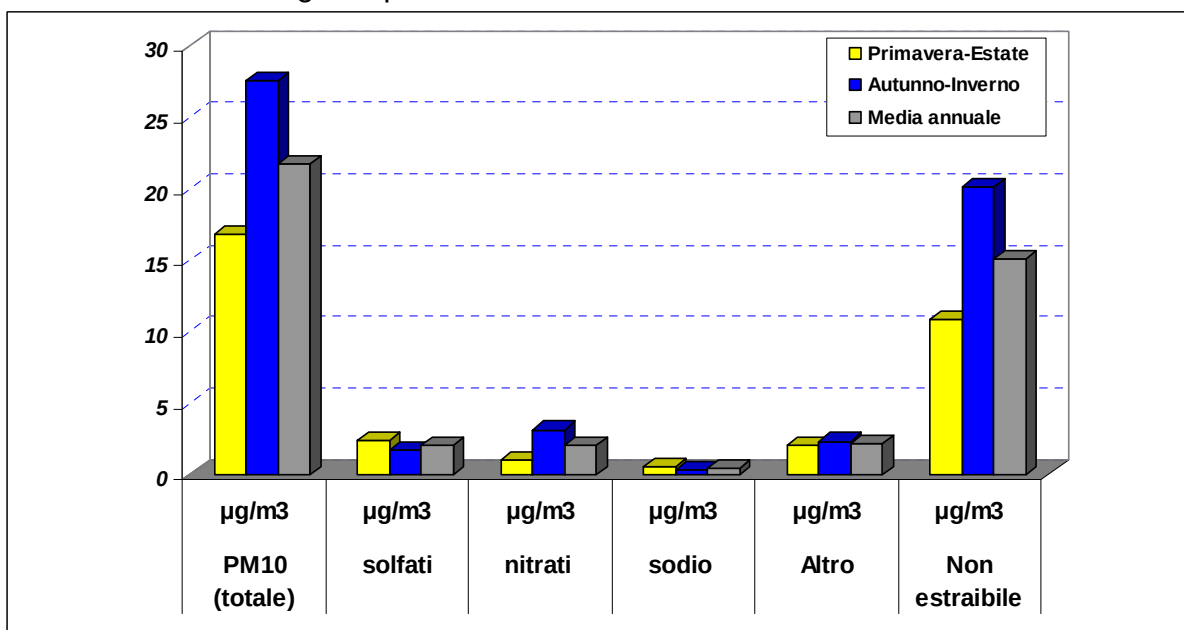
La specie ionica più presente nei filtri primaverili ed estivi sono i solfati, seguiti dai nitrati. La situazione dei mesi climaticamente più freddi evidenzia un aumento considerevole della frazione organica. All'aumentare delle concentrazioni di polveri PM10 si assiste ad un considerevole arricchimento dei nitrati di derivazione secondaria piuttosto che delle altre specie inorganiche tra cui spiccano i solfati che hanno un abbassamento relativo fino al 5,5% .





La composizione percentuale dei filtri viene tradotta in stime di concentrazioni delle varie specie partendo dal contenuto delle polveri sottili individuato attraverso l'analisi dei filtri.

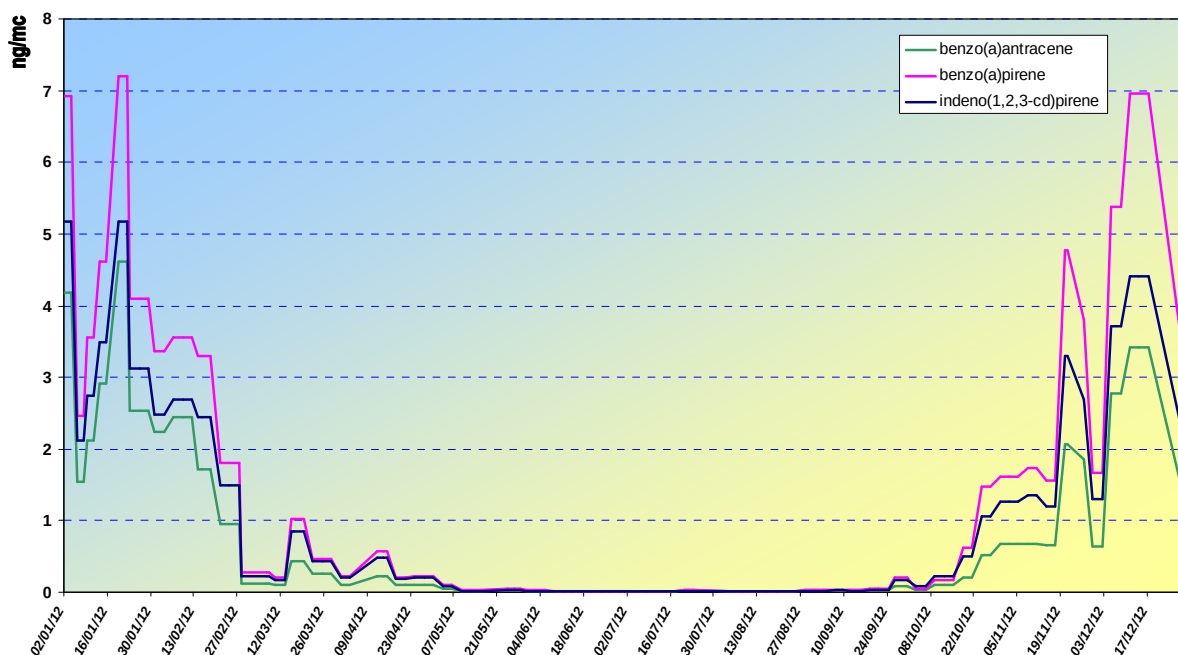
Gli esiti di tali stime sono riportati nella figura sottostante e consentono di fare delle considerazioni in termini assoluti, oltre che relativi. L'apporto delle combustioni degli impianti da riscaldamento, soprattutto da biomasse, oltre ad avere un ruolo predominante nell'incremento delle concentrazioni di PM10 nella stagione fredda, è ben visibile dall'aumento della frazione non estraibile contenente la frazione organica. I nitrati registrano un lieve incremento delle concentrazioni nel semestre freddo mentre i solfati hanno un comportamento opposto. Da segnalare la presenza di ioni sodio nella stagione più mite.



Al fine di definire al meglio la qualità dell'aria di Belluno sono state condotte anche delle indagini sulla presenza degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), i cui risultati sono riportati nella tabella. Nella successiva figura viene presentato un grafico che mostra l'andamento nel corso del 2012 dei alcune specie di IPA evidenziando la marcata stagionalità delle concentrazioni di questi composti.

	Benzo(a) antracene	Benzo(a) pirene	Benzo(b) fluorantene	Benzo(ghi) perilene	Benzo(k) fluorantene	Crisene	Dibenzo(ah) antracene	Indeno(123- cd)pirene
gen-12	2.9	4.7	4.3	3.6	2.1	4.3	0.3	3.5
feb-12	1.6	2.7	2.6	2.3	1.3	2.6	0.2	2.1
mar-12	0.2	0.5	0.5	0.5	0.3	0.4	0.04	0.4
apr-12	0.1	0.3	0.4	0.4	0.2	0.3	0.03	0.3
mag-12	0.0	0.1	0.1	0.1	0.03	0.1	0.01	0.04
giu-12	0.01	0.02	0.04	0.03	0.01	0.04	0.01	0.01
lug-12	0.01	0.02	0.03	0.02	0.01	0.03	0.01	0.01
ago-12	0.01	0.02	0.03	0.02	0.01	0.03	0.01	0.01
set-12	0.04	0.08	0.10	0.10	0.05	0.08	0.01	0.06
ott-12	0.25	0.65	0.61	0.54	0.31	0.38	0.04	0.53
nov-12	1.06	2.48	2.03	1.91	1.03	1.54	0.14	1.83
dic-12	2.41	5.02	3.88	3.58	1.90	3.69	0.24	3.30
Media annuale	0.7	1.4	1.2	1.1	0.6	1.1	0.1	1.0

Belluno: andamento annuale (2012) dei principali IPA



Valutazioni con campionatori passivi

Confronto dei valori di BTX (Benzene, Toluene, Xilene) tra le varie posizioni e postazioni di rilevamento nel periodo 2005 - 2012

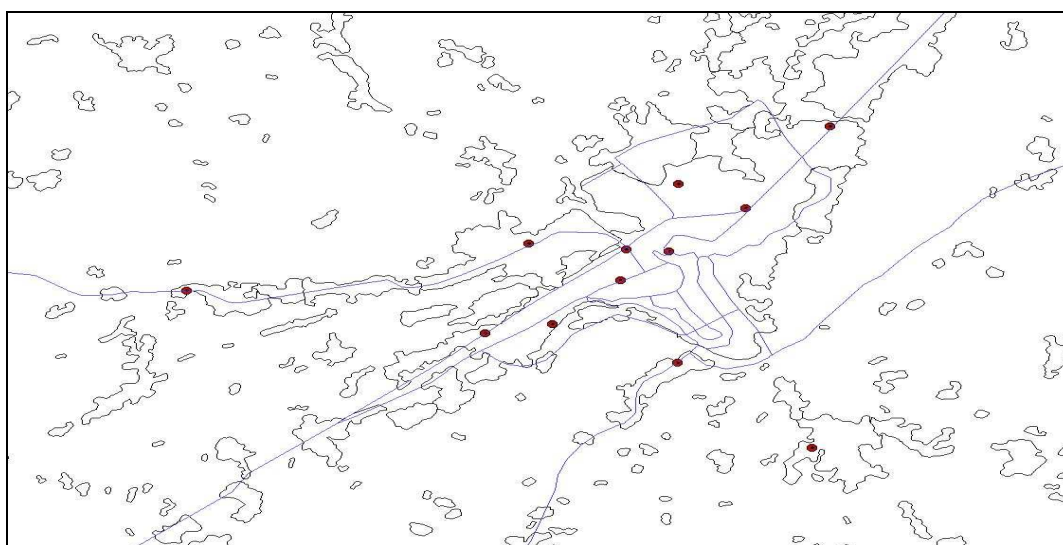
Il campionamento diffusivo o passivo permette di stimare il valore della concentrazione della sostanza in esame come media relativa al periodo di

campionamento. In questo modo la misura non è sensibile a variazioni improvvise di concentrazione, fornendo informazioni per una valutazione a lungo termine del contaminante.

Nella tabella sottostante viene ricostruita la storicità dei siti di campionamento degli ultimi 7 anni nel comune capoluogo mentre nella successiva figura i punti vengono georeferenziati su cartografia GIS.

I siti di misura dei BTX sono stati individuati in accordo con il Comune all'interno della cintura urbana di Belluno, laddove la densità degli assi stradali è maggiore e si concentrano i flussi di traffico più elevati.

Sito di misura	Coordinate GBO X/Y	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Via Montegrappa incrocio per Castion	1748545 5113889	X	X	X		X		X
Via Segato c/o scuole	1748141 5114751	X	X	X		X		
Incrocio via S.Biagio - via Vittorio Veneto	1748487 5115051	X	X	X	X	X		
Via Vittorio Veneto 251	1749642 5116350		X		X		X	
La Cerva	1748175 5115071	X	X		X		X	
Baldenich - Incrocio via V. Veneto- via Medaglie d'oro	1749041 5115502	X	X	X		X		X
Via Internati e deportati Incrocio S.Gervasio	1747163 5114200	X	X		X		X	
Mussoi Incrocio via Gregorio XVI – Vezzano	1747477 5115130	X	X	X		X		X
Chiesurazza - incrocio per Sois	1745019 5114639	X						
Via Feltre	1747649 5114292		X		X		X	
Via Pietro Trois	1748555 5115749		X		X		X	



Nella tabella seguente viene presentato un prospetto riassuntivo che raccoglie i dati di concentrazione di Benzene, Toluene e Xilene rilevati con i campionatori passivi nel periodo (2005-2012). Analizzando i valori si evidenzia nell'ultimo triennio un trend di leggera crescita.

Sito di misura	Benzene							Toluene							Xilene						
	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Via Montegrappa incrocio per Castion	3.2	2.8	1.5		2.1		3.6	9.8	7.7	6.3		5.8		12.3	8.4	9.1	6.7		4.5		7.8
Incrocio Via S.Biagio - Via Vittorio Veneto	3.2	2.5	0.5	2.8	1.4			8.1	5.4	2.7	5.7	4.3			7.9	5.7	3.0	5.9	3.2		
Incrocio Via Vitt. Veneto- Via Medaglie d'oro	3.3	3.2	2.4		1.9		4.5	9.1	8.6	5.5		5.1		11.8	8.5	7.9	5.1		4.6		9.7
Incrocio Via Gregorio XVI - Mussoi	3.9	3.6	1.7		2.2		2.2	10.8	8.6	7.0		6.7		9.5	12.1	8.8	7.2		6.2		9.6
Chiesurazza - incrocio per Sois	2							5.4							5.2						
Via Segato c/o scuole	3.4	3.1	1.5		1.8			9.1	8.1	4.1		5.9			9.7	8.3	4.1		4.4		
Castion - Pian delle Feste																					
Via Internati e deportati Incrocio S.Gervasio	3.6	3.4		2.8		2.2		12.1	9.5		6.6		6.0		12.3	10.0		6.2		5.0	
La Cerva	3.8	4.0		2.4		2.6		10.2	11.1		6.5		5.4		10.9	10.8		6.1		4.1	
Via Pietro Trois		2.9		2.2		2.7			6.9		4.5		14.1			6.6		4.2		7.6	
Via Feltre		3.0		2.2		3.6			7.7		5.4		8.1			7.7		4.7		7.4	
Via Vittorio Veneto 251		3.1		2.5		2.6			8.5		5.3		8.5			7.7		4.0		6.8	
Media annuale	3.3	3.1	1.5	2.5	1.9	2.7	3.4	9.3	8.2	5.1	5.7	5.6	8.4	11.2	9.4	8.2	5.2	5.2	4.6	6.2	9.0

Scheda sintetica di valutazione

La scheda ha l'obiettivo di presentare in forma sintetica una valutazione riassuntiva dello stato di qualità dell'aria nel comune di Belluno durante il monitoraggio in continuo effettuato nel 2012. Nella scheda sono riportati gli indicatori selezionati, il riferimento normativo, il relativo giudizio sintetico.

Nella legenda seguente sono rappresentati i simboli utilizzati per esprimere in forma sintetica le valutazioni sopra ricordate.

Simbolo	Giudizio sintetico
	<i>Positivo</i>
	<i>Intermedio</i>
	<i>Negativo</i>
?	<i>Informazioni incomplete o non sufficienti</i>

Indicatore dello stato di qualità dell'aria	Riferimento normativo	Giudizio sintetico	Sintesi dei principali elementi di valutazione
Polveri (PM10)	D.Lgs. 155/10		Superamenti del valore limite giornaliero. Limiti di tipo acuto e di tipo cronico rispettati.
Polveri (PM2,5)	D.Lgs. 155/10		Concentrazione media annuale inferiore al valore limite previsto dalla normativa.
Ozono (O ₃)	D.Lgs. 155/10		Superamenti della soglia di informazione alla popolazione. Nessun superamento della soglia di allarme.
Anidride solforosa (SO ₂)	D.Lgs. 155/10		Concentrazione ampiamente inferiore ai limite previsto dalla normativa.
Biossido d'azoto (NO ₂)	D.Lgs. 155/10		Concentrazione ampiamente inferiore ai limite previsto dalla normativa.
Monossido di carbonio (CO)	D.Lgs. 155/10		Concentrazione ampiamente inferiore ai limite previsto dalla normativa.
Benzo(a)pirene (IPA)	D.Lgs. 155/10		Concentrazione media annuale superiore al valore obiettivo previsto al 31/12/2012.

Considerazioni finali

Come per gli anni passati, si evidenzia che il benzo(a)pirene e le polveri PM10 in inverno sono gli inquinanti maggiormente responsabili del degrado della qualità dell'aria. Rispetto al 2011 le concentrazioni medie di PM10 sono diminuite sia come numero di superamenti giornalieri sia come media annuale, per contro si è registrato un leggero aumento del benzo(a)pirene.

Per quanto riguarda il PM2,5 la concentrazione è risultata inferiore al limite annuale dei 25 µg/m³ previsto a regime nel 2015 anche senza applicare il relativo margine di tolleranza.

Per il parametro ozono in estate si sono registrati alcuni superamenti della soglia di informazione alla popolazione ma nessuno della soglia d'allarme. Per quanto riguarda il Valore obiettivo per la protezione della salute si sono registrati 42 superamenti dei 120 µg/m³ come valore di media mobile giornaliera sulle otto ore.

Anidride solforosa, biossido di azoto e monossido di carbonio hanno invece rispettato i limiti di legge per l'esposizione acuta e cronica.

Il parametro benzene monitorato tramite campionatori passivi evidenzia un trend di leggero aumento.

L'applicazione degli indici sintetici di qualità dell'aria adottati a livello europeo e riportati in appendice ha dato esiti soddisfacenti per la stazione di Belluno.


 L'Ufficio Ref.
 - P.I. M. Simionato -
 - Dr. R. Tormen -


Visto

Il Dirigente del Servizio Stato dell'Ambiente

Dott.ssa Anna Favero



APPENDICE

Applicazione di indici di qualità dell'aria alla stazione di Belluno

In fase sperimentale sono stati applicati sui dati di monitoraggio degli indici redatti da organismi internazionalmente riconosciuti per riassumere la qualità dell'aria.

I parametri considerati per il calcolo degli indici sono: le polveri PM10, il biossido di azoto e l'ozono. Gli indici considerati sono:

- ATMO (Francia, Ministère de l'Ecologie et du développement durable, Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie)
- AIR POLLUTION INDEX (Regno Unito, Committee on the Medical Effects of Air Pollutants (COMEAP))
- IQA (Regione Piemonte, ARPA Piemonte)

I risultati dell'applicazione di questi indici sintetici di valutazione della qualità dell'aria alla stazione di Belluno sono riportati nella sottostante tabella:

BELLUNO 2012								
indice Francia ATMO			indice Regno Unito AIR POLLUTION INDEX			indice Piemonte IQA		
giudizio sintetico	%	n° giorni	giudizio sintetico	%	n° giorni	giudizio sintetico	%	n° giorni
très bon	9.3	34	low pollution	58.6	214	ottima	46.8	171
bon	47.1	172	moderate pollution	41.1	150	buona	45.2	165
moyen	23.8	87	high pollution	0.5	2	discreta	8.2	30
médiocre	19.5	71	very high pollution	0	0	mediocre	0.0	0
mauvais	0.5	2				poco salubre	0.0	0
très mauvais	0	0				insalubre	0	0

Il confronto tra i risultati ottenuti con i tre indici considerati può dirsi soddisfacente. Circa l'80% delle giornate presenta valori di qualità dell'aria ascrivibili alle prime tre classi nel caso dell'indice francese e alle prime due applicando quello inglese e piemontese.

Parte 2 - Approfondimento modellistico

Stima delle emissioni e calcolo delle concentrazioni di PM₁₀ e benzene lungo alcuni archi stradali della città di Belluno

Il traffico stradale è una delle maggiori sorgenti di emissione di polveri sottili (PM₁₀) e di benzene (C₆H₆). L'impatto di tale fonte di pressione sulla qualità dell'aria locale può essere analizzato utilizzando diversi metodi. In questa indagine sulla città di Belluno le emissioni da traffico sono state stimate con strumenti modellistici, che permettono di ricostruire i processi dell'inquinamento atmosferico attraverso algoritmi matematici.

Flussi di traffico

Nel presente studio sono stati rilevati i flussi di traffico di tre tratte urbane del comune di Belluno. Si riportano di seguito i dettagli sulle strade indagate e i periodi di rilevamento del traffico (tab.1, fig.1).

STRADA	PERIODO DI RILEVAZIONE
Via Vittorio Veneto	19/10/2012 – 29/10/2012
Largo Ugo Neri	30/10/2012 – 9/11/2012
Via Mameli	16/11/2012 – 26/11/2012 e 30/11/2012 – 9/12/2012

Tab.1: tratte urbane oggetto di studio e periodi di rilevazione del traffico.

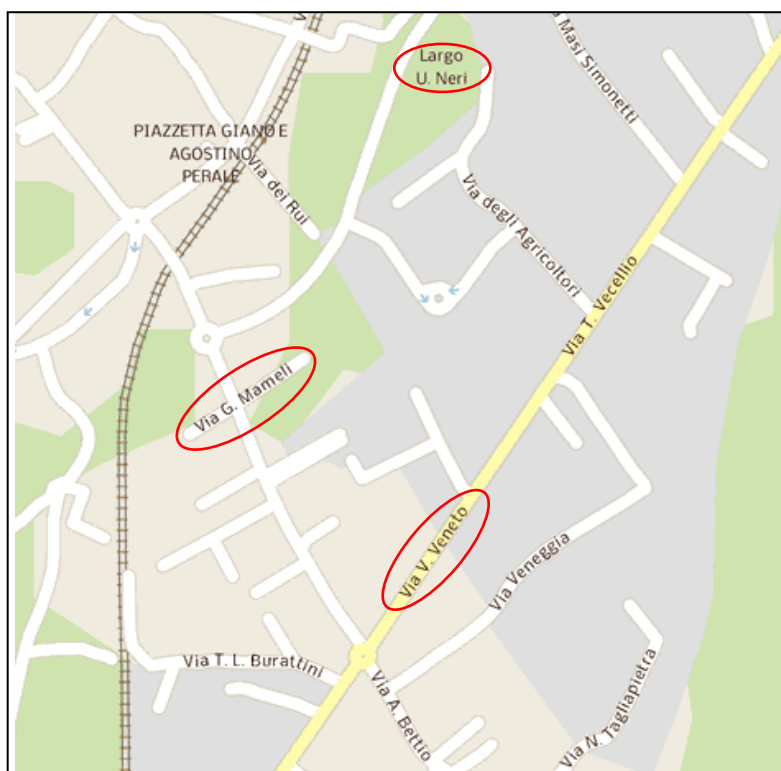


Fig.1: strade lungo cui sono stati rilevati i flussi di traffico.

I passaggi veicolari sono stati rilevati con un classificatore radar del traffico che fornisce la velocità dei mezzi in transito e la relativa lunghezza. Sono stati ricostruiti i flussi di traffico delle seguenti classi di veicoli:

- automobili,
- commerciali leggeri (furgoni),

- commerciali pesanti (autoarticolati, autobus, ecc...).

Si sono ricostruiti i volumi di traffico medi orari e le velocità medie di percorrenza per le singole tratte stradali e per le sopra elencate classi di veicoli. I volumi di traffico sono stati differenziati in feriali, prefestivi (sabato) e festivi.

Nel grafico in figura 2 viene riportata una rappresentazione dei volumi di traffico del giorno medio feriale, prefestivo e festivo presso gli archi stradali oggetto dell'indagine. Dal grafico si nota come via Vittorio Veneto sia la strada con il maggior passaggio veicolare, essendo una delle principali arterie del comune di Belluno e una delle strade di accesso al comune stesso. Largo Ugo Neri e via Mameli sono invece tratte interessate principalmente da traffico locale e sono quindi caratterizzate da flussi notevolmente inferiori. I volumi di traffico non variano di molto passando dai giorni feriali ai prefestivi (sabato). Vi è invece una diminuzione più consistente durante i festivi.

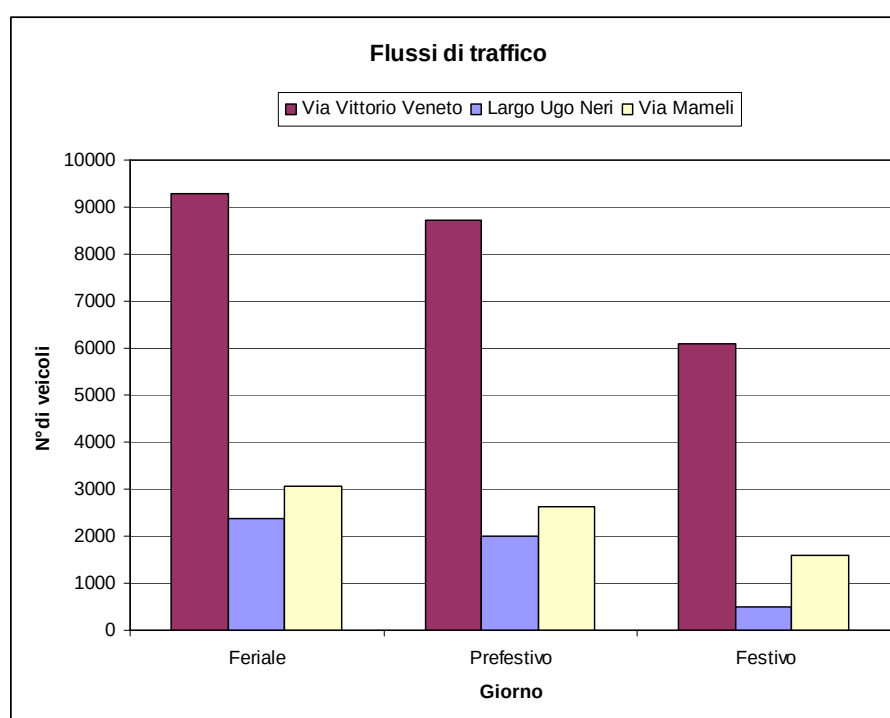


Fig.2: volumi di traffico complessivi del giorno medio feriale, prefestivo e festivo.

Andando ad analizzare il contributo percentuale alla composizione totale dei flussi di traffico delle classi veicolari considerate, nelle tre tipologie di giornata, si ottengono i grafici in fig. 3, 4 e 5. Per motivi di visualizzazione dei risultati, l'asse delle ordinate parte dall' 80%. Dai grafici si nota come in tutti i casi studiati il contributo maggiore provenga dalle auto ed esso aumenti nei giorni prefestivi e festivi. Segue il contributo dei veicoli commerciali leggeri e, da ultimo, del traffico pesante. Il passaggio dei mezzi commerciali, leggeri e pesanti, diminuisce durante i giorni prefestivi e festivi.

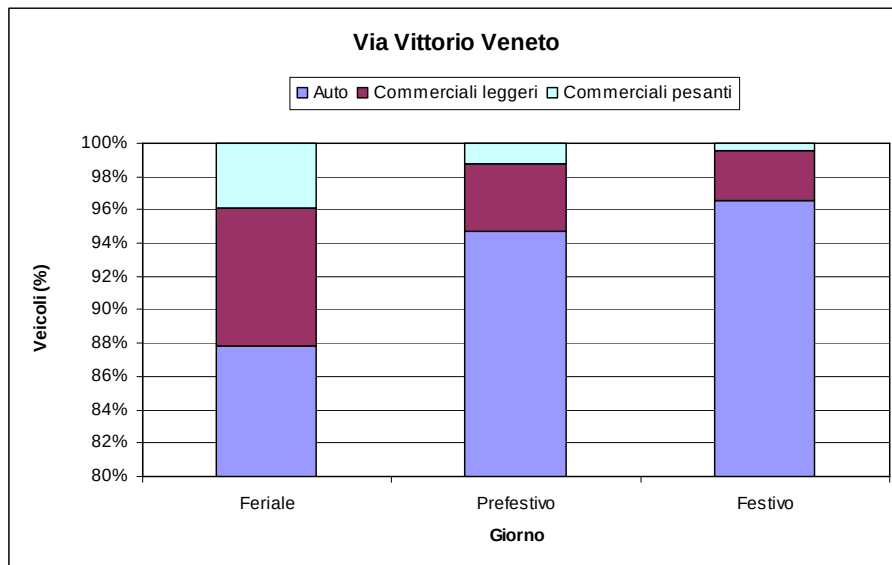


Fig.3: composizione dei flussi di traffico di via Vittorio Veneto.

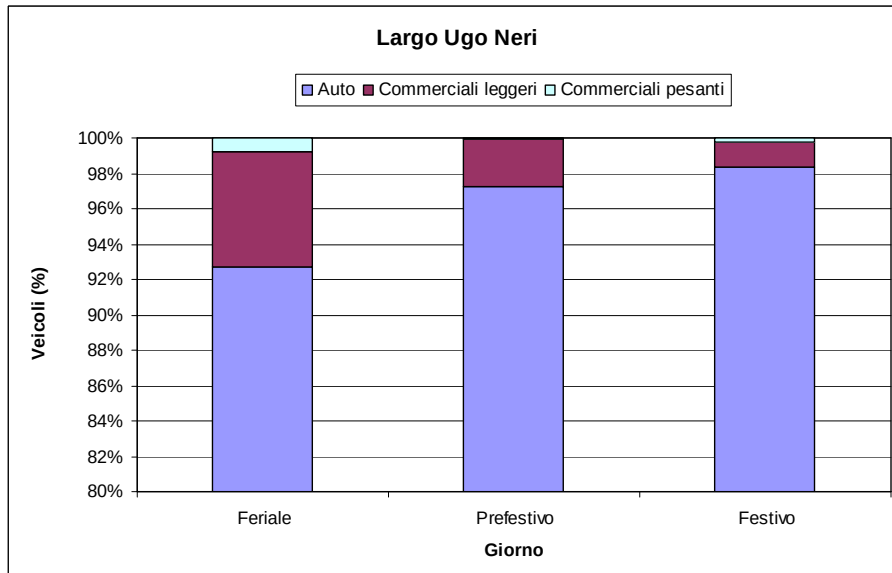


Fig.4: composizione dei flussi di traffico di Largo Ugo Neri.

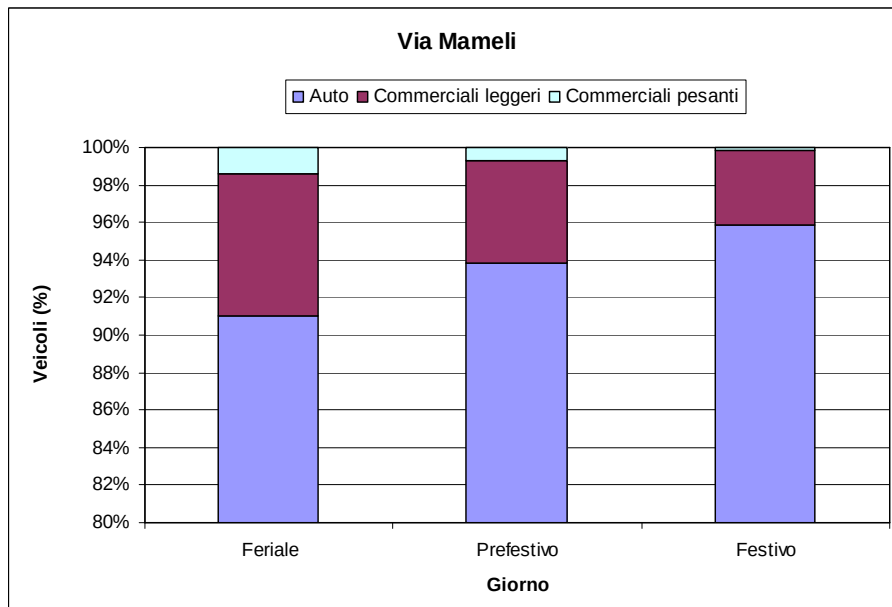
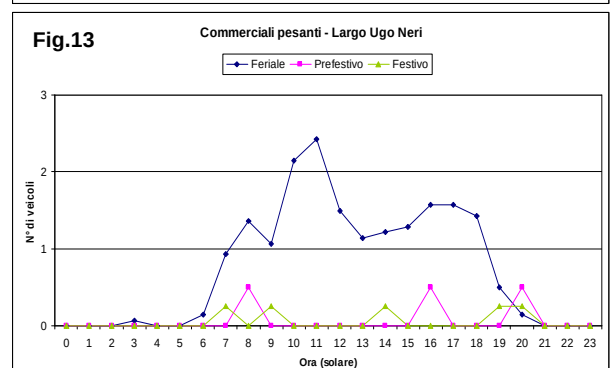
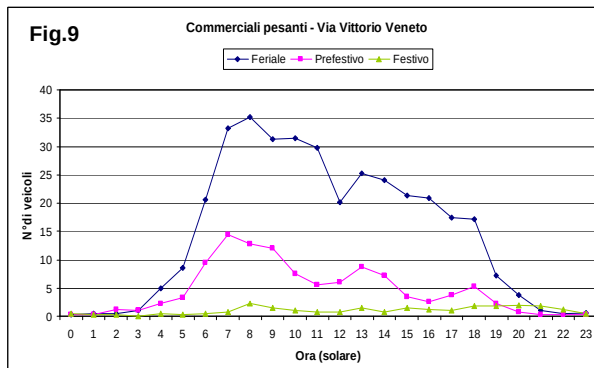
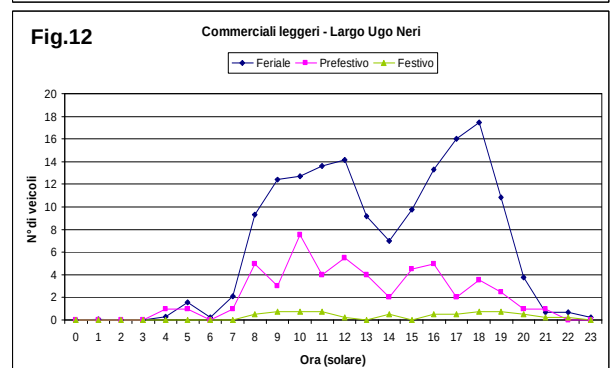
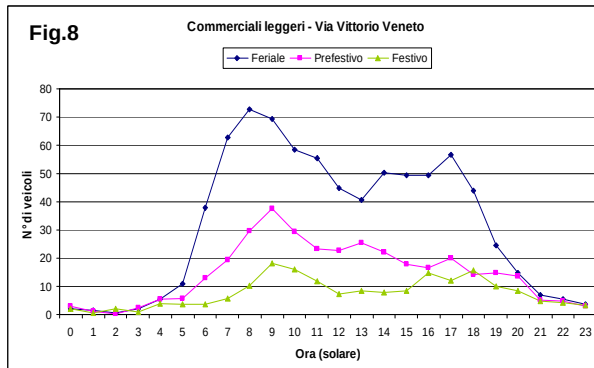
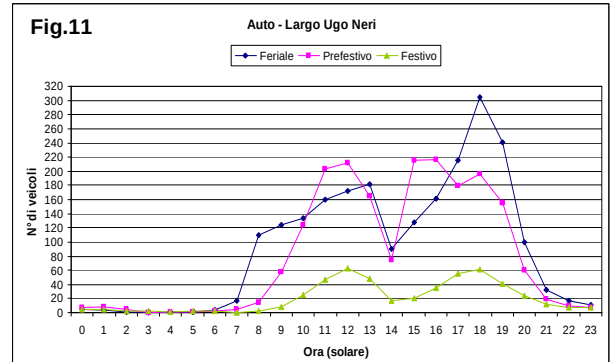
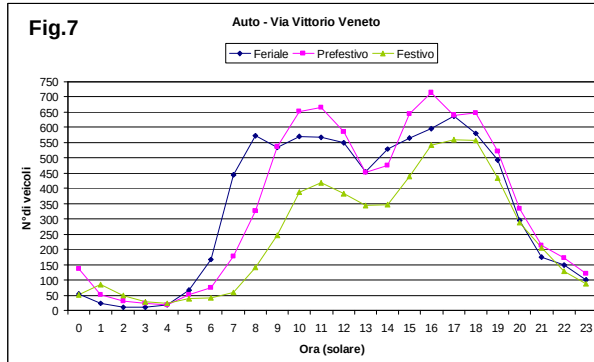
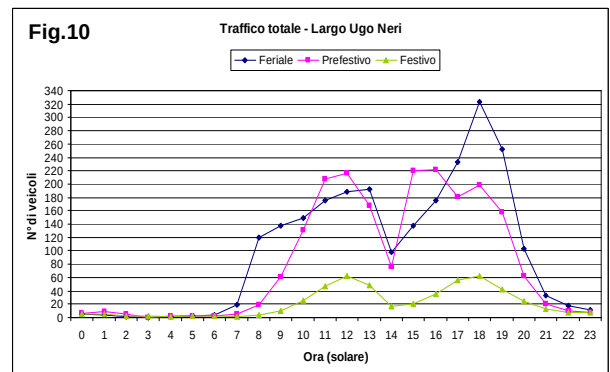
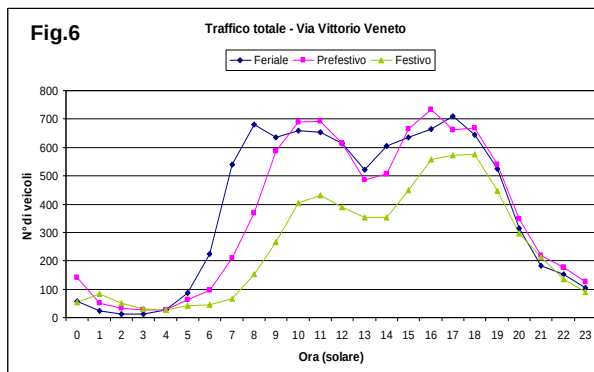
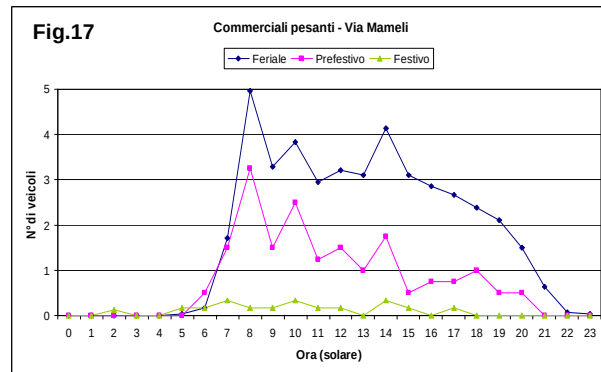
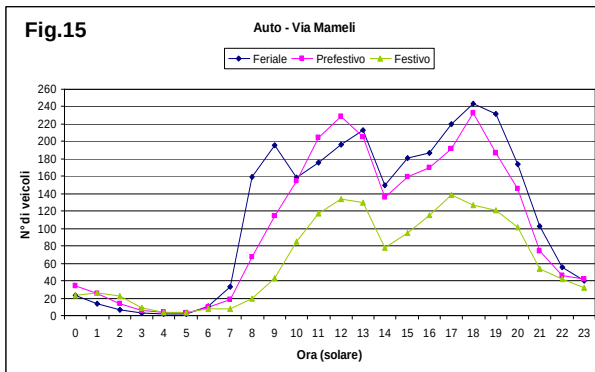
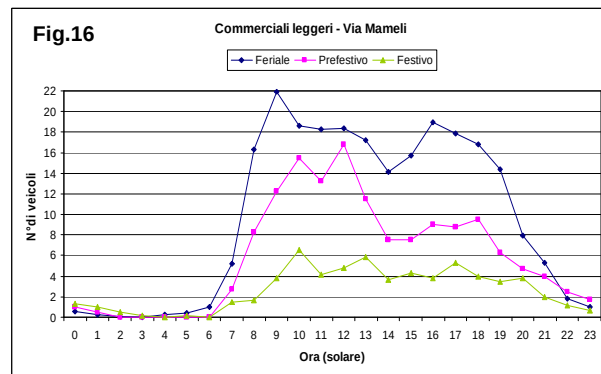
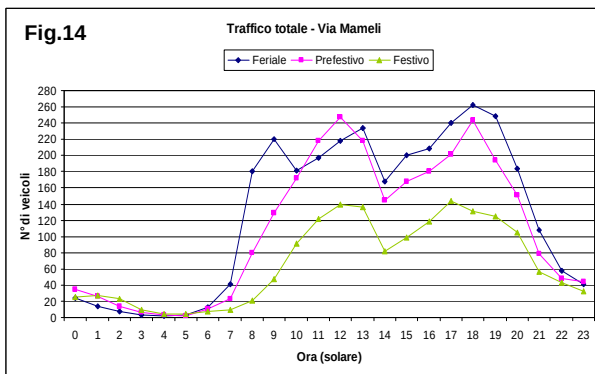


Fig.5: composizione dei flussi di traffico di via Mameli.

Si riportano di seguito i grafici con gli andamenti orari dei volumi di traffico totali nelle diverse tipologie di giornata e quelli per le differenti categorie veicolari (fig. da 6 a 17).





Dai grafici si nota come l'andamento del traffico orario di auto presenti, per tutti gli archi stradali in studio, un tipico andamento avente due massimi giornalieri, il primo nell'arco della mattinata, il secondo nel pomeriggio. Tale andamento si ripercuote anche sull'andamento del traffico totale, dato che la percentuale maggiore di passaggi è costituita da automobili. Il flusso dei mezzi commerciali invece, praticamente nullo nelle prime ore della mattina e nelle ore della tarda serata, risulta essere più intenso dalle 7.00 circa alle 18.00 con, in quasi tutti i casi, una presenza maggiore di passaggi durante la mattinata.

Stima delle emissioni da traffico stradale

La stima delle emissioni da attribuire al traffico stradale è stata condotta sulla base dei flussi di traffico reali rilevati. Le stime delle emissioni sono state effettuate secondo la metodologia europea di riferimento per le emissioni da trasporto su strada COPERT III, attraverso l'applicativo di calcolo sviluppato dall'Osservatorio Aria Regionale di ARPAV. Secondo tale metodologia, dal traffico derivano quattro contributi:

- emissioni a caldo, ovvero dei veicoli che hanno raggiunto la temperatura di esercizio,
- emissioni a freddo, durante il riscaldamento del veicolo,
- emissioni evaporative, per i soli COVNM (composti organici volatili non metanici),
- emissioni di particolato da abrasione di freni, pneumatici e manto stradale.

Sono stati utilizzati i flussi di traffico medi orari scomposti nelle categorie di auto, veicoli commerciali leggeri e veicoli commerciali pesanti, per ciascuna tipologia di giorno (feriale, prefestivo (sabato), festivo). E' stata utilizzata la composizione del parco veicolare della provincia di Belluno secondo ACI 2008, suddiviso in 105 differenti classi emissive che considerano il tipo di combustibile, la cilindrata, il peso, i tempi, la categoria EURO ed il riferimento normativo dei veicoli immatricolati. Si riporta di seguito la stima delle emissioni da traffico calcolata per le tre vie indagate

(tab. 2). Dalla tabella si nota come vi sia una variazione degli apporti emissivi delle diverse tratte, in linea con le differenze riscontrabili nell'entità dei flussi e nelle loro composizioni. Si ha quindi che il contributo emissivo maggiore è quello di via Vittorio Veneto; quello minore proviene dal traffico rilevato in Largo Ugo Neri.

Stima delle emissioni (g/km*giorno)	FERIALE		PREFESTIVO		FESTIVO	
	PM ₁₀	C ₆ H ₆	PM ₁₀	C ₆ H ₆	PM ₁₀	C ₆ H ₆
Via Vittorio Veneto	567.4	79.4	428.1	78.4	267.0	51.1
Largo Ugo Neri	124.9	23.0	93.3	19.5	22.7	4.8
Via Mameli	193.0	35.5	156.8	31.2	87.0	18.9

Tab.2: stima delle emissioni di PM₁₀ e benzene in g/(km*giorno).

Stima delle concentrazioni degli inquinanti

Sulla base delle emissioni da traffico stradale precedentemente calcolate per le tre tratte oggetto di indagine, è stata prodotta una stima delle concentrazioni atmosferiche di PM₁₀ e benzene ad 1.5 m dal suolo con il modello ADMS-Urban di CERC (Cambridge Environmental Research Consultant).

ADMS-Urban (Advanced Dispersion Modelling System for Urban Area) è un modello di dispersione degli inquinanti in aria di tipo gaussiano, analitico stazionario.

In questa indagine ADMS-Urban è stato impiegato per la modellizzazione dell'inquinamento da traffico stradale come sorgente lineare, senza introdurre alcuna altra fonte di emissione né background di fondo. In tal modo si sono evidenziate le aree di ricaduta degli inquinanti prodotti solamente dal transito di auto e veicoli commerciali. Per le polveri sottili le concentrazioni stimate si riferiscono alla sola componente primaria dell'inquinante.

La modellazione è stata eseguita su un dominio di calcolo di circa 3.4 x 3.4 km centrato sugli archi stradali in esame. E' stato utilizzato un sistema a griglie di tipo "intelligente" che conduce ad una migliore stima delle concentrazioni di inquinanti in prossimità delle strade. Si è inoltre tenuto in considerazione l'effetto sulla dispersione degli inquinanti in aria della presenza delle abitazioni ravvicinate tra loro che si trovano lungo entrambi i lati di via Vittorio Veneto, a partire dall'altezza di via Mameli verso il centro di Belluno. Lungo tale tratto di strada si è modellato l' "effetto canyon" dovuto alla presenza degli edifici.

Le emissioni in input al modello sono quelle calcolate con il software COPERT III e sono state modulate, sulla base dei valori ottenuti per il giorno tipo, differenziando i giorni feriali, le giornate di sabato e i festivi.

Situazione media

Il modello è stato utilizzato nella modalità long-term e sono state calcolate le concentrazioni medie relative all'intero periodo considerato. Nello specifico è stato impostato il calcolo della situazione media annuale relativa al 2012, utilizzando un file meteorologico a cadenza oraria fornito dal Dipartimento Regionale per la Sicurezza del Territorio di ARPAV. La stazione meteorologica di riferimento è posizionata presso l' aeroporto di Belluno. Dalla rosa dei venti riportata in figura 18, si vede come vi sia una prevalenza dei settori di provenienza del vento da NE e SSW (fig. 18). E' necessario puntualizzare che ADMS non riesce a gestire correttamente le calme di vento e, quando si è in presenza di velocità del vento inferiori a 0.75 m/s, sostituisce tali valori con 0.75 m/s.

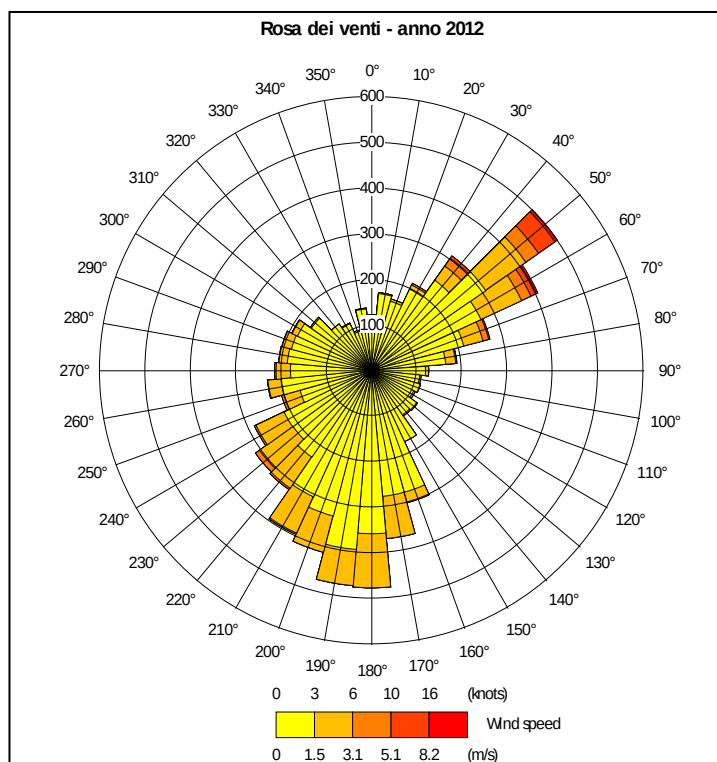
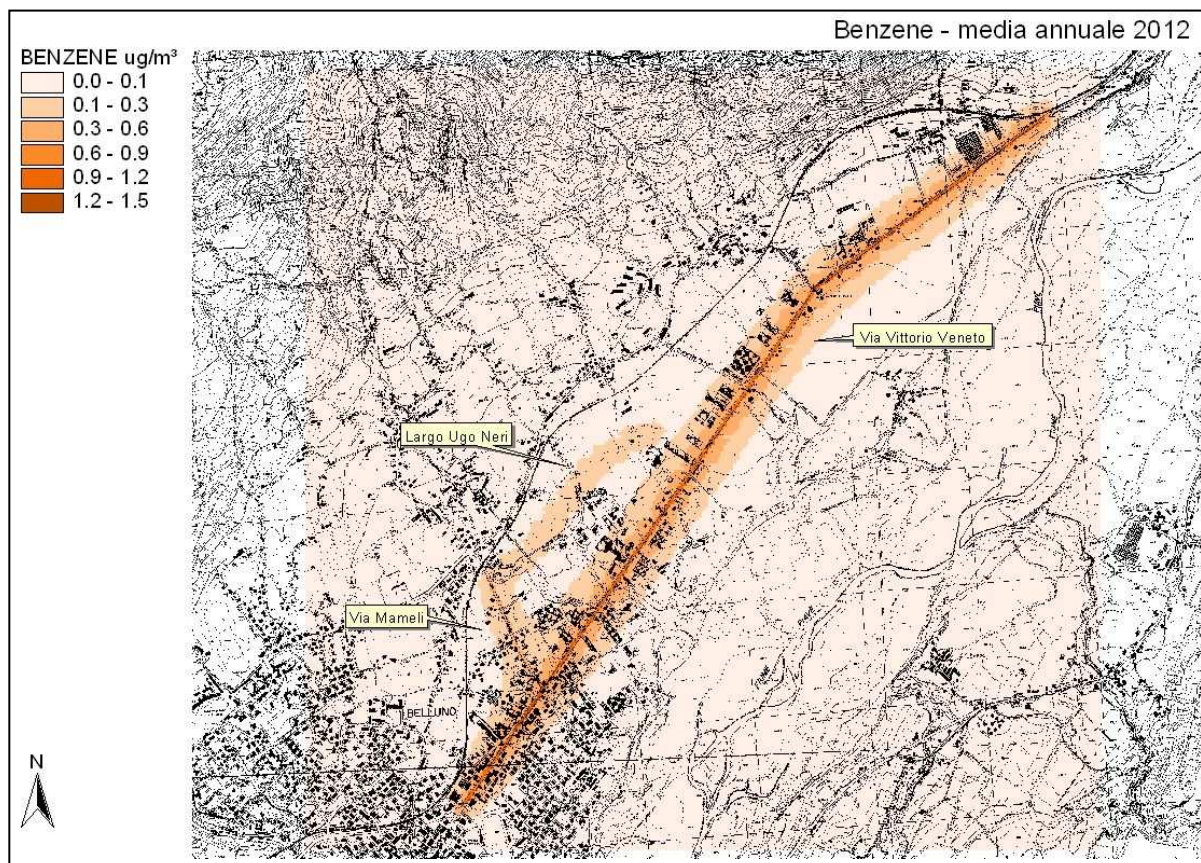
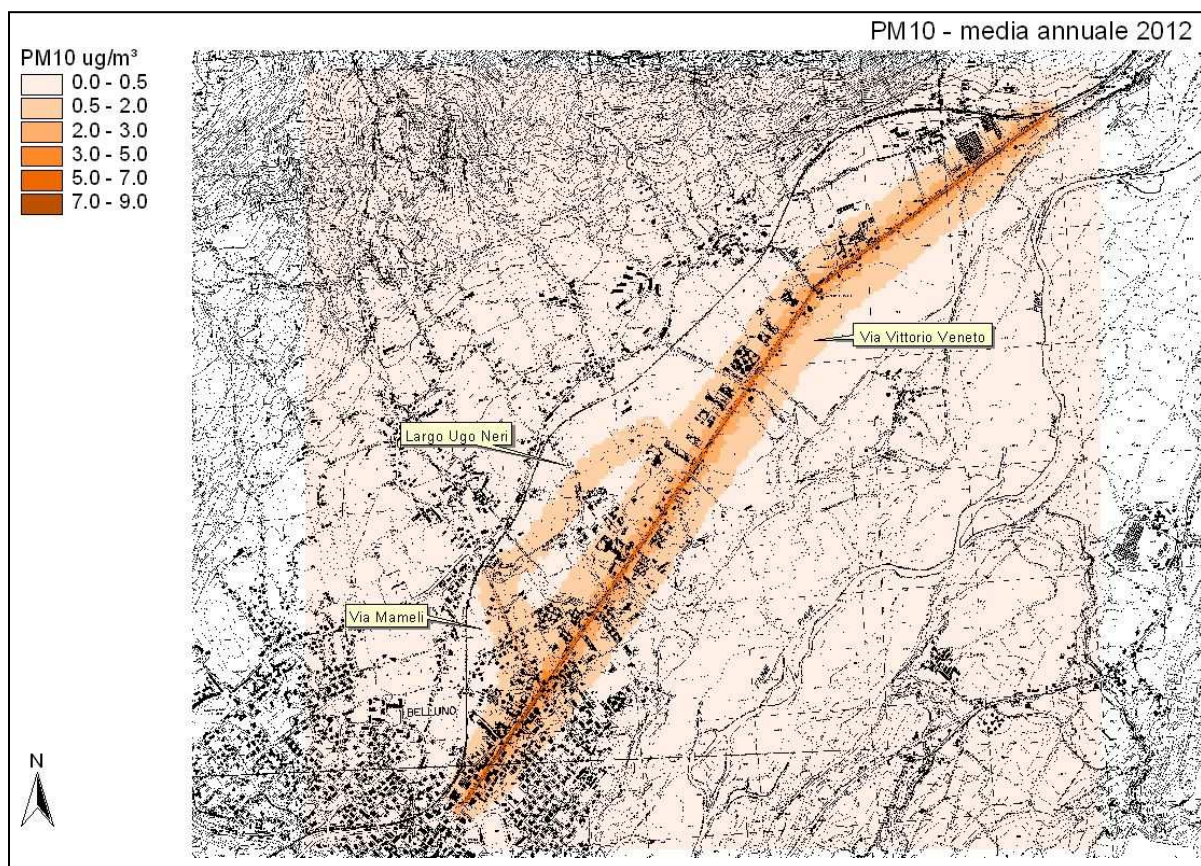


Fig.18: rosa dei venti per l'anno 2012, realizzata con i dati della stazione meteorologica ARPAV dell'aeroporto di Belluno.

Si riportano di seguito le mappe di ricaduta per il PM_{10} e per il benzene (fig. 19 e fig. 20). Da esse si nota come i valori di concentrazione degli inquinanti siano massimi all'interno della carreggiata e diminuiscano allontanandosi da essa. Gli inquinanti restano maggiormente confinati all'interno della carreggiata in presenza di edifici ravvicinati tra loro (effetto canyon) che modificano la micro-circolazione delle sostanze disperse in aria.

Coerentemente con quanto emerso dall'analisi dei flussi di traffico, via Vittorio Veneto risulta essere l'asse lungo cui si trovano le maggiori concentrazioni di inquinanti; seguono via Mameli e Largo Ugo Neri. Le massime concentrazioni di PM_{10} e benzene sono rispettivamente $9 \mu g/m^3$ e $1.5 \mu g/m^3$ e si trovano in centro strada, lungo il tratto di via Vittorio Veneto dove è stato modellato l' "effetto canyon".



In tabella 3 si riporta, per ciascuna via, il valore di concentrazione calcolato in un punto recettore posizionato a bordo carreggiata, all'altezza di 1.5 m dal suolo. Dai risultati si nota che le concentrazioni maggiori si riscontrano lungo via Vittorio Veneto. Il recettore posizionato dove è stato considerato l' "effetto canyon" presenta i valori più alti. Seguono via Mameli e Largo Ugo Neri.

<i>Recettore</i>	<i>PM₁₀ (µg/m³)</i>	<i>C₆H₆ (µg/m³)</i>
<i>Via Vittorio Veneto (canyon)</i>	<i>6.8</i>	<i>1.1</i>
<i>Via Vittorio Veneto</i>	<i>4.8</i>	<i>0.8</i>
<i>Largo Ugo Neri</i>	<i>1.6</i>	<i>0.3</i>
<i>Via Mameli</i>	<i>1.7</i>	<i>0.4</i>

Tab.3: concentrazione di PM₁₀ e benzene in punti recettori posti a bordo carreggiata.

Situazione di maggiore e minore stabilità atmosferica

Dopo aver ricostruito la situazione media annuale per il 2012, sono stati analizzati casi specifici per determinare la variabilità della dispersione degli inquinanti in aria al variare della stabilità atmosferica. A tal fine sono stati analizzati i dati orari, per l'intero 2012, delle classi di stabilità, definite secondo lo schema di Pasquill-Gifford, e dell'altezza di rimescolamento Hmix, che può essere definita come l'altezza dello strato adiacente alla superficie terrestre all'interno del quale un composto viene disperso verticalmente per turbolenza meccanica o convettiva in un tempo pari a un'ora circa. I dati sono stati forniti dal Dipartimento Regionale per la Sicurezza del Territorio – Centro Meteorologico di Teolo di ARPAV. Il metodo ritenuto attualmente più appropriato dal punto di vista operativo per la classificazione della stabilità atmosferica, data la disponibilità dei dati, è il metodo empirico di Pasquill. E' stata fatta la scelta di imporre classi instabili e al più neutre per il giorno e classi stabili e al più neutre per la notte. L'altezza di rimescolamento diurna in condizioni convettive è stata ottenuta dalla conoscenza del flusso di calore superficiale e dal profilo verticale di temperatura, in condizioni non convettive mediante il metodo di Venkatram. Hmix notturna, invece, è stata stimata mediante il confronto fra i valori ottenuti mediante due relazioni empiriche dovute a Venkatram e a Zilitinkevich.

In tabella 4 sono riportate le classi di Pasquill e la corrispondente descrizione della stabilità atmosferica.

<i>Classe Pasquill</i>	<i>Descrizione</i>
<i>A</i>	<i>instabilità forte</i>
<i>B</i>	<i>instabilità moderata</i>
<i>C</i>	<i>instabilità debole</i>
<i>D</i>	<i>neutralità</i>
<i>E</i>	<i>stabilità debole</i>
<i>F</i>	<i>stabilità moderata</i>
<i>G</i>	<i>stabilità forte</i>

Tab.4: classi di stabilità di Pasquill e corrispondente stabilità atmosferica.

Suddividendo l'anno solare in stagioni meteorologiche, sono state calcolate le percentuali di ore caratterizzate dalle diverse condizioni di stabilità, secondo la classificazione di Pasquill, e da diverse altezze di rimescolamento Hmix (tab. 5 e 6). Si è così analizzato come cambia la stabilità atmosferica durante i vari periodi dell'anno. Dai risultati ottenuti si nota che la percentuale maggiore di ore caratterizzate da una stabilità atmosferica moderata o forte e da un valore minore di altezza di rimescolamento si ha durante l'inverno. Durante tale periodo dell'anno si

ha dunque la minor capacità dispersiva dell'atmosfera e quindi gli inquinanti emessi tendono a rimanere maggiormente vicini alla fonte di emissione. Al contrario il periodo estivo è caratterizzato dal numero maggiore di ore con instabilità moderata o forte e, parallelamente, da valori di Hmix maggiori. Durante i mesi estivi la capacità dispersiva dell'atmosfera è massima. Dai dati riportati si nota che, in generale, tutte le stagioni sono caratterizzate da un'alta percentuale di ore ricadenti nelle classi di stabilità F e G e, parallelamente, minimi valori di Hmix. Ciò è dovuto alla scelta di imporre classi stabili o al più neutre durante le ore notturne.

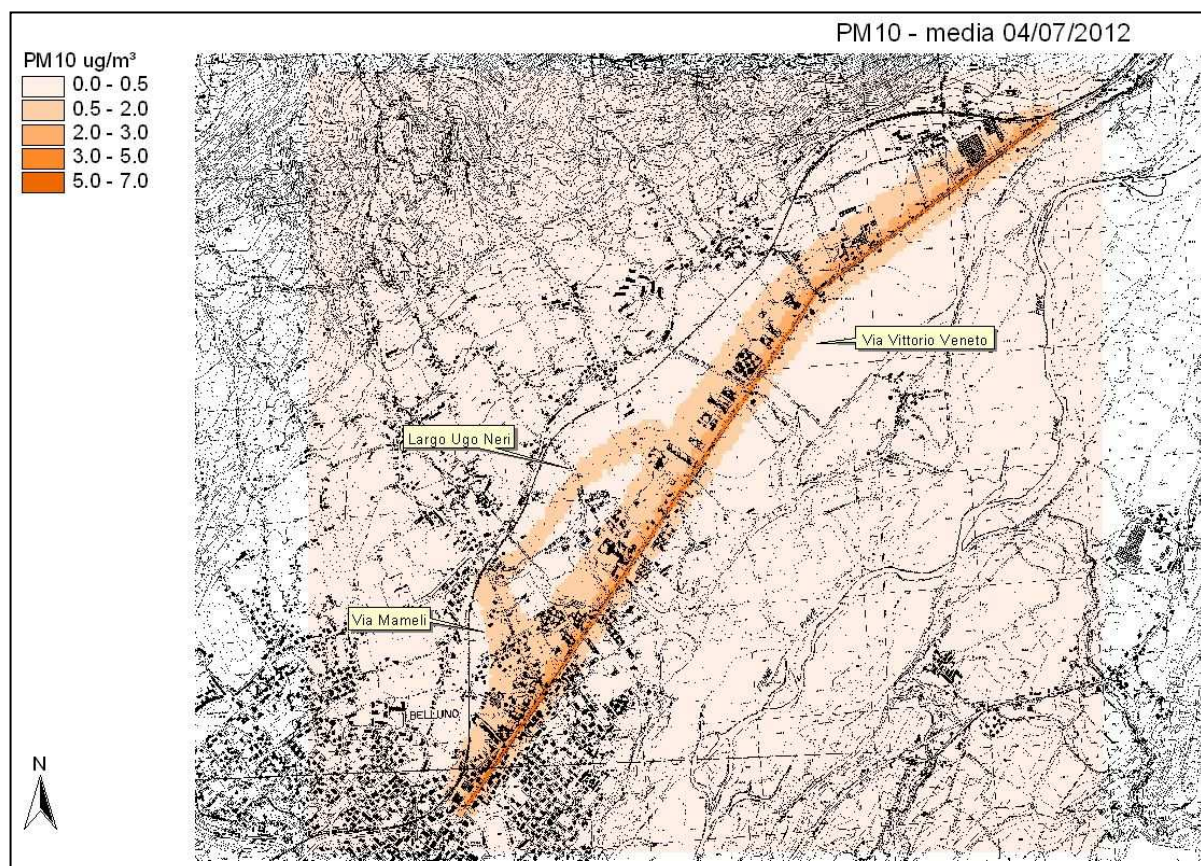
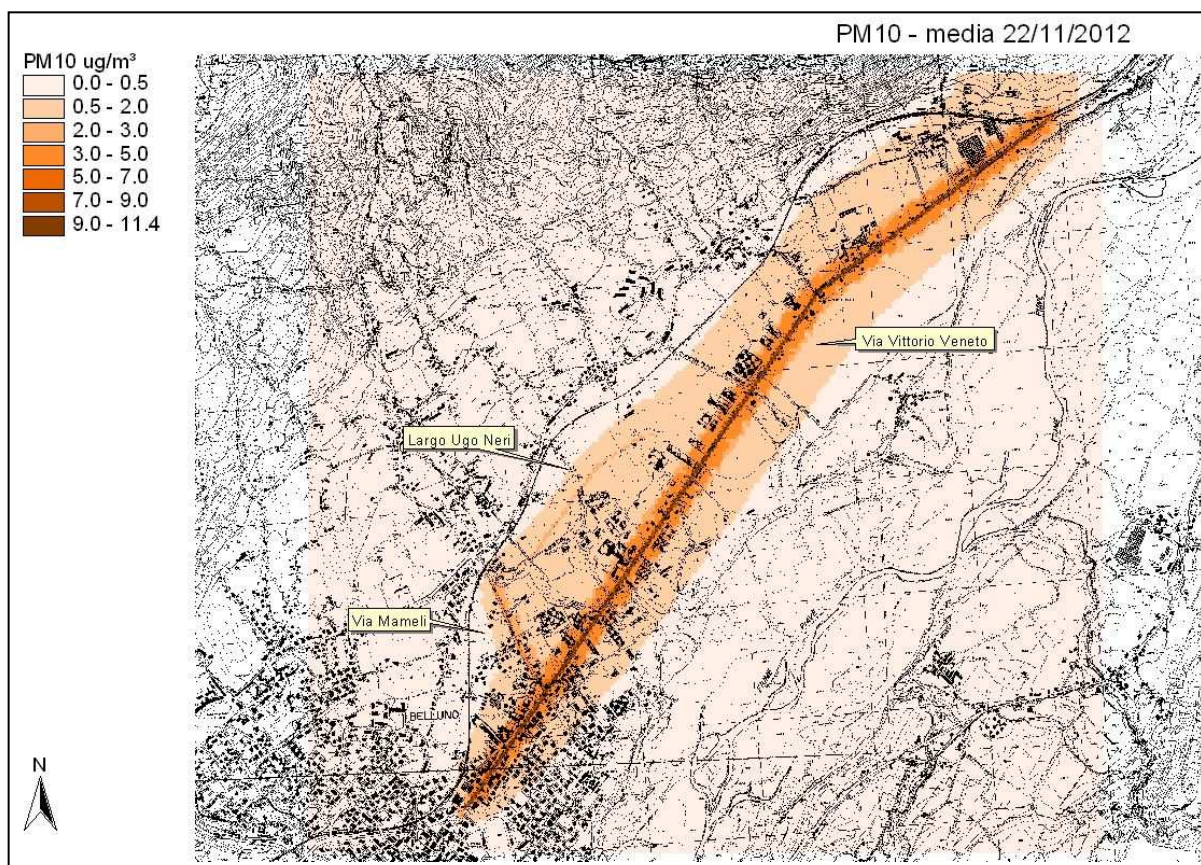
<i>Classi di stabilità di Pasquill</i>	<i>Inverno</i>	<i>Primavera</i>	<i>Estate</i>	<i>Autunno</i>
<i>A</i>	0.7 %	13.1 %	19.0 %	4.0 %
<i>B</i>	18.0 %	19.7 %	19.9 %	17.8 %
<i>C</i>	10.4 %	13.5 %	13.6 %	13.6 %
<i>D</i>	14.8 %	15.1 %	12.4 %	19.0 %
<i>E</i>	0.8 %	1.3 %	0.7 %	0.2 %
<i>F - G</i>	55.3 %	37.4 %	34.3 %	45.4 %
	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %

Tab.5: frequenza delle classi di stabilità di Pasquill nel corso dell'anno 2012.

<i>Hmix (m)</i>	<i>Inverno</i>	<i>Primavera</i>	<i>Estate</i>	<i>Autunno</i>
≤ 40	64.8 %	45.5 %	43.8 %	61.4 %
40 - 576	20.7 %	19.4 %	16.0 %	17.5 %
576 - 1112	10.6 %	11.4 %	6.4 %	11.6 %
1112 - 1648	3.4 %	11.3 %	12.0 %	6.7 %
1648 - 2184	0.4 %	9.4 %	17.8 %	2.4 %
2184 - 2721	0.1 %	3.0 %	4.0 %	0.3 %
	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %

Tab.6: frequenza delle altezze di rimescolamento nel corso dell'anno 2012.

Per analizzare come varia la dispersione degli inquinanti prodotti dal traffico stradale con la capacità dispersiva dell'atmosfera, sono state individuate due giornate del 2012 caratterizzate rispettivamente da stabilità (22/11/2012) e instabilità (04/07/2012) atmosferica. Sono state quindi ricavate le mappe di ricaduta delle emissioni con il modello ADMS-Urban. Come precedentemente detto, ADMS non riesce a gestire le calme di vento e sostituisce un valore di 0.75 m/s quando si è in presenza di velocità del vento inferiori a tale soglia. Ne consegue che soprattutto la simulazione relativa al 22 novembre, giorno caratterizzato da calma di vento, risente di tale correzione. Si riportano di seguito i risultati ottenuti per il PM₁₀ e il benzene (fig. 21, 22, 23, 24). Le mappe rappresentano le ricadute medie nelle due giornate prese in esame. Dai risultati si nota come le concentrazioni del giorno di novembre raggiungano valori maggiori rispetto alla situazione di luglio. Gli inquinanti inoltre restano a concentrazioni più alte in prossimità della sorgente. Il 4 luglio invece, giorno con maggiore instabilità atmosferica, è caratterizzato da una dispersione più significativa, che conduce a valori di concentrazione minori in prossimità della strada, nonché a una diminuzione più repentina allontanandosi da essa. Ad esempio la fascia che corrisponde a concentrazioni di PM₁₀ tra 0.5 e 2 µg/m³ arriva a 180 m dalla carreggiata il 4 luglio e a 300 m da essa il 22 novembre. Le ricadute relative alla media annuale (fig. 19 e 20) presentano situazioni intermedie a quelle dei due giorni presi in esame.



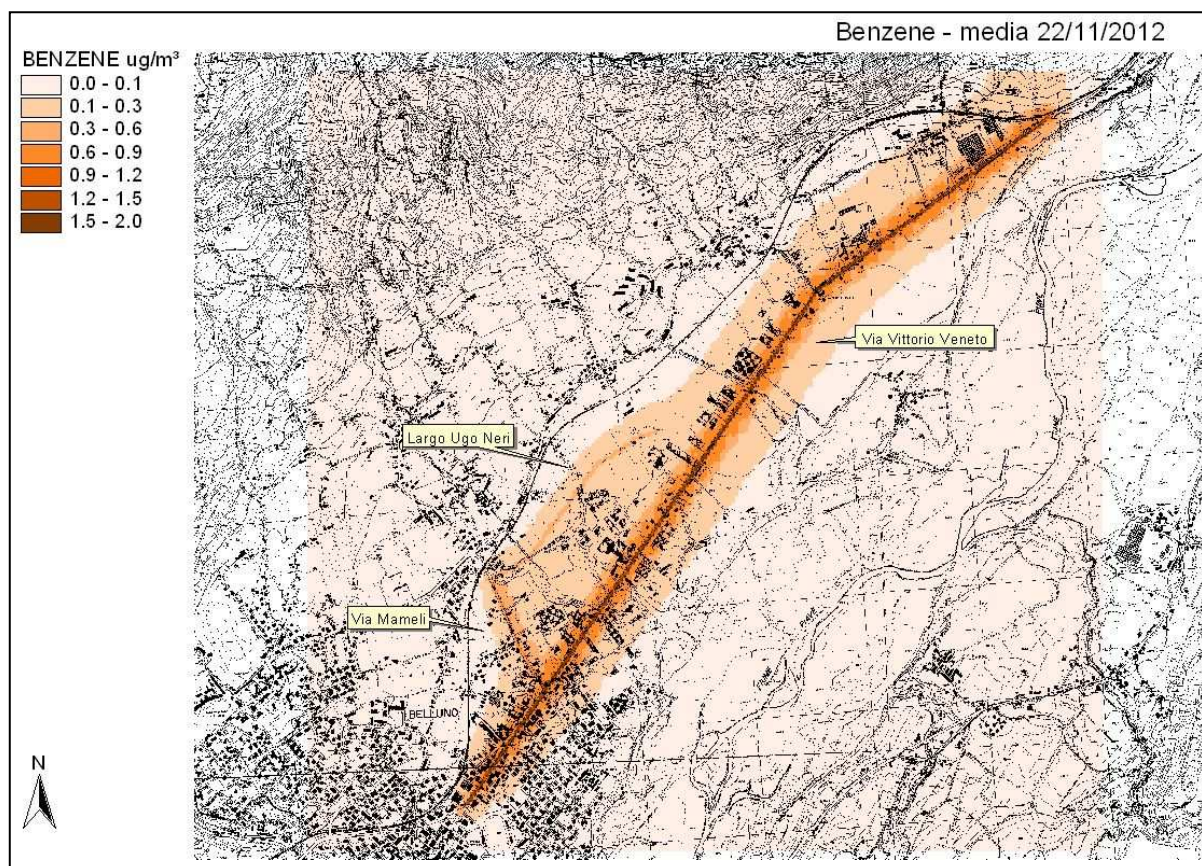


Fig.23: ricaduta media del benzene prodotto dal traffico stradale il 22/11/2012.

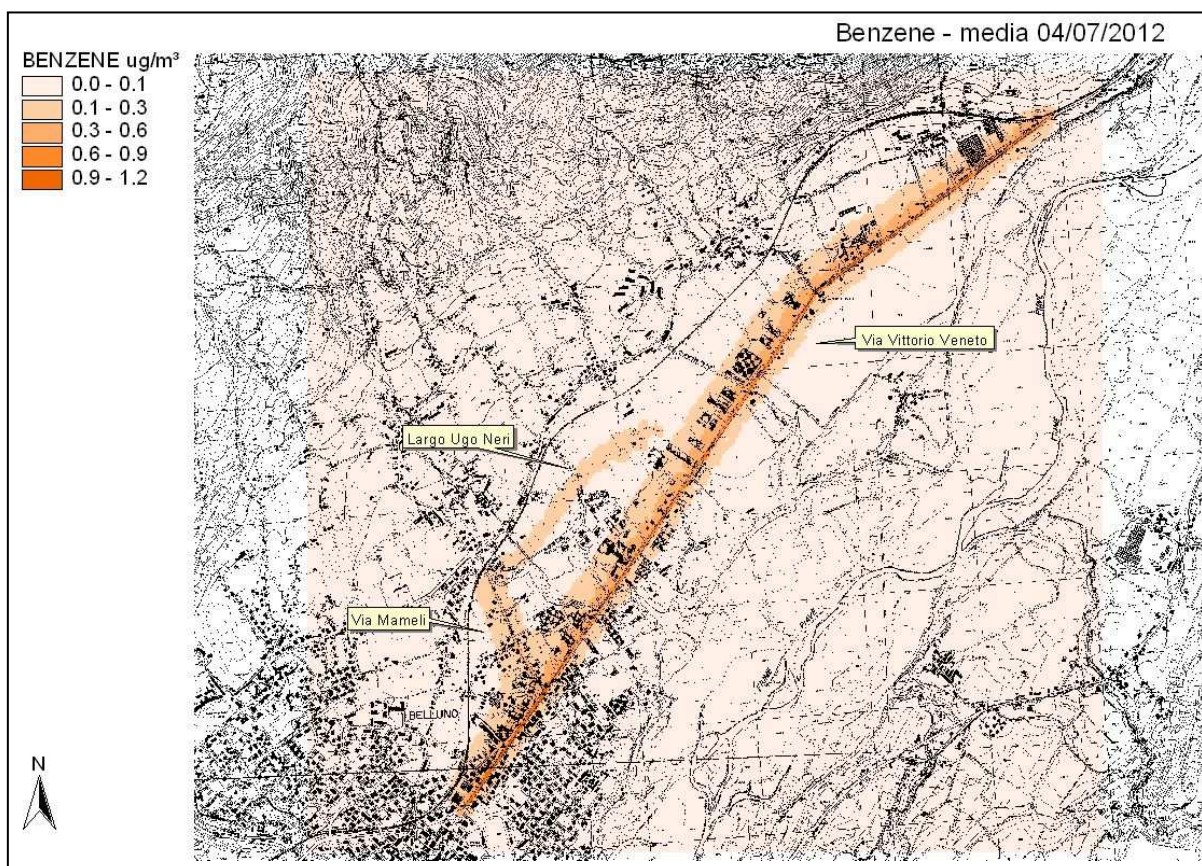


Fig.24: ricaduta media del benzene prodotto dal traffico stradale il 04/07/2012.

Stima delle ricadute di polveri totali e ossidi di azoto prodotti dalla ditta Procaffè S.p.A. sita nel comune di Belluno.

La ditta Procaffè S.p.A. è ubicata nel comune di Belluno. L'attività svolta dall'azienda consiste nella torrefazione del caffè e successivo confezionamento.

Ciclo produttivo

Si riporta di seguito una breve descrizione del ciclo produttivo dell'impianto con elencati i corrispondenti punti di emissione. Tali punti sono stati presi in considerazione nell'analisi modellistica.

I sacchi di caffè crudo in grani vengono portati dal magazzino delle materie prime all'interno dello stabilimento. Qui vengono aperti e inviati nell'apposita buca di carico, dove un vibrovaglio asporta eventuali impurezze (punto di emissione T04). Il caffè viene quindi caricato nei diversi serbatoi, ripartendolo in funzione della provenienza, così da poter successivamente ottenere differenti miscele. Dai silos il caffè viene prelevato a seconda della miscela da preparare e inviato (T12, T22, T36) a una delle tre linee di tostatura (T13, T19, T34). Il caffè tostato viene raffreddato e inviato alla fase di pulizia finale (T16, T17, T21, T35), che ha la funzione di togliere eventuali corpi estranei rimasti nel caffè al termine del ciclo di cottura. Le pellicole (pula) e i residui vegetali che vengono eliminati dalle miscele di caffè nelle varie fasi di lavorazione sono inviati al compattatore della pula (T24), dove vengono compattati e ridotti in pellet per il successivo conferimento. I grani di caffè vengono quindi convogliati in serbatoi e confezionati sottovuoto tal quali oppure dopo macinazione.

Dati di input del modello di dispersione

Nel presente lavoro sono state studiate le ricadute a 1.5 m dal suolo delle emissioni convogliate in atmosfera prodotte dalla ditta Procaffè S.p.A. Lo studio è stato eseguito con il modello ADMS-Urban. E' stato definito un dominio di simulazione di circa 6 x 7 km che comprende anche il centro di Belluno. Come precedentemente detto, i camini presi in considerazione nella modellazione sono quelli elencati nella descrizione del ciclo produttivo. I valori di emissione sono stati ricavati come mediana delle emissioni auto-controllate negli anni dal 2008 al 2012 e del controllo effettuato da ARPAV nel 2007. Dove non disponibili i dati di emissione misurati, si sono assegnati i valori ottenuti come medie delle emissioni di camini corrispondenti nel ciclo produttivo (camini omogenei). Le emissioni prodotte sono state modulate considerando le effettive ore di funzionamento al giorno dell'impianto, nonché i giorni di attività nell'anno. Si è inoltre tenuto conto che la soffiante asservita ai camini 12, 22 e 36 è unica e quindi le corrispondenti linee non possono mai funzionare in contemporanea, e che solo due macchine di cottura possono lavorare in contemporanea, mentre la terza rimane ferma.

Analisi modellistica

Analogamente a quanto fatto nello studio del traffico stradale, sono state analizzate le ricadute medie nell'anno 2012, nonché quelle relative a due giornate caratterizzate principalmente da un'atmosfera stabile e instabile. Tali giornate sono rispettivamente il 19/11/2012 e il 14/08/2012. Come precedentemente sottolineato, soprattutto la simulazione relativa al 19/11/2012 risente della correzione introdotta dal modello nella gestione delle calme di vento. Si riportano nelle figure da 25 a 30 le mappe

delle polveri totali e degli NO_x . In generale si può ritenere che le concentrazioni di PM_{10} siano circa il 20 – 30% delle polveri totali. Dai risultati ottenuti si nota come in media le ricadute interessino la zona a NordEst e SudOvest della ditta, fino a raggiungere parte del centro di Belluno. In presenza di un'atmosfera principalmente stabile (simulazione del 19/11/2012), le concentrazioni degli inquinanti rimangono maggiori nei pressi dei punti di emissione. Nella simulazione del giorno di agosto invece, caratterizzato da un'alta capacità dispersiva atmosferica, le ricadute interessano un'area più vasta e le concentrazioni diminuiscono più velocemente allontanandosi dalla ditta.

In tabella 7 si riportano le concentrazioni medie, calcolate per l'anno 2012, delle ricadute delle polveri totali e degli ossidi di azoto prodotti dalla ditta in esame, in corrispondenza del parco Città di Bologna.

<i>Recettore</i>	<i>PTS($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>NO_x($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>
<i>Parco Città di Bologna</i>	<i>$1.87 \cdot 10^{-3}$</i>	<i>$1.86 \cdot 10^{-3}$</i>

Tab.7: concentrazione di polveri totali e NO_x in un punto recettore posizionato presso il Parco Città di Bologna.

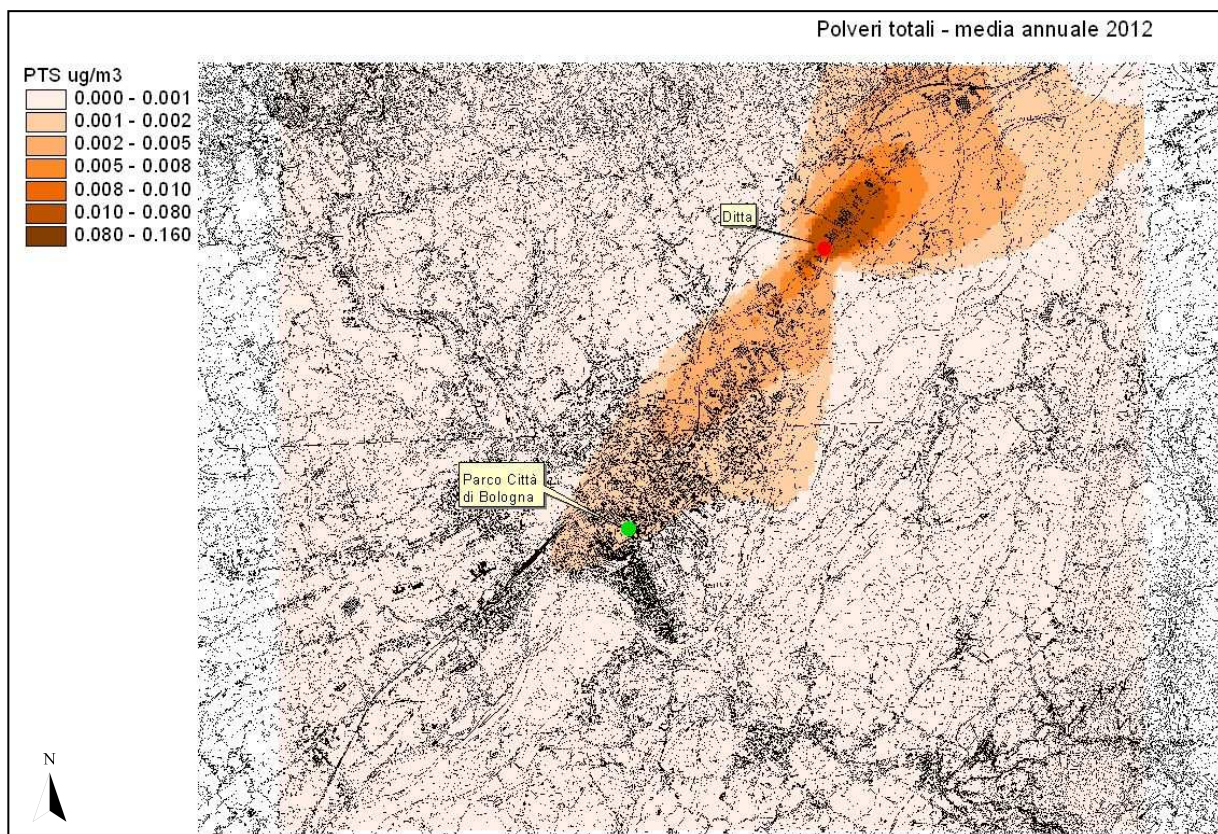


Fig.25: ricaduta media delle polveri totali prodotte dalla ditta Procaffè S.p.A. nell'anno 2012.

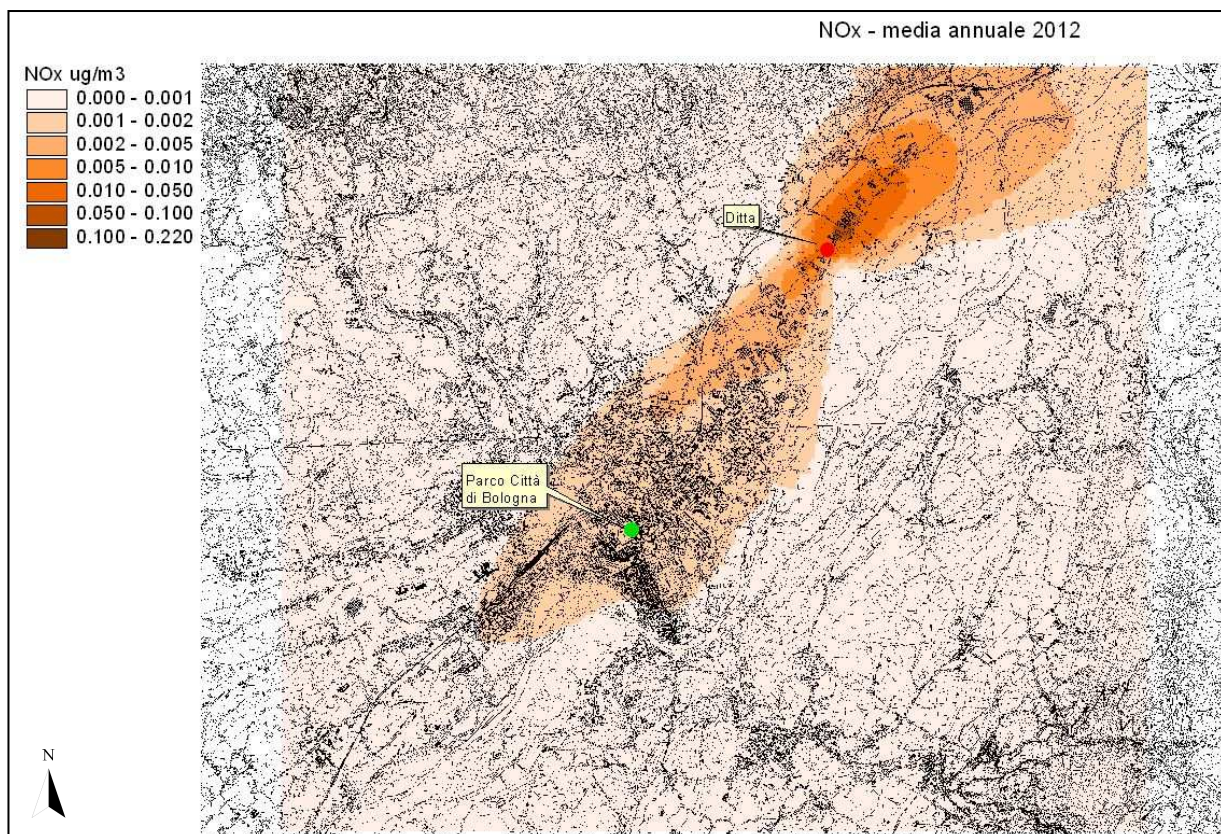


Fig.26: ricaduta media degli NOx prodotti dalla ditta Procaffè S.p.A. nell'anno 2012.

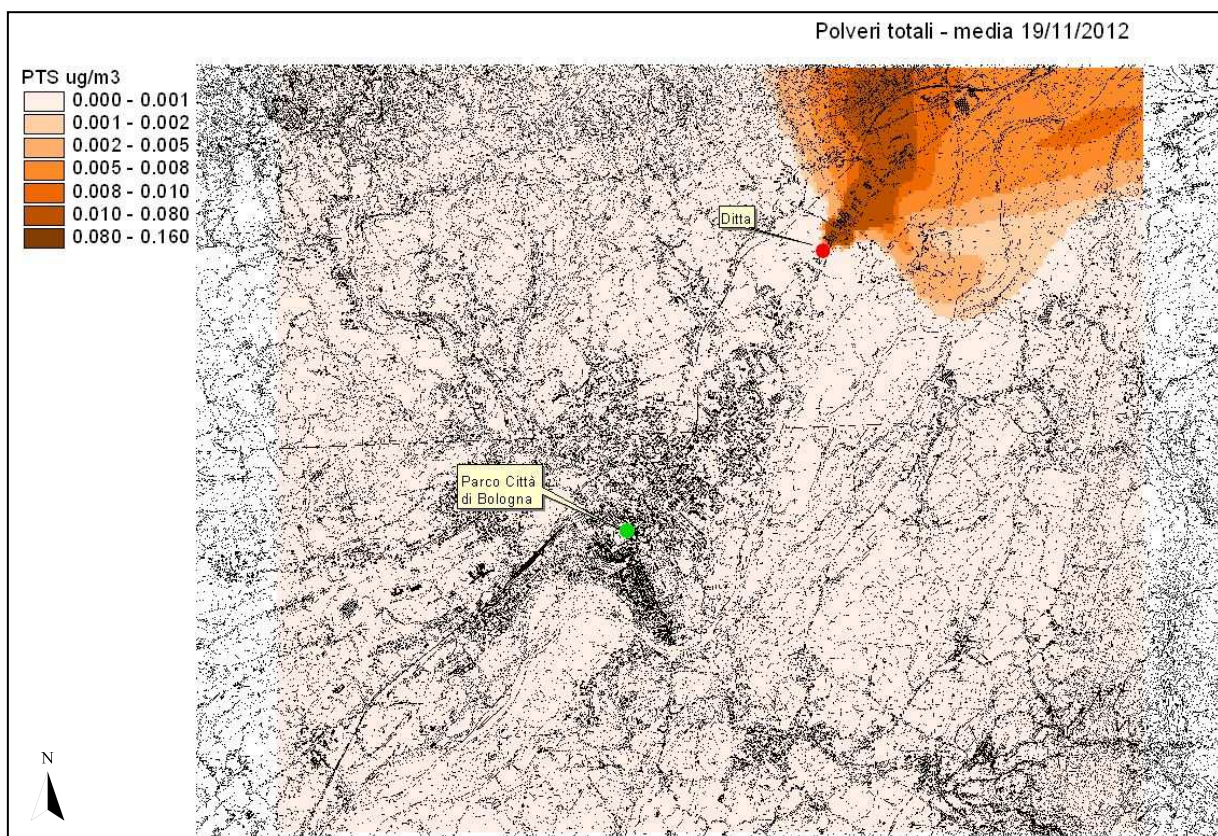


Fig.27: ricaduta media delle polveri totali prodotte dalla ditta Procaffè S.p.A. il 19/11/2012.

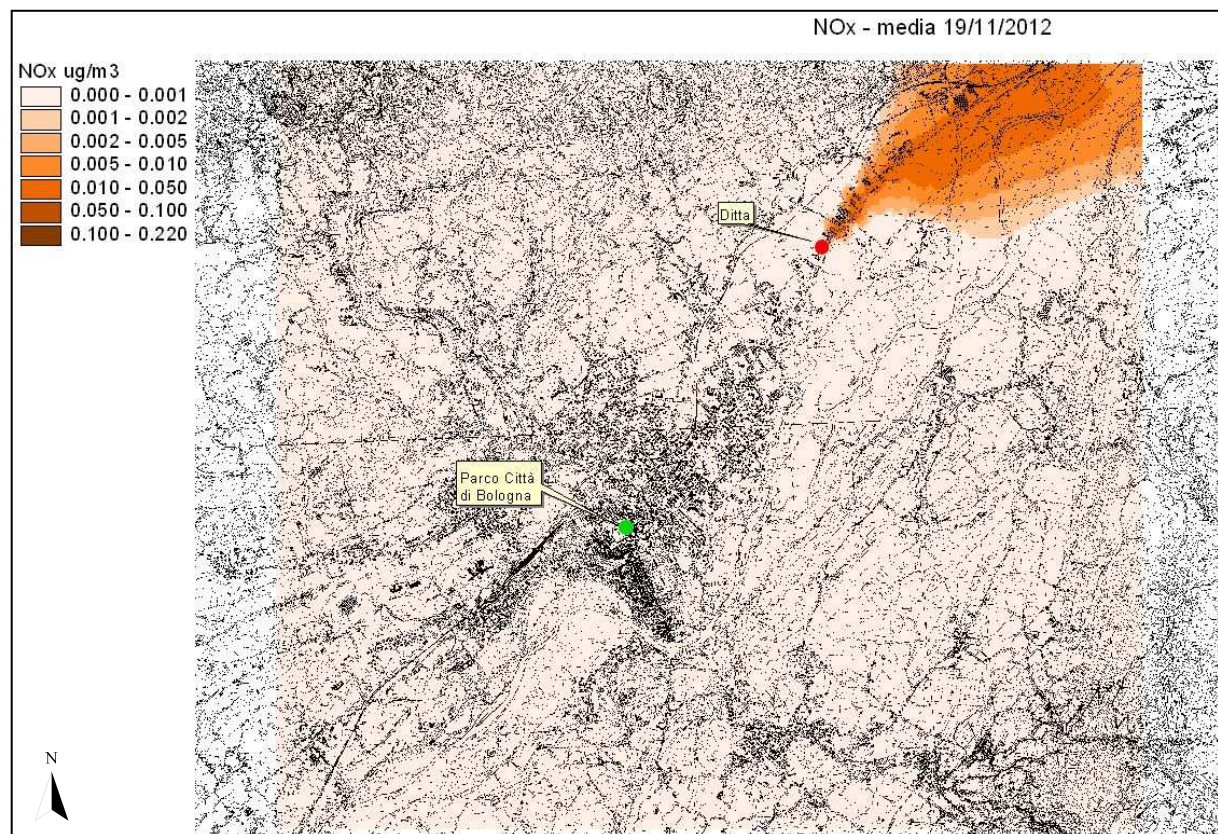


Fig.28: ricaduta media degli NOx prodotti dalla ditta Procaffè S.p.A. il 19/11/2012.

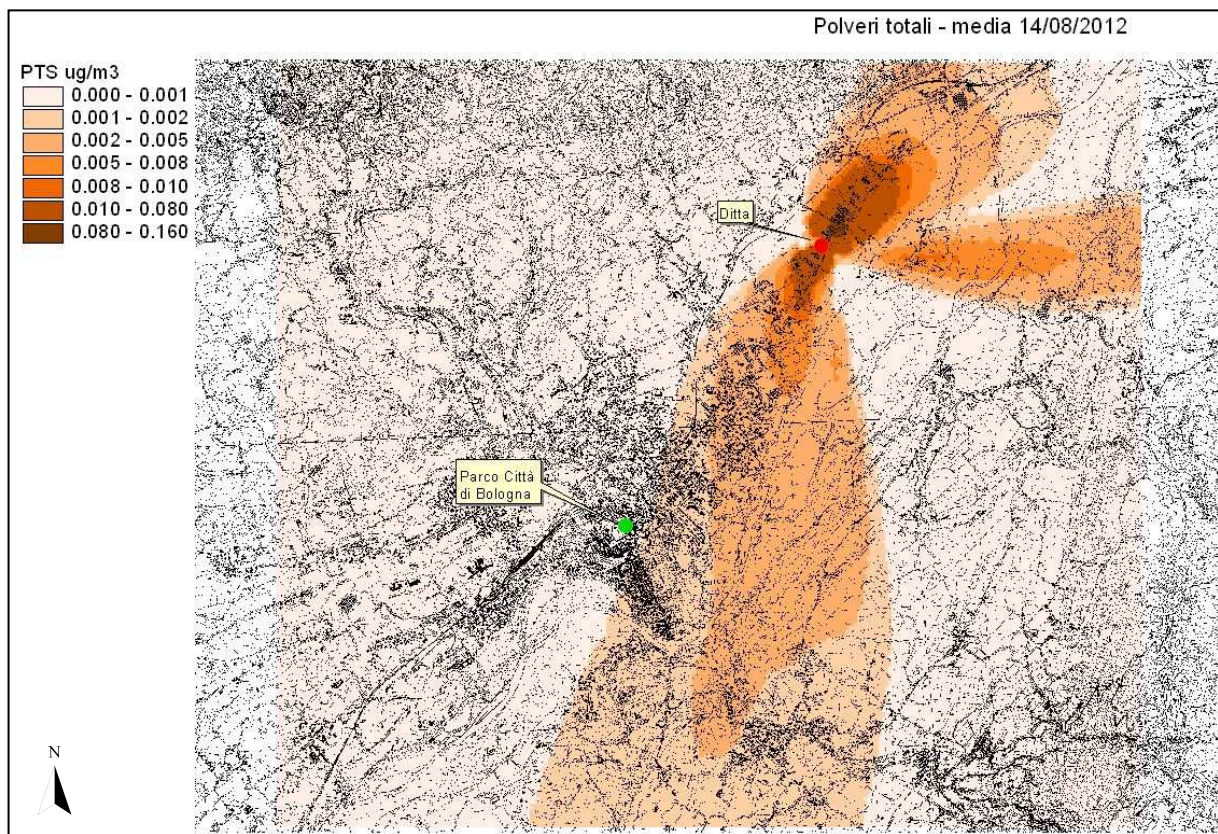


Fig.29: ricaduta media delle polveri totali prodotte dalla ditta Procaffè S.p.A. il 14/08/2012.

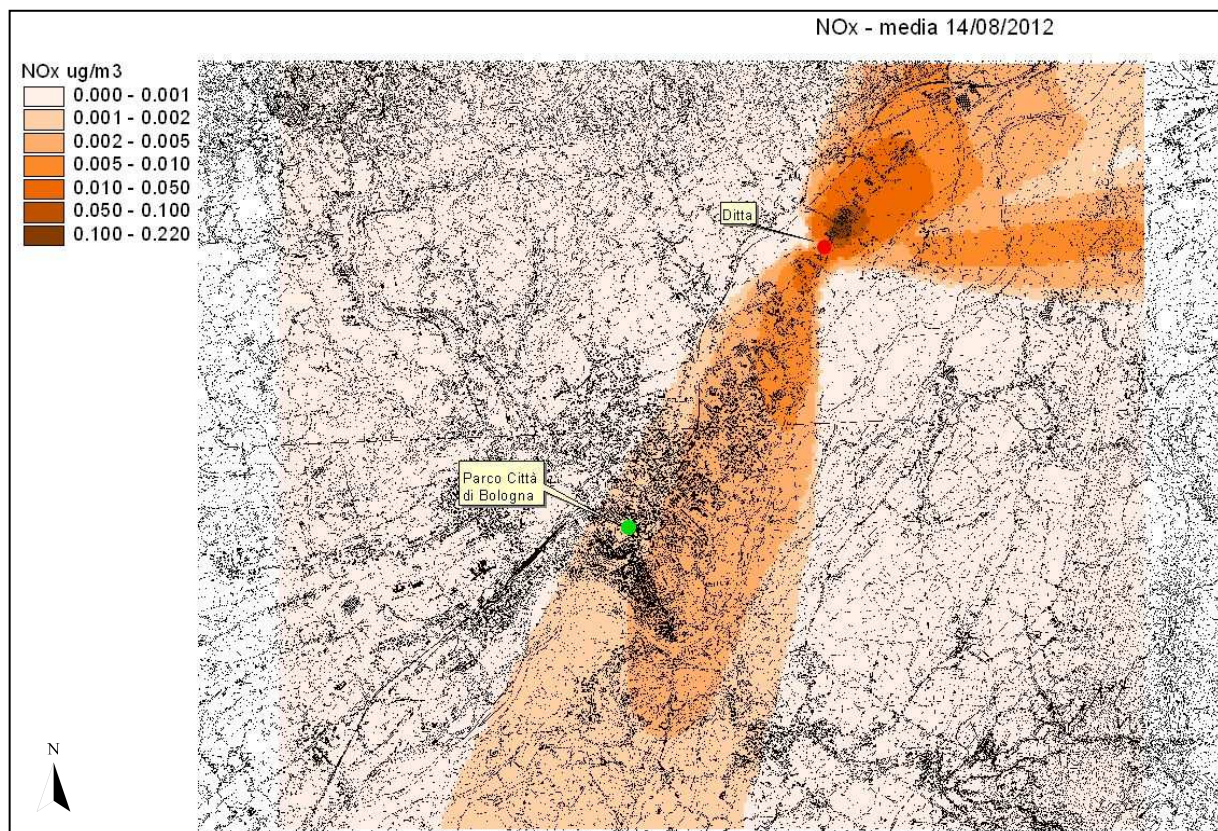


Fig.30: ricaduta media degli NOx prodotti dalla ditta Procaffè S.p.A. il 14/08/2012.

Considerazioni finali

Nel presente lavoro sono state analizzate mediante simulazioni modellistiche effettuate con il modello ADMS-Urban (Advanced Dispersion Modelling System for Urban Area) di CERC (Cambridge Environmental Research Consultant) le dispersioni in atmosfera degli inquinanti emessi dal traffico stradale transitante lungo alcune vie del comune di Belluno e da una ditta presente nel comune stesso.

Nello specifico sono stati analizzati i flussi di traffico di via Vittorio Veneto, via Mameli e Largo Ugo Neri. La ditta oggetto di studio è stata invece la Procaffè S.p.A., la cui attività consiste nella torrefazione del caffè e successivo confezionamento.

Le concentrazioni delle emissioni da traffico stradale presentano in generale valori massimi in centro carreggiata e diminuiscono allontanandosi da essa, interessando principalmente una fascia centrata sulla strada stessa, la cui ampiezza dipende dalle emissioni prodotte, nonché dalla capacità dispersiva dell'atmosfera.

Per quanto riguarda invece le ricadute delle emissioni prodotte dalla ditta Procaffè S.p.A., in media presentano dei massimi a NordEst e a SudOvest della ditta stessa. Tali ricadute interessano anche il centro di Belluno, soprattutto quando è presente un'atmosfera instabile, caratterizzata dunque da un'alta capacità dispersiva.

Ufficio Informativo Ambientale

Dott.ssa Barbara Intini



Visto

Il Dirigente del Servizio Stato dell'Ambiente

Dott.ssa Anna Favero





ARPAV
Agenzia Regionale
per la Prevenzione e
Protezione Ambientale
del Veneto

Direzione Generale
Via Matteotti, 27
35131 Padova
Tel. +39 049 82 39301
Fax. +39 049 66 0966
E-mail urp@arpa.veneto.it
E-mail certificata: protocollo@arpav.it
www.arpa.veneto.it