


**ASSE VIARIO MARCHE-UMBRIA
E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA
MAXILOTTO 2**

LAVORI DI COMPLETAMENTO DELLA DIRETTRICE PERUGIA ANCONA:
SS.318 DI "VALFABBRICA", TRATTO PIANELLO - VALFABBRICA
SS.76 "VAL D'ESINO", TRATTI FOSSATO DI VICO - CANCELLI E ALBACINA - SERRA SAN QUIRICO
"PEDEMONTANA DELLE MARCHE", TRATTO FABRIANO-MUCCIA-SFERCIA.

MONITORAGGIO AMBIENTALE

<p>CONTRAENTE GENERALE:</p>  <p>DIRPA 2 s.c.a.r.l.</p>	<p>Il Responsabile del contraente generale: Ing. Federico Montanari</p>
---	--

<p>IMPRESA AFFIDATARIA:</p>  <p>ARIEN CONSULTING srl</p>	<p>Il Direttore Tecnico: Ing. Domenico D'Alessandro</p>  
<p>Il gruppo di lavoro: Arch. Emiliano Capozza - (stato fisico dei luoghi) Arch. Roberta Lamberti - (atmosfera) Geol. Francesco Morgante - (suolo) Ing. Martina Carlino - (ambiente idrico) Ing. Antonio Orlando - (rumore e vibrazioni) Arch. Caterina Scamardella - (paesaggio) Dott. Matteo Vetro - (vegetazione e fauna)</p>	<p>Il Responsabile Ambientale Ing. Claudio Lamberti</p> 

<p align="center">Il Coordinatore della Sicurezza in fase di Esecuzione Ing. Salvatore Chirico</p>	<p align="center">Il Direttore dei Lavori Ing. Peppino Marascio</p>
---	--

1.2.A - SS 318 PIANELLO - VALFABBRICA
MONITORAGGIO AMBIENTALE FASE DI POST OPERAM
COMPONENTE ATMOSFERA
RELAZIONE DI FASE POST OPERAM

Codice Unico di Progetto (CUP) **F12C030000500021** (Delibera CIPE 13/2004)

Codice elaborato:

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.Doc.	N.prog.	Rev.
L 0 7 0 3	1 2 A	E	2 8	M A 0 3 1 3	R E L	0 6	A

REV.	DATA	DESCRIZIONE	Redatto	Controllato	Approvato
A	31-ago-17	EMISSIONE	ARIEN	ARIEN	DIRPA

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. QUADRO DI RIFERIMENTO TECNICO E NORMATIVO	5
2.1. Normativa comunitaria.....	5
2.2. Normativa nazionale.....	5
2.3. Normativa regionale.....	6
2.4. Normativa Tecnica.....	6
2.5. Documenti di riferimento.....	7
3. DEFINIZIONI E PARAMETRI DI RIFERIMENTO.....	8
3.1. Inquinamento atmosferico indotto dal traffico veicolare ordinario.....	8
3.2. Fonti specifiche di inquinamento atmosferico in fase di esercizio.....	16
4. IMPOSTAZIONE DEL PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	
POST OPERAM PER IL FATTORE ATMOSFERA (PMA/A/PO).....	17
4.1. Attività di monitoraggio ambientale di un'infrastruttura viaria.....	17
4.2. Parametri di rilievo e modalità delle misure.....	17
4.2.1. Premessa.....	17
4.2.2. Monitoraggio degli inquinanti gassosi.....	18
4.2.3. Monitoraggio degli inquinanti particellari.....	20
4.2.4. Stazione meteorologica.....	22
5. MISURAZIONI ESEGUITE IN FASE DI POST OPERAM.....	23
6. SCHEDE DI MONITORAGGIO	24
7. SINTESI DEI DATI RACCOLTI DURANTE LE PRECEDENTI	
CAMPAGNE DI MONITORAGGIORISULTATI DELLE MISURAZIONI.....	25
7.1. ATM_01.....	25
7.1.1. Biossidi di zolfo – SO ₂	26
7.1.2. Monossido di carbonio – CO.....	27
7.1.3. Ossidi di azoto – (NO ₂ , NO, NO _x).....	28
7.1.4. Ozono – O ₃	28
7.1.5. BTX – (Benzene, Toluene, Xileni).....	29
7.1.6. Polveri.....	30
7.2. ATM_02.....	30
7.2.1. Biossidi di zolfo – SO ₂	32
7.2.2. Monossido di carbonio – CO.....	32
7.2.3. Ossidi di azoto – (NO ₂ , NO, NO _x).....	33
7.2.4. Ozono – O ₃	34
7.2.5. BTX – (Benzene, Toluene, Xileni).....	35

7.2.6.	Polveri.....	36
7.3.	ATM_03.....	37
7.3.1.	Biossidi di zolfo – SO ₂	38
7.3.2.	Monossido di carbonio – CO.....	39
7.3.3.	Ossidi di azoto – (NO ₂ , NO, NO _x).....	40
7.3.4.	Ozono – O ₃	40
7.3.5.	BTX – (Benzene, Toluene, Xileni).....	41
7.3.6.	Polveri.....	41
7.4.	ATM_04.....	42
7.4.1.	Biossidi di zolfo – SO ₂	43
7.4.2.	Monossido di carbonio – CO.....	44
7.4.3.	Ossidi di azoto – (NO ₂ , NO, NO _x).....	45
7.4.4.	Ozono – O ₃	45
7.4.5.	BTX – (Benzene, Toluene, Xileni).....	46
7.4.6.	Polveri.....	47
7.5.	ATM_05.....	48
7.5.1.	Biossidi di zolfo – SO ₂	50
7.5.2.	Monossido di carbonio – CO.....	50
7.5.3.	Ossidi di azoto – (NO ₂ , NO, NO _x).....	51
7.5.4.	Ozono – O ₃	52
7.5.5.	BTX – (Benzene, Toluene, Xileni).....	53
7.5.6.	Polveri.....	54
7.6.	ATM_06.....	55
7.6.1.	Biossidi di zolfo – SO ₂	57
7.6.2.	Monossido di carbonio – CO.....	57
7.6.3.	Ossidi di azoto – (NO ₂ , NO, NO _x).....	58
7.6.4.	Ozono – O ₃	59
7.6.5.	BTX – (Benzene, Toluene, Xileni).....	60
7.6.6.	Polveri.....	60
7.7.	ATM_07bis.....	61
7.7.1.	Biossidi di zolfo – SO ₂	62
7.7.2.	Monossido di carbonio – CO.....	63
7.7.3.	Ossidi di azoto – (NO ₂ , NO, NO _x).....	63
7.7.4.	Ozono – O ₃	64
7.7.5.	BTX – (Benzene, Toluene, Xileni).....	65
7.7.6.	Polveri.....	65
8.	CONCLUSIONI.....	67

1. PREMESSA

Nel presente documento si relaziona in merito al monitoraggio ambientale in Fase Post Operam alla componente "Atmosfera" (nel seguito PMA/A/PO), in corrispondenza della **S.S. 318 "Pianello - Valfabbrica"** inserita nel Maxilotto 2 nell'ambito dei lavori di completamento della direttrice Perugia - Ancona, interessanti la regione Umbria

Le attività di monitoraggio della qualità dell'aria effettuate in questa fase di monitoraggio, hanno avuto la finalità di analizzare gli effetti a carico dei ricettori maggiormente esposti, in modo diretto o indiretto, alle emissioni atmosferiche connesse all'esercizio dell'opera in esame.

I risultati delle misurazioni effettuate documentano l'evolversi degli indicatori di qualità dell'aria influenzati dalla suddetta attività ed evidenzia la presenza di eventuali livelli anomali dei parametri monitorati.

L'intervento in esame si configura prevalentemente come un allargamento dell'attuale sede stradale.

L'infrastruttura oggetto della presente relazione si sviluppa per un tratto di circa 8.5 km, interessando i comuni di Perugia, Assisi e Valfabbrica, nel territorio della Comunità montana dell'alto Chiascio, in un territorio non eccessivamente antropizzato, appartenente al sistema del pre-appennino umbro-marchigiano, senza particolari elementi di rilievo dal punto di vista meteo climatico.

Gli studi ambientali svolti per la redazione del SIA, non hanno rilevato, per quanto concerne la componente atmosfera, particolari criticità. Infatti, sulla base delle simulazioni eseguite, i livelli di concentrazione degli inquinanti dovrebbero mantenersi al di sotto dei limiti di legge lungo tutto il tracciato.

La S.S. 318, è ubicata nella valle scavata dall'omonimo fiume, che supera più volte con le opere di viadotto "Chiascio 1", "Chiascio 2", "Cà Ruspetto 1", "Cà Ruspetto 2" e "Pian Saluccio", ed è circondata da rilievi collinari compresi tra i 400 ed i 600 m s.l.m., che vengono attraversati con le opere di galleria naturale "S. Gregorio" e "Colle Maggio" e di galleria artificiale "Della Donna".

Il tracciato Si sviluppa, per l'intero tratto, in due carreggiate parallele. Queste hanno origine al termine del primo lotto, in corrispondenza della connessione con la attuale S.S. 318.

Nella parte iniziale l'infrastruttura di progetto si distacca dalla sede dell'attuale S.S. 318 con un tratto all'aperto in rilevato che, nella parte iniziale, e per una lunghezza di circa 1450 m, prevede una serie di opere di adeguamento della attuale S.S.318.

Il tracciato prosegue attraversando il fiume mediante il viadotto "Chiascio 1" (circa 151,50 m per entrambe le carreggiate), segue un tratto all'aperto di circa 339 m, che si sviluppa prevalentemente in rilevato con un tratto in trincea in corrispondenza dell'imbocco della galleria "San Gregorio". Quest'ultima, di lunghezza compresa tra i 1071 (Carreggiata Sud) e 1128 (Carreggiata Nord) m, prevede, a monte ed a valle, un tratto in galleria artificiale.

Successivamente è previsto un breve tratto all'aperto in rilevato, dopodiché l'infrastruttura attraversa nuovamente il fiume con il Viadotto "Chiascio 2", al termine del quale, dopo un brevissimo tratto in trincea, il tracciato prosegue con la galleria artificiale "Della Donna" (di sviluppo pari a 394 m per la Carreggiata Nord e pari a 365 m per la Carreggiata Sud).

Al termine della galleria il tracciato prosegue con un tratto all'aperto in trincea (di sviluppo pari a 252 m lungo la Carreggiata Nord e pari a 295 m lungo la Carreggiata Sud) e quindi imbocca la galleria naturale "Collemaggio" (che si sviluppa per 779 m lungo la Carreggiata Nord e per 792 m lungo la Carreggiata Sud), che termina, con un brevissimo tratto all'aperto, in corrispondenza della spalla A del Viadotto "Cà Ruspetto 1", cui segue un tratto all'aperto in rilevato (di sviluppo pari a 353 m per la Carreggiata Nord e a 276 m per la Carreggiata Sud) e, quindi, il Viadotto "Cà Ruspetto 2".

Il tracciato procede con un tratto all'aperto in rilevato che arriva allo Svincolo di Valfabbrica e, successivamente, al viadotto "Pian Saluccio" (di sviluppo pari a 201,50 m per entrambe le carreggiate).

Infine, dopo un tratto all'aperto di sviluppo pari a 1002 m per la Carreggiata Nord e a 991 m per la Carreggiata Sud, il tracciato incontra il viadotto "del Ranco", di lunghezza pari a 255,00 m per la Carreggiata Nord e pari a 252,05 m per la Carreggiata Sud, dopo il quale è previsto un tratto all'aperto che si sviluppa per metà in rilevato e per metà a mezza costa.

Il tracciato di progetto termina con l'innesto al successivo V Lotto.

2. QUADRO DI RIFERIMENTO TECNICO E NORMATIVO

Si richiama nel seguito la legislazione e la normativa tecnica applicabile all'inquinamento atmosferico, avvertendo tuttavia che la continua evoluzione di cui essa è oggetto, sia a livello internazionale ed nazionale, che su base regionale, potrebbe indurre qualche variazione nel periodo applicativo, di cui si terrà opportunamente conto *in itinere*.

2.1. Normativa comunitaria

- DIRETTIVA 2008/50/CE del 21.05.2008: qualità dell'aria ambiente e per un'aria pulita in europa.
- DIRETTIVA 2002/3/CE del 12.02.2002: valori bersaglio dell'ozono
- DIRETTIVA 2000/69/CE del 16.11.2000: valori limite per il benzene ed il monossido di carbonio nell'aria ambiente.
- DIRETTIVA 1999/30/CE del 22.04.1999: valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo
- DIRETTIVA 1996/62/CE del 27.09.1996: valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente.

2.2. Normativa nazionale

- D.LGS. 13.08.2010 n. 155: "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa".
- D.LGS. 09.04.2008 n. 81: "Tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro - Attuazione articolo 1 della legge 123/2007 - Abrogazione Dlgs 626/1994";
- D.L. 03.08.2007, n. 152: attuazione della Direttiva 2004/107/CE concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente.
- D.LGS. 03.04.2006, n. 152: Norme in materia di ambiente così come modificato dal D. Lgs. 16.01.2008 n. 4 "Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del D. Lgs. 03.04.2006 n. 152 recante norme in materia di ambiente.
- D. LGS. 21.05.2004, n. 183: attuazione della Direttiva 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria.
- D.M. 1 ottobre 2002, n. 261 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio "Regolamento recante le direttive tecniche per la valutazione preliminare della qualità dell'aria ambiente, i criteri per l'elaborazione del piano e dei programmi di cui agli articoli 8 e 9 del D.Lgs. 4 agosto 1999, n. 351.
- D.M. 02.04.2002, n.60: " Recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22.04.1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di Zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio";

- D.M. 25.08.2000: “Aggiornamento dei metodi di campionamento, analisi e valutazione degli inquinanti, ai sensi del decreto del Presidente della Repubblica 24.05.1988, n. 203”.
- D.L. 04.08.1999, n.351: “Attuazione della direttiva CEE in materia di valutazione e gestione della qualità dell’aria ambiente”;
- D.M. 21.04.1999, n.163: “Regolamento recante norme per l’individuazione dei criteri ambientali e sanitari in base ai quali i sindaci adottano le misure di limitazione della circolazione”;
- D.M. 14.05.1996: “Normative e metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l’amianto, previsti dall’art. 5, comma 1, lettera f), della legge 27 marzo 1992, n. 257”;
- D.M.A. 25.11.1994: “Aggiornamento delle norme tecniche in materia di limiti di concentrazione e di livelli di attenzione e di allarme per gli inquinamenti atmosferici nelle aree urbane e disposizioni per la misura di alcuni inquinanti di cui al decreto ministeriale 15.04.1994;
- D.M. 06.09.1994: “Normative e metodologie tecniche di applicazione dell’art. 6, comma 3, e dell’art. 12, comma 2, della legge 27.03.1992, n. 257, relativa alla cessazione dell’impiego dell’amianto”;
- D.M. 15.04.1994: “Norme tecniche in materia di livelli e di stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane, ai sensi degli articoli 3 e 4 del DPR 24.05.1988, n. 203, e dell’art. 9 del DM. 20.05.1991”;
- D.M.A. 12.11.1992: “Criteri generali per la prevenzione dell’inquinamento atmosferico nelle grandi zone urbane e disposizioni per il miglioramento della qualità dell’aria”;
- D.M.A. 06.05.1992: “Definizione del sistema nazionale finalizzato al controllo ed assicurazione di qualità dei dati di inquinamento atmosferico ottenuti dalle reti di monitoraggio”;
- D.M.A. 20.05.1991: “Criteri per l’elaborazione dei piani regionali per il risanamento e la tutela della qualità dell’aria”.
- D.P.C.M. 28.3.1983, n. 30: “Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativa agli inquinanti dell’aria nell’ambiente esterno”.

2.3. Normativa regionale

- BUR Umbria 14.03.05: “Piano Regionale di Risanamento e Mantenimento della Qualità dell’Aria”
- DACR Marche n. 36 del 30.05.01 “Piano regionale di tutela e risanamento della qualità dell’aria”
- Circolare della Regione Marche n.6 del 11.04.89: “Nuove procedure relative agli adempimenti amministrativi e alle attività di controllo dell’inquinamento atmosferico previsti dal DPR 203/88”.

2.4. Normativa Tecnica

- Commissione Speciale per la Valutazione di impatto ambientale, “Linee guida per il progetto di monitoraggio ambientale (PMA).

2.5. Documenti di riferimento

- S.I.A.: studio di impatto ambientale sul progetto preliminare;
- Integrazioni e modifiche allo Studio di impatto ambientale sul progetto preliminare;
- Progetto definitivo;
- Progetto esecutivo;
- Studi di settore;
- Prescrizioni Decreto VIA n.6086/2001;
- Progetto di Monitoraggio Ambientale;
- Relazione di fase *Ante Operam*;
- Report Semestrali;
- Relazione di fase Corso d'Opera.

3. DEFINIZIONI E PARAMETRI DI RIFERIMENTO

3.1. Inquinamento atmosferico indotto dal traffico veicolare ordinario

Com'è noto, i veicoli stradali traggono la capacità di movimento dalla trasformazione in potenza meccanica dell'energia chimica contenuta nei carburanti, mediante la loro ossidazione in un motore a combustione interna. Allo stato attuale della tecnica automobilistica, i carburanti sono in grande prevalenza i seguenti idrocarburi liquidi (composti organici di idrogeno e carbonio, a vario grado di complessità molecolare) provenienti da processi di distillazione e raffinazione di petrolio greggio:

- Benzina: miscela di idrocarburi leggeri (intervallo di distillazione 20÷200°C), che alimenta i motori ad accensione comandata (ciclo Otto), di cui prevalentemente sono dotate le autovetture per il trasporto delle persone;
- Gasolio: miscela di idrocarburi più pesanti (intervallo di distillazione 180÷360°C), che alimentano i motori ad accensione spontanea (ciclo Diesel), installati in Europa sulla quasi totalità dei veicoli commerciali, per il trasporto tanto delle persone che delle merci, e su una frazione minoritaria delle autovetture.

Molto meno diffuso (< 2% del consumo complessivo di carburanti per autotrazione in Europa) è l'impiego di:

- idrocarburi gassosi liquefatti: metano e gas di petrolio-GPL
- alcoli: miscele di composti organici ternari di carbonio, idrogeno e ossigeno, di provenienza dalla distillazione di prodotti vegetali fermentati.

In misura variabile, ma percentualmente assai ridotta, tutti i carburanti contengono anche altri prodotti:

- residui: componenti, tipicamente non idrocarburici, indesiderati, ma non economicamente riducibili nel processo di raffinazione dei greggi;
- additivi: prodotti di apporto nei prodotti commerciali, specialmente con funzione antidetonante per i motori ad accensione comandata.

Il processo chimico per la liberazione dell'energia consiste nell'ossidazione, mediante combustione confinata nella camera di scoppio, di una miscela (allo stato gassoso o di dispersione nebulizzata) di idrocarburi ed aria, in proporzioni controllate (tendenzialmente stechiometriche).

La formazione della miscela si attua in alternativa:

- nel carburatore, prima della compressione nei cilindri;
- direttamente in camera di scoppio, ove il carburante è immesso mediante iniezione nell'aria preventivamente aspirata e compressa.

La teorica reazione di ossidazione di una miscela puramente idrocarburica ed in composizione perfettamente stechiometrica espellerebbe CO₂ (anidride carbonica) ed H₂O (vapor d'acqua), di cui solo la prima ha un effetto indesiderato su scala planetaria.

Invece, nella pratica tecnica, i motori scaricano altre sostanze, dagli effetti dannosi diretti per i ricettori che ne sono investiti (inquinamento primario) e/o in grado di dare luogo ad ulteriori

reazioni nei circuiti di espulsione ed in atmosfera libera, con la formazione di altre sostanze nocive (inquinamento secondario).

Le cause generatrici degli inquinanti sono assai varie, complesse e non tutte perfettamente note negli intimi meccanismi; si distinguono per importanza le seguenti:

➤ Scostamento delle miscele detonanti dalle proporzioni stechiometriche.

Si definisce “rapporto di equivalenza Combustibile/Aria ϕ ” di una generica miscela il rapporto fra l’effettiva composizione di questa $(C/A)_{\text{miscela}}$ e la corrispondente proporzione stechiometrica $(C/A)_{\text{stech.}}$.

Si considerano:

- approssimativamente stechiometriche le miscele caratterizzate da $\phi=0.9\div 1.1$ (rapporti in peso aria/combustibile 16,5÷13,5);
- magre quelle con $\phi < 0.9$
- grasse quelle con $\phi > 1,1$.

Per le miscele magre la qualità del processo di combustione è assai bassa: la loro accensione può perfino fallire, specialmente nei motori diesel. In presenza di miscele molto grasse i processi chimici di ossidazione soffrono per carenza dell’ossigeno comburente.

Il rapporto di miscelazione viene regolato (nel progetto e nella messa a punto dei motori dei veicoli) sul valore stechiometrico alla normale pressione atmosferica ed a regimi ordinari di crociera. Nondimeno esso tende:

- a) ad alterarsi con l’uso e con la vetustà del veicolo, che quindi deve essere sottoposto a manutenzione programmata e ordinariamente dovrebbe essere dismesso ad una certa anzianità;
- b) a squilibrarsi ad elevate altitudini, per la riduzione sia della pressione dell’aria che del suo contenuto percentuale d’ossigeno;
- c) a modificarsi rapidamente e profondamente con l’azione sull’acceleratore: valori elevati di ϕ vengono imposti nelle fasi di ripresa della velocità e nella marcia sotto sforzo; al contrario valori bassi possono registrarsi in corso di decelerazione sotto freno motore.

➤ Distorsioni nella propagazione della fiamma in camera di scoppio.

Secondo la tipologia di motore, la miscela può essere:

- preconfezionata nel carburatore ed introdotta per aspirazione e successivamente compressa nei cilindri;
- formata direttamente, mediante iniezione in pressione del carburante nell’aria già preventivamente compressa.

Lo scoppio può essere:

- procurato dalla scintilla fra i poli delle candele (ciclo Otto);
- spontaneo, per effetto delle condizioni di pressione e temperatura a cui la miscela detonante viene condotta dalla compressione (ciclo Diesel).

In ogni caso la fiamma si attiva in uno o più punti della camera di scoppio e procede a

velocità subsonica secondo fronti che progressivamente ne investono il volume; così si libera il lavoro meccanico della pressione sul pistone, che imprime la rotazione all'albero. L'innesco di fronti di fiamma non tempestivi e/o non programmati produce distorsioni nella sincronia del meccanismo di scoppio (detonazioni); inoltre, anche nel comportamento ordinario, la fiamma tende ad estinguersi in prossimità delle pareti e non riesce ad insinuarsi negli anfratti dei cilindri (prodotti ad esempio da incrostazioni); infine parte del carburante è sottratto alla tempestiva combustione dall'adsorbimento nel lubrificante che riveste le pareti del cilindro, e viene rilasciata in altre fasi improprie del ciclo.

Per tutti questi motivi, parte del carburante resta del tutto o parzialmente incombusta.

➤ Evaporazioni dal circuito d'adduzione alla camera di scoppio

La perdita delle frazioni più volatili degli idrocarburi destinati all'alimentazione del motore è particolarmente sensibile:

- nei veicoli a benzina, per la maggiore evaporabilità delle miscele impiegate;
- dal serbatoio (in fase di rifornimento, particolarmente nei mesi estivi ed a seguito dell'aumento di tensione di vapore per riscaldamento indotto dal motore in moto) e dal sistema di alimentazione (specialmente nelle autovetture a benzina a circuito aperto, con carburatore).

La moderna tecnologia dell'industria automobilistica riesce a ridurre l'incidenza delle perdite, ma i provvedimenti risultano parzialmente contrastati dai dispositivi per il trattamento delle emissioni di incombusti dal motore. In definitiva le evaporazioni non sono del tutto eliminabili, anzi si stima che coprano tutt'ora mediamente 1/3 del totale del rilascio di idrocarburi nell'ambiente da parte del parco automobilistico.

➤ Ossidazione degli additivi antidetonanti.

Per controllare il fenomeno indesiderato della detonazione anticipata e/o non programmata, alle benzine vengono aggiunti speciali additivi non idrocarburici: il perfezionamento della tecnologia nell'industria petrolifera ha visto susseguirsi a questo scopo l'uso di piombo tetraetile $(C_2H_5)_4 Pb$, di piombo tetrametile $(CH_3)_4 Pb$, di ossigenati e di benzene.

La dissociazione e/o l'ossidazione di queste sostanze (che possono costituire anche l'1% in peso del carburante impiegato) genera altri prodotti tossici, destinati al rilascio in atmosfera sotto varie forme.

➤ Formazione di ossidi di azoto.

Alle severe condizioni di pressione (50÷100 atm) e temperatura (1000÷2800 K) che si determinano nella camera di scoppio, l'azoto dell'aria (presente nella miscela detonante in ogni tipo di motore, ma ordinariamente inerte) subisce reazioni di ossidazione, che sono attivate ed in qualche misura catalizzate dai gas combustibili, che in piccola percentuale residuano da un ciclo al successivo: il decorso del processo di formazione degli ossidi di azoto è quindi autoesaltante e viene incrementato dalla rapidità dei cicli e dal surriscaldamento del sistema. Ne deriva che le quantità prodotte sono crescenti con il regime del motore, in ragione più che proporzionale al numero di giri.

➤ Pirolisi termica e formazione di particolato.

Nelle descritte condizioni ambientali della camera di scoppio, le molecole idrocarburiche (specialmente quelle più complesse e pesanti, contenute nelle sferule grossolane, nebulizzate dall'iniezione in pressione o asportate dai veli lubrificanti) sono sottoposte a vigoroso *stress* termico, fino alla "pirolisi" (scissione in molecole più semplici), che libera atomi di carbonio; questi si aggregano in particelle solide (polveri) e si sottraggono al processo di combustione.

➤ Reazioni secondarie.

Gli inquinanti primari, prodotti nei processi sopra descritti in condizioni di elevate temperature e pressione, hanno pronunciate caratteristiche di instabilità chimica: sono quindi soggetti a reazioni secondarie, nel circuito di scarico ed in atmosfera, agevolate dai catalizzatori inseriti nelle marmitte o presenti nell'ambiente naturale, e/o procurate da assorbimenti energetici (specialmente dei raggi ultravioletti).

In relazione alle quantità ordinariamente prodotte dal traffico e/o alla loro nocività per i ricettori, si rivolge l'attenzione, nelle valutazioni quantitative degli inquinamenti atmosferici, ai seguenti principali gruppi omogenei di prodotti:

- a) Anidride carbonica CO₂, ed anidride solforosa SO₂, ordinari prodotti della combustione rispettivamente degli idrocarburi fossili e della loro principale impurità (zolfo e suoi sali). L'anidride carbonica è un gas presente nell'atmosfera in ridotte percentuali: essa è indispensabile per il ciclo biologico delle piante (attivazione della sintesi clorofilliana), ma pone un grave problema all'ambiente con l'eccesso di produzione (derivato dall'uso di combustibili fossili nelle diverse attività antropiche, fra le quali il traffico veicolare copre una quota non trascurabile), in concomitanza ad un suo ridotto consumo (per contestuale eliminazione di ampie superfici di foresta). La conseguenza dello squilibrio è l'effetto serra (incremento della temperatura media dell'atmosfera) generato dalle capacità assorbenti di radiazioni infrarosse della stessa CO₂.

Anche i composti dello zolfo sono ordinariamente presenti in atmosfera in varie forme chimiche, perché derivano da molteplici cicli biologici. L'attività dei motori a combustione interna è responsabile del rilascio diretto di anidride solforosa SO₂ (che transita in acido solforico, combinandosi con l'umidità atmosferica e con l'acqua di pioggia), in quantità proporzionale al contenuto di indesiderati composti solforati nei carburanti. Il danno ambientale conseguente è quello delle piogge acide (particolarmente pregiudizievoli per la flora).

E' comprensibile tuttavia come la scala planetaria dei problemi determinati da CO₂ ed SO₂ non collimi con l'impatto della singola opera infrastrutturale, ma riguardi al più la politica generale del trasporto (riequilibrio modale) e la ricerca industriale, applicata ai processi di raffinazione dei carburanti ed al progetto e produzione dei mezzi di trasporto alternativi.

- b) Monossido di carbonio CO, derivato da processi d'incompleta combustione, in carenza di ossigeno.

CO è un gas inodore ed incolore, che danneggia irreversibilmente l'emoglobina del

sangue dei soggetti viventi esposti (con formazione di carbossiemoglobina CO-Hb) con effetti patologici anche gravi per l'uomo: le ricerche mediche hanno evidenziato che la percentuale di CO-Hb nel sangue è funzione crescente:

- delle concentrazioni nell'aria di CO,
- dell'attività svolta dal soggetto occasionalmente ricettore,
- del tempo di esposizione.

Le condizioni di rischio per la salute, illustrate nel noto diagramma di May, praticamente non si generano all'aperto, quindi suscitano preoccupazione in campo infrastrutturale solo in riferimento all'atmosfera interna alle lunghe gallerie. Peraltro il gas è chimicamente instabile ed in ambiente non confinato tende a transitare (per ossidazione) in CO₂: dalla figura 1 si evince come in una strada isolata ed in calma di vento la concentrazione è massima intorno all'asse e degrada rapidamente a distanza di poche decine di metri.

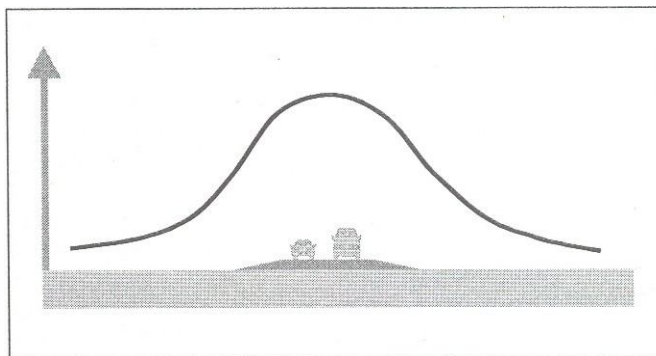


Figura 1 – Concentrazione di CO nella sezione di una strada

- c) Ossidi di azoto (designati nel complesso come NO_x), derivano dall'ossidazione dell'azoto molecolare atmosferico, ad elevate temperatura e pressione ed in eccesso di ossigeno. Quelli prodotti dai motori dei veicoli sono prevalentemente NO ed NO₂ ed in quantità inferiori NO₃, N₂O₃ ed N₂O₄.

Di solito questi composti transitano l'uno nell'altro, secondo meccanismi chimici assai complessi (ed in larga misura tutt'ora incogniti) che si attivano nei circuiti di espulsione e nella libera atmosfera: NO (di limitata tossicità per gli organismi viventi) rappresenta il 90÷95 % del totale degli NO_x sintetizzati nel motore, ma rapidamente subisce un'ossidazione ulteriore, riducendosi ad una concentrazione residua del 25÷35 %; corrispondentemente cresce fino al 60÷70% NO₂, (gas tossico di colore giallo-rosso, dall'odore forte e pungente e con grande potere irritante, nonché ossidante molto reattivo e quindi altamente corrosivo), che inizialmente non superava il 5÷10 %.

Il complesso degli NO_x si presenta come una miscela gassosa di colore bruno (che offusca la visibilità) ed odore pungente: in forti concentrazioni produce gravi irritazioni polmonari alle persone ed agli animali, nonché danni biologici irreversibili a numerose

ed importanti specie vegetali.

- d) Diversi tipi di idrocarburi HC (gassosi o nebulizzati), emessi per evaporazione e per parziale o mancata combustione; fra questi si segnalano per l'intensità del danno prodotto ai ricettori alcuni idrocarburi aromatici (Benzene/Toluene/Xilene, in acronimo BTX), che sono componenti delle benzine commerciali in funzione antidetonante (in Italia la legge 413/97 ne limita il contenuto all'1% in volume). Essi presentano le seguenti caratteristiche:

- Benzene – C₆H₆

È il più semplice dei composti aromatici: si presenta come liquido incolore dal caratteristico odore pungente e diventa irritante a concentrazioni elevate; a temperatura ambiente volatilizza facilmente, è scarsamente solubile in acqua ma è miscibile con alcool, cloroformio e tetracloruro di carbonio. La soglia di concentrazione nell'aria per la percezione olfattiva è di 5 µg/mc (*Air Quality Guidelines for Europe*, WHO 1987), che è anche il valore limite per la protezione della salute fissato dal DM 60 del 02.04.02 (recepimento della Dir. 2000/69/CE).

Estratto per raffinazione dal petrolio, C₆H₆ è anche uno dei componenti di processi industriali (produzione di plastiche, resine, detergenti, pesticidi) oltre che additivo antidetonante nei carburanti. Pertanto la sua presenza nell'aria deriva prevalentemente dai mezzi di trasporto, per evaporazione (15 %) e combustione incompleta (85 %), ma anche da rilasci da impianti chimici.

L'esposizione prolungata al benzene, per inalazione e/o alimentazione e assunzione di liquidi, provoca nell'uomo:

- danni ematologici (anemie, ecc.);
- danni genetici (alterazioni geniche e cromosomiche con effetti mutageni e teratogeni);
- effetto oncogeno certo (gruppo 1 nella classifica della IARC - *International Agency for Research on Cancer*) di tipo leucemico.

Nel campo dei trasporti un risultato importante (circa il 90 % di abbattimento) si ottenne con l'introduzione generalizzata delle marmitte catalitiche, ma ciononostante non può essere ridotta l'attenzione agli effetti sui ricettori sensibili delle emissioni da un tronco stradale, o più ancora agli accumuli in aree urbane congestionate.

- Toluene - C₆H₅CH₃

Noto anche come "etilbenzene", può essere contenuto nella benzina in funzione antidetonante ma è anche la materia prima di partenza per la sintesi del trinitrotoluene (tritoluene o TNT), nonché di molti altri composti chimici tra i quali l'acido benzoico (usato come conservante), il fenolo, il benzene, il caprolattame e la saccarina. La sua soglia di percettibilità olfattiva è compresa tra 0,6 e 263 mg/mc (70,1ppm), ma anche in concentrazioni inferiori è dannoso: a breve termine produce sintomi di stanchezza, nausea, confusione, disturbi alla coordinazione dei movimenti e può portare perfino alla perdita di coscienza; per esposizione prolungata, pur non risultando cancerogeno, danneggia i nervi, i reni e probabilmente anche il fegato.

Non formalmente normato un limite per la sua presenza nell'ambiente esterno, ma l'Organizzazione Mondiale della Sanità suggerisce di non superare 260 mg/mc.

- Xileni – $\text{CH}_2(\text{CH}_3)_2$

Molto meno impiegati nelle benzine in funzione antidetonante, appartengono ad una famiglia di prodotti aromatici di largo impiego industriale:

- L'orto-xilene è un intermedio per la produzione di anidride ftalica, che trova applicazione nel campo dei plastificanti ftalati, delle resine alchiliche e delle resine poliestere insature, dei solventi battericidi, degli erbicidi e dei lubrificanti.
- Il meta-xilene, è usato per produrre acido isoftalico, a sua volta utilizzato nella formulazione del polietilentereftalato (PET), diffusamente impiegato per la produzione di bottiglie in plastica.
- Il para-xilene è fondamentalmente utilizzato per la produzione di acido tereftalico purificato (PTA) e dimetiltereftalato (DMT), adoperati nella realizzazione di fibre e resine poliestere, che poi trovano impiego nel tessile/abbigliamento

- e) Le polveri organiche riferibili all'*automotive* derivano dall'aggregazione di particelle carboniose pirolizzate ed incombuste, che veicolano anche IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici), sali inorganici, composti del piombo e di altri metalli pesanti, sostanze organiche e materiale biologico.

In relazione alla capacità di restare in sospensione in atmosfera o di depositarsi al suolo, a ciascun granulo di polvere si usa assegnare un diametro equivalente, corrispondente a quello di una sfera di uguali massa, volume e velocità di caduta; nelle polveri emesse dai veicoli il diametro equivalente varia di norma fra alcuni nm e qualche centinaio di μm : si assume convenzionalmente il valore di 2.5 μm a separazione della frazione grossolana da quella fine.

Si denomina particolato o aerosol (PM – *Particulate Matter*) l'insieme delle polveri organiche e delle sferule liquide (eccetto l'umidità) presenti nell'atmosfera, non solo con provenienza dal traffico veicolare (~ 50%), ma anche dagli impianti di riscaldamento e da combustioni industriali. La sua caratterizzazione come inquinante si riferisce non solo alla concentrazione (in mg/mc d'aria) ed alla composizione chimica, ma anche alla distribuzione granulometrica, al peso specifico ed alla morfologia prevalente degli elementi che lo compongono.

I granuli delle polveri prodotte per pirolisi nei motori a scoppio inizialmente non superano il diametro di 2 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$); successivamente si attivano processi di aggregazione e di coagulazione superficiale di:

- idrocarburi policiclici;
- poliacetilene, che allo stato naturale è gassoso ed ha rilevanti effetti tossici;
- composti del piombo e di altri metalli.

Alla fine gli elementi aggregati possono raggiungere l'assetto di sferule $\Phi = 0,1 \div 2,5 \mu\text{m}$ (polveri sottili $\text{PM}_{2,5}$) ovvero, attraverso l'ulteriore saldatura stabile di queste, le dimensioni $\Phi = 10 \mu\text{m}$ (particolato grossolano PM_{10}) o maggiori (PMS). La pericolosità di PM_{10} e (più ancora) di $\text{PM}_{2,5}$ è dovuta all'inalazione con occupazione stabile degli alveoli polmonari ed interferenza con l'attività respiratoria dei bronchioli.

Oltre a quelle organiche di cui sopra, in ambiente stradale si producono ulteriori tipologie di polveri:

- per abrasione degli inerti e dagli strati ricoprenti del legante dei conglomerati bituminosi delle pavimentazioni;
- per usura degli organi meccanici dei veicoli e dei battistrada;
- per pompaggio di frazioni sottili inorganiche, a carico delle superfici esposte delle piste e dei piazzali di cantiere (particolarmente quando si presentano asciutte) ad opera delle ruote dei veicoli e dei mezzi d'opera o per trascinarsi eolico (o anche per turbolenza atmosferica indotta dal traffico) dalle scarpate sprovviste di protezione e carenti di umidità.

f) Inquinanti secondari: ozono e smog fotochimico.

Fra i composti in epigrafe assume grande rilievo l'ozono (O_3 =ossigeno triatomico) per i danni che è capace di determinare a livello dell'apparato respiratorio, per riduzione della funzionalità meccanica polmonare (asma) e perfino per alterazioni genetiche della struttura di cellule specifiche.

Derivando da reazioni chimiche nell'ambito di NO_x , idrocarburi e aldeidi, catalizzate prevalentemente dai raggi ultravioletti, la sua produzione è attiva nell'atmosfera, in carenza di altri composti ossidabili, nelle ore diurne (*maxime* dalle 11 alle 13) delle giornate limpide delle stagioni di maggiore insolazione; le sue concentrazioni aumentano, e possono diventare pericolose, in concomitanza con condizioni di alta pressione, assenza di venti al suolo e, quindi, stagnazione dell'aria negli strati bassi dell'atmosfera.

Ulteriori composti secondari, che per la loro comune genesi vengono inclusi in un'unica categoria denominata "smog fotochimico", sono meno influenti per quantità ma altrettanto preoccupanti per gli effetti: si tratta di acido nitrico, di vari idrocarburi ossidati e di nitrati organici (fra cui è prevalente il peroxiacetilnitrato).

Il danno procurato da questa forma d'inquinamento secondario riguarda tanto il sistema atmosferico globale quanto i ricettori direttamente investiti (persone ed oggetti).

Per tutte le altre tipologie di inquinanti sopra richiamate¹ ciascun veicolo costituisce una fonte puntuale di produzione e diffusione nell'ambiente che circonda la strada (area d'influenza ristretta), in ogni regime di moto (perfino a motore spento, quando l'emissione si limita ai gas residui nei circuiti ed agli idrocarburi evaporati).

Nondimeno nei controlli ambientali delle infrastrutture stradali, per il fattore "Atmosfera", si rinuncia ad un'analisi disaggregata al livello di singolo veicolo e si ripiega su schematizzazioni accorpate: un tronco stradale extraurbano isolato, quale è quello di cui ci occupiamo, può ragionevolmente essere considerato una sorgente lineare, a causa degli effetti di turbolenza e mescolamento indotti dal moto dei veicoli. Tuttavia le concentrazioni

¹ In genere nei monitoraggi ambientali delle infrastrutture viarie si trascurava CO_2 , poiché ha effetti solo sul sistema atmosferico planetario (effetto serra), quindi non interessa la singola opera, ma l'industria petrolifera ed automobilistica, nonché la politica dei trasporti.

possono presentarsi sensibilmente variabili lungo le progressive in relazione ai fattori di produzione che saranno esaminati nel seguito; inoltre in alcuni punti, alla distribuzione lineare (di fondo) si possono sommare gli effetti di una maggiore produzione puntuale, collegabile a particolarità dei regimi di flusso veicolare (formazione di code in incroci liberi e semaforizzati e/o barriere autostradali, ecc.) o del corpo viario (portali delle gallerie, sbocchi di loro eventuali camini, ecc.);

La normativa applicabile per il controllo della qualità dell'aria è stata richiamata nel Capitolo 2: essa risponde prevalentemente a direttive UE ed è finalizzata a preservare la salute della popolazione esposta agli effetti dannosi dell'inquinamento indotto da fonti fisse e mobili. Il suo più frequente campo di applicazione è il governo contingente della mobilità in ambito urbano (sospensione temporanea della circolazione veicolare, targhe alterne, ecc.) e la politica dei piani di traffico (sviluppo del trasporto pubblico, zone a traffico limitato e/o controllato, ecc.), ma non è escluso che anche un tronco isolato possa produrre condizioni giudicabili come dannose a qualche ricettore particolarmente sensibile: in tal caso è compito del monitoraggio proporre interventi mitigativi adeguati al caso.

3.2. Fonti specifiche di inquinamento atmosferico in fase di esercizio

Nella fase *Post Operam* di cui si tratta nella presenta relazione, le emissioni di inquinanti gassosi e di polveri sono dovute principalmente a:

- l'emissione di inquinanti connessi al traffico veicolare.

Nel successivo paragrafo 4.2 vengono descritti i parametri di rilievo e le modalità di misura cui si è fatto riferimento nell'esecuzione delle campagne di monitoraggio CO.

4. IMPOSTAZIONE DEL PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE *POST OPERAM* PER IL FATTORE ATMOSFERA (*PMA/A/PO*)

4.1. Attività di monitoraggio ambientale di un'infrastruttura viaria

In riferimento alla realizzazione di un'infrastruttura viaria, il Piano di Monitoraggio Ambientale per la Componente "Atmosfera" (PMA/A), come per gli altri fattori d'interesse, si articola temporalmente in 4 fasi:

- **Ante Operam** (PMA/A/AO), indispensabile per definire la qualità dell'aria nel territorio prima dell'inizio dell'attività di costruzione e dell'apertura dei cantieri;
- **Corso d'Opera** (PMA/A/CO), finalizzato a caratterizzare e controllare l'inquinamento atmosferico indotto nell'ambiente da installazione, esercizio e successivo ripiegamento dei cantieri fissi, nonché dalle attività costruttive lungo il tracciato (cantieri mobili) e dal traffico generato dalle operazioni per la realizzazione dell'opera;
- **Post Operam** (PMA/A/PO), che ha lo scopo di verificare la qualità dell'aria nel territorio, quale risulta dalla commutazione indotta dalla nuova infrastruttura, nonché di verificare l'efficacia delle eventuali opere di mitigazione adottate.
- **Fermo Cantiere** (PMA/A/FC), finalizzato a monitorare la dispersione degli inquinanti connessi alla sospensione delle attività lavorative.

Nel redigere il PMA/A, le tipologie di rilievo e campionamento e la durata della campagna sperimentale in ciascuna fase sono state adeguate al grado di complessità dell'area, nonché all'intensità ed all'ubicazione delle sorgenti di immissioni nocive (fisse ed altre infrastrutture di trasporto) presenti o programmaticamente previste.

Come già illustrato nel paragrafo precedente, in fase Post Operam, di cui si tratta nella presente relazione, le emissioni di inquinanti gassosi e di polveri sono dovute principalmente al traffico veicolare sull'infrastruttura.

Pertanto la campagna di rilevamento prevede misure in corrispondenza dei ricettori individuati nel PMA/A nelle fasce di pertinenza dell'infrastruttura, maggiormente sensibili.

4.2. Parametri di rilievo e modalità delle misure

4.2.1. Premessa

Il PMA/A/PO prevede la misura, nei punti identificati e per le estensioni temporali individuate dal PMA/A dei parametri significativi dell'inquinamento atmosferico e con la strumentazione più moderna che il mercato offre.

Tutta la strumentazione utilizzata è conforme alle normative vigenti, nonché tarata nel biennio antecedente l'esecuzione delle misure e munita di certificato di taratura.

Gli strumenti hanno consentito sia l'esecuzione di misure in continuo per tutto la durata delle singole campagne di monitoraggio.

Giacché i risultati delle misure sono significativamente influenzati e da fenomeni meteorologici concomitanti (pioggia e/o vento), le condizioni atmosferiche sono state rilevate da un'idonea centralina meteo, presente in ciascuna postazione, e corredata di sensori

terminali, annotati nei *files* delle registrazioni e correttamente considerati in fase di post-elaborazione.

Nel posizionamento della centralina in ciascuna postazione si è avuta cura di adeguarsi rigorosamente alla norma; l'operatore, prima di allestire la strumentazione all'interno di una proprietà privata, ha concordato con gli occupanti le modalità della sperimentazione e ne ha richiesto l'appoggio logistico. In base alla durata prevista per la misura, è stato adeguatamente dimensionato il sistema di alimentazione dello strumento, provvedendo all'allacciamento alla rete elettrica.

Prima di iniziare la misura, si è provveduto alla calibrazione speditiva dello strumento, come previsto dalla normativa, ed alla documentazione fotografica della postazione allestita, avendo cura di inquadrare sia l'apparecchiatura sia il ricettore.

All'avvio, si è annotato l'istante d'inizio della misura e si è impostato conseguentemente nella strumentazione il giorno e l'ora previsti per il termine del rilievo. Prima di ripiegare la postazione di rilevamento, l'operatore ha consultato i dati registrati dal software per verificarne il corretto funzionamento della strumentazione.

Tutte le informazioni raccolte sono state annotate sul posto in un rapporto sommario che è stato utilizzato per la scheda di misura. In allegato alla presente relazione si riportano i rapporti di misura compilati, che contengono anche le seguenti informazioni complementari:

- denominazione del ricettore e relativi parametri identificativi (coordinate georeferenziate e/o indirizzo ecc);
- fotografie del punto di misura;
- tipo e caratteristiche di eventuali sorgenti di inquinanti influenti sul punto di monitoraggio;
- caratteristiche del territorio circostante (ostacoli, presenza e tipologia di vegetazione, ecc.);
- traffico su altre infrastrutture o impianti industriali interagenti;
- descrizione di eventuali anomalie;
- parametri metereologici.

Nell'attuazione del PMA/A/PO sono eseguite da tecnici competenti ed abilitati tutte le seguenti attività per il monitoraggio, sia in campo che in *back-office*:

- posizionamento e smontaggio della strumentazione;
- esecuzione dei rilievi;
- redazione delle schede di misura;
- redazione delle relazioni di fase di monitoraggio per la componente.

4.2.2. Monitoraggio degli inquinanti gassosi

Biossido di zolfo SO₂

Il principio di funzionamento dello strumento di misura è la fluorescenza UV, basato sul principio secondo il quale, quando le molecole di SO₂ contenute nel campione vengono eccitate da radiazioni ultraviolette, emettono una caratteristica radiazione di fluorescenza. La misurazione dell'intensità di tale fluorescenza è direttamente proporzionale alla concentrazione di SO₂ presente nel campione.

❑ Monossido di carbonio CO

Il riferimento normativo per il campionamento dell'ozono è costituito dalla UNI EN 14626:2012 "Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di monossido di carbonio mediante spettroscopia a raggi infrarossi non dispersiva".

Tale metodo di misura, che prevede l'impiego dello spettrofotometro IR non dispersivo, si basa sull'assorbimento da parte del monossido di carbonio di radiazioni IR intorno a 4.600 nm.

Lo strumento è costituito dalle seguenti componenti:

- una cella di misura;
- una cella di riferimento;
- un rilevatore specifico per le radiazioni assorbite dal monossido di carbonio;
- un amplificatore di segnale;
- un sistema pneumatico comprendente una pompa;
- un misuratore e regolatore di portata;
- i dispositivi per la eliminazione delle interferenze e da un sistema di registrazione.

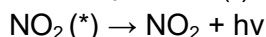
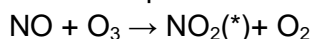
Il rilevatore misura la differenza qualitativa tra la radiazione che emerge dalla cella di misura e quella della cella di riferimento che non assorbe radiazioni IR. La variazione di intensità della radiazione è proporzionale alla concentrazione del monossido di carbonio.

❑ Ossidi di azoto (NO_x, NO, NO₂)

La misurazione degli ossidi di Azoto si basa sul principio della chemiluminescenza.

In sostanza l'ozono proveniente da un generatore integrato attraversa la camera di reazione dove è presente il campione da misurare. Le molecole di NO, assieme a quelle di O₃, danno luogo alla formazione di una molecola di biossido di azoto allo stato eccitato che, riportandosi allo stato fondamentale, emette una radiazione luminosa caratteristica, la cui intensità, proporzionale alla concentrazione di NO nel campione, viene filtrata e successivamente convertita in segnale elettrico da un tubo fotomoltiplicatore.

La reazione chimica di base è del tipo:



La misura di NO_x (NO + NO₂) viene effettuata facendo passare ciclicamente il campione in un convertitore catalitico che riduce tutto l'NO₂ in NO. Il contenuto di biossido di azoto viene ottenuto per differenza tra la misura degli ossidi di azoto totali (NO_x), somma del contenuto nel campione di aria e di quello proveniente dalla riduzione del biossido di azoto, e quella del solo ossido di azoto.

❑ Ozono O₃

Il riferimento normativo per il campionamento dell'ozono è costituito dalla UNI EN 14625:2012 "Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di ozono mediante fotometria ultravioletta".

Il principio di funzionamento su cui si basa la misura è l'assorbimento UV non dispersivo a flusso modulato incrociato; il metodo sfrutta la proprietà dell'ozono di assorbire

radiazioni nel campo dell'ultravioletto: pertanto l'intensità della radiazione non assorbita è proporzionale alla concentrazione dell'ozono nel campione.

Benzene/Toluene/Xilene – BTX

Il riferimento normativo per il campionamento è costituito dalla UNI EN 14662:2005, parti 1, 2, 3, "Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione del benzene".

Il metodo si basa sul principio di misura della gascromatografia.

Il monitoraggio avviene mediante strumentazione automatica (analizzatore BTEX) che effettua il campionamento dell'aria ambiente con frequenza oraria e successiva analisi gascromatografica o mediante campionamento dell'aria su fiale di carbone per un periodo di 24 h, successivo desorbimento chimico o termico del campione raccolto e infine analisi gascromatografica da realizzarsi in laboratorio.

4.2.3. Monitoraggio degli inquinanti particellari

Polveri totali sospese (PTS)

Il campionamento delle PMS si svolge secondo le specifiche previste dal DPCM 28.03.83 App. 2, modificato dal DPR 20.03.88 All. 4 punto B.

Le particelle in sospensione si raccolgono su di un filtro a membrana o in fibra di vetro per una durata di 24 ore, nel corso delle quali il filtro è protetto dalla sedimentazione diretta delle particelle e dall'influsso delle condizioni atmosferiche.

Il campionatore è costituito da:

- un filtro, con efficienza superiore al 99% per la particelle aventi un diametro aerodinamico di 0,3 μm ;
- un supporto di filtrazione;
- una pompa;
- un contatore volumetrico.

La determinazione della concentrazione delle PMS, si effettua per pesatura su una bilancia analitica, prima e dopo il campionamento, dei filtri condizionati per 2 ore a temperatura compresa fra 90°C e 100°C; il peso totale ottenuto sarà normalizzato al volume di aria campionata (corretto in base alla contingente temperatura e pressione atmosferica).

Polveri PM₁₀ e PM_{2,5}

Il D.lgs. 155/2010 stabilisce che il metodo di riferimento per l'analisi del PM₁₀, secondo la Norma UNI EN 12341:2014, è il metodo gravimetrico (o metodo equivalente) da applicarsi su un campione ottenuto per aspirazione dell'aria per 24 ore a valle di una testa di selezione opportunamente realizzata. Il D.lgs. 155/2010 stabilisce altresì che il metodo di riferimento per l'analisi del PM_{2,5} è il metodo gravimetrico da applicarsi secondo la Norma UNI EN 14907 adesso sostituita dalla UNI EN 12341:2014, su un campione ottenuto sempre per aspirazione dell'aria per 24 ore a valle di una testa di selezione opportunamente realizzata.

Allo scopo di disporre di valori medi su base oraria, indicativi dell'andamento nel tempo della concentrazione di particolato, l'analizzatore automatico sarà in grado di effettuare misure in tempo reale, la catena strumentale è composta come segue:

- testa di prelievo rispondente alla norma UNI EN 12341
- analizzatore automatico in grado di fornire valori in continuo basato sul metodo nefelometrico;
- verifica della misura.

Nel corso della misura automatica, il campione d'aria viene aspirato in continuo attraverso una testa di prelievo realizzata secondo la norma UNI EN 12341, in grado di selezionare le polveri con diametro aerodinamico inferiore ai 10 μm con una efficienza del 50%.

Successivamente avviene il passaggio all'interno dell'analizzatore dove si effettua la misura nefelometrica: il campione entra in una camera dove un fascio luminoso è diffuso in funzione della quantità di particolato presente. L'entità della diffusione è rilevata da un fotomoltiplicatore e quindi convertita in valore di concentrazione.

Per la determinazione del PM_{10} e $\text{PM}_{2,5}$ la strumentazione utilizzata è conforme alla UNI EN 12341 che utilizza il metodo nefelometrico associato al metodo di misura assorbimento Raggi Beta. Esso è riconosciuto dalla normativa tecnica come "metodo equivalente" al metodo standard di riferimento e, al contempo è in grado di fornire valori medi su base oraria.

L'analizzatore di particolato è in grado di fornire misure in tempo reale mediante l'uso dell'attenuazione beta. Lo strumento effettua un monitoraggio in continuo del campione di ingresso.

Il particolato contenuto nel campione di ingresso si deposita su di un filtro a nastro e viene direttamente analizzato dal rilevatore di raggi beta generati dalla sorgente al Carbonio-14 (C-14). Viene inoltre tenuta conto l'interferenza provocata dalla radiazione del gas Radon presente in natura (Rn-222) in modo da migliorare la sensibilità alle basse concentrazioni di particolato. Il sistema completo di misura del particolato è composto dalle seguenti parti:

Unità centrale;

Testa di campionamento (PM_{10} e $\text{PM}_{2,5}$);

Riscaldamento dinamico dello stelo;

Pompa di campionamento;

Sensoristica esterna per rilevazione della temperatura e dell'umidità relativa;

Unità interna per la memorizzazione dei dati e porte di comunicazione.

Metalli nel corpo del particolato

L'analisi è condotta secondo quanto previsto dal DLG n.155 del 13.08.10 in cui si stabilisce che:

- per il piombo - Allegato VI paragrafo A.3 -, il campionamento si effettua con le stesse specifiche del PM_{10} (UNI EN 12341:2014), mentre la misurazione si esegue nel rispetto della UNI EN 14902:2005.

- per Cadmio, Arsenico e Nichel - Allegato VI paragrafo A.9 – per campionamento e misurazione si prescrive l'applicazione della UNI EN 14902:2005 “Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione di Pb, Cd, As e Ni nella frazione PM₁₀ del particolato in sospensione”.
- per il mercurio - Appendice X - il campionamento e la misura si effettuano, mediante rimozione con processo di amalgamazione con l'oro.

IPA nel corpo del particolato

Per la misurazione del Benzo(a)pirene si applica il metodo previsto dall'allegato VII del decreto del Ministro dell'ambiente 25.11.94 o il metodo previsto dalla norma ISO 12884:2000.a

Si opera sul campione di PM₁₀, estratto per la sua determinazione, per trattamento chimico (cromatografia HPLC per il B(a)P) e spettrometria di assorbimento atomico.

4.2.4. Stazione meteorologica

La stazione meteorologica è costituita da un insieme di sensori per il rilievo continuo dei seguenti parametri:

- Temperatura (TA)
 - sensore schermato e ventilato
 - campo di misura: -50/+70 °C
 - accuratezza: 0,2 °C
- Umidità Relativa (UR)
 - sensore schermato e ventilato
 - campo di misura: 10/95 %
 - accuratezza: ± 3 %
- Pioggia Caduta (PC)
 - sensore riscaldato
 - risoluzione: 0,2 mm/impulso
- Direzione del Vento (DV)
 - sensore riscaldato
 - campo di misura: 0/358 gradi
- Velocità del Vento (VV)
 - sensore riscaldato
 - campo di misura: 0/50 m/s
 - accuratezza: 0,25 m/s.
- Pressione (P)
 - campo di misura: 880/1080 hPa
 - risoluzione: 0,1 hPa.

5. MISURAZIONI ESEGUITE IN FASE DI POST OPERAM

Nella seguente tabella sono elencati ed opportunamente georeferenziati i punti relativi al monitoraggio della componente "Atmosfera" in fase *Post Operam* (PMA/A/PO), nell'ambito dell'opera denominata S.S. 318 Pianello-Valfabbrica.

LOTTO SS 318				
Codice punto	Coordinate		Opera	Prog.
	Latitudine	Longitudine		
ATM 01	43°08.109'N	12°31.452'E	Uscita Pianello	5+500
ATM 02	43°08.4,92'N	12°31.43,90''E	Campo Base Pianello	5+800
ATM 03	43°08.352'N	12°32.645'E	Galleria S. Gregorio	7+100
ATM 04	43°08.689'N	12°33.667'E	Galleria della Donna	8+700
ATM 05	43°08.695'N	12°33.810'E	Galleria della Donna	8+900
ATM 06	43°09.467'N	12°35.304'E	Svincolo Valfabbrica	11+400
ATM 07BIS	43°10'21.37''N	12°36'13.06''E	Vaidotto del Ranco	11+750

Non è superfluo ribadire che il numero di punti di monitoraggio e la relativa localizzazione sono stati fissati e giustificati nel Piano di Monitoraggio Ambientale per il fattore "Atmosfera" (PMA/A), anche in funzione della futura ubicazione delle aree di cantiere e della rete di viabilità a servizio dei mezzi operativi e di trasporto.

Le attività di misura in fase *Post Operam* sono state eseguite rilevando - in ogni punto di monitoraggio - parametri di qualità dell'aria, meteorologici e di inquadramento territoriale, poi raccolti in documenti denominati "schede di monitoraggio" di cui si dirà nel paragrafo successivo.

Durante le attività di misura sono stati rilevati i principali descrittori della qualità dell'aria, cioè la presenza e la consistenza degli inquinanti presenti illustrati nel precedente paragrafo 4.2.

6. SCHEDE DI MONITORAGGIO

Per ogni punto monitorato durante le fasi di rilevamento sono state compilate schede che raccolgono informazioni utili alla identificazione e descrizione del punto stesso, allo scopo di avere un valido strumento per eseguire idonee considerazioni sui risultati delle attività di monitoraggio.

Dette schede riportano notizie relative a:

- dati identificativi (codice, coordinate, tipologia di misura ecc);
- stralcio cartografico per identificare l'ubicazione del recettore;
- dati di localizzazione geografica;
- caratteristiche del recettore;
- principali sorgenti di fattori inquinanti dell'aria che interessano il recettore;
- tipologia area tra recettore e sorgente esaminata;
- descrizione area tra recettore e sorgente esaminata;
- descrizione rilievo eseguito (data, ora, condizioni meteo, strumentazione ecc.);
- personale impiegato;
- documentazione fotografica per testimoniare l'ubicazione della strumentazione in fase di registrazione del segnale;
- eventuali note alle misure.

Nella presente relazione sono riportati i dati inseriti nelle schede di monitoraggio relative ad ogni recettore monitorato nel corso della PMA/A/PO.

7. SINTESI DEI DATI RACCOLTI DURANTE LE PRECEDENTI CAMPAGNE DI MONITORAGGIORISULTATI DELLE MISURAZIONI

Nei seguenti paragrafi vengono messi a confronto i valori delle massime concentrazione medie orarie degli inquinanti, rilevati nel corso della campagna di monitoraggio AO, di Fermo di Cantiere e CO, con quelli rilevati durante l'intera fase di *Post Operam*.

Tenuto conto che alla data di esecuzione delle analisi *Ante Operam* i lavori sul tratto Pianello – Valfabbrica erano già iniziati, in alcuni casi si provvede ad individuare punti di monitoraggio equivalenti per morfologia, esposizione e composizione vegetazionale, ovvero con caratteristiche simili a quelli previsti in PMA/A, ma per i quali le misure non sarebbero state influenzate dalla presenza di lavorazioni.

Tali punti ausiliari, contraddistinti dal suffisso *_AUX*, furono quindi assimilati a quelli individuati dal PMA. Anche in questa sede, pertanto, si ritiene di poter utilizzare i suddetti punti ausiliari per mettere a confronto i livelli dei principali inquinanti atmosferici rilevati in fase AO, FC, CO e PO.

7.1. ATM_01

In corrispondenza del punto in esame sono state eseguite :

- n° 1 campagna di monitoraggio in *Ante Operam*;
- n° 6 campagne di monitoraggio in Corso d'Opera;
- nessuna campagna di monitoraggio in fase di Fermo Cantieri;
- n° 1 campagna di monitoraggio in *Post Operam*;

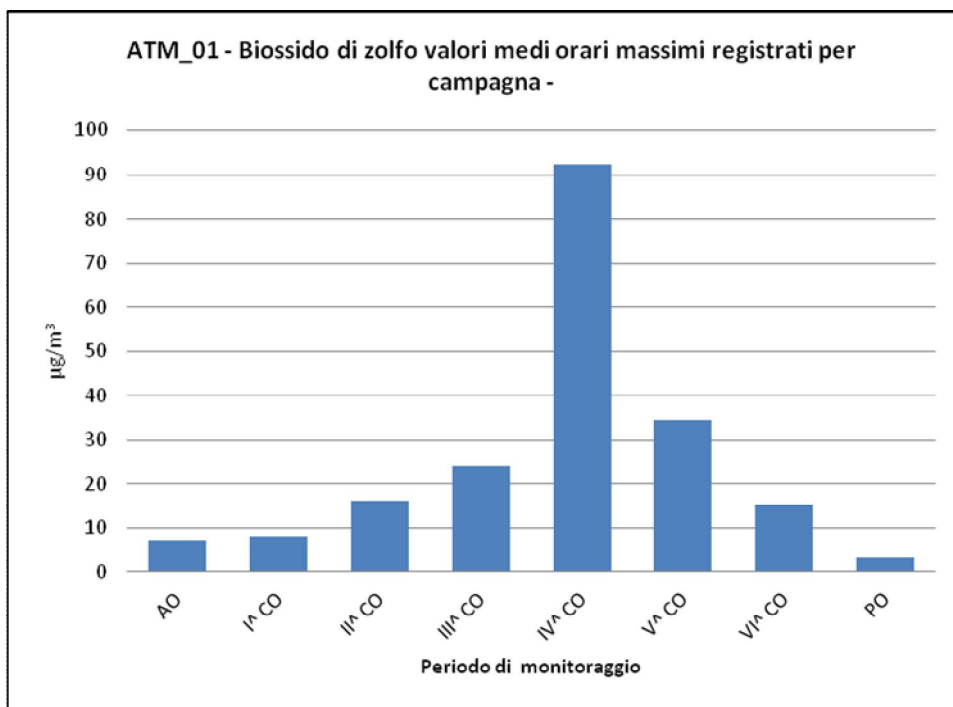
Nelle tabelle e nei grafici sottostanti, si riportano i massimi livelli di concentrazione riscontrati, per ciascun inquinante, nell'ambito di ogni campagna di monitoraggio.

Parametro monitorato	ATM_01 campagna AO		ATM_01 I^ campagna CO		ATM_01 II^ campagna CO	
	valore	Giorno	valore	Giorno	valore	Giorno
CO	1,11 µg/m ³	03/11/2012	0,96 µg/m ³	18/11/2014	0,79 µg/m ³	23/02/2015
NO	24,50 µg/m ³	03/11/2012	19,39 µg/m ³	20/11/2014	14,24 µg/m ³	19/02/2015
NO ₂	14,90 µg/m ³	03/11/2012	61,35 µg/m ³	20/11/2014	59,31 µg/m ³	20/02/2015
NO _x	45,90 µg/m ³	03/11/2012	77,64 µg/m ³	20/11/2014	66,21 µg/m ³	20/02/2015
O ₃	71,00 µg/m ³	01/11/2012	60,23 µg/m ³	17/11/2014	83,97 µg/m ³	20/02/2015
SO ₂	7,25 µg/m ³	02/11/2012	8,17 µg/m ³	16/11/2014	16,17 µg/m ³	22/02/2015
Benzene	0,16 µg/m ³	02/11/2012	2,58 µg/m ³	18/11/2014	9,61 µg/m ³	20/02/2015
Toulene	0,33 µg/m ³	03/11/2012	14,21 µg/m ³	19/11/2014	4,69 µg/m ³	20/02/2015
Xileni	0,21 µg/m ³	03/11/2012	10,66 µg/m ³	19/11/2014	8,89 µg/m ³	22/02/2015

PM ₁₀	39,67 µg/m ³	30/10/2012	17,04 µg/m ³	20/11/2014	39,55 µg/m ³	20/02/2015
PM _{2.5}	16,05 µg/m ³	03/11/2012	18,52 µg/m ³	20/11/2014	33,04 µg/m ³	20/02/2015
Parametro monitorato	ATM_01 III^ campagna CO		ATM_01 IV^ campagna CO		ATM_01 V^ campagna CO	
	valore	Giorno	valore	Giorno	valore	Giorno
CO	0,67 µg/m ³	28/10/2015	0,32 µg/m ³	15/02/2016	0,36 µg/m ³	13/04/2016
NO	14,78 µg/m ³	28/10/2015	36,13 µg/m ³	09/02/2016	8,26 µg/m ³	11/04/2016
NO ₂	29,38 µg/m ³	26/10/2015	54,52 µg/m ³	11/02/2016	32,15 µg/m ³	17/04/2016
NO _x	43,76 µg/m ³	28/10/2015	95,65 µg/m ³	09/02/2016	41,35 µg/m ³	11/04/2016
O ₃	46,17 µg/m ³	23/10/2015	77,72 µg/m ³	10/02/2016	104,09 µg/m ³	17/04/2016
SO ₂	24,14 µg/m ³	29/10/2015	92,43 µg/m ³	11/02/2016	34,45 µg/m ³	12/04/2016
Benzene	2,66 µg/m ³	28/10/2015	3,23 µg/m ³	13/02/2016	2,51 µg/m ³	17/04/2016
Toulene	21,66 µg/m ³	27/10/2015	1,68 µg/m ³	13/02/2016	4,09 µg/m ³	12/04/2016
Xileni	48,18 µg/m ³	28/10/2015	7,82 µg/m ³	13/02/2016	10,75 µg/m ³	12/04/2016
PM ₁₀	27,25 µg/m ³	28/10/2015	23,59 µg/m ³	09/02/2016	31,82 µg/m ³	13/04/2016
PM _{2.5}	21,15 µg/m ³	28/10/2015	17,96 µg/m ³	09/02/2016	26,84 µg/m ³	13/04/2016
Parametro monitorato	ATM_01 VI^ campagna CO		ATM_01 campagna PO			
	valore	Giorno	valore	Giorno		
CO	0,81 µg/m ³	20/07/2016	0,64 µg/m ³	06/04/2017		
NO	4,88 µg/m ³	20/07/2016	11,45 µg/m ³	06/04/2017		
NO ₂	45,82 µg/m ³	13/07/2016	31,37 µg/m ³	05/04/2017		
NO _x	51,12 µg/m ³	13/07/2016	35,23 µg/m ³	06/04/2017		
O ₃	55,49 µg/m ³	18/07/2016	113,44 µg/m ³	11/04/2017		
SO ₂	15,31 µg/m ³	20/07/2016	3,50 µg/m ³	10/04/2017		
Benzene	1,71 µg/m ³	16/07/2016	2,30 µg/m ³	08/04/2017		
Toulene	15,06 µg/m ³	27/10/2015	3,53 µg/m ³	08/04/2017		
Xileni	31,93 µg/m ³	28/10/2015	4,50 µg/m ³	08/04/2017		
PM ₁₀	22,35 µg/m ³	28/10/2015	16,15 µg/m ³	06/04/2017		
PM _{2.5}	12,21 µg/m ³	28/10/2015	11,68 µg/m ³	12/04/2017		

7.1.1. Biossidi di zolfo – SO₂

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.

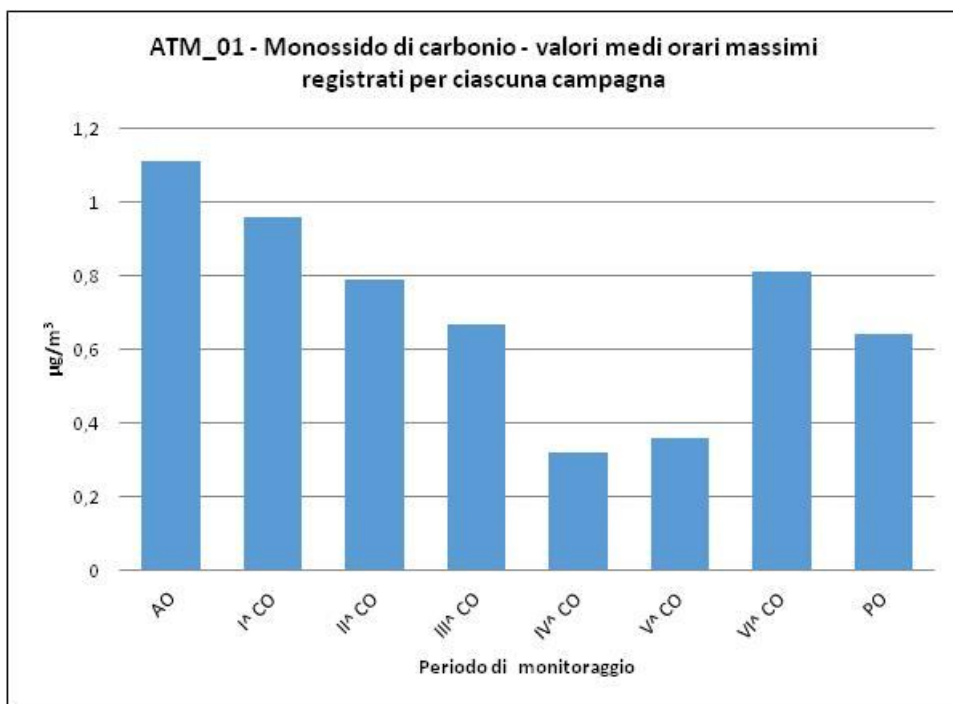


La concentrazione dell'inquinante presenta, in *Post Operam*, valori inferiori a quelli rilevati sia in AO che in CO.

Tutti i valori registrati sono inferiori al valore limite fissato dal D.Lgs.155/10 pari a 350 µg/m³

7.1.2. Monossido di carbonio – CO

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.

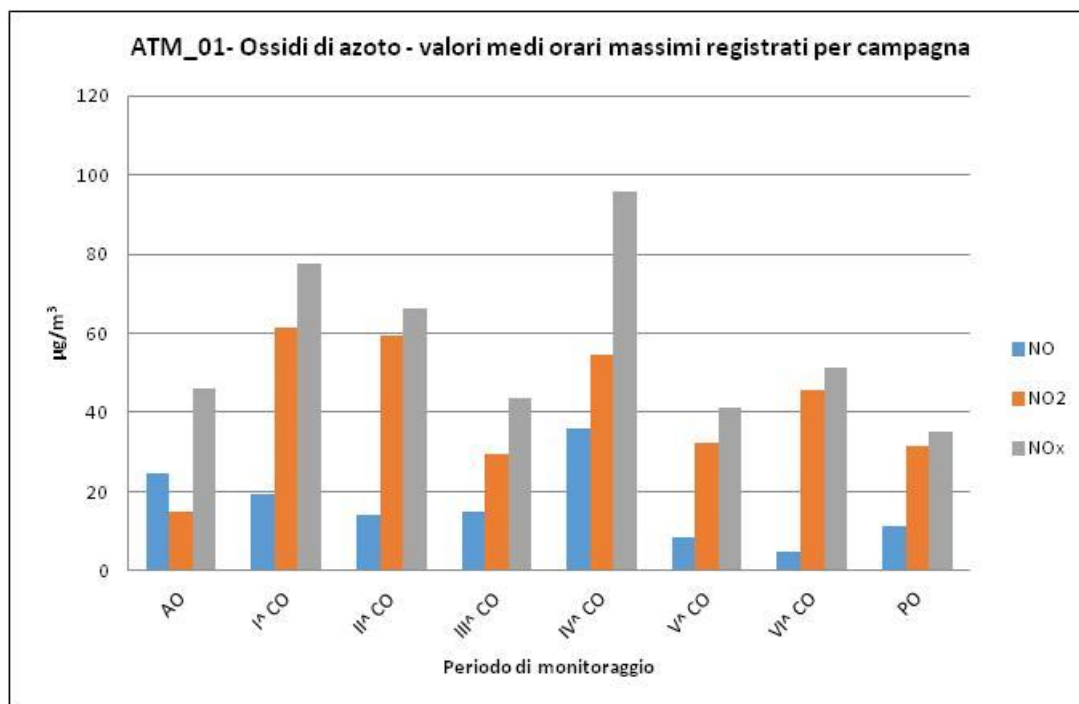


La concentrazione dell'inquinante mantiene, in PO livelli inferiori rispetto a quelli registrati sia *Ante Operam*, che nella maggior parte delle campagne CO.

I livelli di concentrazione del CO e pertanto del COmob, ovvero la media mobile sulle 8 ore dell'inquinante CO, così come richiesta dalla legge, risultano sempre inferiori al limite massimo di attenzione previsto del D.Lgs.155/10 (10 mg/m^3).

7.1.3. Ossidi di azoto – (NO_2 , NO, NO_x)

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.

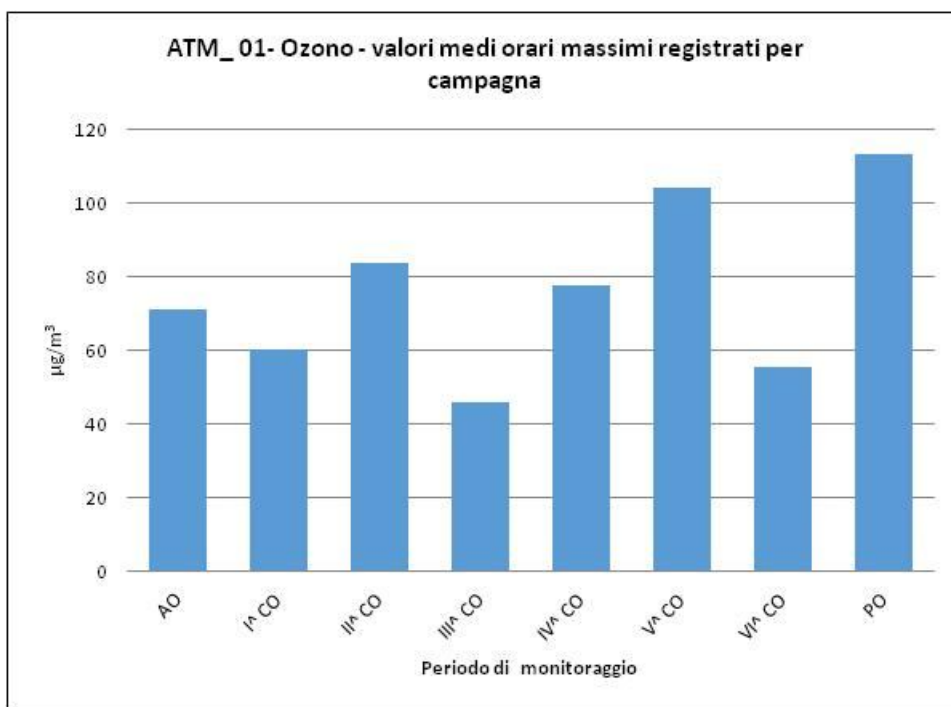


La concentrazione degli inquinanti subisce, un decremento rispetto a quanto mediamente rilevato in Corso d'Opera.

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie di NO_2 sono inferiori al valore limite fissato dal D.Lgs.155/10 ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

7.1.4. Ozono – O_3

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.



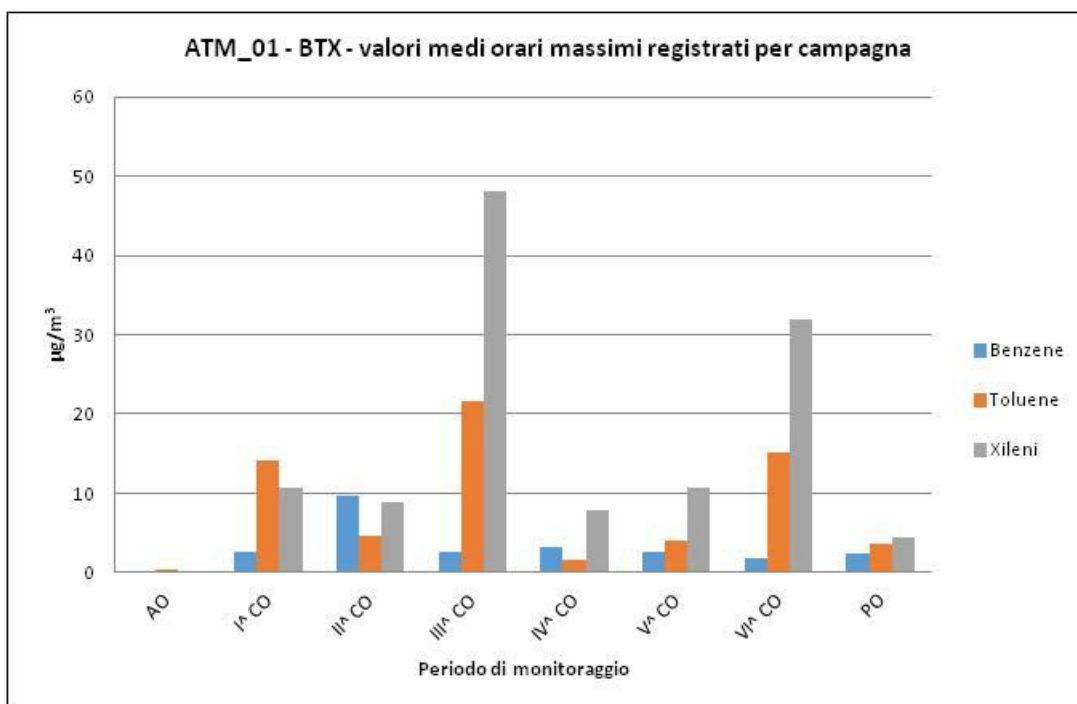
La concentrazione dell'inquinante registra, in *Post Operam*, livelli non particolarmente dissimili rispetto a quelli dell'*Ante Operam* e del *Corso d'Opera*.

L'andamento dell'inquinante è fortemente influenzato dalla situazione meteo climatica ed , in particolare, dalle temperature ed insolazione.

I dati rilevati nel corso delle attività di monitoraggio evidenziano che i livelli di ozono si mantengono sempre inferiori al livello di attenzione (180 µg/m³ D.Lgs.155/10).

7.1.5. BTX – (Benzene, Toluene, Xileni)

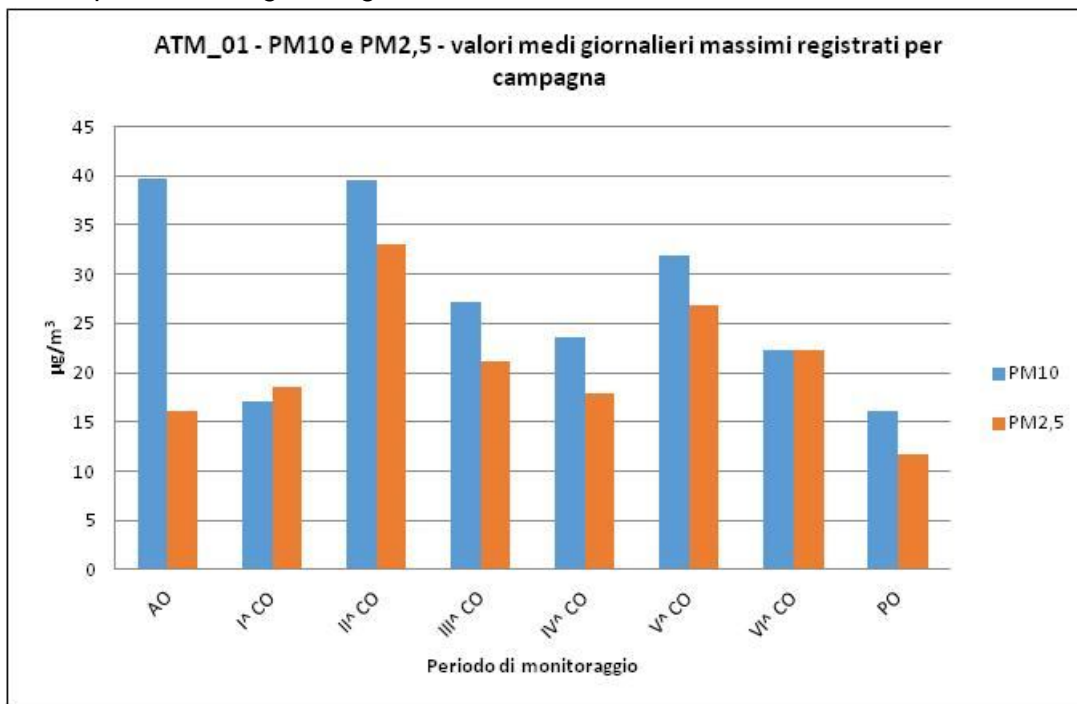
I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.



L'andamento degli inquinanti subisce, un decremento rispetto a quanto registrato in CO. La concentrazione rilevata per il benzene, si mantiene sempre all'interno dei limiti di legge previsti dal D.Lgs.155/10, che, per prevenire effetti nocivi sulla salute, prescrive che il limite della media annuale sia pari a $5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$

7.1.6. Polveri

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.



Le concentrazioni degli inquinanti registrano un decremento rispetto a quanto rilevato in *Ante Operam* e Corso d'Opera.

Il D.L.155/2010 prescrive quale limite del PM_{10} , per la protezione della salute umana, il valore di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ che non deve essere superato per più di 35 volte nell'anno solare.

Le indagini condotte sul punto in esame non hanno fatto rilevare alcun superamento di tale limite per il PM_{10} , mentre l'andamento generale dell'inquinante $\text{PM}_{2,5}$, si mantiene sempre all'interno dei dettami di legge previsti dal D.Lgs.155/10, che per prevenire effetti nocivi sulla salute prescrive che il limite della media annuale sia pari a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$

7.2. ATM_02

In corrispondenza del punto in esame sono state eseguite :

- n° 1 campagna di monitoraggio in *Ante Operam*;
- n° 6 campagne di monitoraggio in Corso d'Opera;

- n° 1 campagna di monitoraggio in fase di Fermo Cantieri;
- n° 1 campagna di monitoraggio in *Post Operam*.

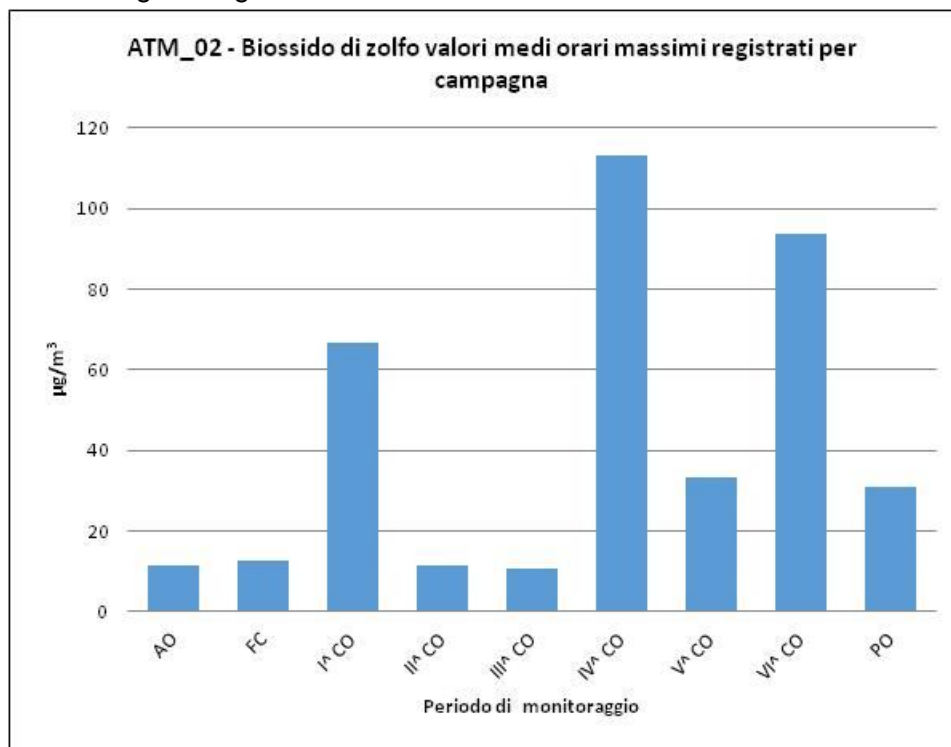
Nelle tabelle e nei grafici sottostanti, si riportano i massimi livelli di concentrazione riscontrati, per ciascun inquinante, nell'ambito di ogni campagna di monitoraggio.

Parametro monitorato	ATM_02 campagna AO		ATM_02 campagna FC		ATM_02 I^ campagna CO	
	valore	Giorno	valore	Giorno	valore	Giorno
CO	0,94 µg/m ³	11/11/2012	0,39 µg/m ³	13/09/2014	1,15 µg/m ³	22/11/2014
NO	11,50 µg/m ³	07/11/2012	12,78 µg/m ³	15/09/2014	66,50 µg/m ³	26/11/2014
NO ₂	7,10 µg/m ³	07/11/2012	23,34 µg/m ³	13/09/2014	55,26 µg/m ³	26/11/2014
NO _x	22,50 µg/m ³	07/11/2012	34,84 µg/m ³	15/09/2014	134,55 µg/m ³	26/11/2014
O ₃	74,50 µg/m ³	11/11/2012	104,86 µg/m ³	15/09/2014	53,13 µg/m ³	22/11/2014
SO ₂	2,80 µg/m ³	11/11/2012	8,95 µg/m ³	15/09/2014	9,13 µg/m ³	24/11/2014
Benzene	0,33 µg/m ³	14/11/2012	0,44 µg/m ³	06/05/2014	5,40 µg/m ³	22/11/2014
Toulene	0,16 µg/m ³	07/11/2012	1,04 µg/m ³	15/09/2014	11,46 µg/m ³	26/11/2014
Xileni	0,11 µg/m ³	07/11/2012	6,01 µg/m ³	14/09/2014	11,88 µg/m ³	27/11/2014
PM ₁₀	42,58 µg/m ³	07/11/2012	15,75 µg/m ³	15/09/2014	56,48 µg/m ³	26/11/2014
PM _{2.5}	18,43 µg/m ³	10/11/2012	10,18 µg/m ³	15/09/2014	39,16 µg/m ³	26/11/2014
Parametro monitorato	ATM_02 II^ campagna CO		ATM_02 III^ campagna CO		ATM_02 IV^ campagna CO	
	valore	Giorno	valore	Giorno	valore	Giorno
CO	0,74 µg/m ³	13/02/2015	0,49 µg/m ³	02/05/2015	0,64 µg/m ³	21/02/2016
NO	20,56 µg/m ³	11/02/2015	12,84 µg/m ³	04/05/2015	31,46 µg/m ³	22/02/2016
NO ₂	47,90 µg/m ³	13/02/2015	29,20 µg/m ³	30/04/2015	49,13 µg/m ³	20/02/2016
NO _x	74,97 µg/m ³	13/02/2015	42,45 µg/m ³	28/04/2015	82,30 µg/m ³	22/02/2016
O ₃	82,23 µg/m ³	17/02/2015	97,16 µg/m ³	01/05/2015	76,74 µg/m ³	19/02/2016
SO ₂	11,54 µg/m ³	17/02/2015	10,47 µg/m ³	29/04/2015	113,25 µg/m ³	21/02/2016
Benzene	3,73 µg/m ³	12/02/2015	0,58 µg/m ³	28/04/2015	2,65 µg/m ³	22/02/2016
Toulene	3,25 µg/m ³	13/02/2015	1,38 µg/m ³	28/04/2015	2,86 µg/m ³	27/02/2016
Xileni	10,07 µg/m ³	17/02/2015	3,87 µg/m ³	28/04/2015	10,76 µg/m ³	27/02/2016
PM ₁₀	30,10 µg/m ³	13/02/2015	18,30 µg/m ³	29/04/2015	33,52 µg/m ³	24/02/2016
PM _{2.5}	22,86 µg/m ³	13/02/2015	11,18 µg/m ³	30/04/2015	27,41 µg/m ³	24/02/2016
Parametro monitorato	ATM_02 V^ campagna CO		ATM_02 VI^ campagna CO		ATM_02 campagna PO	
	valore	Giorno	valore	Giorno	valore	Giorno
CO	0,25 µg/m ³	11/04/2016	0,36 µg/m ³	19/07/2016	0,54 µg/m ³	07/04/2017
NO	55,78 µg/m ³	18/04/2016	10,21 µg/m ³	14/07/2016	12,72 µg/m ³	06/04/2017

NO ₂	58,71	µg/m ³	18/04/2016	97,49	µg/m ³	13/07/2016	54,53	µg/m ³	12/04/2017
NO _x	144,05	µg/m ³	18/04/2016	102,19	µg/m ³	13/07/2016	64,62	µg/m ³	07/04/2017
O ₃	76,54	µg/m ³	17/04/2016	133,69	µg/m ³	18/07/2016	62,02	µg/m ³	11/04/2017
SO ₂	33,30	µg/m ³	14/04/2016	93,72	µg/m ³	19/07/2016	30,72	µg/m ³	09/04/2017
Benzene	0,82	µg/m ³	15/04/2016	0,71	µg/m ³	19/07/2016	1,04	µg/m ³	05/04/2017
Toulene	6,52	µg/m ³	16/04/2016	0,92	µg/m ³	19/07/2016	1,86	µg/m ³	10/04/2017
Xileni	15,34	µg/m ³	16/04/2016	10,28	µg/m ³	19/07/2016	16,47	µg/m ³	09/04/2017
PM ₁₀	49,83	µg/m ³	11/04/2016	19,03	µg/m ³	14/07/2016	34,97	µg/m ³	05/04/2017
PM _{2.5}	35,15	µg/m ³	18/04/2016	0,36	µg/m ³	19/07/2016	18,76	µg/m ³	05/04/2017

7.2.1. Biossidi di zolfo – SO₂

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.

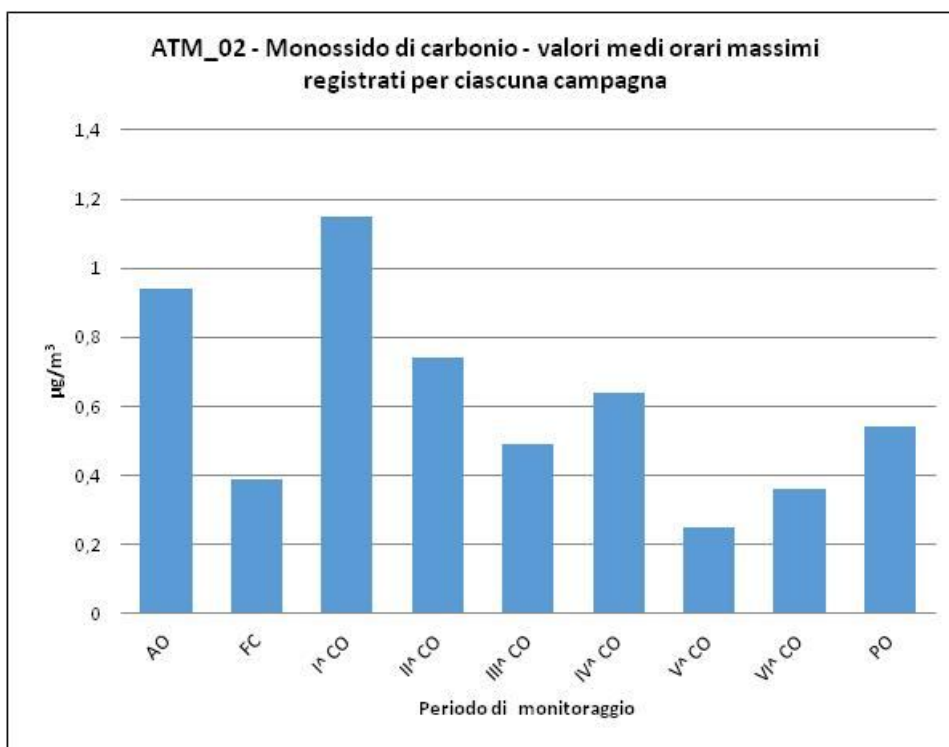


La concentrazione dell'inquinante presenta valori inferiori alla maggior parte delle campagne CO.

Tutti i valori registrati risultano inferiori al valore limite fissato dal D.Lgs.155/10 pari a 350 µg/m³

7.2.2. Monossido di carbonio – CO

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.

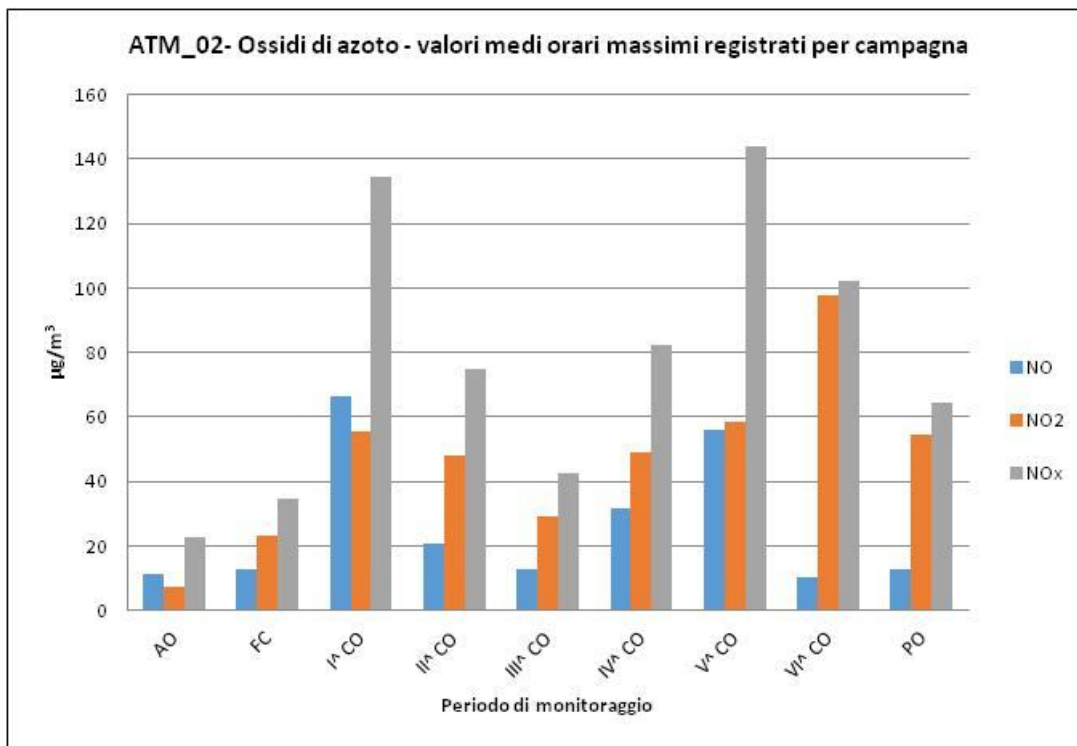


L'andamento dell'inquinante mantiene, in PO livelli non dissimili rispetto a quelli registrati in *Ante Operam* e Corso D'Opera.

I livelli di concentrazione del CO e pertanto del CO_{mob}, ovvero la media mobile sulle 8 ore dell'inquinante CO, così come richiesta dalla legge, risultano sempre inferiori al limite massimo di attenzione previsto del D.Lgs.155/10 (10 mg/m³).

7.2.3. Ossidi di azoto – (NO₂, NO, NO_x)

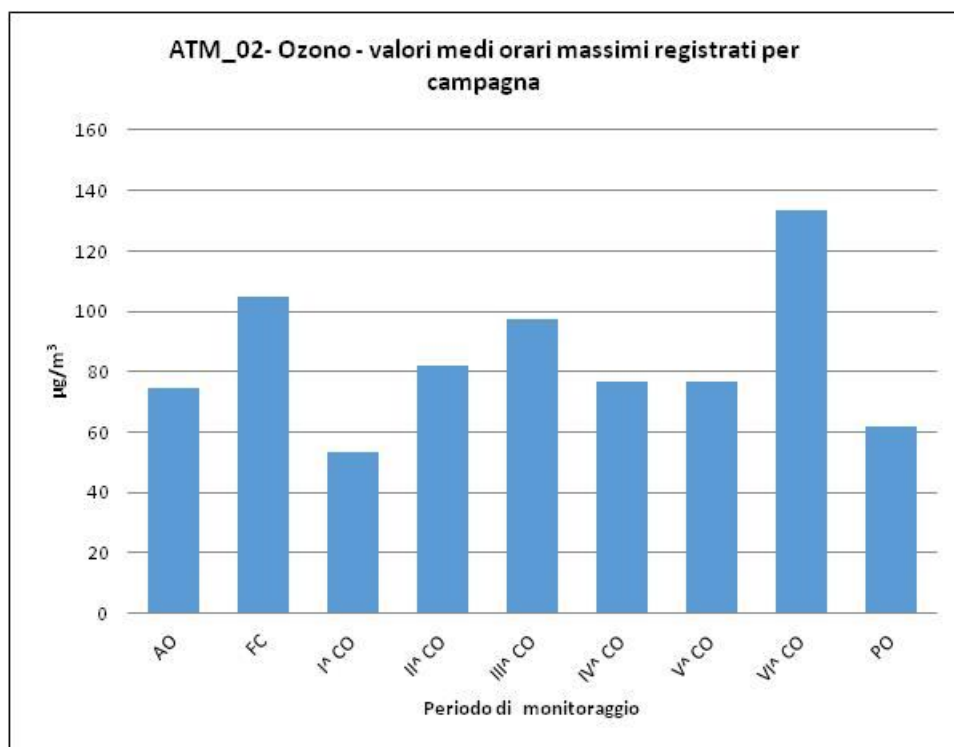
I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.



Le concentrazioni degli inquinanti sono confrontabili con quelle rilevate in Corso d'Opera. I valori massimi delle concentrazioni medie orarie di NO₂ sono inferiori al valore limite fissato dal D.Lgs.155/10 (200 µg/m³).

7.2.4. Ozono – O₃

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.



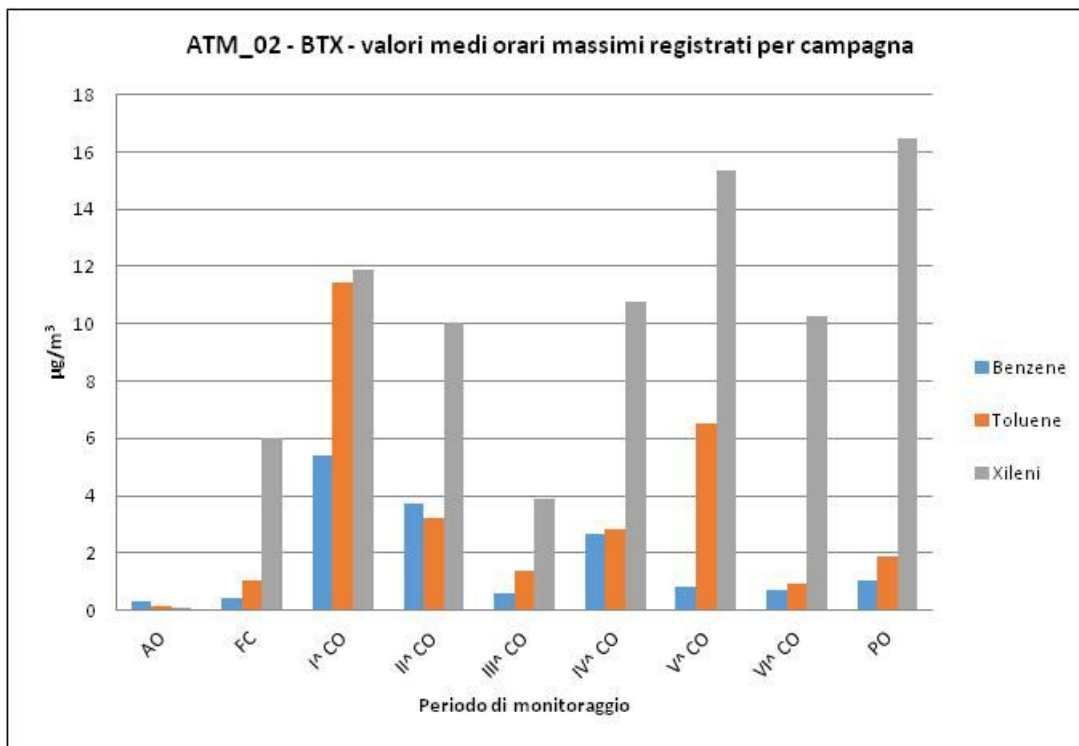
La concentrazione dell'inquinante registra, in *Post Operam*, livelli non particolarmente dissimili rispetto a quelli dell'*Ante Operam* e *Corso d'Opera*

L'andamento dell'inquinante è fortemente influenzato dalla situazione meteo climatica ed , in particolare, dalle temperature ed insolazione.

I dati rilevati nel corso delle attività di monitoraggio evidenziano che i livelli di ozono si mantengono sempre inferiori al livello di attenzione ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ D.Lgs.155/10).

7.2.5. BTX – (Benzene, Toluene, Xileni)

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.

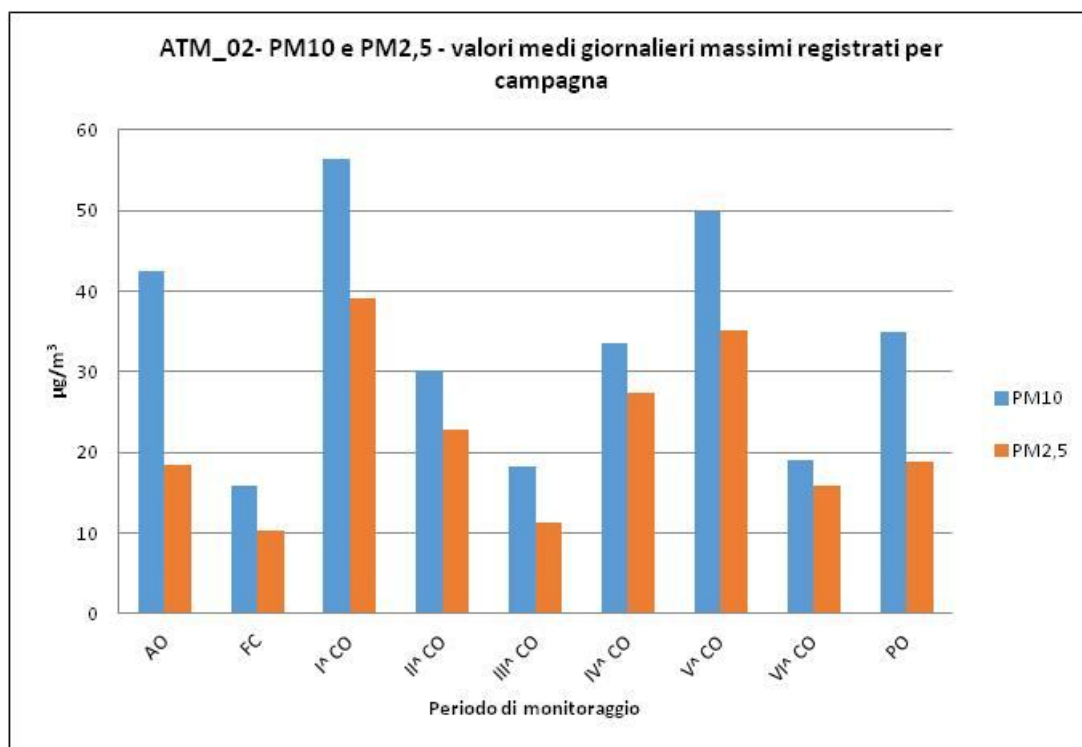


La concentrazione dell'inquinante registra, in *Post Operam*, livelli non particolarmente dissimili rispetto a quelli del Corso d'Opera

La concentrazione rilevata per il benzene, si mantiene sempre all'interno dei limiti di legge previsti dal D.Lgs.155/10, che, per prevenire effetti nocivi sulla salute, prescrive che il limite della media annuale sia pari a $5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$

7.2.6. Polveri

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.



La concentrazione dell'inquinante registra, in *Post Operam*, livelli non particolarmente dissimili rispetto a quelli dell'*Ante Operam* e *Corso d'Opera*

Il D.L.155/2010 prescrive quale limite del PM₁₀, per la protezione della salute umana, il valore di 50 µg/m³ che non deve essere superato per più di 35 volte nell'anno solare.

Le indagini condotte sul punto in esame non hanno fatto rilevare superamenti in fase PO.

L'andamento generale dell'inquinante PM_{2,5} si mantiene sempre all'interno dei limiti di legge previsti dal D.Lgs.155/10, che per prevenire effetti nocivi sulla salute prescrive che il limite della media annuale sia pari a 25 µg/m³

7.3. ATM_03

In corrispondenza del punto in esame sono state eseguite :

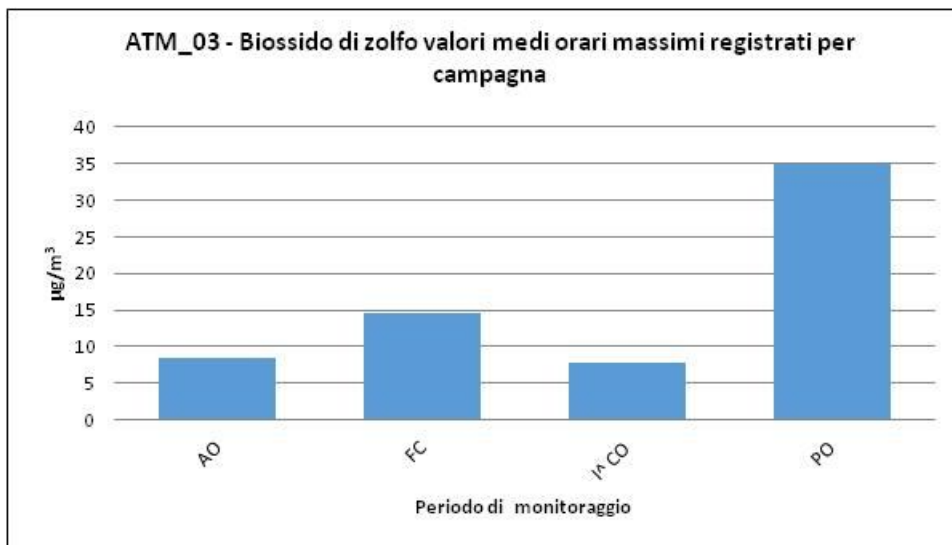
- n° 1 campagna di monitoraggio in *Ante Operam*;
- n° 1 campagne di monitoraggio in *Corso d'Opera*;
- n° 1 campagna di monitoraggio in fase di *Fermo Cantieri*;
- n° 1 campagna di monitoraggio in *Post Operam*.

Nelle tabelle e nei grafici sottostanti, si riportano i massimi livelli di concentrazione riscontrati, per ciascun inquinante, nell'ambito di ogni campagna di monitoraggio.

Parametro monitorato	ATM_03_AUX campagna AO		ATM_03 campagna FC		ATM_03 I^ campagna CO	
	valore	Giorno	valore	Giorno	valore	Giorno
CO	0,96 µg/m ³	06/08/2012	0,52 µg/m ³	16/09/2014	0,86 µg/m ³	09/01/2015
NO	12,50 µg/m ³	04/08/2012	15,35 µg/m ³	11/05/2014	66,87 µg/m ³	08/01/2015
NO ₂	14,00 µg/m ³	09/08/2012	39,20 µg/m ³	16/09/2014	67,20 µg/m ³	08/01/2015
NO _x	24,68 µg/m ³	09/08/2012	53,73 µg/m ³	16/09/2014	168,23 µg/m ³	08/01/2015
O ₃	101,11 µg/m ³	05/08/2012	116,10 µg/m ³	16/09/2014	66,69 µg/m ³	13/01/2015
SO ₂	8,46 µg/m ³	04/08/2012	14,56 µg/m ³	16/09/2014	7,75 µg/m ³	14/01/2015
Benzene	0,25 µg/m ³	04/08/2012	0,45 µg/m ³	19/09/2014	4,99 µg/m ³	10/01/2015
Toulene	0,18 µg/m ³	04/08/2012	2,55 µg/m ³	11/05/2014	3,89 µg/m ³	10/01/2015
Xileni	0,20 µg/m ³	06/08/2012	7,25 µg/m ³	10/05/2014	2,41 µg/m ³	10/01/2015
PM ₁₀	51,63 µg/m ³	06/08/2012	21,59 µg/m ³	19/09/2014	47,84 µg/m ³	10/01/2015
PM _{2.5}	20,44 µg/m ³	06/08/2012	16,52 µg/m ³	19/09/2014	36,85 µg/m ³	10/01/2015
Parametro monitorato	ATM_03_campagna PO					
	valore	Giorno				
CO	0,74 µg/m ³	10/05/2017				
NO	35,65 µg/m ³	10/05/2017				
NO ₂	120,49 µg/m ³	11/05/2017				
NO _x	153,82 µg/m ³	11/05/2017				
O ₃	57,02 µg/m ³	16/05/2017				
SO ₂	34,93 µg/m ³	11/05/2017				
Benzene	0,68 µg/m ³	15/05/2017				
Toulene	1,29 µg/m ³	12/05/2017				
Xileni	14,80 µg/m ³	12/05/2017				
PM ₁₀	34,23 µg/m ³	12/05/2017				
PM _{2.5}	18,10 µg/m ³	12/05/2017				

7.3.1. Biossidi di zolfo – SO₂

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.

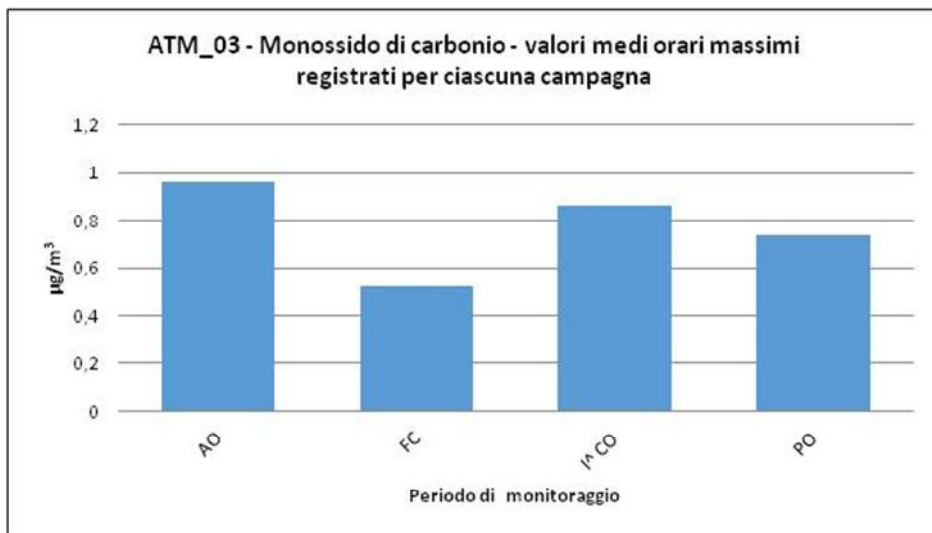


La concentrazione dell'inquinante presenta, in Post Operam, valori leggermente superiori all'AO, FC ed all'unica campagna in Corso d'Opera.

Tutti i valori registrati risultano nettamente inferiori al valore limite fissato dal D.Lgs.155/10 pari a 350 µg/m³

7.3.2. Monossido di carbonio – CO

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.

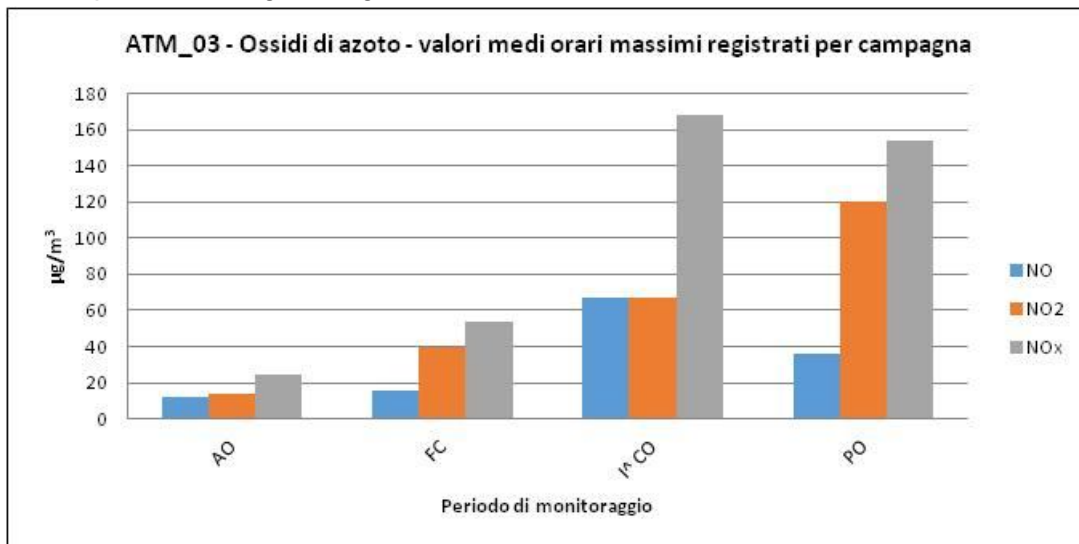


L'andamento dell'inquinante mantiene, in PO livelli non dissimili rispetto a quelli registrati in *Ante Operam* e Fermo Cantieri e Corso d'Opera.

I livelli di concentrazione del CO e pertanto del CO_{mob}, ovvero la media mobile sulle 8 ore dell'inquinante CO, così come richiesta dalla legge, risultano sempre inferiori al limite massimo di attenzione previsto del D.Lgs.155/10 (10 mg/m³).

7.3.3. Ossidi di azoto – (NO₂, NO, NO_x)

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.

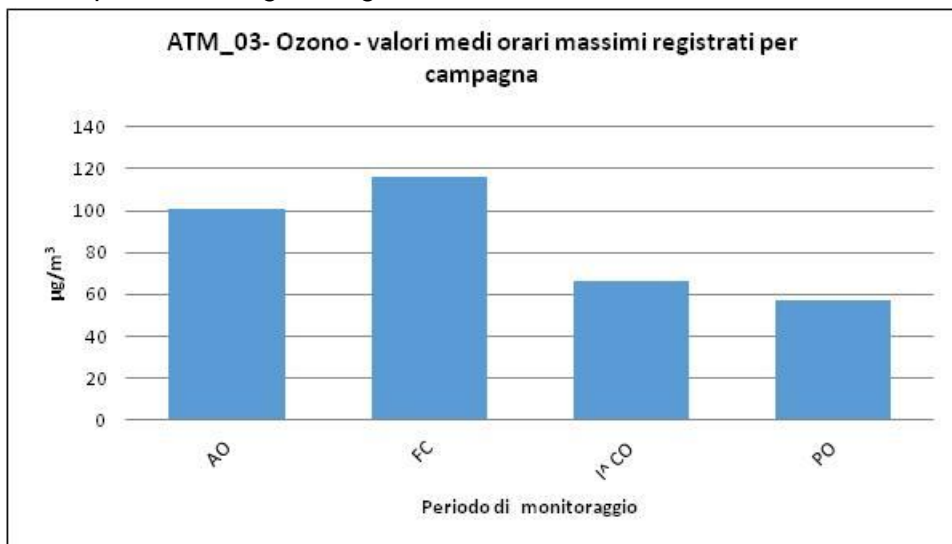


L'andamento degli inquinanti mantiene, in PO livelli non dissimili rispetto a quelli registrati in Corso d'Opera.

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie di NO₂ sono inferiori al valore limite fissato dal D.Lgs.155/10 (200 µg/m³).

7.3.4. Ozono – O₃

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.



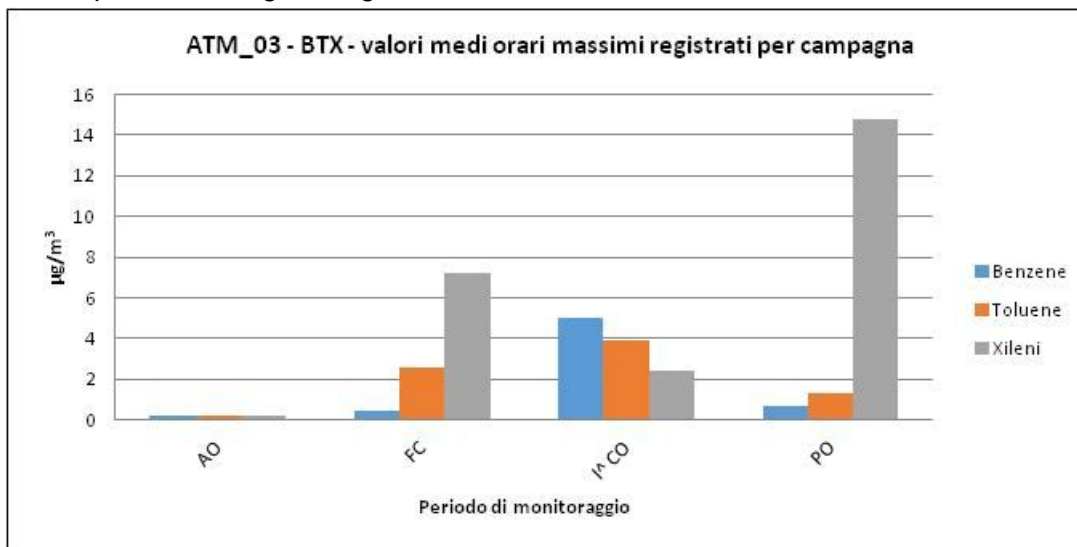
L'andamento dell'inquinante registra, in *Post Operam*, livelli inferiori rispetto a quelli dell'*Ante Operam* e del Fermo Cantiere e Corso d'Opera.

L'andamento dell'inquinante è fortemente influenzato dalla situazione meteo climatica ed , in particolare, dalle temperature ed insolazione.

I dati rilevati nel corso delle attività di monitoraggio evidenziano che i livelli di ozono si mantengono sempre inferiori al livello di attenzione ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ D.Lgs.155/10).

7.3.5. BTX – (Benzene, Toluene, Xileni)

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.

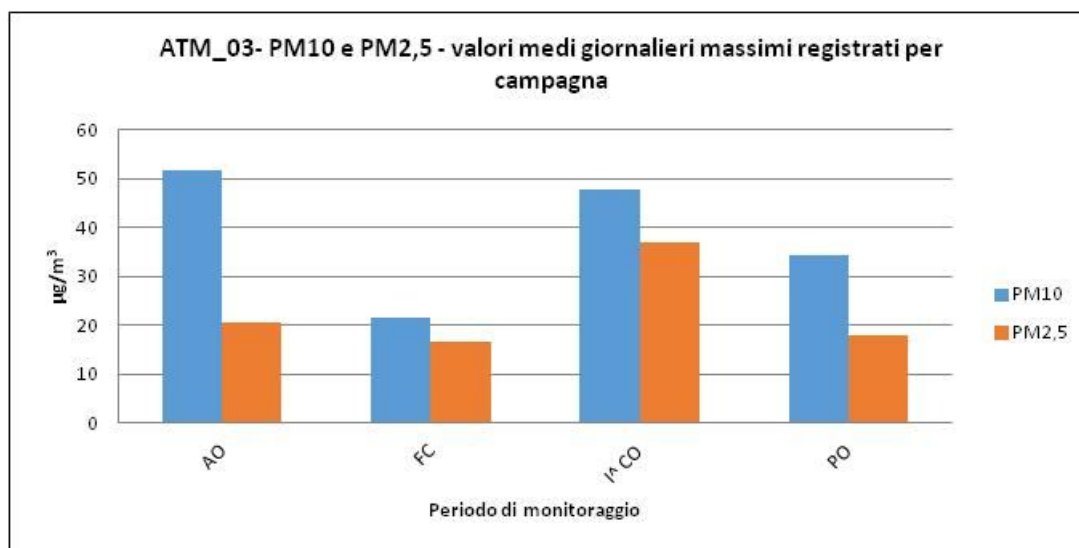


L'andamento degli inquinanti Benzene e Toluene, si mantiene al di sotto dei valori registrati in Corso d'Opera. Si rileva un incremento degli Xileni.

La concentrazione rilevata per il benzene, si mantiene sempre all'interno dei limiti di legge previsti dal D.Lgs.155/10, che, per prevenire effetti nocivi sulla salute, prescrive che il limite della media annuale sia pari a $5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$

7.3.6. Polveri

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.



L'andamento degli inquinanti registrati, in *Post Operam* livelli confrontabili con quelli dell'*Ante Operam*. Corso d'Opera,

Il D.L.155/2010 prescrive quale limite del PM₁₀, per la protezione della salute umana, il valore di 50 µg/m³ che non deve essere superato per più di 35 volte nell'anno solare.

Le indagini condotte sul punto in esame non hanno fatto rilevare superamenti del limite di 50 µg/m³ nel corso della campagna PO.

L'andamento generale dell'inquinante PM_{2,5}, si mantiene sempre all'interno dei limiti di legge previsti dal D.Lgs.155/10, che per prevenire effetti nocivi sulla salute prescrive che il limite della media annuale sia pari a 25 µg/m³

7.4. ATM_04

In corrispondenza del punto in esame sono state eseguite :

- n°1 campagna di monitoraggio in *Ante Operam*;
- n°4 campagne di monitoraggio in Corso d'Opera;
- n°1 campagna di monitoraggio in fase di Fermo Cantieri;
- n° 1 campagna di monitoraggio in *Post Operam*.

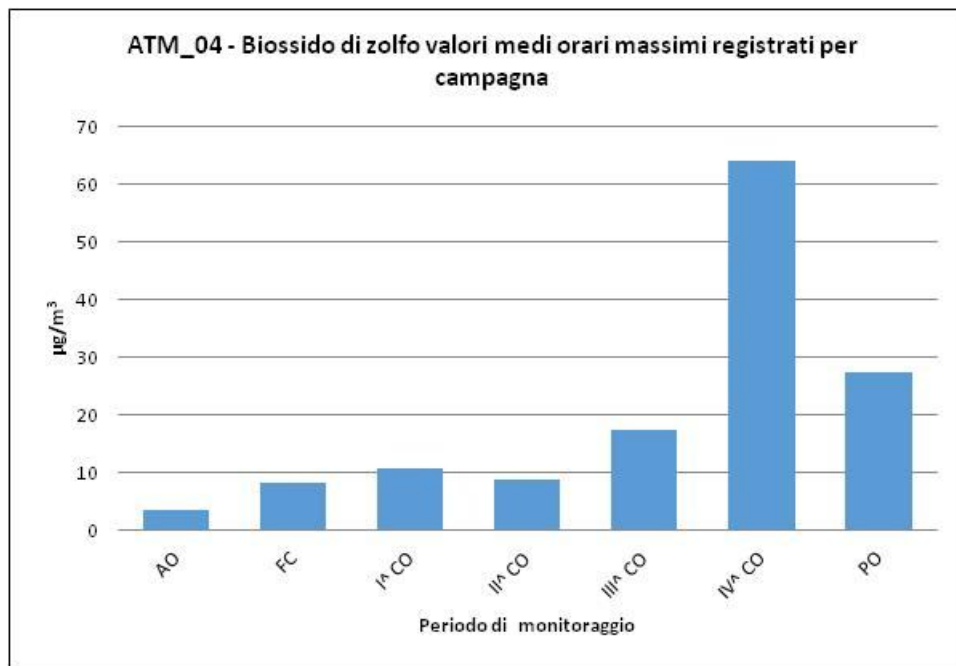
Nelle tabelle e nei grafici sottostanti, si riportano i massimi livelli di concentrazione riscontrati, per ciascun inquinante, nell'ambito di ogni campagna di monitoraggio.

Parametro monitorato	ATM_04_AUX campagna AO		ATM_04 campagna FC		ATM_04 I^ campagna CO	
	valore	Giorno	valore	Giorno	valore	Giorno
CO	1,44 µg/m ³	22/07/2012	0,45 µg/m ³	19/09/2014	0,62 µg/m ³	03/02/2015
NO	8,60 µg/m ³	25/07/2012	36,30 µg/m ³	22/09/2014	29,98 µg/m ³	05/02/2015
NO ₂	6,10 µg/m ³	20/07/2012	25,09 µg/m ³	19/09/2014	48,39 µg/m ³	05/02/2015

NO _x	16,16	µg/m ³	20/07/2012	79,67	µg/m ³	22/09/2014	94,21	µg/m ³	05/02/2015
O ₃	91,00	µg/m ³	25/07/2012	93,41	µg/m ³	14/05/2014	69,76	µg/m ³	09/02/2015
SO ₂	3,61	µg/m ³	25/07/2012	8,22	µg/m ³	12/05/2014	10,76	µg/m ³	08/02/2015
Benzene	0,41	µg/m ³	21/07/2012	0,49	µg/m ³	21/09/2014	1,66	µg/m ³	03/02/2015
Toulene	0,18	µg/m ³	22/07/2012	2,02	µg/m ³	21/09/2014	1,77	µg/m ³	05/02/2015
Xileni	0,11	µg/m ³	21/07/2012	11,53	µg/m ³	14/05/2014	11,85	µg/m ³	06/02/2015
PM ₁₀	42,41	µg/m ³	26/07/2012	64,57	µg/m ³	19/09/2014	16,84	µg/m ³	10/02/2015
PM _{2.5}	14,95	µg/m ³	26/07/2012	50,87	µg/m ³	19/09/2014	10,68	µg/m ³	10/02/2015
Parametro monitorato	ATM_04 II^ campagna CO			ATM_04 III^ campagna CO		ATM_04 IV^ campagna CO			
	valore		valore	valore		Giorno	valore		Giorno
CO	1,13	µg/m ³	21/10/2015	0,56	µg/m ³	04/03/2016	2,25	µg/m ³	29/04/2016
NO	23,13	µg/m ³	19/10/2015	23,06	µg/m ³	06/03/2016	10,35	µg/m ³	29/04/2016
NO ₂	32,94	µg/m ³	17/10/2015	35,36	µg/m ³	04/03/2016	48,62	µg/m ³	28/04/2016
NO _x	56,40	µg/m ³	19/10/2015	65,45	µg/m ³	06/03/2016	58,87	µg/m ³	28/04/2016
O ₃	77,81	µg/m ³	17/10/2015	62,35	µg/m ³	29/02/2016	82,34	µg/m ³	27/04/2016
SO ₂	8,82	µg/m ³	23/10/2015	17,34	µg/m ³	29/02/2016	64,17	µg/m ³	04/05/2016
Benzene	1,70	µg/m ³	18/10/2015	1,36	µg/m ³	02/03/2016	1,76	µg/m ³	29/04/2016
Toulene	0,60	µg/m ³	18/10/2015	11,41	µg/m ³	04/03/2016	8,05	µg/m ³	04/05/2016
Xileni	12,61	µg/m ³	17/10/2015	25,85	µg/m ³	01/03/2016	38,68	µg/m ³	04/05/2016
PM ₁₀	26,51	µg/m ³	17/10/2015	49,22	µg/m ³	01/03/2016	26,38	µg/m ³	28/04/2016
PM _{2.5}	24,00	µg/m ³	17/10/2015	36,97	µg/m ³	01/03/2016	23,47	µg/m ³	28/04/2016
Parametro monitorato	ATM_04_ campagna PO								
	valore		Giorno						
CO	0,62	µg/m ³	16/04/2017						
NO	11,35	µg/m ³	13/04/2017						
NO ₂	34,12	µg/m ³	13/04/2017						
NO _x	48,63	µg/m ³	13/04/2017						
O ₃	59,06	µg/m ³	19/04/2017						
SO ₂	27,33	µg/m ³	12/04/2017						
Benzene	1,34	µg/m ³	14/04/2017						
Toulene	1,06	µg/m ³	16/04/2017						
Xileni	7,70	µg/m ³	15/04/2017						
PM ₁₀	21,00	µg/m ³	14/04/2017						
PM _{2.5}	16,24	µg/m ³	14/04/2017						

7.4.1. Biossidi di zolfo – SO₂

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.

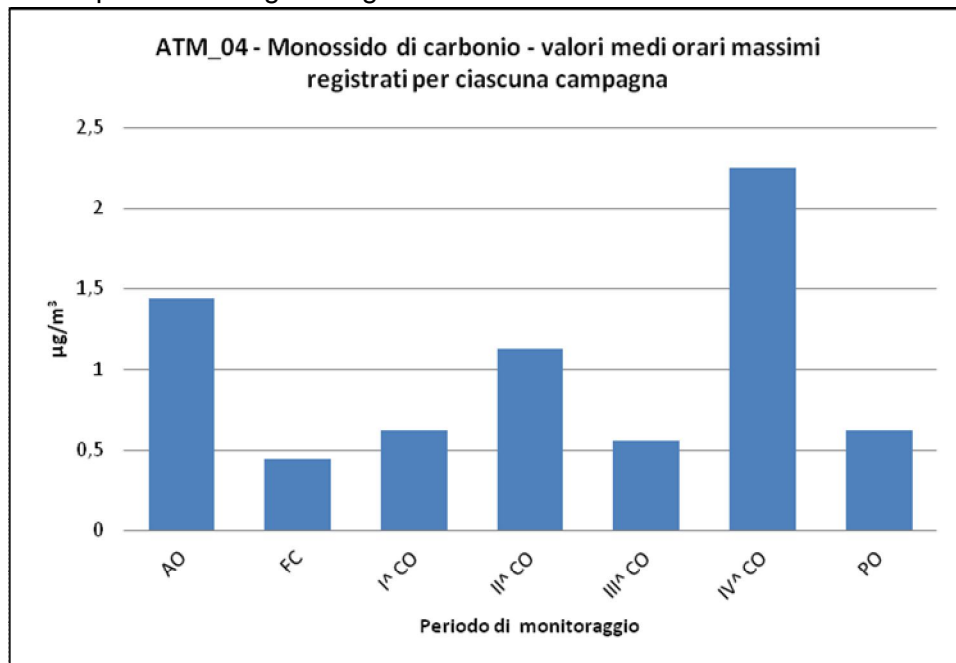


La concentrazione dell'inquinante presenta , in PO, valori non dissimili a quelli registrati in corso d'opera.

Tutti i valori registrati risultano inferiori al valore limite fissato dal D.Lgs.155/10 pari a 350 µg/m³

7.4.2. Monossido di carbonio – CO

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.

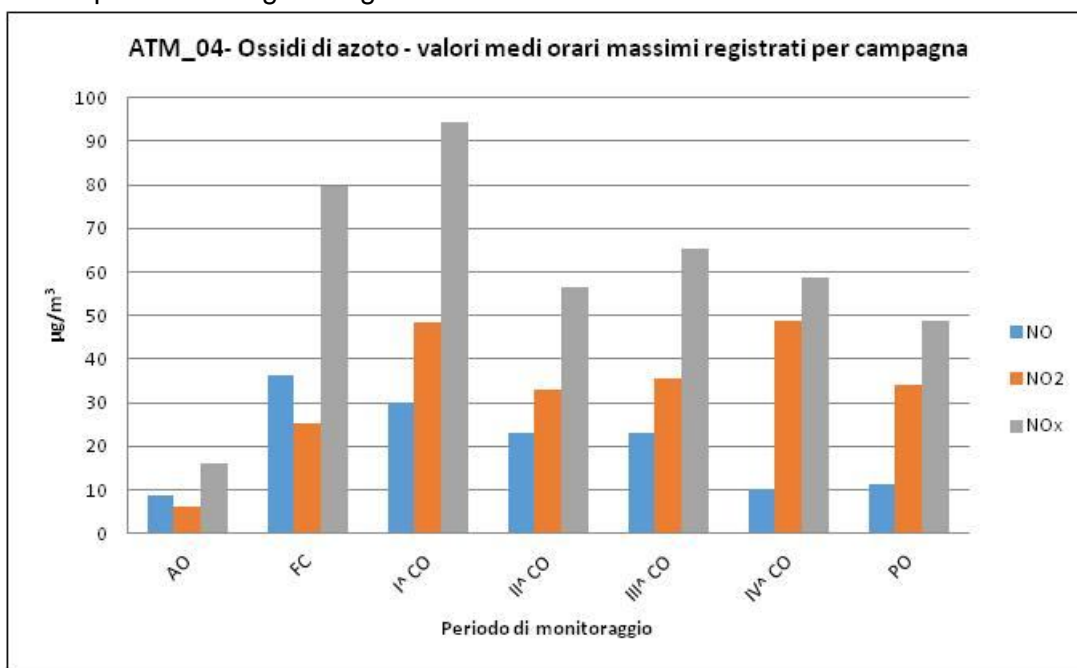


La concentrazione dell'inquinante mantiene, mediamente, livelli più bassi di quelli registrati nel corso delle precedenti fasi di monitoraggio.

I livelli di concentrazione del CO e pertanto del COmob, ovvero la media mobile sulle 8 ore dell'inquinante CO, così come richiesta dalla legge, risultano sempre inferiori al limite massimo di attenzione previsto del D.Lgs.155/10 (10 mg/m³).

7.4.3. Ossidi di azoto – (NO₂, NO, NO_x)

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.

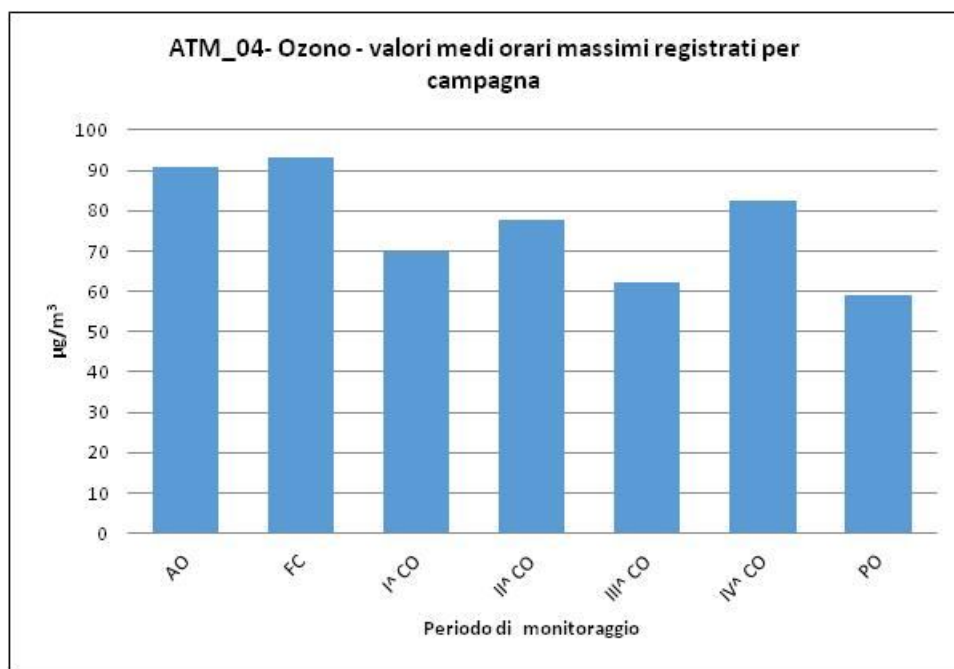


L'andamento degli inquinanti mantiene, mediamente, livelli più bassi di quelli registrati in Corso d'Opera.

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie di NO₂ sono inferiori al valore limite fissato dal D.Lgs.155/10 (200 µg/m³).

7.4.4. Ozono – O₃

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.



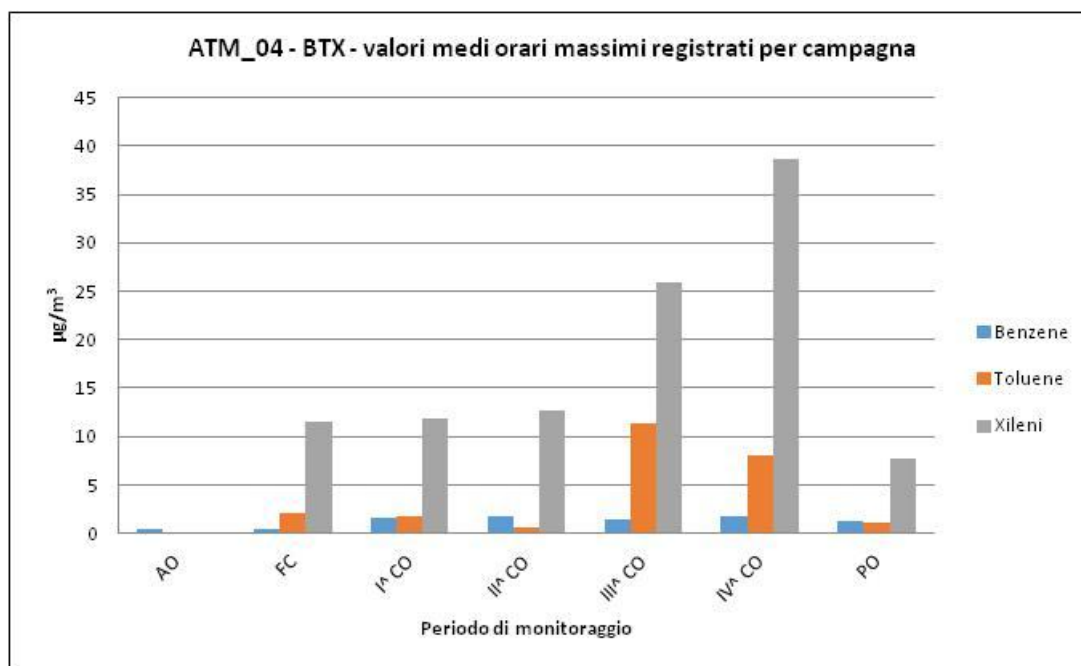
La concentrazione dell'inquinante mantiene, mediamente, livelli più bassi di quelli registrati nel corso delle precedenti fasi di monitoraggio.

L'andamento dell'inquinante è fortemente influenzato dalla situazione meteo climatica ed , in particolare, dalle temperature ed insolazione.

I dati rilevati nel corso delle attività di monitoraggio evidenziano che i livelli di ozono si mantengono sempre inferiori al livello di attenzione ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ D.Lgs.155/10).

7.4.5. BTX – (Benzene, Toluene, Xileni)

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.

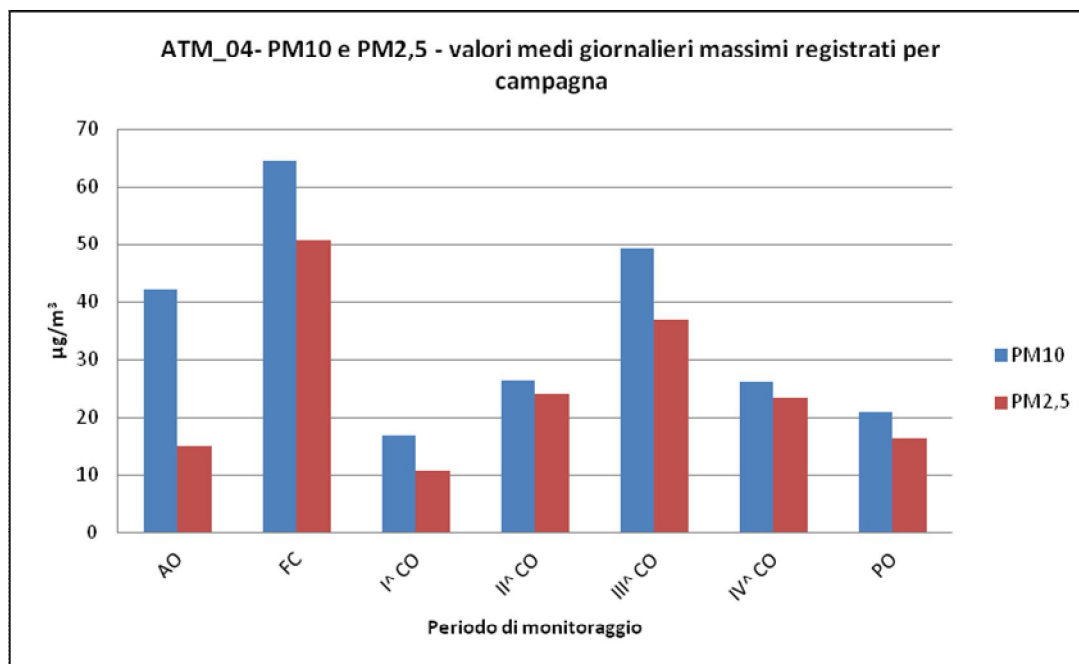


L'andamento degli inquinanti mantiene, mediamente, livelli più bassi di quelli registrati nel Corso d'Opera.

La concentrazione rilevata per il benzene, si mantiene sempre all'interno dei limiti di legge previsti dal D.Lgs.155/10, che, per prevenire effetti nocivi sulla salute, prescrive che il limite della media annuale sia pari a 5,0 µg/m³

7.4.6. Polveri

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.



Le concentrazioni degli inquinanti registrano, in *Post Operam*, livelli non particolarmente dissimili rispetto a quelli delle precedenti fasi di monitoraggio.

Il D.L.155/2010 prescrive quale limite del PM₁₀, per la protezione della salute umana, il valore di 50 µg/m³ che non deve essere superato per più di 35 volte nell'anno solare.

Le indagini condotte sul punto in esame non hanno fatto rilevare alcun superamento del limite di 50 µg/m³ nel corso della campagna di monitoraggio di cui trattasi..

L'andamento generale dell'inquinante PM_{2,5} si mantiene sempre all'interno dei limiti di legge previsti dal D.Lgs.155/10, che per prevenire effetti nocivi sulla salute prescrive che il limite della media annuale sia pari a 25 µg/m³

7.5. ATM_05

In corrispondenza del punto in esame sono state eseguite :

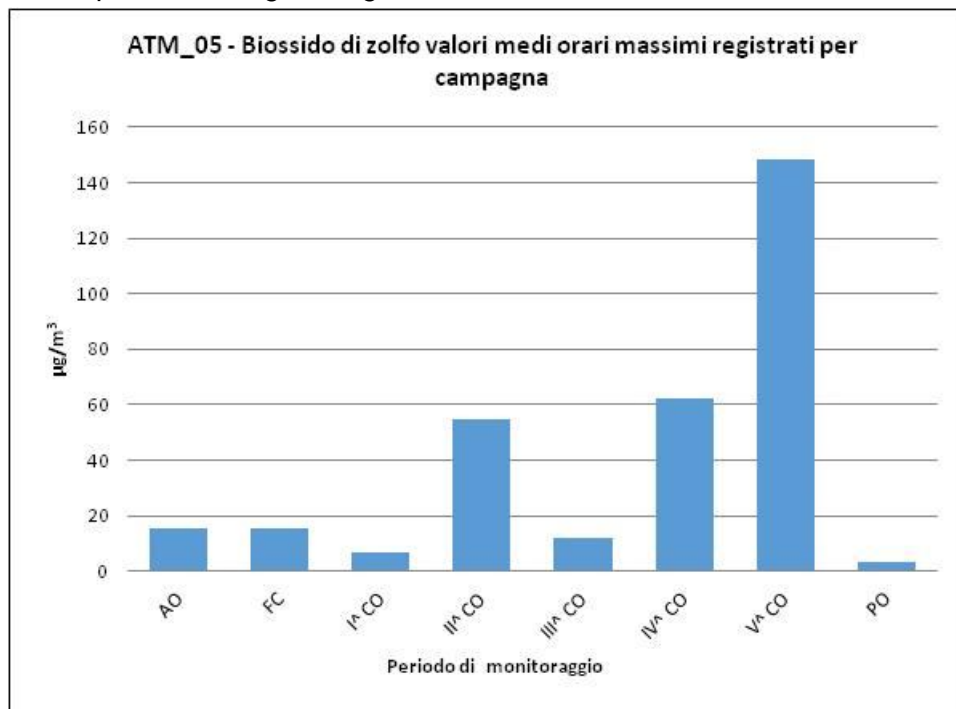
- n°1 campagna di monitoraggio in *Ante Operam*;
- n°5 campagne di monitoraggio in Corso d'Opera;
- n°1 campagna di monitoraggio in fase di Fermo Cantieri;
- n°1 campagna di monitoraggio in *Post Operam*.

Nelle tabelle e nei grafici sottostanti, si riportano i massimi livelli di concentrazione riscontrati, per ciascun inquinante, nell'ambito di ogni campagna di monitoraggio.

Parametro monitorato	ATM_05_AUX campagna AO		ATM_05 campagna FC		ATM_05 I^ campagna CO	
	valore	Giorno	valore	Giorno	valore	Giorno
CO	1,37 µg/m3	05/09/2012	0,44 µg/m3	25/09/2014	0,79 µg/m3	24/01/2015
NO	10,08 µg/m3	10/09/2012	18,34 µg/m3	23/09/2014	20,46 µg/m3	20/01/2015
NO ₂	6,90 µg/m3	10/09/2012	35,07 µg/m3	23/09/2014	39,26 µg/m3	19/01/2015
NO _x	15,92 µg/m3	10/09/2012	63,07 µg/m3	23/09/2014	66,32 µg/m3	24/01/2015
O ₃	81,40 µg/m3	10/09/2012	135,03 µg/m3	07/06/2014	63,22 µg/m3	22/01/2015
SO ₂	15,59 µg/m3	09/09/2012	15,59 µg/m3	07/06/2014	6,76 µg/m3	24/01/2015
Benzene	0,24 µg/m3	10/09/2012	1,89 µg/m3	24/09/2014	3,42 µg/m3	24/01/2015
Toulene	0,32 µg/m3	10/09/2012	7,55 µg/m3	24/09/2014	1,61 µg/m3	20/01/2015
Xileni	0,20 µg/m3	10/09/2012	19,40 µg/m3	24/09/2014	1,50 µg/m3	24/01/2015
PM ₁₀	40,27 µg/m3	06/09/2012	53,80 µg/m3	23/09/2014	53,27 µg/m3	19/01/2015
PM _{2.5}	17,52 µg/m3	11/09/2012	40,40 µg/m3	23/09/2014	16,00 µg/m3	20/01/2015
Parametro monitorato	ATM_05 II^ campagna AO		ATM_05 III^ campagna AO		ATM_05 IV^ campagna AO	
	valore	Giorno	valore	Giorno	valore	Giorno
CO	0,75 µg/m3	12/04/2015	0,40 µg/m3	21/10/2015	1,74 µg/m3	24/02/2016
NO	9,19 µg/m3	12/04/2015	15,52 µg/m3	15/10/2015	111,80 µg/m3	24/02/2016
NO ₂	27,71 µg/m3	15/04/2015	50,40 µg/m3	15/10/2015	115,04 µg/m3	24/02/2016
NO _x	35,63 µg/m3	12/04/2015	74,12 µg/m3	15/10/2015	118,35 µg/m3	24/02/2016
O ₃	118,39 µg/m3	14/04/2015	53,18 µg/m3	15/10/2015	62,35 µg/m3	29/02/2016
SO ₂	54,72 µg/m3	14/04/2015	11,74 µg/m3	22/10/2015	62,38 µg/m3	24/02/2016
Benzene	1,77 µg/m3	11/04/2015	0,86 µg/m3	17/10/2015	1,62 µg/m3	27/02/2016
Toulene	12,96 µg/m3	11/04/2015	3,85 µg/m3	19/10/2015	13,60 µg/m3	23/02/2016
Xileni	20,58 µg/m3	11/04/2015	32,94 µg/m3	18/10/2015	46,63 µg/m3	23/02/2016
PM ₁₀	20,65 µg/m3	14/04/2015	54,27 µg/m3	17/10/2015	55,31 µg/m3	20/02/2016
PM _{2.5}	19,08 µg/m3	14/04/2015	14,87 µg/m3	17/10/2015	32,43 µg/m3	20/02/2016
Parametro monitorato	ATM_05 V^ campagna CO		ATM_05_ campagna PO			
	valore	Giorno	valore	Giorno		
CO	0,86 µg/m3	11/05/2016	1,26 µg/m3	13/04/2017		
NO	34,10 µg/m3	09/05/2016	3,08 µg/m3	12/04/2017		
NO ₂	66,18 µg/m3	09/05/2016	36,37 µg/m3	13/04/2017		
NO _x	118,35 µg/m3	09/05/2016	41,04 µg/m3	13/04/2017		
O ₃	97,65 µg/m3	08/05/2016	113,44 µg/m3	18/04/2017		
SO ₂	148,39 µg/m3	09/05/2016	3,24 µg/m3	15/04/2017		
Benzene	0,75 µg/m3	09/05/2016	1,14 µg/m3	12/04/2017		
Toulene	13,86 µg/m3	09/05/2016	2,03 µg/m3	12/04/2017		
Xileni	60,74 µg/m3	09/05/2016	2,13 µg/m3	12/04/2017		
PM ₁₀	44,67 µg/m3	11/05/2016	17,07 µg/m3	13/04/2017		
PM _{2.5}	19,57 µg/m3	11/05/2016	12,61 µg/m3	19/04/2017		

7.5.1. Biossidi di zolfo – SO₂

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.

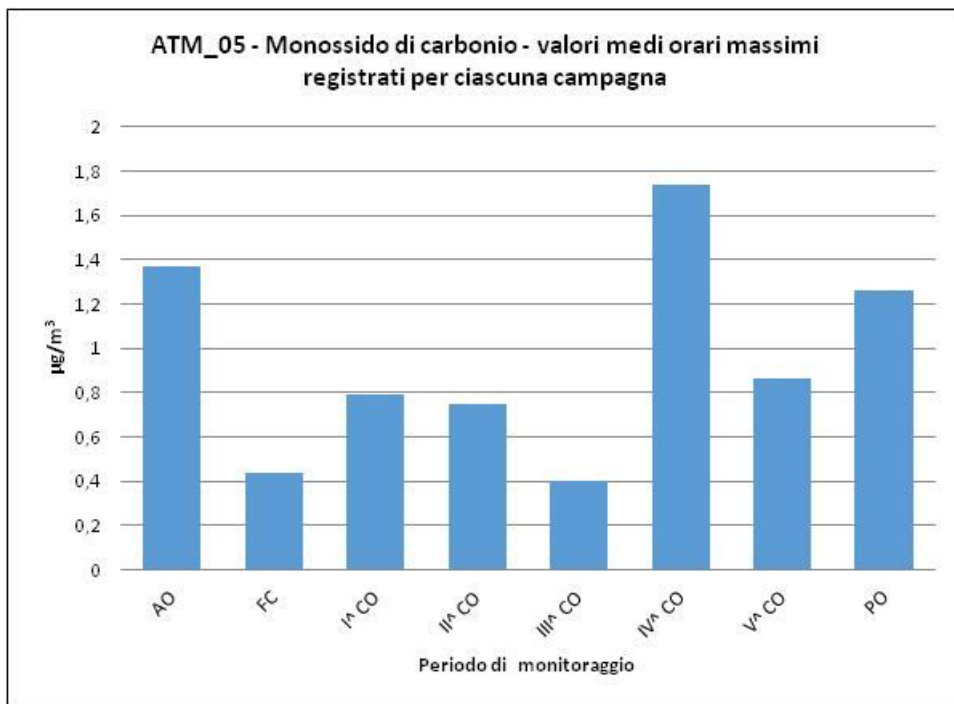


La concentrazione dell'inquinante subisce, in corso d'opera, un decremento rispetto a quanto registrato in AO e CO.

Tutti i valori registrati sono inferiori al valore limite fissato dal D.Lgs.155/10 pari a 350 µg/m³

7.5.2. Monossido di carbonio – CO

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.

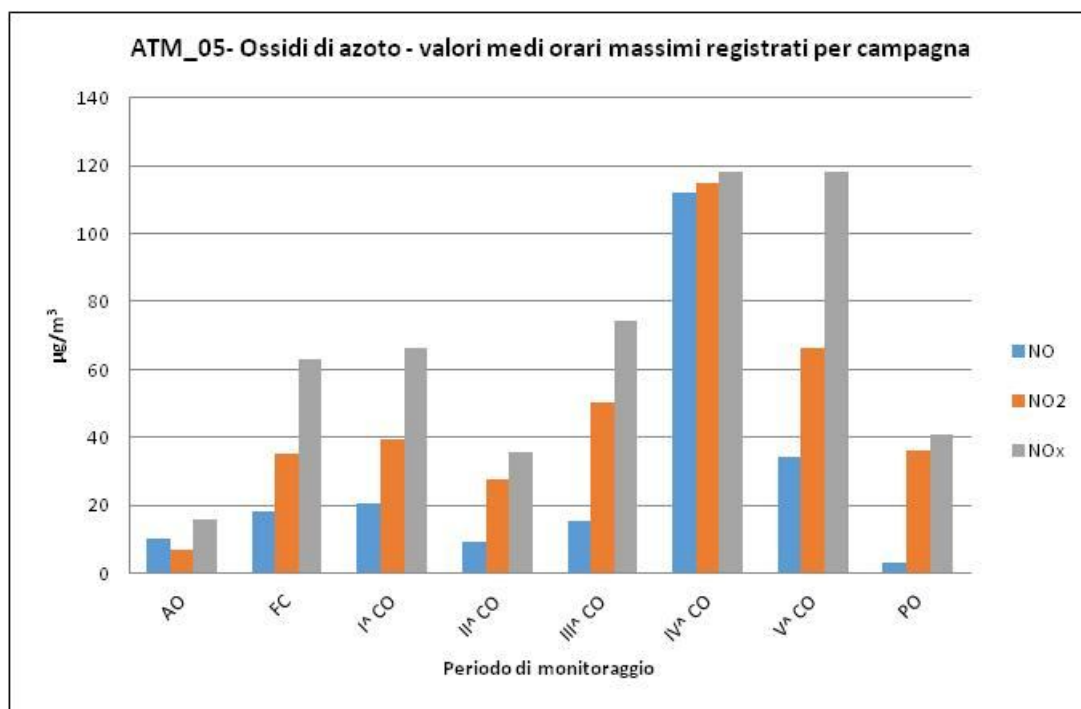


L'andamento dell'inquinante mantiene, in PO livelli non dissimili rispetto a quelli registrati in *Ante Operam* e Corso d'Opera.

I livelli di concentrazione del CO e pertanto del CO_{mob}, ovvero la media mobile sulle 8 ore dell'inquinante CO, così come richiesta dalla legge, risultano sempre inferiori al limite massimo di attenzione previsto del D.Lgs.155/10 (10 mg/m³).

7.5.3. Ossidi di azoto – (NO₂, NO, NO_x)

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.

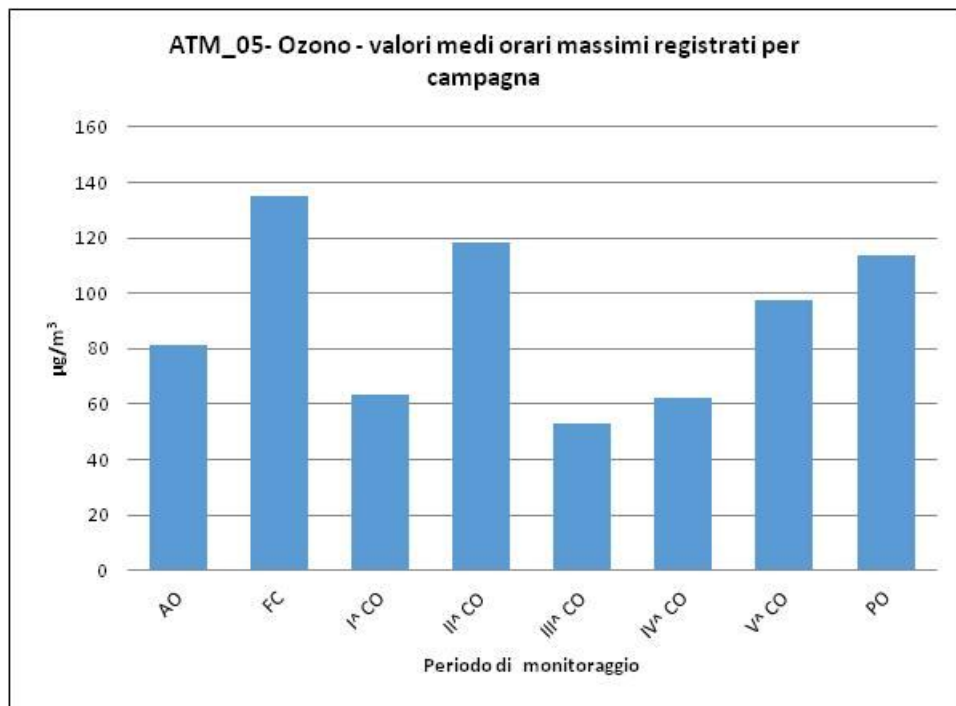


Le concentrazioni degli inquinanti mantengono, mediamente, livelli più bassi di quelli registrati nel Corso d'Opera.

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie di NO₂ sono inferiori al valore limite fissato dal D.Lgs.155/10 (200 µg/m³).

7.5.4. Ozono – O₃

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.



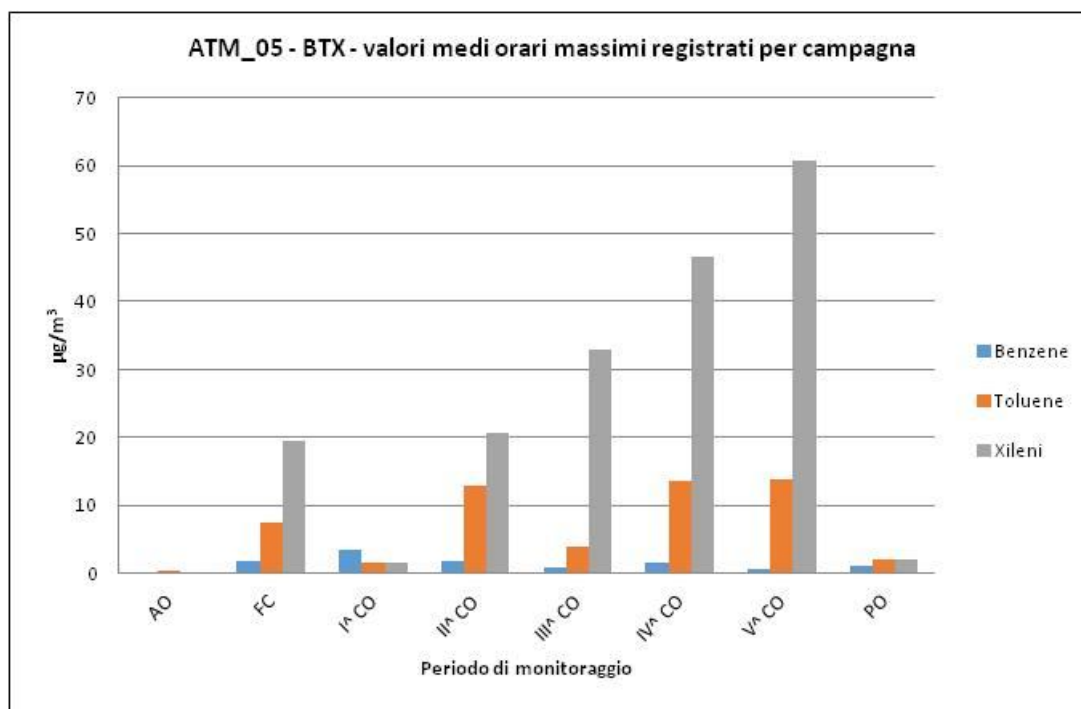
La concentrazione dell'inquinante registra, in *Post Operam*, livelli non particolarmente dissimili rispetto a quelli dell'*Ante Operam* e *del Corso d'Opera*.

L'andamento dell'inquinante è fortemente influenzato dalla situazione meteo climatica ed , in particolare, dalle temperature ed insolazione.

I dati rilevati nel corso delle attività di monitoraggio evidenziano che i livelli di ozono si mantengono sempre inferiori al livello di attenzione ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ D.Lgs.155/10).

7.5.5. BTX – (Benzene, Toluene, Xileni)

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.

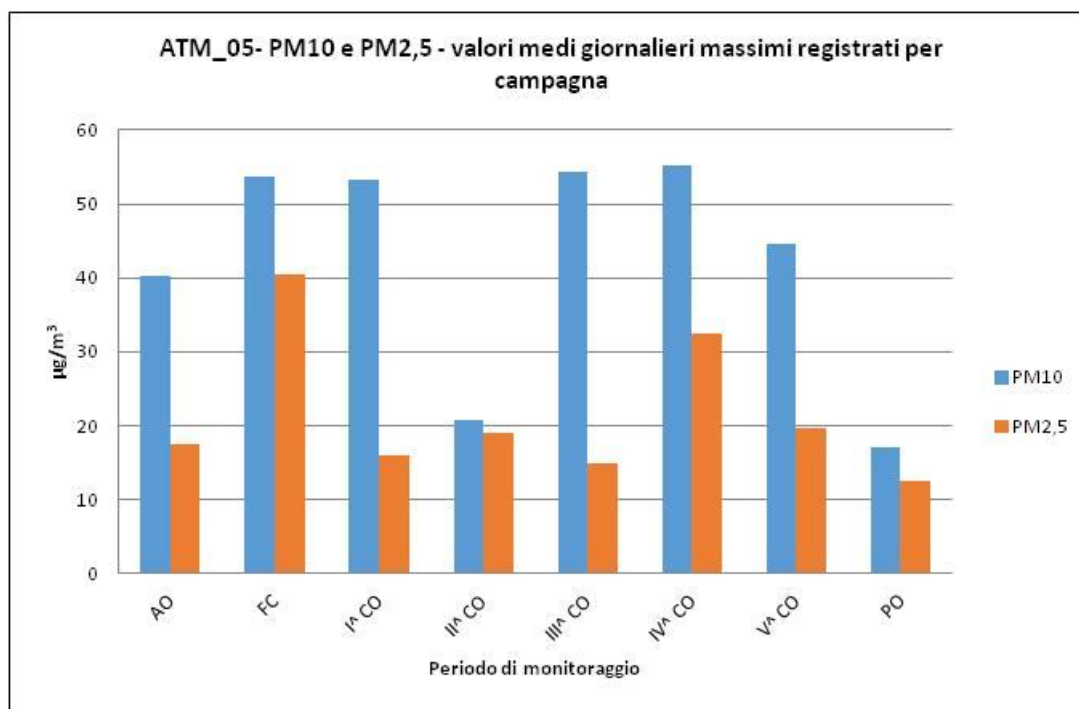


L'andamento degli inquinanti subisce, in *Post Operam*, un deciso decremento rispetto a quanto registrato in CO.

La concentrazione rilevata per il benzene, si mantiene sempre all'interno dei limiti di legge previsti dal D.Lgs.155/10, che, per prevenire effetti nocivi sulla salute, prescrive che la media annuale non sia superiore a 5,0 µg/m³

7.5.6. Polveri

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.



Le concentrazioni degli inquinanti subiscono, in *Post Operam*, un decremento rispetto a quanto registrato in AO e CO.

L'andamento risulta discontinuo ed influenzato dalle lavorazioni in atto e dalla situazione meteorologica.

Il D.L.155/2010 prescrive quale limite del PM₁₀, per la protezione della salute umana, il valore di 50 µg/m³ che non deve essere superato per più di 35 volte nell'anno solare.

Le indagini condotte sul punto in esame non hanno fatto rilevare, per il PM₁₀, superamenti del limite di 50 µg/m³ nel corso della campagna PO.

L'andamento generale dell'inquinante PM_{2,5} si mantiene invece sempre all'interno dei limiti di legge previsti dal D.Lgs.155/10, che per prevenire effetti nocivi sulla salute prescrive che il limite della media annuale sia pari a 25 µg/m³

7.6. ATM_06

In corrispondenza del punto in esame sono state eseguite :

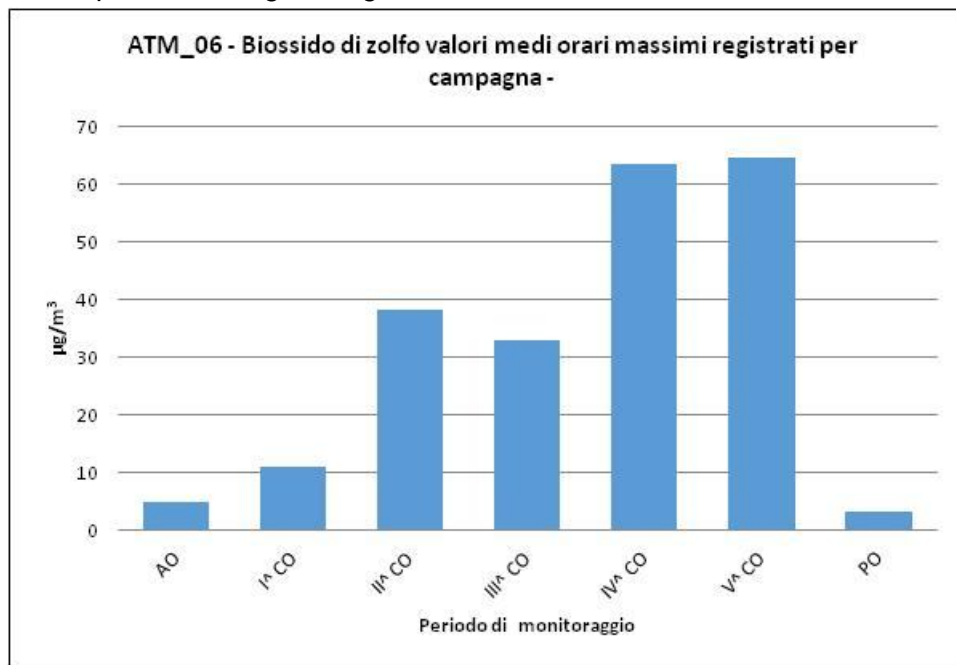
- n° 1 campagna di monitoraggio in *Ante Operam*;
- n° 5 campagne di monitoraggio in Corso d'Opera;
- nessuna campagna di monitoraggio in fase di Fermo Cantieri;
- n° 1 campagna di monitoraggio in *Post Operam*.

Nelle tabelle e nei grafici sottostanti, si riportano i massimi livelli di concentrazione riscontrati, per ciascun inquinante, nell'ambito di ogni campagna di monitoraggio.

Parametro monitorato	ATM_06 campagna AO		ATM_06 I^ campagna CO		ATM_06 II^ campagna CO	
	valore	Giorno	valore	Giorno	valore	Giorno
CO	1,26 µg/m ³	29/11/2012	1,87 µg/m ³	28/01/2015	1,31 µg/m ³	20/04/2015
NO	12,10 µg/m ³	25/11/2012	16,05 µg/m ³	29/01/2015	17,25 µg/m ³	20/04/2015
NO ₂	6,70 µg/m ³	29/11/2012	42,86 µg/m ³	28/01/2015	26,86 µg/m ³	20/04/2015
NO _x	18,51 µg/m ³	27/11/2012	64,06 µg/m ³	28/01/2015	53,22 µg/m ³	20/04/2015
O ₃	81,90 µg/m ³	28/11/2012	85,42 µg/m ³	30/01/2015	120,55 µg/m ³	22/04/2015
SO ₂	4,80 µg/m ³	25/11/2012	11,08 µg/m ³	28/01/2015	38,36 µg/m ³	20/04/2015
Benzene	0,50 µg/m ³	22/11/2012	18,30 µg/m ³	28/01/2015	7,98 µg/m ³	20/04/2015
Toulene	0,17 µg/m ³	25/11/2012	8,95 µg/m ³	28/01/2015	2,43 µg/m ³	20/04/2015
Xileni	0,10 µg/m ³	29/11/2012	4,24 µg/m ³	28/01/2015	4,00 µg/m ³	17/04/2015
PM ₁₀	53,43 µg/m ³	28/11/2012	38,45 µg/m ³	28/01/2015	23,72 µg/m ³	21/04/2015
PM _{2.5}	11,05 µg/m ³	25/11/2012	20,68 µg/m ³	28/01/2015	19,75 µg/m ³	21/04/2015
Parametro monitorato	ATM_06 III^ campagna CO		ATM_06 IV^ campagna CO		ATM_06 V^ campagna CO	
	valore	Giorno	valore	Giorno	valore	Giorno
CO	0,39 µg/m ³	28/10/2015	0,28 µg/m ³	02/03/2016	1,45 µg/m ³	04/05/2016
NO	15,08 µg/m ³	27/10/2015	19,99 µg/m ³	01/03/2016	24,46 µg/m ³	04/05/2016
NO ₂	34,29 µg/m ³	28/10/2015	21,47 µg/m ³	07/03/2016	30,48 µg/m ³	04/05/2016
NO _x	40,11 µg/m ³	27/10/2015	47,85 µg/m ³	01/03/2016	67,85 µg/m ³	04/05/2016
O ₃	67,41 µg/m ³	24/10/2015	83,19 µg/m ³	02/03/2016	114,25 µg/m ³	10/05/2016
SO ₂	33,08 µg/m ³	23/10/2015	63,49 µg/m ³	01/03/2016	64,69 µg/m ³	10/05/2016
Benzene	1,61 µg/m ³	28/10/2015	1,22 µg/m ³	02/03/2016	7,98 µg/m ³	20/04/2015
Toulene	1,31 µg/m ³	28/10/2015	0,34 µg/m ³	02/03/2016	1,34 µg/m ³	07/05/2016
Xileni	13,17 µg/m ³	28/10/2015	3,62 µg/m ³	01/03/2016	4,13 µg/m ³	08/05/2016
PM ₁₀	30,25 µg/m ³	23/10/2015	11,95 µg/m ³	05/03/2016	47,08 µg/m ³	05/05/2016
PM _{2.5}	0,39 µg/m ³	28/10/2015	7,27 µg/m ³	01/03/2016	38,89 µg/m ³	05/05/2016
Parametro monitorato	ATM_06 campagna PO					
	valore	Giorno				
CO	0,45 µg/m ³	10/05/2017				
NO	14,10 µg/m ³	13/05/2017				
NO ₂	46,70 µg/m ³	10/05/2017				
NO _x	50,76 µg/m ³	10/05/2017				
O ₃	111,11 µg/m ³	11/05/2017				
SO ₂	3,27 µg/m ³	13/05/2017				
Benzene	0,77 µg/m ³	16/05/2017				
Toulene	0,60 µg/m ³	15/05/2017				
Xileni	1,87 µg/m ³	15/05/2017				
PM ₁₀	24,01 µg/m ³	12/05/2017				
PM _{2.5}	19,67 µg/m ³	12/05/2017				

7.6.1. Biossidi di zolfo – SO₂

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.

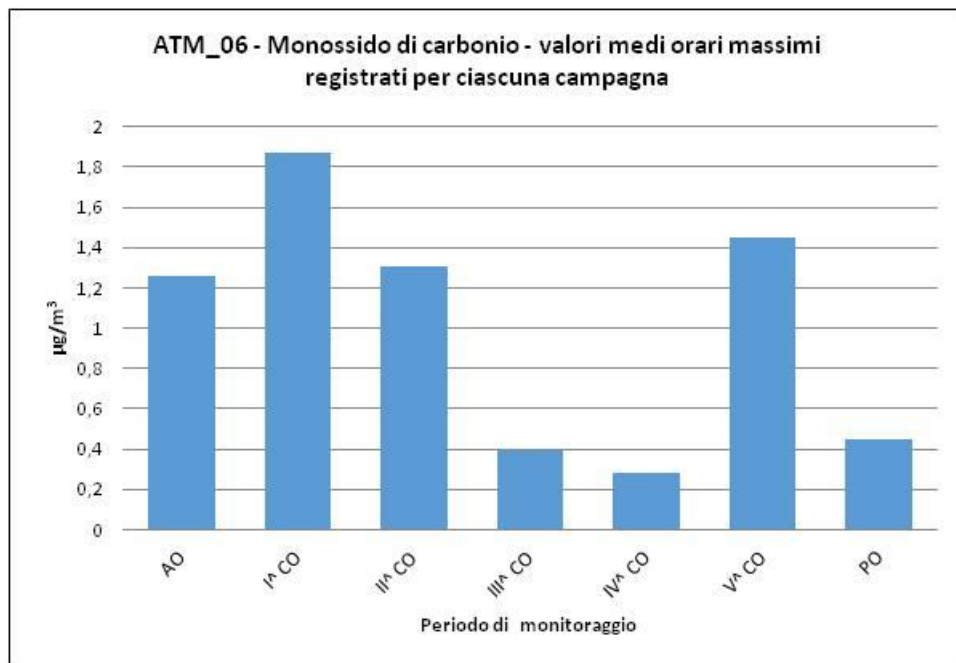


La concentrazione dell'inquinante subisce, in *Post Operam*, un decremento rispetto a quanto registrato in AO e CO.

Tutti i valori registrati risultano inferiori al valore limite fissato dal D.Lgs.155/10 pari a 350 µg/m³

7.6.2. Monossido di carbonio – CO

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.

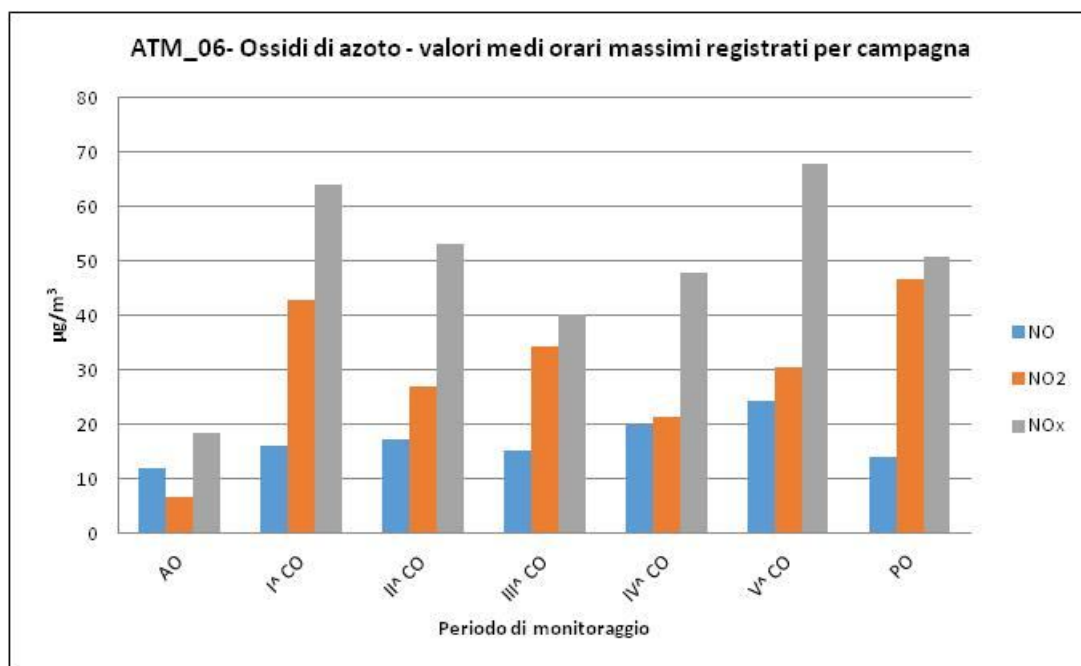


La concentrazione dell'inquinante mantiene, in PO livelli non inferiori rispetto alla quasi totalità delle precedenti campagne di monitoraggio.

I livelli di concentrazione del CO e pertanto del CO_{mob}, ovvero la media mobile sulle 8 ore dell'inquinante CO, così come richiesta dalla legge, risultano sempre inferiori al limite massimo di attenzione previsto del D.Lgs.155/10 (10 mg/m³).

7.6.3. Ossidi di azoto – (NO₂, NO, NO_x)

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.

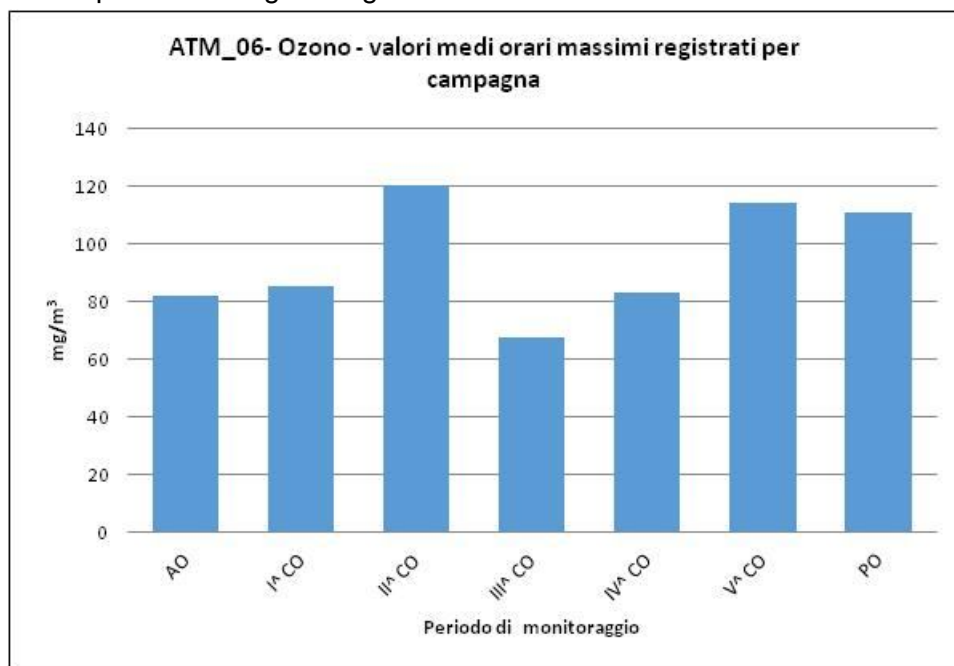


L'andamento degli inquinanti mantiene, in PO, livelli non dissimili rispetto a quelli registrati nel Corso d'Opera.

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie di NO₂ sono inferiori al valore limite fissato dal D.Lgs.155/10 (200 µg/m³).

7.6.4. Ozono – O₃

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.



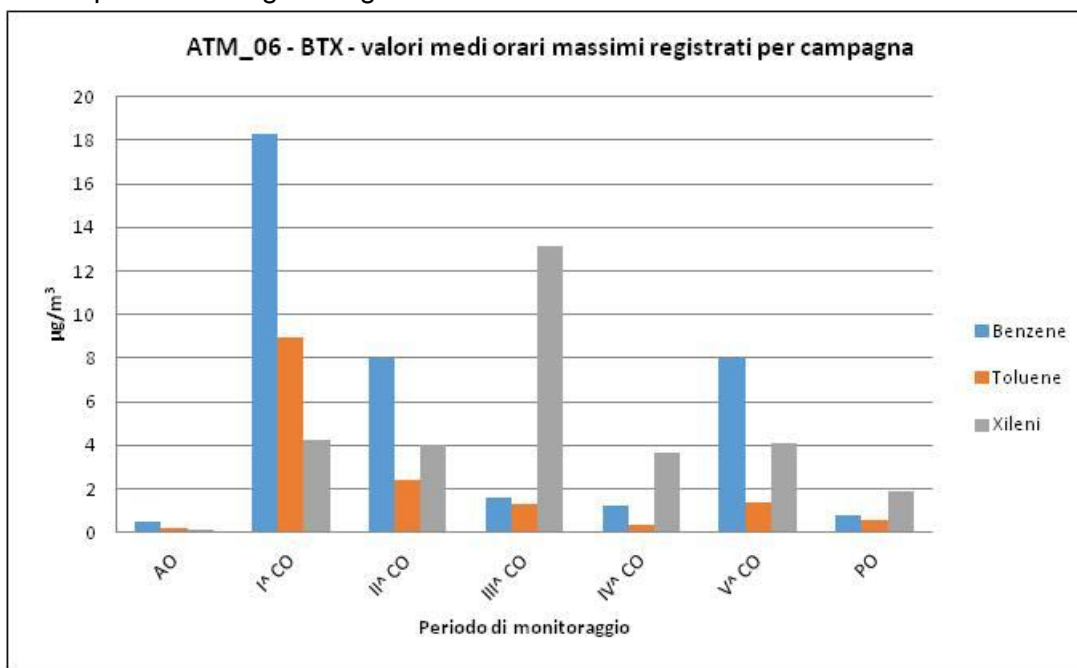
L'andamento dell'inquinante registra, in PO, livelli non dissimili rispetto a quelli registrati nelle precedenti fasi di monitoraggio.

L'andamento dell'inquinante è fortemente influenzato dalla situazione meteo climatica ed , in particolare, dalle temperature ed insolazione.

I dati rilevati nel corso delle attività di monitoraggio evidenziano che i livelli di ozono si mantengono sempre inferiori al livello di attenzione ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ D.Lgs.155/10).

7.6.5. BTX – (Benzene, Toluene, Xileni)

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.

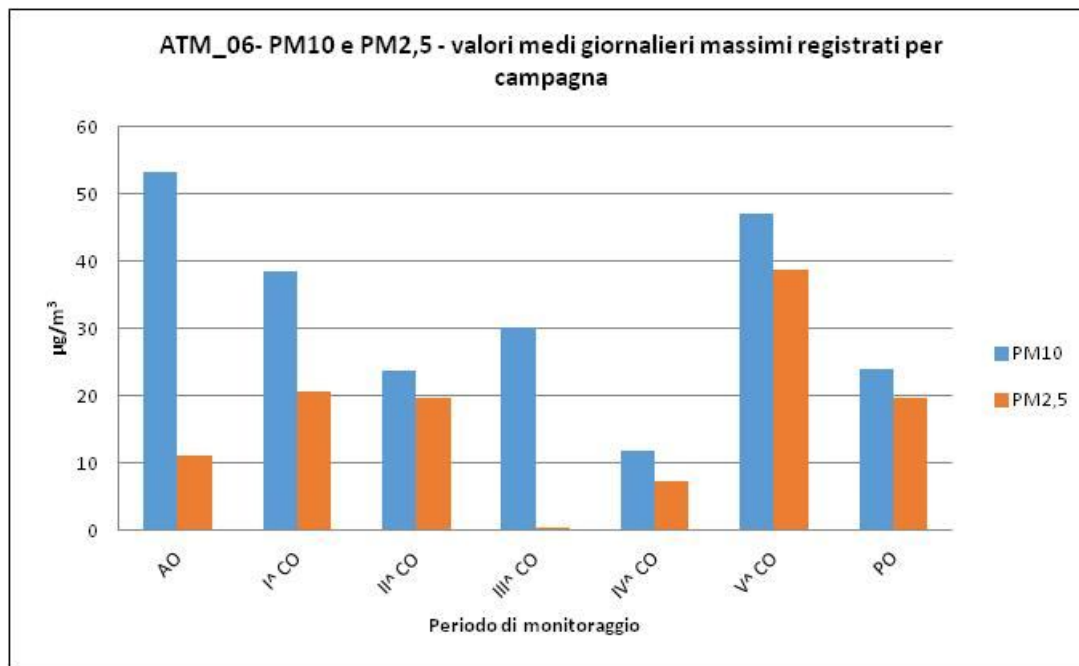


L'andamento degli inquinanti subisce, in *Post Operam*, un decremento rispetto a quanto registrato in CO.

La concentrazione rilevata per il benzene, si mantiene sempre all'interno dei limiti di legge previsti dal D.Lgs.155/10, che, per prevenire effetti nocivi sulla salute, prescrive che il limite della media annuale sia pari a $5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$

7.6.6. Polveri

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.



Le concentrazioni degli inquinanti registrano, in *Post Operam*, livelli non particolarmente dissimili rispetto a quelli dell'*Ante Operam* e Corso d'Opera.

Il D.L.155/2010 prescrive quale limite del PM₁₀, per la protezione della salute umana, il valore di 50 µg/m³ che non deve essere superato per più di 35 volte nell'anno solare.

Le indagini condotte sul punto in esame non hanno fatto rilevare superamenti del limite di 50 µg/m³, nel corso della presente campagna.

L'andamento generale dell'inquinante PM_{2,5}, si mantiene sempre all'interno dei limiti di legge previsti dal D.Lgs.155/10, che per prevenire effetti nocivi sulla salute prescrive che il limite della media annuale sia pari a 25 µg/m³

7.7. ATM_07bis

In corrispondenza del punto in esame sono state eseguite :

- n° 1 campagna di monitoraggio in *Ante Operam*;
- nessuna campagna di monitoraggio in Corso d'Opera;
- n° 1 campagna di monitoraggio in fase di Fermo Cantieri;
- n° 1 campagna di monitoraggio in *Post Operam*.

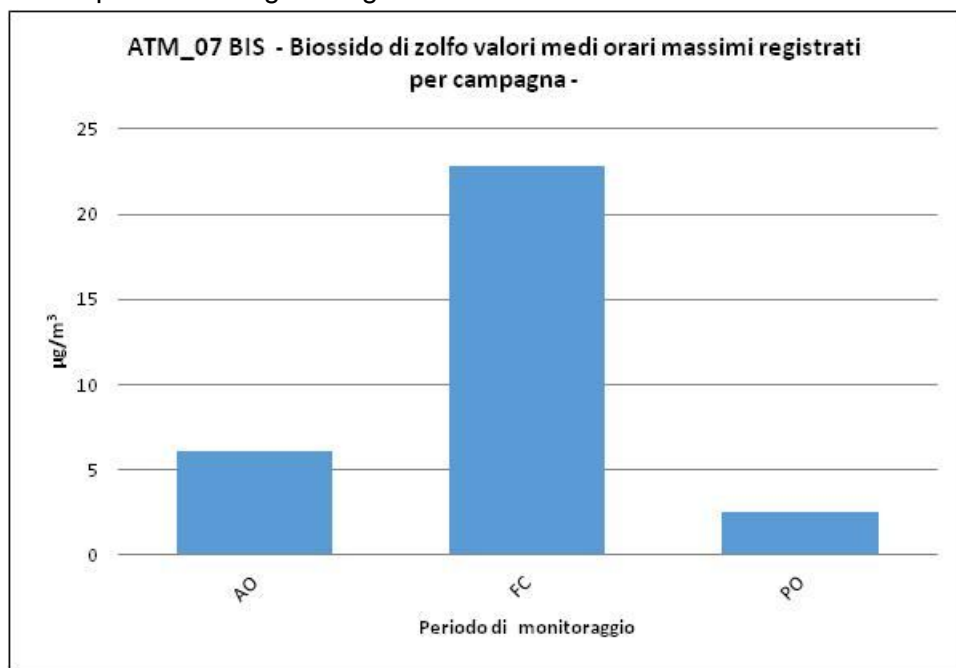
Infatti sia il punto originariamente individuato in AO (ATM_07), che quello individuato in fase di Fermo Cantiere (ATM_07bis), non sono risultati accessibili durante le campagne di monitoraggio in Corso d'Opera.

Nelle tabelle e nei grafici sottostanti, si riportano i massimi livelli di concentrazione riscontrati, per ciascun inquinante, nell'ambito di ogni campagna di monitoraggio.

Parametro monitorato	ATM_07 campagna AO		ATM_07BIS campagna FC		ATM_07BIS campagna PO	
	valore	Giorno	valore	Giorno	valore	Giorno
CO	0,98 µg/m ³	05/12/2012	0,75 µg/m ³	28/09/2014	0,54 µg/m ³	21/05/2017
NO	8,4 µg/m ³	06/12/2012	75,41 µg/m ³	29/09/2014	9,81 µg/m ³	24/05/2017
NO ₂	8,5 µg/m ³	01/12/2012	62,02 µg/m ³	28/09/2014	13,90 µg/m ³	17/05/2017
NO _x	13,62 µg/m ³	06/12/2012	145,79 µg/m ³	28/09/2014	24,82 µg/m ³	24/05/2017
O ₃	72,5 µg/m ³	05/12/2012	116,26 µg/m ³	12/06/2014	113,91 µg/m ³	19/05/2017
SO ₂	6,1 µg/m ³	01/12/2012	22,83 µg/m ³	26/09/2014	2,52 µg/m ³	23/05/2017
Benzene	0,1 µg/m ³	03/12/2012	2,40 µg/m ³	28/09/2014	0,51 µg/m ³	20/05/2017
Toulene	0,13 µg/m ³	04/12/2012	26,07 µg/m ³	28/09/2014	1,51 µg/m ³	19/05/2017
Xileni	0,13 µg/m ³	06/12/2012	20,92 µg/m ³	28/09/2014	3,49 µg/m ³	19/05/2017
PM ₁₀	38,53 µg/m ³	04/12/2012	39,27 µg/m ³	10/06/2014	14,96 µg/m ³	19/05/2017
PM _{2.5}	11,07 µg/m ³	02/12/2012	34,13 µg/m ³	28/09/2014	11,10 µg/m ³	19/05/2017

7.7.1. Biossidi di zolfo – SO₂

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.

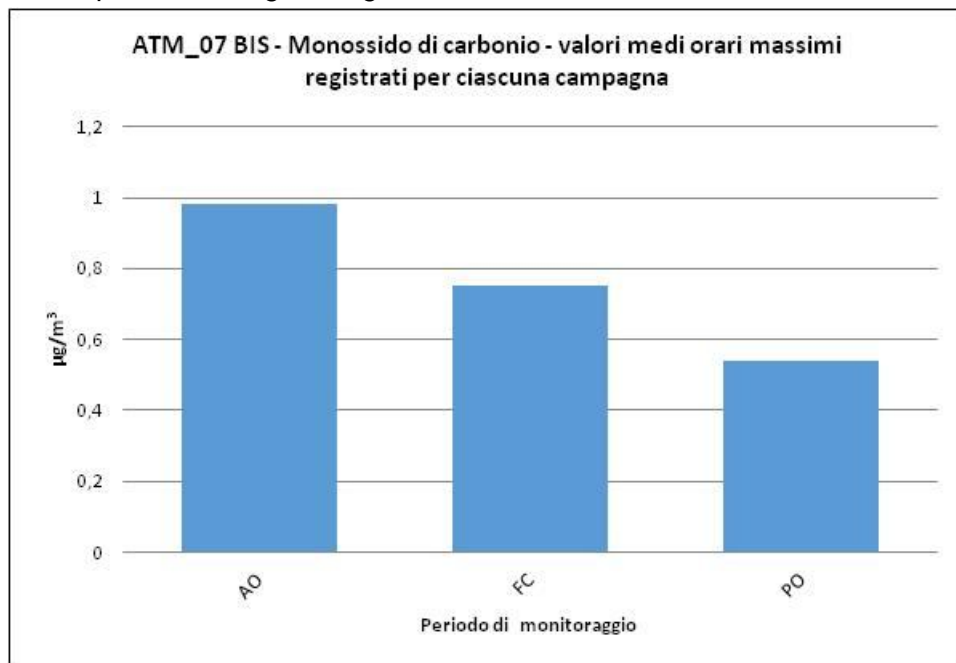


La concentrazione dell'inquinante subisce, in *Post Operam*, un decremento rispetto a quanto registrato in AO e FC.

Tutti i valori registrati risultano inferiori al valore limite fissato dal D.Lgs.155/10 pari a 350 µg/m³

7.7.2. Monossido di carbonio – CO

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.

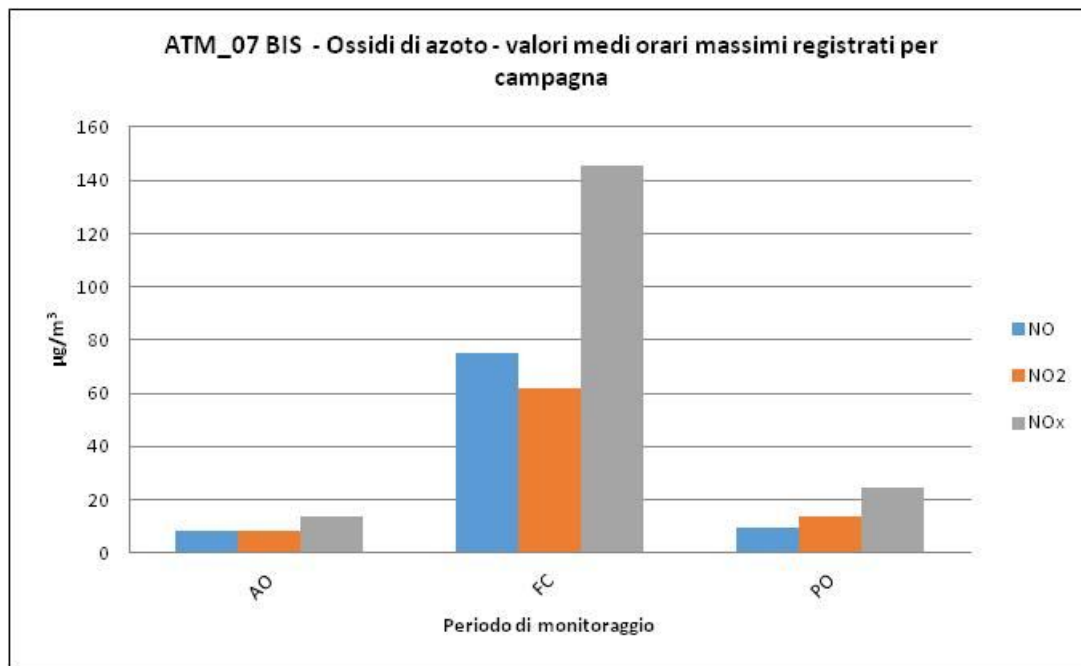


La concentrazione dell'inquinante subisce, in *Post Operam*, un decremento rispetto a quanto registrato in AO e FC.

I livelli di concentrazione del CO e pertanto del CO_{mob}, ovvero la media mobile sulle 8 ore dell'inquinante CO, così come richiesta dalla legge, risultano sempre inferiori al limite massimo di attenzione previsto del D.Lgs.155/10 (10 mg/m³).

7.7.3. Ossidi di azoto – (NO₂, NO, NO_x)

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.

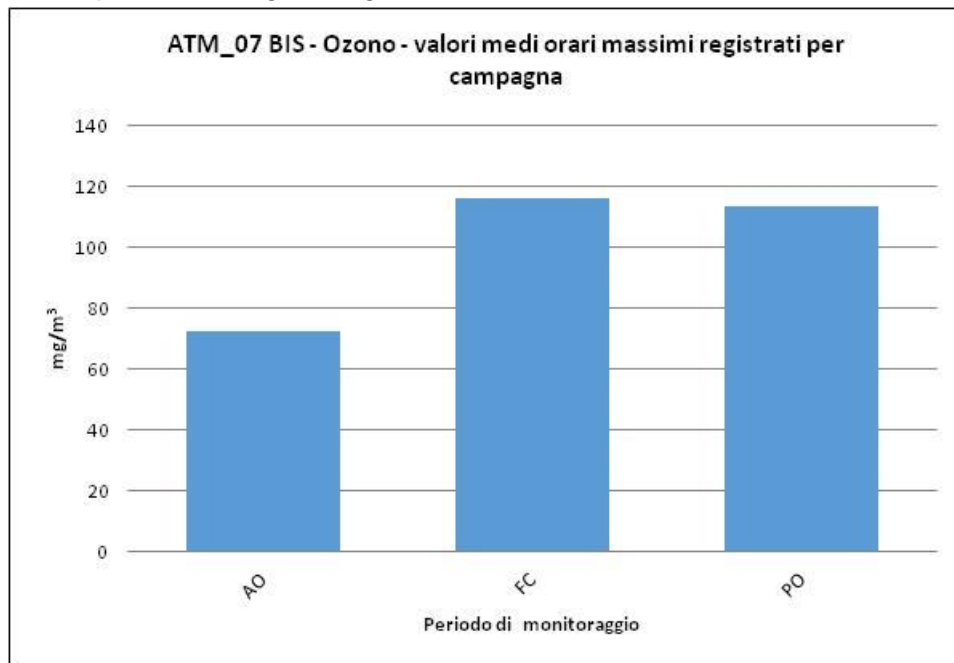


L'andamento degli inquinanti si mantiene, in PO, livelli in linea con l'Ante Operam e minori rispetto al Corso d'Opera.

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie di NO₂ sono inferiori al valore limite fissato dal D.Lgs.155/10 (200 µg/m³).

7.7.4. Ozono – O₃

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.



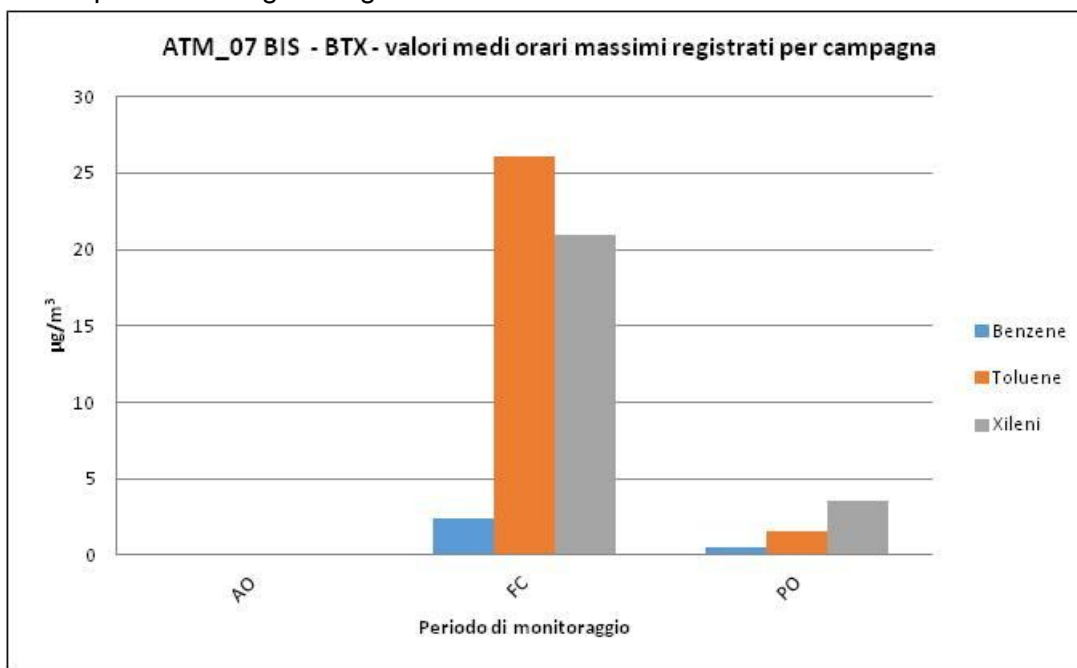
L'andamento dell'inquinante registra, in PO, livelli non dissimili rispetto a quelli registrati nelle precedenti fasi di monitoraggio.

L'andamento dell'inquinante è fortemente influenzato dalla situazione meteo climatica ed , in particolare, dalle temperature ed insolazione.

I dati rilevati nel corso delle attività di monitoraggio evidenziano che i livelli di ozono si mantengono sempre inferiori al livello di attenzione ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ D.Lgs.155/10).

7.7.5. BTX – (Benzene, Toluene, Xileni)

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.

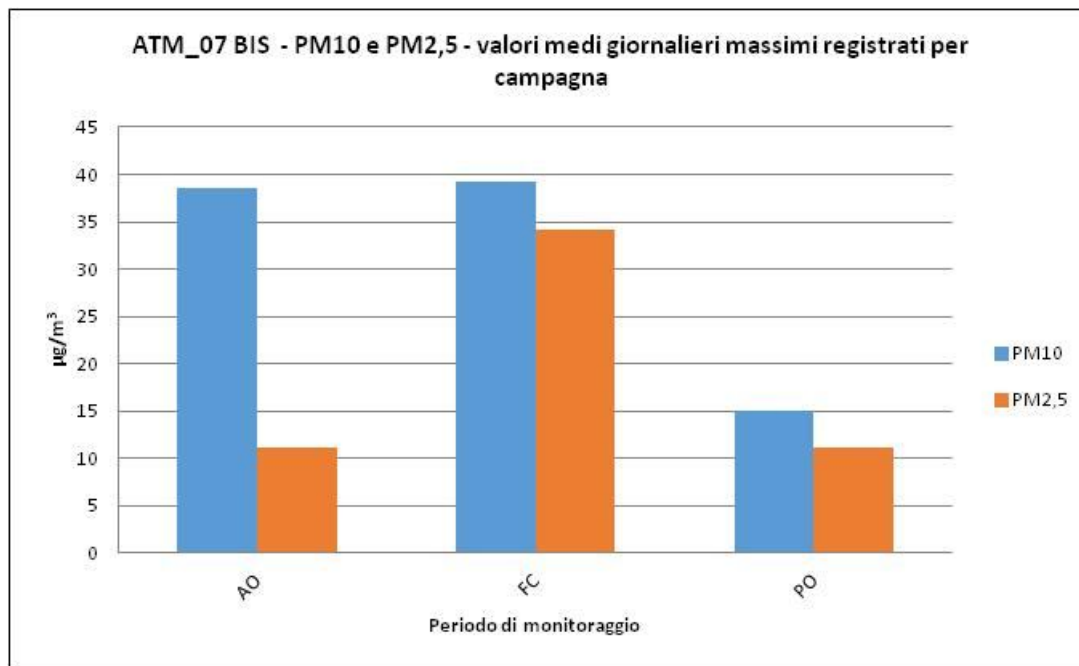


L'andamento degli inquinanti si mantiene, in PO, livelli in linea con l'*Ante Operam* e minori rispetto al Corso d'Opera.

La concentrazione rilevata per il benzene, si mantiene sempre all'interno dei limiti di legge previsti dal D.Lgs.155/10, che, per prevenire effetti nocivi sulla salute, prescrive che il limite della media annuale sia pari a $5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$

7.7.6. Polveri

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascuna campagna di monitoraggio sono riportati nel seguente grafico.



Le concentrazioni degli inquinanti registrano, in *Post Operam*, livelli inferiori rispetto a quelli dell'*Ante Operam* e Corso d'Opera.

Il D.L.155/2010 prescrive quale limite del PM₁₀, per la protezione della salute umana, il valore di 50 µg/m³, che non deve essere superato per più di 35 volte nell'anno solare.

Le indagini condotte sul punto in esame non hanno fatto rilevare superamenti del limite di 50 µg/m³, nel corso della presente campagna.

L'andamento generale dell'inquinante PM_{2,5}, si mantiene sempre all'interno dei limiti di legge previsti dal D.Lgs.155/10, che per prevenire effetti nocivi sulla salute prescrive che il limite della media annuale sia pari a 25 µg/m³

8. CONCLUSIONI

Il confronto tra le campagne di monitoraggio AO, FC, CO e PO, evidenzia, nella quasi totalità dei casi, un generico decremento dei livelli di concentrazione dei principali inquinanti rispetto al Corso d'Opera, a evidenziare la riduzione degli impatti sull'atmosfera determinata dalla fine delle attività di costruzione.

I valori registrati sono stati confrontati con i limiti di qualità dell'aria per il biossido di zolfo, il monossido di carbonio, il biossido di azoto, l'ozono, la frazione respirabile delle particelle sospese ed il benzene, previsti dal D.Lgs.155/10.

I livelli di concentrazione raggiunti dal biossido di azoto, dal monossido di carbonio, dal biossido di zolfo, dall'ozono, dal benzene e delle polveri sono risultati tutti al di sotto dei limiti di legge (D.Lgs.155/10) e di scarso o modesto rilievo .

Infine, per quanto relativo alla concentrazione di metalli, si segnala che l'andamento degli stessi si mantiene sempre al di sotto dei valori obiettivo calcolati su media annuale.