

**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><b>CONTRAENTE GENERALE:</b></p>  | <p><b>Il Responsabile del contraente generale:</b><br/>Ing. Federico Montanari</p> |
|--|--|

|   |  |
|---|--|
| <p><b>IMPRESA AFFIDATARIA:</b></p>  | <p><b>Il Direttore Tecnico:</b><br/>Ing. Domenico D'Alessandro</p>   |
|---|--|

|   |  |
|---|--|
| <p><b>Il gruppo di lavoro:</b><br/>Arch. Emiliano Capozza - (stato fisico dei luoghi)<br/>Arch. Roberta Lamberti - (atmosfera)<br/>Geol. Francesco Morgante - (suolo)<br/>Ing. Martina Carlino - (ambiente idrico)<br/>Ing. Antonio Orlando - (rumore e vibrazioni)<br/>Arch. Caterina Scamardella - (paesaggio)<br/>Dott. Matteo Vetro - (vegetazione e fauna)</p> | <p><b>Il Responsabile Ambientale</b><br/>Ing. Claudio Lamberti</p>  |
|---|--|

|  |   |
|--|---|
| <p><b>Il Coordinatore della Sicurezza in fase di Esecuzione</b><br/>Ing. Salvatore Chirico</p> | <p><b>Il Direttore dei Lavori</b><br/>Ing. Peppino Marascio</p> |
|--|---|

2.1.1 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE  
Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 tratto Fabriano-Matelica Nord  
MONITORAGGIO AMBIENTALE FASE DI CORSO D'OPERA  
COMPONENTE ATMOSFERA  
REPORT SEMESTRALE

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 | 2 1 1  | E       | 1 8 | M A 0 3 0 6 | R E L   | 0 4     | A    |

| REV. | DATA      | DESCRIZIONE | Redatto | Controllato | Approvato |
|------|-----------|-------------|---------|-------------|-----------|
| A    | 31-ago-18 | EMISSIONE   | ARIEN   | ARIEN       | DIRPA     |
|      |           |             |         |             |           |
|      |           |             |         |             |           |

**INDICE**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. PREMESSA .....</b>  | <b>2</b>  |
| <b>2. QUADRO DI RIFERIMENTO TECNICO E NORMATIVO .....</b>   | <b>4</b>  |
| 2.1. Normativa comunitaria.....   | 4         |
| 2.2. Normativa nazionale.....   | 4         |
| 2.3. Normativa regionale.....   | 8         |
| 2.4. Normativa Tecnica.....   | 8         |
| 2.5. Documenti di riferimento.....  | 8         |
| <b>3. DEFINIZIONI E PARAMETRI DI RIFERIMENTO .....</b>  | <b>9</b>  |
| 3.1. Inquinamento atmosferico indotto dal traffico veicolare ordinario .....  | 9         |
| 3.2. Fonti specifiche di inquinamento atmosferico in fase di costruzione .....  | 17        |
| <b>4. IMPOSTAZIONE DEL PIANO DI MONITORAGGIO<br/>AMBIENTALE CORSO D'OPERA PER IL FATTORE ATMOSFERA<br/>(PMA/A/AO) .....</b> | <b>18</b> |
| 4.1. Attività di monitoraggio ambientale di un'infrastruttura viaria.....   | 18        |
| 4.2. Parametri di rilievo e modalità delle misure.....  | 19        |
| 4.2.1. Premessa .....   | 19        |
| 4.2.2. Monitoraggio degli inquinanti gassosi .....  | 20        |
| 4.2.3. Monitoraggio degli inquinanti particellari.....  | 21        |
| 4.2.4. Stazione meteorologica.....  | 23        |
| <b>5. MISURAZIONI ESEGUITE.....</b>   | <b>25</b> |
| <b>6. SCHEDE DI MONITORAGGIO .....</b>  | <b>26</b> |
| <b>7. RISULTATI DELLE MISURAZIONI .....</b>   | <b>27</b> |
| 7.1. Biossidi di zolfo – SO <sub>2</sub> .....  | 27        |
| 7.2. Monossido di carbonio – CO.....  | 27        |
| 7.3. Ossidi di azoto – (NO <sub>2</sub> , NO, NO <sub>x</sub> ).....  | 28        |
| 7.4. Ozono – O <sub>3</sub> .....   | 29        |
| 7.5. BTX – (Benzene, Toluene, Xileni).....  | 29        |
| 7.6. Polveri .....  | 30        |
| 7.7. Metalli.....   | 31        |
| <b>8. SINTESI DEI DATI RACCOLTI DURANTE LE PRECEDENTI<br/>CAMPAGNE DI MONITORAGGIORISULTATI DELLE MISURAZIONI.....</b>      | <b>33</b> |
| <b>9. CONCLUSIONI .....</b>   | <b>38</b> |

## 1. PREMESSA

Nel presente documento si relaziona in alle attività, eseguite fino al 30 giugno 2018, relative al monitoraggio ambientale in Corso d'Opera della componente "Atmosfera" (nel seguito PMA/A/CO), in corrispondenza del Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord, costituito da una parte dei lotti 1, 5 e 6 della strada **Pedemontana Marchigiana**, che è l'elemento di completamento tra le due direttrici "S.S.76" Vallesina e "S.S.77" Val di Chienti.

Le attività di monitoraggio della qualità dell'aria svolte hanno avuto la finalità, di documentare l'evolversi degli indicatori di qualità dell'aria influenzati dalle seguenti attività:

- allestimento dei cantieri fissi (campi base, aree di prelievo/deposito/stoccaggio di materiali lapidei e terrosi) al servizio dell'opera, attività antropiche e lavorazioni centralizzate all'interno dei siti puntuali, loro ripiegamento al termine delle operazioni costruttive;
- impianto e gestione dei cantieri temporanei per l'esecuzione delle seguenti principali opere d'arte:
  - le gallerie artificiali;
  - le gallerie naturali;
  - i viadotti
- lavorazioni diffuse nei cantieri mobili per la realizzazione dei diversi corpi viari distribuiti lungo il tracciato e delle opere d'arte minori (attraversamenti stradali ed idraulici, strutture di contenimento ed opere di protezione spondale);
- transito di mezzi pesanti e/o operativi di cantiere su tratti stradali della rete esistente e su piste provvisorie.

Il tracciato di Progetto della Pedemontana Marchigiana si sviluppa per circa 35 km attraversando le province di Ancona e Macerata, all'asse principale si aggiungono dunque le due bretelle di collegamento alla S.S.361 (c.a. 2.0 km) e a Muccia (collegamento alla S.S. 77-c.a. 5.3 km) per uno sviluppo totale di 42.47 km.

Il tracciato risulta suddiviso in 5 lotti funzionali, cui è stato aggiunto il lotto 6 per comprendere gli svincoli relativi al tratto di infrastruttura che interessa il Lotto1 da Fabriano a Matelica.

Le attività di monitoraggio hanno interessato solo una parte dell'opera descritta e, precisamente, il Lotto1 per i primi 8 km, il lotto 5, per il tratto relativo al collegamento con la S.S. Valnerina, ed infine il lotto 6, e, nello specifico, i 3 svincoli (svincolo di collegamento con la SS76, Svincolo di collegamento Cerreto d'Esi-S.Michele, Svincolo di Matelica nord), stralciati dal lotto 1 e proposti nel suddetto lotto 6.

Il tronco stradale considerato ha dunque origine in corrispondenza dello svincolo di allaccio alla S.S. 76 alla progressiva km 0+000. Nel primo chilometro il tracciato affianca il torrente Giano, seguendo l'andamento morfologico del terreno, prima in rettilineo e poi con un'ampia curva, superando il predetto torrente con un ponte di circa 40 m per poi entrare nella galleria Serre al km 1+589.

Dal km 0+180 e fino al km 1+000 il rilevato è protetto in sinistra verso il torrente Giano da rilevati aventi altezza variabile tra i 2 e 3m, mentre, nel tratto successivo, il rilevato è sostenuto da terre rinforzate di altezza compresa tra i 4 e 8 m, sia in destra che in sinistra.

Il tracciato supera quindi la galleria naturale Serre, mantenendosi pressoché rettilineo, per poi attraversare in rilevato di ridotta altezza il territorio del comune di Cerreto d'Esi. Il cui svincolo, completo di quattro manovre e raccordato mediante rotatoria con la SP 46, è previsto al km 3+550 circa. Questo tratto è interessato dalla presenza di: ponte Quadrelle di 40 m, due sottovia, il viadotto San Michele (3 campate) per luce totale di 100 m; un cavalcavia.

Oltre lo svincolo di Cerreto d'Esi, sono ubicati il ponte "Campodonico" (prg. 5+300) ed il viadotto "Bargatano" (prg. 6+256). Subito dopo quest'ultimo il tracciato aggira verso ovest l'area archeologica di Plan dell'Incrocca, incontrano così un'area collinare, le Cime Basse, che viene superata con una livelletta che raggiunge una pendenza puntuale del 6.1% risultando così la massima pendenza adottata su tutto il tracciato.

Alla progressiva 8+080 è infine ubicato lo svincolo di Matelica nord, termine dell'area di interesse del presente PMA.

Per quanto riguarda il Lotto 5 invece l'area considerata è costituita dalla bretella che si sviluppa tra la S.S. Valnerina, e la rotatoria ubicata in località La Maddalena.

Su quest'ultimo tratto, così come sull'intero Lotto 5, non sono presenti opere significative dal momento che il tracciato di progetto si colloca in massima parte sulla sede dell'attuale S.P. 256.

## **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”.

I valori limite di riferimento (livelli di attenzione e di allarme) fissati dal DM n. 60 del 02/04/2002 e dal Dlgs n. 155 del 13/08/2010 con cui sono stati confrontati i dati del presente monitoraggio sono riportati di seguito.

| <b>Biossido di zolfo - SO<sub>2</sub> (rif. DM 60/2002 e D.Lgs n. 155 del 13/08/2010)</b> |  |   |
|---|--|---|
| Soglia di allarme   | Valore limite orario   | Valore limite di 24 ore   |
| 500 µg/m <sup>3</sup><br>misurato per 3 ore consecutive                                   | 350 µg/m <sup>3</sup><br>da non superare più di 24 volte/anno civile | 125 µg/m <sup>3</sup><br>da non superare più di 3 volte/anno civile |
| <b>Biossido di azoto - NO<sub>2</sub> (rif. DM 60/2002)</b>                               |  |   |
| Soglia di allarme   | Valore limite orario   | Valore limite annuale   |
| 400 µg/m <sup>3</sup><br>misurato per 3 ore consecutive                                   | 200 µg/m <sup>3</sup><br>da non superare più di 18 volte/anno civile | 40 µg/m <sup>3</sup>  |
| <b>Ossidi di azoto - NO<sub>x</sub> (rif. DM 60/2002 e D.Lgs n. 155 del 13/08/2010)</b>   |  |   |
| 30 µg/ m <sup>3</sup>   | Valore limite annuale per la protezione della vegetazione            |   |
| <b>Particolato - PM<sub>10</sub> (rif. DM 60/2002 e D.Lgs n. 155 del 13/08/2010 )</b>     |  |   |
| Valore limite annuale (*)   | Valore limite di 24 ore (*)  |   |
| 20 µg/m <sup>3</sup>  | 50 µg/m <sup>3</sup><br>da non superare più di 7 volte/anno civile   |   |

(\*) Da una recente comunicazione del Ministero dell'Ambiente, il valore limite va considerato senza il margine di tolleranza (che deve essere utilizzato solo ai fini della zonizzazione). Da una comunicazione non ufficiale dello stesso Ministero risulta inoltre che si ha superamento quando la concentrazione è maggiore (e non maggiore e uguale) al valore limite di 50 µg/m<sup>3</sup>.

(\*\*) Per quanto riguarda le **Polveri Totali Sospese (PTS)**, tale inquinante non presenta più alcun valore limite di riferimento orario né giornaliero.

|   |   |
|---|---|
| <b>IPA - Idrocarburi Policiclici Aromatici (rif. DM 25-11-94)</b>                           |   |
| 1 ng/m <sup>3</sup>   | Obiettivo di qualità  |
| <b>PM 2,5 –Frazione polveri con diametro &lt;2,5 µm (D.Lgs n. 155 del 13/08/2010)</b>       |   |
| 25 µg/m <sup>3</sup>  | Concentrazione media annuale                                  |
| 20 µg/m <sup>3</sup>  | Concentrazione media annuale (valore obiettivo entro il 2015) |
| <b>Monossido di carbonio – CO (rif. DM 60/2002 e D.Lgs n. 155 del 13/08/2010)</b>           |   |
| Valore limite   | Soglia di allarme   |
| 10 mg/m <sup>3</sup><br>Media massima giornaliera su 8 ore                                  | 30 mg/m <sup>3</sup><br>Concentrazione media giornaliera      |
| <b>Benzene - C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> (rif. DM 60/2002 e D.Lgs n. 155 del 13/08/2010)</b> |   |
| Valori limite   |   |
| 5 µg/m <sup>3</sup> concentrazione media annuale  |   |
| <b>Ozono - O<sub>3</sub> (rif. DL 21-05-2004 e D.Lgs n. 155 del 13/08/2010 )</b>            |   |
| Soglia di informazione  | Soglia di allarme   |
| 180 µg/m <sup>3</sup> concentrazione oraria   | 240 µg/m <sup>3</sup> misurato per 3 ore consecutive          |
| <b>Polveri Totali Sospese - PTS (**) (rif. DM 25-11-94 abrogato dal DM 60-2002)</b>         |   |
| Livello di attenzione   | Livello di allarme  |
| 150 µg/m <sup>3</sup>   | 300 µg/m <sup>3</sup>   |

Le concentrazioni di Toluene e Xilene non sono normate dalla legislazione in materia; per questi idrocarburi si può utilizzare il limite di 1000 µg/m<sup>3</sup> proposto dall'OMS.

|   |                       |
|---|-----------------------|
| Piombo - Pb (rif. DM 60/2002 e D.Lgs n. 155 del 13/08/2010) |                       |
| 0.5 µg/m <sup>3</sup>                                       | Valore limite annuale |

Per i metalli pesanti diversi dal Piombo si fa riferimento ai valori obiettivo per cadmio, arsenico e nichel del D.Lgs n. 155 del 13/08/2010, e ai Valori Guida WHO (2000) per il mercurio riportati nella tabella che segue.

|                 | D.Lgs n. 155 del 13/08/2010 | Valori Guida WHO (2000) |
|-----------------|-----------------------------|-------------------------|
| <b>Cadmio</b>   | 5 ng/m <sup>3</sup>         | -                       |
| <b>Arsenico</b> | 6 ng/m <sup>3</sup>         | -                       |
| <b>Nichel</b>   | 20 ng/m <sup>3</sup>        | -                       |
| <b>Mercurio</b> | -                           | 1 µg/m <sup>3</sup>     |

I livelli di attenzione sono definiti come le concentrazioni di inquinanti atmosferici che determinano lo stato di attenzione, cioè una situazione di inquinamento atmosferico che, se persistente, determina il rischio di raggiungere lo stato d'allarme. Lo stato di allarme è definito come uno stato suscettibile di determinare una condizione di rischio ambientale e sanitario. Gli stati di attenzione o di allarme si raggiungono quando, al termine di un ciclo di monitoraggio, si rileva il superamento, per uno o più inquinanti, del livello di attenzione o di allarme.

### **2.3. Normativa regionale**

- 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 redatto nel 2002 sul progetto preliminare
- Integrazioni e modifiche allo Studio di impatto ambientale sul progetto preliminare;
- Progetto definitivo;
- Progetto esecutivo;
- Studi di settore;
- Delibera CIPE con relativi allegati del aprile 2012;
- Relazione di Fase Ante Operam.

### **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 CO<sub>2</sub> (anidride carbonica) ed H<sub>2</sub>O (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” 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  $\Phi$  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.

➤ 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 ( $C_2H_5$ )<sub>4</sub> Pb, di piombo tetrametile (CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub> 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 combusti, 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 CO<sub>2</sub>, ed anidride solforosa SO<sub>2</sub>, 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 CO<sub>2</sub>.

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 SO<sub>2</sub> (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 CO<sub>2</sub> ed SO<sub>2</sub> non collimi con l'impatto della singola opera infrastrutturale, ma riguardi al più la

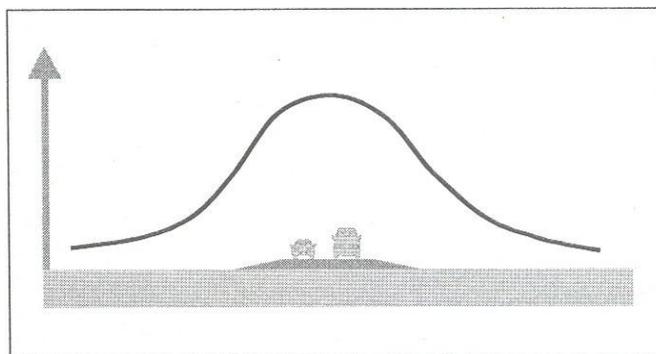
politica generale del trasporto (riequilibrio modale) e la ricerca industriale, applicata ai processi di raffinazione dei carburanti ed al progetto e produzione dei mezzi di trasporto alternativi.

- 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 CO<sub>2</sub>: 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<sub>x</sub>), 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 NO<sub>2</sub> ed in quantità inferiori NO<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ed N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.

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<sub>x</sub> sintetizzati nel motore, ma rapidamente subisce

un'ossidazione ulteriore, riducendosi ad una concentrazione residua del 25÷35 %; corrispondentemente cresce fino al 60÷70% NO<sub>2</sub>, (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<sub>x</sub> 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 – C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>

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, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> 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 - C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CH<sub>3</sub>

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 uguale massa, volume e velocità di caduta; nelle polveri emesse dai veicoli il diametro equivalente varia di norma fra alcuni nm e qualche centinaio di  $\mu\text{m}$ : si assume convenzionalmente il valore di 2.5  $\mu\text{m}$  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  $\Phi \approx 0,1 \div 2,5 \mu\text{m}$  (polveri sottili  $\text{PM}_{2,5}$ ) ovvero, attraverso l'ulteriore saldatura stabile di queste, le dimensioni  $\Phi \approx 10 \mu\text{m}$  (particolato grossolano  $\text{PM}_{10}$ ) o maggiori (PMS). La pericolosità di  $\text{PM}_{10}$  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 ( $\text{O}_3$ =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  $\text{NO}_x$ , 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 peroxiacetilnitrate).

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 richiamate<sup>1</sup> 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 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 3: 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 costruzione**

Nella fase Corso d'Opera di cui si tratta nella presente relazione, le emissioni di inquinanti gassosi e di polveri sono dovute principalmente a:

- l'emissione di polveri connesse alla lavorazione e movimentazione dei materiali;
- l'emissione di inquinanti connessi al transito dei mezzi di cantiere,
- le emissioni connesse alle attività di cantiere;
- l'emissione di inquinanti connessi alle anomalie del traffico veicolare dovute alla presenza di cantieri attivi sul territorio.
- 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.

---

<sup>1</sup> In genere nei monitoraggi ambientali delle infrastrutture viarie si tralascia CO<sub>2</sub>, 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.

#### 4. IMPOSTAZIONE DEL PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE CORSO D'OPERA PER IL FATTORE ATMOSFERA (PMA/A/AO)

##### 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 3 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.

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.

Nella fase AO di cui si tratta nella presente relazione, le emissioni di inquinanti gassosi e di polveri sono dovute principalmente al traffico veicolare ordinario nella rete esistente, nonché alle attività agricole ed antropiche presenti.

Pertanto la campagna di rilevamento prevede misure in corrispondenza dei ricettori individuati nel PMA/A nelle fasce di pertinenza della costruenda infrastruttura, che comprendono quelli maggiormente sensibili e quelli protetti da misure di mitigazione (di cui è necessario valutare l'efficienza con controlli dedicati).

Lo studio di dettaglio della qualità dell'aria che ha indirizzato il PMA/A nella selezione dei punti di rilievo è stato articolato secondo uno schema procedurale con i seguenti passi operativi:

- individuazione dei riferimenti normativi relativi all'inquinamento atmosferico;
- caratterizzazione dei livelli d'inquinamento CO e PO in corrispondenza dei ricettori sensibili localizzati nel PMA/A lungo il tracciato stradale di progetto con l'ausilio dei modelli previsionali di calcolo;
- determinazione di eventuali interventi di mitigazione dei livelli di compromissione della qualità dell'aria da prevedere.

Le analisi hanno confermato che le aree potenzialmente esposte ai maggiori danni in CO e PO sono le seguenti:

- le fasce esterne alla carreggiata carrabile della strada di progetto nei tratti all'aperto, di ampiezza 100 m;

- agli imbocchi delle gallerie, una zona circolare  $R = 100$  m, incentrata sul fornice;
- corone di territorio di ampiezza a 150 m, a margine dei cantieri fissi (principali, secondari e temporanei) operativi ordinari;
- corone di territorio di ampiezza a 300 m, a margine dei cantieri fissi (principali, secondari e temporanei) che ospitano impianti di confezionamento di conglomerati bituminosi e/o di cave di prestito operanti con l'uso di esplosivi;
- fasce limitrofe alle piste provvisorie esterne al sedime, per una profondità di 100 m;
- margini delle strade esistenti percorse dai mezzi di cantiere, per una profondità 50 m.

I ricettori censiti all'interno della suddetta area d'interesse, fra i quali oltre agli edifici si sono considerate anche zone archeologiche o di interesse naturalistico-paesaggistico, sono stati poi qualificati in base alla loro potenziale sensibilità al fattore ambientale "atmosfera" ed al rischio di negative conseguenze della realizzazione e dell'esercizio dell'opera.

L'analisi del sistema insediativo è stata operata principalmente attraverso la ricognizione e l'aggiornamento degli strumenti urbanistici vigenti nei comuni interessati.

Nella parte iniziale del primo lotto il tracciato attraversa il territorio del Comune di Fabriano successivamente lambisce il nucleo abitato di Cerreto d'Esi per poi concludersi a breve distanza dalla zona industriale del comune di Matelica.

Il tratto del lotto 5 interessato si sviluppa invece tra il comune di Muccia e quello di Pievebovigliana.

I ricettori il resto, i ricettori censiti sono costituiti da case isolate abitate o edifici produttivi localizzati in prossimità del tracciato.

## **4.2. Parametri di rilievo e modalità delle misure**

### **4.2.1. Premessa**

Il PMA/A/CO prevede la misura, nei punti significativi identificati e per le estensioni temporali indispensabili alle elaborazioni statistiche, dei parametri significativi dell'inquinamento atmosferico che sono stati sopra descritti 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. Analogamente, in base ai parametri da acquisire, alla frequenza di memorizzazione e alla durata del rilievo, è stato pianificato lo scarico dei dati acquisiti, evitando indesiderate interruzioni dell'operazione.

Prima di iniziare la misura, si è provveduto, ove necessario, alla calibrazione speditiva degli strumenti, ed alla documentazione fotografica della postazione allestita, avendo cura di inquadrare sia l'apparecchiatura sia il ricettore.

Tutte le informazioni raccolte sono state annotate sul posto in un rapporto sommario che è stato utilizzato per la scheda di misura.

Nell'attuazione del PMA/A/CO 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 periodiche di monitoraggio per la componente.

#### **4.2.2. Monitoraggio degli inquinanti gassosi**

##### Biossido di zolfo SO<sub>2</sub>

Il principio di funzionamento dello strumento di misura è la fluorescenza UV, basato sul principio che, quando le molecole di SO<sub>2</sub> 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 SO<sub>2</sub> presente nel campione.

##### Monossido di carbonio CO

Il riferimento normativo per il campionamento dell'ozono è costituito dalla UNI EN 14626:2005 "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 rivelatore 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.

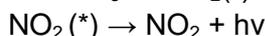
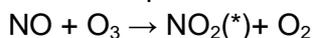
Il rilevatore misura la differenza qualitativa tra la radiazione che emerge dalla cella di misura e quella della cella di riferimento che non assorbe radiazioni IR. La variazione di intensità della radiazione è proporzionale alla concentrazione del monossido di carbonio.

Ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>, NO, NO<sub>2</sub>)

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 O<sub>3</sub>, 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<sub>x</sub> (NO + NO<sub>2</sub>) viene effettuata facendo passare ciclicamente il campione in un convertitore catalitico che riduce tutto l'NO<sub>2</sub> in NO. Il contenuto di biossido di azoto viene ottenuto per differenza tra la misura degli ossidi di azoto totali (NO<sub>x</sub>), 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 O<sub>3</sub>

Il riferimento normativo per il campionamento dell'ozono è costituito dalla UNI EN 14625:2005 "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 (PMS)

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  $\mu\text{m}$ ;
- 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 PM2,5

Il D.lgs. 155/2010 stabilisce che il metodo di riferimento per l'analisi del PM10, secondo la Norma UNI EN 12341, 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 PM2,5 è il metodo gravimetrico da applicarsi secondo la Norma UNI EN 14907 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 (UNI EN 14907);
- 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  $\mu\text{m}$  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 PM10 e PM2,5 la strumentazione utilizzata è conforme alla UNI EN 12341 ed UNI EN 14907 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 (PM10 e PM2.5);

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 PM10 (UNI EN 12341:1999), 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 PM<sub>10</sub> 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 PM<sub>10</sub>, 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:  $\pm 3$  %
- 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

Nella seguente tabella sono elencati ed opportunamente georeferenziati i punti relativi al monitoraggio della componente “Atmosfera” in fase Corso d’Opera (PME/A/CO) , nell’ambito dell’opera denominata Pedemontana delle Marche - Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 - Tratto Fabriano - Matelica Nord.

| ATTIVITA' DI MONITORAGGIO IN FASE CORSO D'OPERA AL 30 GIUGNO 2018 |              |              |   |       |
|---|--------------|--------------|---|-------|
| Codice punto  | Coordinate   |              | Opera   | Prog. |
|   | Latitudine   | Longitudine  |   |       |
| ATM_01  | 43° 20.347'N | 12° 57.682'E | VIABILITA                                     | 0+750 |
| ATM_02  | 43° 20.235'N | 12° 57.722'E | VIABILITA                                     | 1+100 |
| ATM_03  | 43° 29.926'N | 12° 98.018'E | Galleria S. Gregorio                          | 7+100 |
| ATM_05 BIS  | 43°19'16.6"N | 12°58'35.6"E | SVINCOLO CERRETO D'ESI<br>- S.MICHELE         | 3+250 |
| ATM_06 BIS  | 43°19'00.7"N | 12°58'41.1"E | CAMPO BASE LOTTO I                            | 3+700 |
| ATMO_07   | 43° 18.621'N | 12° 58.563'E | VIABILITA                                     | 4+250 |
| ATM_09  | 43° 16.531'N | 12° 59.251'E | SVINCOLO DI MATELICA<br>NORD ZONA INDUSTRIALE | 8+000 |

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* Corso d’Opera sono state eseguite rilevando - in ogni punto di monitoraggio - parametri di qualità dell’aria, meteorologici e d’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/CO.

## 7. RISULTATI DELLE MISURAZIONI

Nel corso della campagna PMA/A/CO sono state eseguite, in conformità del PMA/A ed in corrispondenza dei punti di monitoraggio ivi indicati:

- analisi con mezzo mobile degli specifici parametri relativi agli inquinanti gassosi e particolati, ai metalli ed agli IPA indicati da PMA, nonché rilievo dei parametri meteorologici.

Nelle pagine che seguono si riporta la sintesi dei risultati delle misure effettuate durante la campagna sui ricettori oggetto di indagine.

Ulteriori dettagli sulle misure eseguite sono riportate nelle schede di monitoraggio che contengono tutti i risultati delle misure eseguite e le relative elaborazioni grafiche.

### 7.1. Biossidi di zolfo – SO<sub>2</sub>

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascun punto di campionamento sono i seguenti.

| SO <sub>2</sub> |        |                   |            |             |
|-----------------|--------|-------------------|------------|-------------|
| Punto           | valore |                   | Giorno     | Superamento |
| ATM_01          | 34,24  | µg/m <sup>3</sup> | 11/05/2018 |             |
| ATM_02          | 53,22  | µg/m <sup>3</sup> | 23/05/2018 |             |
| ATM_03          | 96,91  | µg/m <sup>3</sup> | 17/06/2018 |             |
| ATM_05BIS       | 19,01  | µg/m <sup>3</sup> | 11/04/2018 |             |
| ATM_06BIS       | 12,39  | µg/m <sup>3</sup> | 12/02/2018 |             |
| ATM_07          | 52,01  | µg/m <sup>3</sup> | 21/06/2018 |             |
| ATM_09          | 2,75   | µg/m <sup>3</sup> | 17/02/2018 |             |

Tutti i valori registrati risultano inferiori al valore limite fissato dal D.Lgs.155/10 pari a 350 µg/m<sup>3</sup>

### 7.2. Monossido di carbonio – CO

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ciascun punto di campionamento sono i seguenti.

| CO        |        |                   |            |             |
|-----------|--------|-------------------|------------|-------------|
| Punto     | valore |                   | Giorno     | Superamento |
| ATM_01    | 0,59   | µg/m <sup>3</sup> | 11/05/2018 |             |
| ATM_02    | 0,49   | µg/m <sup>3</sup> | 22/05/2018 |             |
| ATM_03    | 0,47   | µg/m <sup>3</sup> | 14/06/2018 |             |
| ATM_05BIS | 0,34   | µg/m <sup>3</sup> | 14/04/2018 |             |
| ATM_06BIS | 0,58   | µg/m <sup>3</sup> | 12/02/2018 |             |
| ATM_07    | 0,41   | µg/m <sup>3</sup> | 20/06/2018 |             |
| ATM_09    | 0,51   | µg/m <sup>3</sup> | 19/02/2018 |             |

I livelli di concentrazione del CO e pertanto del CO<sub>mob</sub>, 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<sup>3</sup>).

### 7.3. Ossidi di azoto – (NO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>x</sub>)

| NO <sub>2</sub> |        |                   |            |             |
|-----------------|--------|-------------------|------------|-------------|
| Punto           | valore |                   | Giorno     | Superamento |
| ATM_01          | 39,27  | µg/m <sup>3</sup> | 11/05/2018 |             |
| ATM_02          | 45,08  | µg/m <sup>3</sup> | 21/05/2018 |             |
| ATM_03          | 32,72  | µg/m <sup>3</sup> | 18/06/2018 |             |
| ATM_05BIS       | 68,85  | µg/m <sup>3</sup> | 12/04/2018 |             |
| ATM_06BIS       | 67,29  | µg/m <sup>3</sup> | 12/02/2018 |             |
| ATM_07          | 22,96  | µg/m <sup>3</sup> | 27/06/2018 |             |
| ATM_09          | 43,39  | µg/m <sup>3</sup> | 17/02/2018 |             |

Il valore massimo delle concentrazioni medie orarie registrato è inferiore al valore limite fissato dal D.Lgs.155/10 (200 µg/m<sup>3</sup>).

Si riportano inoltre i valori medi orari massimi relativi al NO ed NO<sub>x</sub>.

| NO        |        |                   |            |             |
|-----------|--------|-------------------|------------|-------------|
| Punto     | valore |                   | Giorno     | Superamento |
| ATM_01    | 20,58  | µg/m <sup>3</sup> | 10/05/2018 |             |
| ATM_02    | 25,74  | µg/m <sup>3</sup> | 21/05/2018 |             |
| ATM_03    | 2,02   | µg/m <sup>3</sup> | 19/06/2018 |             |
| ATM_05BIS | 54,42  | µg/m <sup>3</sup> | 12/04/2018 |             |
| ATM_06BIS | 23,23  | µg/m <sup>3</sup> | 09/02/2018 |             |
| ATM_07    | 4,96   | µg/m <sup>3</sup> | 20/06/2018 |             |
| ATM_09    | 27,98  | µg/m <sup>3</sup> | 18/02/2018 |             |

| NO <sub>x</sub> |        |                   |            |             |
|-----------------|--------|-------------------|------------|-------------|
| Punto           | valore |                   | Giorno     | Superamento |
| ATM_01          | 56,04  | µg/m <sup>3</sup> | 10/05/2018 |             |
| ATM_02          | 73,70  | µg/m <sup>3</sup> | 21/05/2018 |             |
| ATM_03          | 33,68  | µg/m <sup>3</sup> | 18/06/2018 |             |
| ATM_05BIS       | 152,00 | µg/m <sup>3</sup> | 12/04/2018 |             |
| ATM_06BIS       | 96,08  | µg/m <sup>3</sup> | 12/02/2018 |             |
| ATM_07          | 24,40  | µg/m <sup>3</sup> | 27/06/2018 |             |
| ATM_09          | 80,56  | µg/m <sup>3</sup> | 18/02/2018 |             |

#### 7.4. Ozono – O<sub>3</sub>

I valori massimi delle concentrazioni medie orarie per ogni punto di campionamento sono riportati nella seguente tabella.

| O <sub>3</sub> |        |                   |            |             |
|----------------|--------|-------------------|------------|-------------|
| Punto          | valore |                   | Giorno     | Superamento |
| ATM_01         | 75,06  | µg/m <sup>3</sup> | 09/05/2018 |             |
| ATM_02         | 73,56  | µg/m <sup>3</sup> | 16/05/2018 |             |
| ATM_03         | 74,21  | µg/m <sup>3</sup> | 18/06/2018 |             |
| ATM_05BIS      | 67,94  | µg/m <sup>3</sup> | 14/04/2018 |             |
| ATM_06BIS      | 57,94  | µg/m <sup>3</sup> | 09/02/2018 |             |
| ATM_07         | 66,21  | µg/m <sup>3</sup> | 22/06/2018 |             |
| ATM_09         | 57,03  | µg/m <sup>3</sup> | 15/02/2018 |             |

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/m<sup>3</sup> D.Lgs.155/10).

#### 7.5. BTX – (Benzene, Toluene, Xileni)

| Benzene   |        |                   |            |             |
|-----------|--------|-------------------|------------|-------------|
| Punto     | valore |                   | Giorno     | Superamento |
| ATM_01    | 0,45   | µg/m <sup>3</sup> | 12/05/2018 |             |
| ATM_02    | 0,42   | µg/m <sup>3</sup> | 22/05/2018 |             |
| ATM_03    | 0,68   | µg/m <sup>3</sup> | 18/06/2018 |             |
| ATM_05BIS | 2,78   | µg/m <sup>3</sup> | 12/04/2018 |             |
| ATM_06BIS | 1,34   | µg/m <sup>3</sup> | 14/02/2018 |             |
| ATM_07    | 0,97   | µg/m <sup>3</sup> | 21/06/2018 |             |
| ATM_09    | 2,75   | µg/m <sup>3</sup> | 17/02/2018 |             |

L'andamento generale dell'inquinante 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 non superi il limite dei 5,0 µg/m<sup>3</sup>

Si riportano inoltre, i valori massimi delle concentrazioni medie orarie relative al Toluene e Xileni.

| Toluene |        |                   |            |             |
|---------|--------|-------------------|------------|-------------|
| Punto   | valore |                   | Giorno     | Superamento |
| ATM_01  | 2,65   | µg/m <sup>3</sup> | 12/05/2018 |             |
| ATM_02  | 2,88   | µg/m <sup>3</sup> | 21/05/2018 |             |
| ATM_03  | 5,68   | µg/m <sup>3</sup> | 17/06/2018 |             |

|           |       |                   |            |  |
|-----------|-------|-------------------|------------|--|
| ATM_05BIS | 21,74 | µg/m <sup>3</sup> | 12/04/2018 |  |
| ATM_06BIS | 2,25  | µg/m <sup>3</sup> | 08/02/2018 |  |
| ATM_07    | 5,15  | µg/m <sup>3</sup> | 20/06/2018 |  |
| ATM_09    | 3,13  | µg/m <sup>3</sup> | 16/02/2018 |  |

| Xileni    |        |                   |            |             |
|-----------|--------|-------------------|------------|-------------|
| Punto     | valore |                   | Giorno     | Superamento |
| ATM_01    | 9,22   | µg/m <sup>3</sup> | 11/05/2018 |             |
| ATM_02    | 14,88  | µg/m <sup>3</sup> | 22/05/2018 |             |
| ATM_03    | 16,14  | µg/m <sup>3</sup> | 13/06/2018 |             |
| ATM_05BIS | 30,25  | µg/m <sup>3</sup> | 12/04/2018 |             |
| ATM_06BIS | 5,99   | µg/m <sup>3</sup> | 08/02/2018 |             |
| ATM_07    | 10,37  | µg/m <sup>3</sup> | 21/06/2018 |             |
| ATM_09    | 7,39   | µg/m <sup>3</sup> | 16/02/2018 |             |

### 7.6. Polveri

Di seguito di riportano i valori massimi delle concentrazioni medie giornaliere delle polveri per ogni punto di campionamento.

| PM10      |        |                   |            |             |
|-----------|--------|-------------------|------------|-------------|
| Punto     | valore |                   | Giorno     | Superamento |
| ATM_01    | 33,72  | µg/m <sup>3</sup> | 09/05/2018 |             |
| ATM_02    | 25,11  | µg/m <sup>3</sup> | 21/05/2018 |             |
| ATM_03    | 27,44  | µg/m <sup>3</sup> | 13/06/2018 |             |
| ATM_05BIS | 47,54  | µg/m <sup>3</sup> | 17/04/2018 |             |
| ATM_06BIS | 28,45  | µg/m <sup>3</sup> | 09/02/2018 |             |
| ATM_07    | 19,49  | µg/m <sup>3</sup> | 22/06/2018 |             |
| ATM_09    | 26,01  | µg/m <sup>3</sup> | 17/02/2018 |             |

Il D.L.155/2010 prescrive quale limite del PM10, per la protezione della salute umana, il valore di 50 µg/ m<sup>3</sup> che non deve essere superato per più di 35 volte nell'anno solare.

Inoltre all'allegato I del Decreto Legislativo 155/2010, che rimanda a sua volta alla norma ISO 11222:2002 "Qualità dell'aria – Determinazione dell'incertezza della media temporanea delle misure di qualità dell'aria", si precisa che, per valutare il rispetto del valore limite del PM10, in caso di misure discontinue, occorre valutare il 90,4 percentile (che deve essere inferiore o uguale a 50 µg/m<sup>3</sup>).

L'andamento generale del PM10 si mantiene sempre all'interno dei limiti di legge previsti dal D.Lgs.155/10.

Si riportano inoltre i valori relativi al PM2,5. Per questi la media del periodo monitorato, si mantiene generalmente al di sotto dei 25 µg/m<sup>3</sup>, valore indicato dal D.L.155/201, quale riferimento per la media annuale.

| PM2.5     |        |                   |            |
|-----------|--------|-------------------|------------|
| Punto     | valore |                   | Giorno     |
| ATM_01    | 22,66  | µg/m <sup>3</sup> | 09/05/2018 |
| ATM_02    | 15,94  | µg/m <sup>3</sup> | 21/05/2018 |
| ATM_03    | 16,97  | µg/m <sup>3</sup> | 13/06/2018 |
| ATM_05BIS | 36,15  | µg/m <sup>3</sup> | 17/04/2018 |
| ATM_06BIS | 8,05   | µg/m <sup>3</sup> | 09/02/2018 |
| ATM_07    | 11,48  | µg/m <sup>3</sup> | 22/06/2018 |
| ATM_09    | 19,83  | µg/m <sup>3</sup> | 17/02/2018 |

### 7.7. Metalli

Si seguito di riportano i valori massimi delle concentrazioni medie giornaliere dei metalli per ogni punto di campionamento.

| Arsenico  |         |                   |            |
|-----------|---------|-------------------|------------|
| Punto     | valore  |                   | Giorno     |
| ATM_01    | <0,001  | µg/m <sup>3</sup> | 14/05/2018 |
| ATM_02    | < 0,001 | µg/m <sup>3</sup> | 17/05/2018 |
| ATM_03    | 0,0033  | µg/m <sup>3</sup> | 15/06/2018 |
| ATM_05BIS | < 0,001 | µg/m <sup>3</sup> | 17/04/2018 |
| ATM_06BIS | < 0,001 | µg/m <sup>3</sup> | 09/02/2018 |
| ATM_07    | 0,001   | µg/m <sup>3</sup> | 22/06/2018 |
| ATM_09    | < 0,001 | µg/m <sup>3</sup> | 16/02/2018 |

| Cadmio    |         |                   |            |
|-----------|---------|-------------------|------------|
| Punto     | valore  |                   | Giorno     |
| ATM_01    | <0,001  | µg/m <sup>3</sup> | 14/05/2018 |
| ATM_02    | < 0,001 | µg/m <sup>3</sup> | 17/05/2018 |
| ATM_03    | < 0,001 | µg/m <sup>3</sup> | 15/06/2018 |
| ATM_05BIS | < 0,001 | µg/m <sup>3</sup> | 17/04/2018 |
| ATM_06BIS | < 0,001 | µg/m <sup>3</sup> | 09/02/2018 |
| ATM_07    | < 0,001 | µg/m <sup>3</sup> | 22/06/2018 |
| ATM_09    | < 0,001 | µg/m <sup>3</sup> | 16/02/2018 |

| Mercurio  |         |       |            |
|-----------|---------|-------|------------|
| Punto     | valore  |       | Giorno     |
| ATM_01    | <0,001  | µg/m3 | 14/05/2018 |
| ATM_02    | < 0,001 | µg/m3 | 17/05/2018 |
| ATM_03    | < 0,001 | µg/m3 | 15/06/2018 |
| ATM_05BIS | < 0,001 | µg/m3 | 17/04/2018 |
| ATM_06BIS | < 0,001 | µg/m3 | 09/02/2018 |
| ATM_07    | < 0,001 | µg/m3 | 22/06/2018 |
| ATM_09    | < 0,001 | µg/m3 | 16/02/2018 |

| Nichel    |         |       |            |
|-----------|---------|-------|------------|
| Punto     | valore  |       | Giorno     |
| ATM_01    | 0,0034  | µg/m3 | 14/05/2018 |
| ATM_02    | 0,004   | µg/m3 | 17/05/2018 |
| ATM_03    | 0,0011  | µg/m3 | 15/06/2018 |
| ATM_05BIS | 0,0071  | µg/m3 | 17/04/2018 |
| ATM_06BIS | 0,0039  | µg/m3 | 09/02/2018 |
| ATM_07    | < 0,001 | µg/m3 | 22/06/2018 |
| ATM_09    | 0,0078  | µg/m3 | 16/02/2018 |

| Piombo    |         |       |            |
|-----------|---------|-------|------------|
| Punto     | valore  |       | Giorno     |
| ATM_01    | 0,0034  | µg/m3 | 14/05/2018 |
| ATM_02    | 0,0018  | µg/m3 | 17/05/2018 |
| ATM_03    | 0,0036  | µg/m3 | 15/06/2018 |
| ATM_05BIS | 0,005   | µg/m3 | 17/04/2018 |
| ATM_06BIS | 0,0039  | µg/m3 | 09/02/2018 |
| ATM_07    | < 0,001 | µg/m3 | 22/06/2018 |
| ATM_09    | 0,005   | µg/m3 | 16/02/2018 |

L'andamento degli inquinanti, si mantiene, al di sotto dei valori obiettivo definiti nell'allegato XIII del D.Lgs.155/10, che, si precisa, sono calcolati come media su un anno civile.

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

Nelle seguenti tabelle vengono messi a confronto i valori delle massime concentrazione medie orarie degli inquinanti, rilevati nel corso delle campagna di monitoraggio AO e delle precedenti campagne CO con quelli rilevati durante il semestre di riferimento.

| Parametro monitorato | ATM_01_ campagna AO      |                    |            | ATM_01_ I^ campagna CO |                    |            | ATM_01_ II^ campagna CO |                    |            |
|----------------------|--------------------------|--------------------|------------|------------------------|--------------------|------------|-------------------------|--------------------|------------|
|                      | valore                   |                    | Giorno     | valore                 |                    | Giorno     | valore                  |                    | Giorno     |
| CO                   | 0,39                     | µg/m <sup>3</sup>  | 26/06/2015 | 0,79                   | µg/m <sup>3</sup>  | 28/05/2017 | 0,63                    | µg/m <sup>3</sup>  | 10/10/2017 |
| NO                   | 14,51                    | µg/ m <sup>3</sup> | 25/06/2015 | 7,61                   | µg/ m <sup>3</sup> | 29/05/2017 | 42,49                   | µg/ m <sup>3</sup> | 06/10/2017 |
| NO2                  | 20,49                    | µg/ m <sup>3</sup> | 24/06/2015 | 34,45                  | µg/ m <sup>3</sup> | 24/05/2017 | 150,60                  | µg/ m <sup>3</sup> | 09/10/2017 |
| NOX                  | 38,89                    | µg/ m <sup>3</sup> | 25/06/2015 | 36,15                  | µg/ m <sup>3</sup> | 26/05/2017 | 210,06                  | µg/ m <sup>3</sup> | 09/10/2017 |
| O3                   | 119,89                   | µg/ m <sup>3</sup> | 28/06/2015 | 106,62                 | µg/ m <sup>3</sup> | 30/05/2017 | 87,67                   | µg/ m <sup>3</sup> | 05/10/2017 |
| SO2                  | 21,17                    | µg/ m <sup>3</sup> | 27/06/2015 | 58,28                  | µg/ m <sup>3</sup> | 29/05/2017 | 3,23                    | µg/ m <sup>3</sup> | 10/10/2017 |
| Benzene              | 0,36                     | µg/ m <sup>3</sup> | 26/06/2015 | 0,67                   | µg/ m <sup>3</sup> | 29/05/2017 | 1,17                    | µg/ m <sup>3</sup> | 09/10/2017 |
| Toulene              | 0,94                     | µg/ m <sup>3</sup> | 22/06/2015 | 5,53                   | µg/ m <sup>3</sup> | 29/05/2017 | 1,90                    | µg/ m <sup>3</sup> | 09/10/2017 |
| Xileni               | 11,39                    | µg/m <sup>3</sup>  | 22/06/2015 | 29,37                  | µg/m <sup>3</sup>  | 29/05/2017 | 3,09                    | µg/m <sup>3</sup>  | 10/10/2017 |
| PM10                 | 20,96                    | µg/ m <sup>3</sup> | 29/06/2015 | 38,50                  | µg/ m <sup>3</sup> | 24/05/2017 | 58,71                   | µg/ m <sup>3</sup> | 06/10/2017 |
| PM2.5                | 16,22                    | µg/ m <sup>3</sup> | 29/06/2015 | 26,02                  | µg/ m <sup>3</sup> | 24/05/2017 | 45,83                   | µg/ m <sup>3</sup> | 06/10/2017 |
| Parametro monitorato | ATM_01_ III^ campagna CO |                    |            |                        |                    |            |                         |                    |            |
|                      | valore                   |                    | Giorno     |                        |                    |            |                         |                    |            |
| CO                   | 0,59                     | µg/m <sup>3</sup>  | 11/05/2018 |                        |                    |            |                         |                    |            |
| NO                   | 20,58                    | µg/ m <sup>3</sup> | 10/05/2018 |                        |                    |            |                         |                    |            |
| NO2                  | 39,27                    | µg/ m <sup>3</sup> | 11/05/2018 |                        |                    |            |                         |                    |            |
| NOX                  | 56,04                    | µg/ m <sup>3</sup> | 10/05/2018 |                        |                    |            |                         |                    |            |
| O3                   | 75,06                    | µg/ m <sup>3</sup> | 09/05/2018 |                        |                    |            |                         |                    |            |
| SO2                  | 34,24                    | µg/ m <sup>3</sup> | 11/05/2018 |                        |                    |            |                         |                    |            |
| Benzene              | 0,45                     | µg/ m <sup>3</sup> | 12/05/2018 |                        |                    |            |                         |                    |            |
| Toulene              | 2,65                     | µg/ m <sup>3</sup> | 12/05/2018 |                        |                    |            |                         |                    |            |
| Xileni               | 9,22                     | µg/m <sup>3</sup>  | 11/05/2018 |                        |                    |            |                         |                    |            |
| PM10                 | 33,72                    | µg/ m <sup>3</sup> | 09/05/2018 |                        |                    |            |                         |                    |            |
| PM2.5                | 22,66                    | µg/ m <sup>3</sup> | 09/05/2018 |                        |                    |            |                         |                    |            |

| Parametro monitorato | ATM_02_campagna AO      |                    |            | ATM_02_I^ campagna CO |                    |            | ATM_02_II^ campagna CO |                    |            |
|----------------------|-------------------------|--------------------|------------|-----------------------|--------------------|------------|------------------------|--------------------|------------|
|                      | valore                  |                    | Giorno     | valore                |                    | Giorno     | valore                 |                    | Giorno     |
| CO                   | 0,46                    | µg/m <sup>3</sup>  | 16/06/2015 | 0,45                  | µg/m <sup>3</sup>  | 04/03/2017 | 0,76                   | µg/m <sup>3</sup>  | 20/11/2017 |
| NO                   | 17,61                   | µg/ m <sup>3</sup> | 19/06/2015 | 45,30                 | µg/ m <sup>3</sup> | 03/03/2017 | 133,32                 | µg/ m <sup>3</sup> | 21/11/2017 |
| NO2                  | 29,69                   | µg/ m <sup>3</sup> | 17/06/2015 | 58,17                 | µg/ m <sup>3</sup> | 03/03/2017 | 133,32                 | µg/ m <sup>3</sup> | 21/11/2017 |
| NOX                  | 45,82                   | µg/ m <sup>3</sup> | 19/06/2015 | 127,48                | µg/ m <sup>3</sup> | 03/03/2017 | 337,30                 | µg/ m <sup>3</sup> | 21/11/2017 |
| O3                   | 113,09                  | µg/ m <sup>3</sup> | 12/06/2015 | 62,87                 | µg/ m <sup>3</sup> | 07/03/2017 | 41,58                  | µg/ m <sup>3</sup> | 21/11/2017 |
| SO2                  | 19,82                   | µg/ m <sup>3</sup> | 16/06/2015 | 28,61                 | µg/ m <sup>3</sup> | 02/03/2017 | 8,29                   | µg/ m <sup>3</sup> | 21/11/2017 |
| Benzene              | 0,73                    | µg/ m <sup>3</sup> | 13/06/2015 | 0,78                  | µg/ m <sup>3</sup> | 04/03/2017 | 1,42                   | µg/ m <sup>3</sup> | 20/11/2017 |
| Toulene              | 1,76                    | µg/ m <sup>3</sup> | 15/06/2015 | 1,89                  | µg/ m <sup>3</sup> | 03/03/2017 | 3,62                   | µg/ m <sup>3</sup> | 22/11/2017 |
| Xileni               | 16,37                   | µg/m <sup>3</sup>  | 13/06/2015 | 1,89                  | µg/m <sup>3</sup>  | 03/03/2017 | 6,24                   | µg/m <sup>3</sup>  | 17/11/2017 |
| PM10                 | 30,13                   | µg/ m <sup>3</sup> | 12/06/2015 | 19,63                 | µg/ m <sup>3</sup> | 04/03/2017 | 40,23                  | µg/ m <sup>3</sup> | 21/11/2017 |
| PM2.5                | 15,40                   | µg/ m <sup>3</sup> | 19/06/2015 | 12,20                 | µg/ m <sup>3</sup> | 04/03/2017 | 20,44                  | µg/ m <sup>3</sup> | 20/11/2017 |
| Parametro monitorato | ATM_02_III^ campagna CO |                    |            |                       |                    |            |                        |                    |            |
|                      | valore                  |                    | Giorno     |                       |                    |            |                        |                    |            |
| CO                   | 0,49                    | µg/m <sup>3</sup>  | 22/05/2018 |                       |                    |            |                        |                    |            |
| NO                   | 25,74                   | µg/ m <sup>3</sup> | 21/05/2018 |                       |                    |            |                        |                    |            |
| NO2                  | 45,08                   | µg/ m <sup>3</sup> | 21/05/2018 |                       |                    |            |                        |                    |            |
| NOX                  | 73,70                   | µg/ m <sup>3</sup> | 21/05/2018 |                       |                    |            |                        |                    |            |
| O3                   | 73,56                   | µg/ m <sup>3</sup> | 16/05/2018 |                       |                    |            |                        |                    |            |
| SO2                  | 53,22                   | µg/ m <sup>3</sup> | 23/05/2018 |                       |                    |            |                        |                    |            |
| Benzene              | 0,42                    | µg/ m <sup>3</sup> | 22/05/2018 |                       |                    |            |                        |                    |            |
| Toulene              | 2,88                    | µg/ m <sup>3</sup> | 21/05/2018 |                       |                    |            |                        |                    |            |
| Xileni               | 14,88                   | µg/m <sup>3</sup>  | 22/05/2018 |                       |                    |            |                        |                    |            |
| PM10                 | 25,11                   | µg/ m <sup>3</sup> | 21/05/2018 |                       |                    |            |                        |                    |            |
| PM2.5                | 15,94                   | µg/ m <sup>3</sup> | 21/05/2018 |                       |                    |            |                        |                    |            |

| Parametro monitorato | ATM_03_campagna AO      |                    |            | ATM_03_I^ campagna CO |                    |            | ATM_03_II^ campagna CO |                    |            |
|----------------------|-------------------------|--------------------|------------|-----------------------|--------------------|------------|------------------------|--------------------|------------|
|                      | valore                  |                    | Giorno     | valore                |                    | Giorno     | valore                 |                    | Giorno     |
| CO                   | 0,86                    | µg/m <sup>3</sup>  | 29/05/2016 | 1,46                  | µg/m <sup>3</sup>  | 16/11/2016 | 0,77                   | µg/m <sup>3</sup>  | 12/06/2017 |
| NO                   | 10,35                   | µg/ m <sup>3</sup> | 28/05/2016 | 77,66                 | µg/ m <sup>3</sup> | 16/11/2016 | 1,31                   | µg/ m <sup>3</sup> | 13/06/2017 |
| NO2                  | 43,93                   | µg/ m <sup>3</sup> | 25/05/2016 | 89,11                 | µg/ m <sup>3</sup> | 16/11/2016 | 30,05                  | µg/ m <sup>3</sup> | 13/06/2017 |
| NOX                  | 44,93                   | µg/ m <sup>3</sup> | 25/05/2016 | 204,44                | µg/ m <sup>3</sup> | 16/11/2016 | 32,05                  | µg/ m <sup>3</sup> | 13/06/2017 |
| O3                   | 63,89                   | µg/ m <sup>3</sup> | 29/05/2016 | 40,48                 | µg/ m <sup>3</sup> | 20/11/2016 | 70,37                  | µg/ m <sup>3</sup> | 10/06/2017 |
| SO2                  | 81,64                   | µg/ m <sup>3</sup> | 29/05/2016 | 27,80                 | µg/ m <sup>3</sup> | 17/11/2016 | 82,21                  | µg/ m <sup>3</sup> | 12/06/2017 |
| Benzene              | 0,87                    | µg/ m <sup>3</sup> | 29/05/2016 | 1,55                  | µg/ m <sup>3</sup> | 18/11/2016 | 0,77                   | µg/ m <sup>3</sup> | 09/06/2017 |
| Toulene              | 10,46                   | µg/ m <sup>3</sup> | 26/05/2016 | 4,50                  | µg/ m <sup>3</sup> | 17/11/2016 | 3,86                   | µg/ m <sup>3</sup> | 13/06/2017 |
| Xileni               | 81,46                   | µg/m <sup>3</sup>  | 28/05/2016 | 18,05                 | µg/m <sup>3</sup>  | 21/11/2016 | 27,91                  | µg/m <sup>3</sup>  | 13/06/2017 |
| PM10                 | 20,37                   | µg/ m <sup>3</sup> | 29/05/2016 | 24,32                 | µg/ m <sup>3</sup> | 18/11/2016 | 26,71                  | µg/ m <sup>3</sup> | 06/06/2017 |
| PM2.5                | 15,96                   | µg/ m <sup>3</sup> | 29/05/2016 | 18,85                 | µg/ m <sup>3</sup> | 18/11/2016 | 21,25                  | µg/ m <sup>3</sup> | 06/06/2017 |
| Parametro monitorato | ATM_03_III^ campagna CO |                    |            |                       |                    |            |                        |                    |            |
|                      | valore                  |                    | Giorno     |                       |                    |            |                        |                    |            |
| CO                   | 0,47                    | µg/m <sup>3</sup>  | 14/06/2018 |                       |                    |            |                        |                    |            |
| NO                   | 2,02                    | µg/ m <sup>3</sup> | 19/06/2018 |                       |                    |            |                        |                    |            |
| NO2                  | 32,72                   | µg/ m <sup>3</sup> | 18/06/2018 |                       |                    |            |                        |                    |            |
| NOX                  | 33,68                   | µg/ m <sup>3</sup> | 18/06/2018 |                       |                    |            |                        |                    |            |
| O3                   | 74,21                   | µg/ m <sup>3</sup> | 18/06/2018 |                       |                    |            |                        |                    |            |
| SO2                  | 96,91                   | µg/ m <sup>3</sup> | 17/06/2018 |                       |                    |            |                        |                    |            |
| Benzene              | 0,68                    | µg/ m <sup>3</sup> | 18/06/2018 |                       |                    |            |                        |                    |            |
| Toulene              | 5,68                    | µg/ m <sup>3</sup> | 17/06/2018 |                       |                    |            |                        |                    |            |
| Xileni               | 16,14                   | µg/m <sup>3</sup>  | 13/06/2018 |                       |                    |            |                        |                    |            |
| PM10                 | 27,44                   | µg/ m <sup>3</sup> | 13/06/2018 |                       |                    |            |                        |                    |            |
| PM2.5                | 16,97                   | µg/ m <sup>3</sup> | 13/06/2018 |                       |                    |            |                        |                    |            |

| Parametro monitorato | ATM_05BIS_campagna AO |                    |            | ATM_05BIS_I^ campagna CO |                    |            |
|----------------------|-----------------------|--------------------|------------|--------------------------|--------------------|------------|
|                      | valore                |                    | Giorno     | valore                   |                    | Giorno     |
| CO                   | 0,47                  | µg/m <sup>3</sup>  | 29/04/2015 | 0,34                     | µg/m <sup>3</sup>  | 14/04/2018 |
| NO                   | 6,36                  | µg/ m <sup>3</sup> | 29/04/2015 | 54,42                    | µg/ m <sup>3</sup> | 12/04/2018 |
| NO2                  | 19,53                 | µg/ m <sup>3</sup> | 02/05/2015 | 68,85                    | µg/ m <sup>3</sup> | 12/04/2018 |
| NOX                  | 24,91                 | µg/ m <sup>3</sup> | 02/05/2015 | 152,00                   | µg/ m <sup>3</sup> | 12/04/2018 |
| O3                   | 90,85                 | µg/ m <sup>3</sup> | 29/04/2015 | 67,94                    | µg/ m <sup>3</sup> | 14/04/2018 |
| SO2                  | 18,55                 | µg/ m <sup>3</sup> | 05/05/2015 | 19,01                    | µg/ m <sup>3</sup> | 11/04/2018 |
| Benzene              | 1,08                  | µg/ m <sup>3</sup> | 29/04/2015 | 2,78                     | µg/ m <sup>3</sup> | 12/04/2018 |
| Toulene              | 2,09                  | µg/ m <sup>3</sup> | 05/05/2015 | 21,74                    | µg/ m <sup>3</sup> | 12/04/2018 |
| Xileni               | 4,56                  | µg/m <sup>3</sup>  | 01/05/2015 | 30,25                    | µg/m <sup>3</sup>  | 12/04/2018 |
| PM10                 | 26,18                 | µg/ m <sup>3</sup> | 29/04/2015 | 47,54                    | µg/ m <sup>3</sup> | 17/04/2018 |
| PM2.5                | 19,47                 | µg/ m <sup>3</sup> | 29/04/2015 | 36,15                    | µg/ m <sup>3</sup> | 17/04/2018 |

| Parametro monitorato | ATM_06BIS_campagna AO       |                    |            | ATM_06BIS_ I^ campagna CO |                    |            | ATM_06BIS_ II^ campagna CO |                    |            |
|----------------------|-----------------------------|--------------------|------------|---------------------------|--------------------|------------|----------------------------|--------------------|------------|
|                      | valore                      |                    | Giorno     | valore                    |                    | Giorno     | valore                     |                    | Giorno     |
| CO                   | 0,67                        | µg/m <sup>3</sup>  | 06/05/2015 | 0,84                      | µg/m <sup>3</sup>  | 19/02/2017 | 0,74                       | µg/m <sup>3</sup>  | 28/09/2017 |
| NO                   | 18,04                       | µg/ m <sup>3</sup> | 10/05/2015 | 32,51                     | µg/ m <sup>3</sup> | 22/02/2017 | 18,49                      | µg/ m <sup>3</sup> | 03/10/2017 |
| NO2                  | 27,52                       | µg/ m <sup>3</sup> | 09/05/2015 | 61,28                     | µg/ m <sup>3</sup> | 22/02/2017 | 40,21                      | µg/ m <sup>3</sup> | 04/10/2017 |
| NOX                  | 44,19                       | µg/ m <sup>3</sup> | 09/05/2015 | 126,15                    | µg/ m <sup>3</sup> | 22/02/2017 | 55,59                      | µg/ m <sup>3</sup> | 03/10/2017 |
| O3                   | 120,68                      | µg/ m <sup>3</sup> | 10/05/2015 | 64,10                     | µg/ m <sup>3</sup> | 21/02/2017 | 93,08                      | µg/ m <sup>3</sup> | 03/10/2017 |
| SO2                  | 44,84                       | µg/ m <sup>3</sup> | 09/05/2015 | 25,75                     | µg/ m <sup>3</sup> | 16/02/2017 | 3,18                       | µg/ m <sup>3</sup> | 29/09/2017 |
| Benzene              | 0,46                        | µg/ m <sup>3</sup> | 09/05/2015 | 1,10                      | µg/ m <sup>3</sup> | 15/02/2017 | 5,32                       | µg/ m <sup>3</sup> | 30/09/2017 |
| Toulene              | 2,55                        | µg/ m <sup>3</sup> | 09/05/2015 | 1,91                      | µg/ m <sup>3</sup> | 17/02/2017 | 2,29                       | µg/ m <sup>3</sup> | 28/09/2017 |
| Xileni               | 7,97                        | µg/m <sup>3</sup>  | 09/05/2015 | 4,21                      | µg/m <sup>3</sup>  | 15/02/2017 | 5,97                       | µg/m <sup>3</sup>  | 03/10/2017 |
| PM10                 | 55,15                       | µg/ m <sup>3</sup> | 10/05/2015 | 36,52                     | µg/ m <sup>3</sup> | 15/02/2017 | 31,08                      | µg/ m <sup>3</sup> | 03/10/2017 |
| PM2.5                | 11,28                       | µg/ m <sup>3</sup> | 10/05/2015 | 23,15                     | µg/ m <sup>3</sup> | 22/02/2017 | 23,46                      | µg/ m <sup>3</sup> | 04/10/2017 |
| Parametro monitorato | ATM_06BIS_ III^ campagna CO |                    |            |                           |                    |            |                            |                    |            |
|                      | valore                      |                    | Giorno     |                           |                    |            |                            |                    |            |
| CO                   | 0,58                        | µg/m <sup>3</sup>  | 12/02/2018 |                           |                    |            |                            |                    |            |
| NO                   | 23,23                       | µg/ m <sup>3</sup> | 09/02/2018 |                           |                    |            |                            |                    |            |
| NO2                  | 67,29                       | µg/ m <sup>3</sup> | 12/02/2018 |                           |                    |            |                            |                    |            |
| NOX                  | 96,08                       | µg/ m <sup>3</sup> | 12/02/2018 |                           |                    |            |                            |                    |            |
| O3                   | 57,94                       | µg/ m <sup>3</sup> | 09/02/2018 |                           |                    |            |                            |                    |            |
| SO2                  | 12,39                       | µg/ m <sup>3</sup> | 12/02/2018 |                           |                    |            |                            |                    |            |
| Benzene              | 1,34                        | µg/ m <sup>3</sup> | 14/02/2018 |                           |                    |            |                            |                    |            |
| Toulene              | 2,25                        | µg/ m <sup>3</sup> | 08/02/2018 |                           |                    |            |                            |                    |            |
| Xileni               | 5,99                        | µg/m <sup>3</sup>  | 08/02/2018 |                           |                    |            |                            |                    |            |
| PM10                 | 28,45                       | µg/ m <sup>3</sup> | 09/02/2018 |                           |                    |            |                            |                    |            |
| PM2.5                | 8,05                        | µg/ m <sup>3</sup> | 09/02/2018 |                           |                    |            |                            |                    |            |

| Parametro monitorato | ATM_07_campagna AO |                    |            | ATM_07_ I^ campagna CO |                    |            | ATM_07_ II^ campagna CO |                    |            |
|----------------------|--------------------|--------------------|------------|------------------------|--------------------|------------|-------------------------|--------------------|------------|
|                      | valore             |                    | Giorno     | valore                 |                    | Giorno     | valore                  |                    | Giorno     |
| CO                   | 0,44               | µg/m <sup>3</sup>  | 16/05/2015 | 0,61                   | µg/m <sup>3</sup>  | 05/12/2017 | 0,41                    | µg/m <sup>3</sup>  | 20/06/2018 |
| NO                   | 7,10               | µg/ m <sup>3</sup> | 16/05/2015 | 52,32                  | µg/ m <sup>3</sup> | 06/12/2017 | 4,96                    | µg/ m <sup>3</sup> | 20/06/2018 |
| NO2                  | 11,99              | µg/ m <sup>3</sup> | 13/05/2015 | 52,82                  | µg/ m <sup>3</sup> | 06/12/2017 | 22,96                   | µg/ m <sup>3</sup> | 27/06/2018 |
| NOX                  | 22,45              | µg/ m <sup>3</sup> | 16/05/2015 | 133,63                 | µg/ m <sup>3</sup> | 06/12/2017 | 24,40                   | µg/ m <sup>3</sup> | 27/06/2018 |
| O3                   | 106,36             | µg/ m <sup>3</sup> | 18/05/2015 | 46,11                  | µg/ m <sup>3</sup> | 30/11/2017 | 66,21                   | µg/ m <sup>3</sup> | 22/06/2018 |
| SO2                  | 32,42              | µg/ m <sup>3</sup> | 14/05/2015 | 37,99                  | µg/ m <sup>3</sup> | 29/11/2017 | 52,01                   | µg/ m <sup>3</sup> | 21/06/2018 |
| Benzene              | 1,08               | µg/ m <sup>3</sup> | 19/05/2015 | 2,77                   | µg/ m <sup>3</sup> | 02/12/2017 | 0,97                    | µg/ m <sup>3</sup> | 21/06/2018 |
| Toulene              | 2,48               | µg/ m <sup>3</sup> | 16/05/2015 | 4,01                   | µg/ m <sup>3</sup> | 02/12/2017 | 5,15                    | µg/ m <sup>3</sup> | 20/06/2018 |
| Xileni               | 29,92              | µg/m <sup>3</sup>  | 16/05/2015 | 8,63                   | µg/m <sup>3</sup>  | 29/11/2017 | 10,37                   | µg/m <sup>3</sup>  | 21/06/2018 |
| PM10                 | 18,05              | µg/ m <sup>3</sup> | 19/05/2015 | 25,29                  | µg/ m <sup>3</sup> | 01/12/2017 | 19,49                   | µg/ m <sup>3</sup> | 22/06/2018 |
| PM2.5                | 11,28              | µg/ m <sup>3</sup> | 28/05/2015 | 18,58                  | µg/ m <sup>3</sup> | 02/12/2017 | 11,48                   | µg/ m <sup>3</sup> | 22/06/2018 |

| Parametro monitorato | ATM_09_campagna AO |                    | ATM_09_1^ campagna CO |        |                    |            |
|----------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|--------|--------------------|------------|
|                      | valore             | Giorno             | valore                | Giorno |                    |            |
| CO                   | 0,40               | µg/m <sup>3</sup>  | 26/05/2015            | 0,51   | µg/m <sup>3</sup>  | 19/02/2018 |
| NO                   | 5,37               | µg/ m <sup>3</sup> | 23/05/2015            | 27,98  | µg/ m <sup>3</sup> | 18/02/2018 |
| NO2                  | 19,61              | µg/ m <sup>3</sup> | 22/05/2015            | 43,39  | µg/ m <sup>3</sup> | 17/02/2018 |
| NOX                  | 25,44              | µg/ m <sup>3</sup> | 22/05/2015            | 80,56  | µg/ m <sup>3</sup> | 18/02/2018 |
| O3                   | 145,36             | µg/ m <sup>3</sup> | 26/05/2015            | 57,03  | µg/ m <sup>3</sup> | 15/02/2018 |
| SO2                  | 45,34              | µg/ m <sup>3</sup> | 26/05/2015            | 2,75   | µg/ m <sup>3</sup> | 17/02/2018 |
| Benzene              | 2,53               | µg/ m <sup>3</sup> | 25/05/2015            | 2,75   | µg/ m <sup>3</sup> | 17/02/2018 |
| Toulene              | 3,31               | µg/ m <sup>3</sup> | 23/05/2015            | 3,13   | µg/ m <sup>3</sup> | 16/02/2018 |
| Xileni               | 14,53              | µg/m <sup>3</sup>  | 25/05/2015            | 7,39   | µg/m <sup>3</sup>  | 16/02/2018 |
| PM10                 | 22,40              | µg/ m <sup>3</sup> | 25/05/2015            | 26,01  | µg/ m <sup>3</sup> | 17/02/2018 |
| PM2.5                | 11,71              | µg/ m <sup>3</sup> | 20/05/2015            | 19,83  | µg/ m <sup>3</sup> | 17/02/2018 |

## **9. CONCLUSIONI**

I valori di concentrazione, ottenuti nel semestre di riferimento nell'ambito delle attività di monitoraggio in Corso d'Opera, 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 dalle polveri sottili, sono risultati tutti al di sotto dei limiti di legge (D.Lgs.155/10).

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.