

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

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

**MONITORAGGIO AMBIENTALE**

**CONTRAENTE GENERALE:**



**Il responsabile del contraente generale:**

Ing. Federico Montanari

**IMPRESA  
AFFIDATARIA:**



**Il Direttore Tecnico**

Ing. Domenico D'Alessandro



**Il gruppo di lavoro**

Arch. Emiliano Capozza - (stato fisico dei luoghi)  
Arch. Roberta Lamberti - (atmosfera)  
Geol. Francesco Morgante - (suolo)  
Ing. Martina Carlino - (ambiente idrico)  
Ing. Antonio Orlando - (rumore e vibrazioni)  
Arch. Caterina Scamardella - (paesaggio)  
Dott. Matteo Vetro - (vegetazione flora e fauna)

**Il Responsabile Ambientale**

Ing. Claudio Lamberti



**Il Coordinatore della Sicurezza in fase di Esecuzione**

Ing. Salvatore Chirico

**Il Direttore dei Lavori**

Ing. Peppino Marascio

**2.1.2 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE**

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord - Matelica sud/Castelraimondo nord

**MONITORAGGIO AMBIENTALE FASE DI ANTE OPERAM**

**COMPONENTE ATMOSFERA**

**RELAZIONE DI FASE ANTE OPERAM**

Codice Unico di Progetto (CUP) **F12C03000050021** (Delibera CIPE 13/2004)

Codice elaborato:

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.
L 0 7 0 3	2 1 2	E	2 7	M A 0 3 0 1	R E L	0 4	A

REV.	DATA	DESCRIZIONE	Redatto	Controllato	Approvato
A	28 FEB 2018	EMISSIONE	ARIEN	ARIEN	DIRPA

## INDICE

<b>1.</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>QUADRO DI RIFERIMENTO TECNICO E NORMATIVO.....</b>	<b>3</b>
2.1.	Normativa comunitaria.....	3
2.2.	Normativa nazionale.....	3
2.3.	Normativa regionale .....	7
2.4.	Normativa Tecnica .....	7
2.5.	Documenti di riferimento.....	7
<b>3.</b>	<b>DEFINIZIONI E PARAMETRI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>8</b>
3.1.	Inquinamento atmosferico indotto dal traffico veicolare ordinario.....	8
3.2.	Fonti specifiche di inquinamento atmosferico in fase di costruzione .....	16
<b>4.</b>	<b>IMPOSTAZIONE DEL PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE ANTE OPERAM PER IL FATTORE ATMOSFERA (PMA/A/AO).....</b>	<b>21</b>
4.1.	Attività di monitoraggio ambientale di un'infrastruttura viaria .....	21
4.2.	Parametri di rilievo e modalità delle misure .....	22
4.2.1.	Premessa.....	22
4.2.2.	<i>Inquinanti gassosi</i> .....	24
4.2.3.	<i>Inquinanti particellari</i> .....	26
4.2.4.	<i>Stazione meteorologica</i> .....	27
<b>5.</b>	<b>MISURAZIONI ESEGUITE .....</b>	<b>29</b>
<b>6.</b>	<b>SCHEDE DI MONITORAGGIO .....</b>	<b>31</b>
<b>7.</b>	<b>RISULTATI DELLE MISURAZIONI .....</b>	<b>32</b>
7.1.	Biossidi di zolfo – SO <sub>2</sub> .....	32
7.1.	Monossido di carbonio – CO .....	32
7.2.	Ossidi di azoto – (NO <sub>2</sub> , NO, NO <sub>x</sub> ).....	33
7.3.	Ozono – O <sub>3</sub> .....	34
7.4.	BTX – (Benzene, Toluene, Xileni) .....	35
7.5.	Polveri.....	36
7.6.	Metalli.....	37
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>40</b>

## 1. PREMESSA

Nel presente documento si relaziona in merito al monitoraggio ambientale *Ante Operam* relativo alla componente "Atmosfera" (nel seguito PMA/A/AO), per la strada Pedemontana Marchigiana, che costituisce l'elemento di completamento tra le due direttrici "S.S.76" Vallesina e "S.S.77" Val di Chienti; in particolare qui viene preso in esame il secondo lotto funzionale, nel tratto dallo Svincolo di Matelica nord allo Svincolo di Castelraimondo nord. di lunghezza pari a 8,4 km, che si sviluppa, da Nord verso Sud, attraverso un tracciato con sezione tipo C1 (secondo il D.M. 05/11/2001) composto da un asse principale e tre svincoli:

- Svincolo di Matelica Ovest;
- Svincolo di Matelica Sud;
- Svincolo di Castelraimondo Nord.

Le attività di monitoraggio della qualità dell'aria programmate hanno il fine di caratterizzare l'ambiente relativo alla componente, oltre che nella commutazione *ante/post operam*, anche in corso d'opera, a carico dei ricettori maggiormente esposti, in modo diretto o indiretto, alle emissioni atmosferiche connesse alle 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.

## 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> misurato per 3 ore consecutive	350 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 24 volte/anno civili	125 µg/m <sup>3</sup> 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> misurato per 3 ore consecutive	200 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 18 volte/anno civili	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> 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>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> Media massima giornaliera su 8 ore	30 mg/m <sup>3</sup> 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>

<b>IPA - Idrocarburi Policiclici Aromatici (rif. DM 25-11-94)</b>	
1 ng/m <sup>3</sup>	Obiettivo di qualità

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.

<b>Piombo - Pb (rif. DM 60/2002 e D.Lgs n. 155 del 13/08/2010)</b>	
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**

- Circolare n.6 del 11 aprile 1989: “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 e relative integrazioni
- Integrazioni e modifiche allo Studio di impatto ambientale sul progetto preliminare;
- Progetto definitivo;
- Progetto esecutivo;
- Studi di settore;
- Delibera CIPE con relativi allegati n. 109 del 23 dicembre 2015.

### 3. DEFINIZIONI E PARAMETRI DI RIFERIMENTO

#### 3.1. Inquinamento atmosferico indotto dal traffico veicolare ordinario

Come 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 idrocarburi: 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 combustibili, che in piccola percentuale residuano da un ciclo al successivo: il decorso del processo di formazione degli ossidi di azoto è quindi autoesaltante e viene incrementato dalla rapidità dei cicli e dal surriscaldamento del sistema. Ne deriva che le quantità prodotte sono crescenti con il regime del motore, in ragione più che proporzionale al numero di giri.

➤ Pirolisi termica e formazione di particolato.

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

➤ Reazioni secondarie.

Gli inquinanti primari, prodotti nei processi sopra descritti in condizioni di elevate temperatura 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  $CO_2$ , ed anidride solforosa  $SO_2$ , 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  $CO_2$ .

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  $SO_2$  (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  $CO_2$  ed  $SO_2$  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.

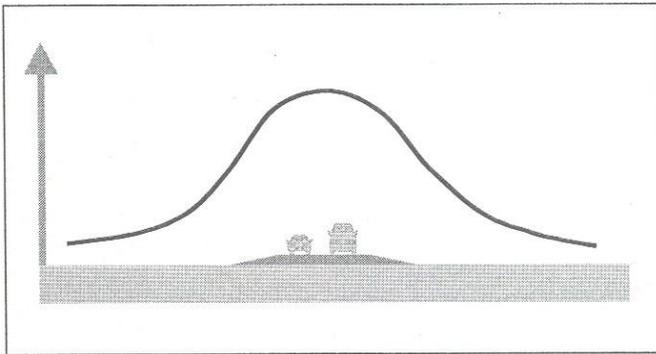
- b) Monossido di carbonio  $CO$ , derivato da processi d'incompleta combustione, in carenza di

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 parziali 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, detersivi, 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 (tritolu 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 percezione 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 per-

dita 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 –  $\text{CH}_4(\text{CH}_3)_2$

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 poliesteri 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  $PM_{2.5}$ ) ovvero, attraverso l'ulteriore saldatura stabile di queste, le dimensioni  $\Phi \square = 10 \mu m$  (particolato grossolano  $PM_{10}$ ) o maggiori (PMS). La pericolosità di  $PM_{10}$  e (più ancora) di  $PM_{2.5}$  è dovuta all'inalazione con occupazione stabile degli alveoli polmonari ed interferenza con l'attività respiratoria dei bronchioli.

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

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

f) Inquinanti secondari: ozono e smog fotochimico.

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

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

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

Il danno procurato dall'inquinamento secondario, che insieme alle emissioni dei veicoli costituiscono il 50÷70% della massa di particolato fine (da  $< 2.5 \mu m$ ) [sperimentazione di Chow et al. (1992) nella San Joaquin Valley in California] riguarda tanto il sistema atmosferico globale quanto i ricettori direttamente investiti: persone, per i danni che determina all'apparato respiratorio (riduzione della funzionalità meccanica polmonare o asma) e perfino per alterazioni genetiche della struttura di cellule specifiche, ed oggetti, per le alterazioni superficiali.

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**

Lungo lo sviluppo del lotto o in prossimità dello stesso si collocano siti di cantiere puntuali in cui si svolgono diverse attività, logistiche ed industriali, sussidiarie alla costruzione. Si distinguono in particolare:

- Cantieri principali in cui di norma s'installano le seguenti funzioni centralizzate:
  - direzionali del Committente e dell'Impresa
  - residenziali per le maestranze importate e per i servizi alle persone (sanitari, mensa, ricreativi, ecc);
  - stoccaggio di materiali pregiati di base e forniture;
  - manutenzione straordinaria e riparazione dei mezzi operativi;
  - produzione di semilavorati d'impiego massiccio e diffuso (conglomerati cementizi e bi-

---

<sup>1</sup> In genere nei monitoraggi ambientali delle infrastrutture viarie si trascurava 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.

- tuminosi, ferro piegato e gabbie d'armatura, piccoli prefabbricati, . ecc);
- accumulo e preparazione all'impiego di materiali di recupero da demolizioni (interne o esterne alle opere) o di scarti di lavorazioni industriali, per renderli idonei alla formazione del corpo stradale, dei sottofondi ed eventualmente degli strati di fondazione della sovrastruttura.
- ☐ Cantieri secondari, in cui si sistemano di norma una o più delle seguenti funzioni, secondo le necessità:
- stoccaggio di terreno vegetale proveniente dallo scotico e destinato al rivestimento delle scarpate, ovvero di altro materiale terroso idoneo alla formazione dei corpi stradali in rilevato, ma non immediatamente utilizzabile per esigenze di organizzazione temporale delle attività;
  - smaltimento definitivo di materiali di rifiuto (cava di deposito);
  - prelievo (anche con l'impiego di esplosivi), stoccaggio e frantumazione di materiale lapideo e/o estrazione di terre da conferire ai rilevati (cava di prestito);
  - produzione sussidiaria di conglomerati cementizi e bituminosi;
  - lavorazione dei ferri di armatura e montaggio di gabbie pre-assemblate;
  - realizzazione di manufatti in c.a. ed acciaio (piccoli e grandi) e di travature da ponte in c.a.p.;
  - ricovero giornaliero e manutenzione ordinaria di attrezzature di cantiere e di mezzi di trasporto ed operativi;
  - attività gestionali, decentrate rispetto alle analoghe presenti nei cantieri principali: ufficio del responsabile locale di produzione; struttura decentrata di DL e servizio Topografia.
- ☐ Cantieri temporanei al servizio delle singole maggiori opere d'arte, attivi per il tempo necessario alla loro realizzazione. Si distinguono:
- Quelli asserviti alle gallerie, collocati in corrispondenza di uno o entrambe gli imbocchi, ospitano una molteplicità di servizi ed impianti sussidiari, quali:
    - residenze per le maestranze, operanti 24/24 h in squadre organizzate su 3 turni;
    - piazzole per la sosta di mezzi d'opera ed autovetture del personale;
    - spazi pavimentati per il deposito temporaneo di attrezzature e casseri;
    - impianto di betonaggio;
    - cabina compressori per la ventilazione del fornace e la fornitura di aria compressa ai macchinari;
    - sala pompe in aspirazione (aggottamento acque di falda e meteoriche) ed in compressione (betoncino, calcestruzzo, miscele per iniezioni, ecc);
    - officina per sagomatura ed assemblaggio di centine e per produzione e pre-assemblaggio di gabbie d'armatura
    - impianto di prefabbricazione di componenti (conci del rivestimento);
    - serbatoi d'acqua ed erogatori di carburanti;
    - eventuale deposito di esplosivi, ecc.
  - I cantieri di servizio di ponti e viadotti di norma comprendono:
    - impianto di produzione componenti prefabbricate (travi d'impalcato e *predalles*);

- piazzali ed officine per il pre-assemblaggio a piè d'opera di strutture prefabbricate in stabilimento, particolarmente di impalcati in acciaio;
- edifici residenziali per le maestranze (squadra media operativa di almeno 20 unità) o spogliatoi e servizi igienici (bagni chimici);
- parcheggi di autovetture delle maestranze e di attrezzature semoventi;
- impianto di betonaggio;
- sala pompe in aspirazione (aggottamento acque dai cavi di fondazione) ed in compressione (betoncino, calcestruzzo, miscele per iniezioni, ecc);
- serbatoi d'acqua ed erogatori di carburanti.

□ Cantieri mobili, altrimenti denominati "fronti di avanzamento", comprendono i siti delle seguenti lavorazioni a sviluppo lineare:

- corpi in rilevato;
- trincee e gallerie artificiali;
- pavimentazioni, opere idrauliche marginali, arredi e segnaletica.

I cantieri mobili occupano aree interne al sedime espropriato, ma nel caso che ne impegnino l'intera larghezza (o la maggior parte di essa) costituiscono un impedimento alla continuità della pista provvisoria e quindi alla logistica interna del cantiere.

Essi non sono dotati di servizi autonomi (data la loro caratteristica di mobilità), salvo un minimo di moduli igienici trasferibili: quindi la struttura operativa fa riferimento per le funzioni fondamentali (parcheggio autovetture e mezzi d'opera, spogliatoi, ecc.) ai più vicini cantieri fissi.

Nella realizzazione del tronco in esame, per le trincee ed i rilevati che non prevedono importanti opere di contenimento o di attraversamento (da trattarsi come opere d'arte puntuali) la procedura basilare dell'organizzazione dei cantieri mobili è l'esecuzione contemporanea dell'intera tratta, fra le opere d'arte o le sezioni di passaggio che li delimitano (WBS di 3° livello) ed il frazionamento trasversale che consenta alla pista di posizionarsi comunque sul corpo stradale occasionalmente libero da lavorazioni.

Per le gallerie artificiali e le trincee confinate da consistenti opere di controripa, l'impegno dei manufatti strutturali non tollera la commistione con il transito sulla pista di cantiere; pertanto è stato necessario prevedere piste esterne, talvolta fuori del sedime espropriato, o impegnare con il traffico di cantiere la viabilità esistente sul territorio.

□ Piste e collegamenti.

La logistica interna del cantiere è stata organizzata in modo da limitare l'impatto della circolazione dei mezzi operativi sulla viabilità esistente: si è quindi programmato un sistema di piste provvisorie, tali da assicurare il collegamento tra i cantieri (principali, secondari, temporanei e mobili).

In fase di cantiere molte attività forniscono uno specifico contributo importante all'inquinamento atmosferico; senza pretesa di esaustività si citano le seguenti:

a) Incremento del traffico pesante sulla viabilità esistente.

- b) Lavorazioni per l'allestimento dei siti cantiere.
- c) Lavorazioni industriali e sussidiarie all'interno delle aree dei cantieri fissi (principali secondari e temporanei).
- d) Transito di mezzi di trasporto ed operativi sulle piste provvisorie.
- e) Lavorazioni principali diffuse nei cantieri mobili nel corso della costruzione dell'opera.

Di conseguenza le principali fonti da stimare nel presente PMA/A sono:

- Mezzi operativi semoventi e di trasporto.

La quasi totalità dei mezzi impegnati in un cantiere stradale (macchine per i movimenti di terra, autogru, camion e *dumpers*, ecc.) sono dotati di motori a scoppio, in prevalenza diesel, che servono anche i meccanismi operativi oleodinamici: quindi essi emettono in atmosfera gas di scarico e particolato, in misura unitariamente sensibile, considerata l'elevata potenza in gioco ed il regime di sforzo in cui generalmente operano.

Inoltre nient'affatto trascurabile per l'ambiente esterno al cantiere (spesso assai significativo per l'area ristretta al margine delle piste) è l'effetto di dispersione delle polveri sollevate dal transito di suddetti mezzi su superfici non bitumate (per pompaggio delle ruote e turbolenza indotta nell'ambiente atmosferico ristretto).

- Impianti fissi di cantiere.

La maggioranza degli impianti fissi di cantiere (mulini di frantumazione, impianti di betonaggio, carriponte, pompe e compressori, ecc) hanno alimentazioni elettriche, quindi non contribuiscono alle emissioni di inquinanti gassosi in atmosfera, o a metano (bruciatori degli essiccatoi di servizio ad alcune lavorazioni di inerti) che fornisce contributi in misura ridotta.

Rilevante eccezione è costituita dal betonaggio dei conglomerati bituminosi, che a causa dell'intenso riscaldamento del legante emette, oltre agli usuali prodotti di combustione (CO, NO<sub>x</sub> HC, ecc), vapori volatili e prodotti di scissione (in forma sia gassosa che di particolato PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>), quali gli IPA (benzene e i suoi derivati, quali Benzo[a]pirene, Benzo[a]antracene, Benzo[e]acefenantrilene, Benzo[j]fluorantene, Benzo[k]fluorantene, Benzo[a,h]antracene, Crisene, Benzo[e]pirene) e gli aldeidi (in primo luogo la formaldeide); tutti questi composti sono segnalati come potenzialmente cancerogeni da NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health* del governo USA), UE ed EPA (*Environmental Protection Agency*).

- Diffusione di polveri da impianti produttivi ed aree di cantiere

I cantieri stradali (fissi, temporanei, mobili), oltre che le piste al loro servizio, sono fonte cospicua di polveri totali (PMS) e sottili (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>), che si diffondono in un'area latitante di ampiezza variabile: salvo il caso di concomitanza con venti intensi e monodirezionali, la frazione grossolana si deposita a distanza ridotta dalla fonte e raramente fuoriesce dal perimetro del cantiere; invece le parti più sottili possono investire ricettori anche esterni, poiché si depositano (selettivamente, a partire dalle particelle di maggiori dimensioni) in una fascia più vasta, benché di solito non superiore a 100 m dalla delimitazione dell'area operativa.

Ulteriori rilevanti emissioni di polveri in atmosfera dei cantieri operativi provengono, oltre che dal transito di mezzi su superfici non bitumate, anche dalle seguenti attività:

- Scotico e sbancamento del materiale superficiale;
- Erosione eolica da cumuli e superfici nude esposte;
- Utilizzo di mine ed esplosivi;
- Frantumazione e macinazione di materiale lapideo e confezione di conglomerati cementizi.

Nel successivo paragrafo 4.2 saranno descritti i parametri oggetto delle attività di monitoraggio AO.

#### 4. IMPOSTAZIONE DEL PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE ANTE OPERAM 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 quello delle altre componenti, si articola temporalmente in 3 fasi:

- **Ante Operam** (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** (CO), finalizzato a caratterizzare e controllare la diffusione in atmosfera di inquinanti gassosi e pulverulenti indotta 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** (PO), che ha lo scopo di qualificare l'ambiente atmosferico commutato dalla nuova infrastruttura, nonché di verificare l'efficacia delle eventuali opere di mitigazione adottate.

Le tipologie di rilievo e campionamento e la durata della campagna sperimentale in ciascuna fase del monitoraggio debbono essere adeguate al grado di complessità dell'area, nonché all'ubicazione ed alla sensibilità dei ricettori presenti o programmaticamente previsti nell'area d'influenza dell'arteria di progetto.

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

Come già specificato in sede di PMA, nella selezione dei punti di monitoraggio si sono adottati i seguenti criteri di preferenza, suggeriti dal CALTRANS (Ente stradale californiano) ed apprezzato in molti lavori presenti in letteratura, oltre che verificati dagli scriventi in alcune applicazioni:

- Quanto alla destinazione d'uso del ricettore si sono attribuiti i seguenti punteggi:
  - RPP: specialistico particolare (chiesa, cimitero, teatro, parco, zona archeologica, ecc.):  $k = 10$
  - RSS: specialistico sensibile (scuola, ospedale, casa di riposo, ecc.):  $k = 8$
  - GRR: gruppo di edifici a destinazione residenziale:  $k = 4$
  - RSA: singolo a destinazione residenziale:  $k = 3$
  - RSP: singolo a destinazione produttivo/commerciale:  $k = 2$
  - GRP: gruppo di edifici a destinazione produttivo/commerciale:  $k = 1$ .
- Per portare in conto la distanza dalla fonte della perturbazione si sono assegnati al ricettore i coefficienti  $w = 12/6/3/1$  a seconda che ricada all'interno del  $1^\circ/2^\circ/3^\circ/4^\circ$  quarto della fascia d'interesse come sopra delimitata.
- In presenza di lavorazioni particolarmente impattanti previste dal progetto nelle WBS prospicienti al ricettore, si è assegnato un coefficiente  $z = 2$ ; negli altri casi  $z = 1$ .

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

### **4.2.1. Premessa**

Il PMA/A/AO prevede la misura, nei punti significativi che saranno identificati e per le estensioni temporali indispensabili alle elaborazioni statistiche de parametri significativi dell'inquinamento atmosferico che sono stati sopra descritti e con la strumentazione più moderna che il mercato offre.

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

Gli strumenti consentono sia l'esecuzione di misure in continuo di lunga durata sia rilevamenti di breve durata.

Le misure sono significativamente influenzate e da eventuali fenomeni meteorologici concomitanti (pioggia e/o vento): pertanto le condizioni atmosferiche devono essere rilevate da un'ideale centralina meteo, di cui ciascuna postazione è dotata di sensori terminali, ed annotati nei *files* delle registrazioni, affinché possano essere correttamente considerati in fase di post-elaborazione.

Nel posizionamento della centralina in ciascuna postazione si deve aver cura di adeguarsi rigorosamente alla norma; l'operatore, prima di allestire la strumentazione all'interno di una proprietà privata, è tenuto a concordare con gli occupanti le modalità della sperimentazione richiedendone l'eventuale appoggio logistico. In base alla durata prevista per la misura, deve essere adeguatamente dimensionato il sistema di alimentazione dello strumento, ricorrendo a batterie esterne di lunga durata e, se necessario, prevedendo un allacciamento alla rete elettrica. Analogamente, in base ai parametri da acquisire, alla frequenza di memorizzazione e alla durata del rilievo, occorre calcolare il tempo di saturazione della memoria, per pianificare eventuali sostituzioni delle batterie e scarico dei dati acquisiti, evitando indesiderate interruzioni dell'operazione.

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

All'avvio, viene annotato l'istante d'inizio della misura ed impostati conseguentemente nella strumentazione il giorno e l'ora previsti per il termine del rilievo. Prima di ripiegare la postazione di rilevamento, l'operatore consulta i dati registrati dalla centralina meteo per verificarne il corretto funzionamento e per accertare che il *file* sia utilizzabile in ragione delle condizioni ambientali verificatesi. In caso di esito negativo (condizioni anomale per non oltre il 25% della durata di ogni periodo), egli dispone che il rilievo sia prolungato per il tempo necessario all'acquisizione di una sequenza valida o ripetuto; in caso di esito positivo della verifica provvede all'acquisizione della misura, al salvataggio dei dati ed a un loro primo *screening* per accertarne definitivamente l'utilizzabilità. Infine, nei casi in cui la postazione non sia stata presidiata con continuità, raccoglierà informazioni dai residenti in ordine ad eventi anomali che si fossero verificati nel periodo di acquisizione.

Tutte le informazioni raccolte sono annotate sul posto in un rapporto sommario utilizzato in seguito per la compilazione della scheda di misura.

Nell'attuazione del PMA/A/AO 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. ***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 rilevatore specifico per le radiazioni assorbite dal monossido di carbonio;
- un amplificatore di segnale;
- un sistema pneumatico comprendente una pompa;
- un misuratore e regolatore di portata;
- i dispositivi per la eliminazione delle interferenze e da un sistema di registrazione.

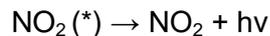
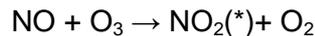
Il rilevatore misura la differenza qualitativa tra la radiazione che emerge dalla cella di misura e quella della cella di riferimento che non assorbe radiazioni IR. La variazione di intensità della radiazione è proporzionale alla concentrazione del monossido di carbonio.

##### Ossidi di azoto (NO<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. *Inquinanti particellari*

#### Polveri totali sospese (PMS)

Il campionamento delle PMS si svolgerà 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 saranno raccolte su di un filtro a membrana o in fibra di vetro per una durata di 24 ore, nel corso delle quali il filtro dovrà essere 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, sarà effettuata 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

Il campionamento si svolgerà secondo le specifiche della EN12341 "Air quality – Determination of the PM10 fraction of suspended particulate matter. Referenced method and field test procedure to demonstrate reference equivalence of measurement methods".

La misura della componente PM<sub>10</sub>, si ottiene da strumenti dotati di una pompa applicata ad una testa di prelievo, di geometria normata a livello internazionale, ed in grado di selezionare polveri con diametro aerodinamico inferiore ai 10  $\mu\text{m}$  con una efficienza del 50%.

La componente del particolato selezionata dalla testa passa quindi attraverso una membrana filtrante con particolari caratteristiche, che viene poi pesata in laboratorio: per differenza con la tara (filtro bianco) si deduce la massa del particolato.

Il campionatore contiene anche un contatore volumetrico in grado di registrare il volume di aria aspirata, corretto in modo continuo mediante vari sensori di temperatura e pressione interni ed esterni, per ricondurlo alle condizioni ambientali. Dalla conoscenza quindi del volume di aria campionata e della massa del particolato si calcola la concentrazione di PM10 in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### Polveri PM2,5

Il rilevamento del PM<sub>2,5</sub>, si basa sul principio di attenuazione ai raggi beta.

Le polveri, aspirate da una pompa ad alto volume, si deposita su di un nastro di carta.

Si eseguono dunque due misurazioni della radiazione  $\beta$ , una prima ed una dopo l'aspirazione, attraverso uno strumento costituito da una sorgente e da un ricevitore di radiazioni radioattive posto ad un determinata distanza.

La polvere depositata sul nastro determinerà un'attenuazione della quantità di radiazione che riesce ad attraversare il nastro.

La variazione tra l'assorbimento del filtro intatto e quello del filtro con deposito di particolato, determinerà la quantità di  $PM_{2,5}$  presente.

#### Metalli nel corpo del particolato

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

- per il piombo - Allegato VI paragrafo A.3 –,il campionamento si effettua con le stesse specifiche del  $PM_{10}$  (UNI EN 12341:1999), 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  $PM_{10}$  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  $PM_{10}$ , 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

In ottemperanza alla prescrizione n. 27 della delibera CIPE 23 dicembre 2015, durante il periodo di redazione del progetto esecutivo, è stato eseguito il monitoraggio ambientale relativo alla fase *ante operam*.

Nella seguente tabella sono elencati ed opportunamente georeferenziati i punti relativi al monitoraggio della componente "Atmosfera" in fase *Ante Operam* (PME/A/AO) , nell'ambito dell'opera in esame.

Si segnala che nel corso delle attività di rilevamento è stata constatata l'impossibilità di eseguire le attività di misura in corrispondenza di alcuni ricettori individuati in sede di PMA, si tratta in particolare di:

- ATM\_17;
- ATM\_18.

Si è pertanto proceduto alla ricollocazione di detti punti presso nuovi recettori parimenti significativi ai fini del monitoraggio della componente atmosfera, che sono identificati nella sottostante tabella e contraddistinti dal suffisso "BIS".

PEDEMONTANA DELLE MARCHE SECONDO LOTTO FUNZIONALE ATTIVITA' DI MONITORAGGIO IN FASE ANTE OPERAM						
Codice punto	Coordinate		Opera/Località	Prog.	Data inizio	Data fine
	Latitudine	Longitudine				
ATM 13	43°16'24.40"N	12°59'36.49"E	Viabilità di Cantiere	0+450	25.01.17	01.02.17
ATM 14	43° 15.834'N	12° 59.777'E	San Venanzo	1+500	01.02.17	08.02.17
ATM 15	43°15'29.06"N	12°59'6.85"E	Galleria Naturale Croce di Calle	2+450	25.01.17	01.02.17
ATM 16	43° 14.834'N	12° 59.165'E	Galleria Naturale Croce di Calle	3+400	01.02.17	08.02.17
ATM 17 BIS	43°14'33.63"N	12°59'20.27"E	Svincolo Matetica Ovest	3+900	08.03.17	15.03.17
ATM 18 BIS	43°14'27.71"N	13° 0'18.63"E	Galleria Naturale Mi-straniello	5+400	22.02.17	01.03.17
ATM 19	43° 14.145'N	13° 0.986'E	Campo base	6+500	15.02.17	22.02.17
ATM 20	43°14'12.08"N	13° 1'8.78"E	Svincolo Matetica	6+500	08.03.17	15.03.17
ATM 21	43° 13.775'N	13° 1.797'E	Svincolo Matetica Nord Zona Industriale	7+750	08.02.17	15.02.17

ATM 22	43°13'41.21"N	13° 2'4.92"E	Svincolo Castel Raimondo	8+150	01.03.17	08.03.17
--------	---------------	--------------	--------------------------	-------	----------	----------

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

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

## 6. SCHEDE DI MONITORAGGIO

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

Dette schede riportano notizie relative a:

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

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

## 7. RISULTATI DELLE MISURAZIONI

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

- numero 1 analisi con mezzo mobile degli specifici parametri relativi agli inquinanti gassosi e particolati, ai metalli ed agli IPA indicati da PMA,
- 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 massimo delle concentrazioni medie orarie per ciascun punto di campionamento sono i seguenti.

SO <sub>2</sub>				
Punto	valore		Giorno	Superamento
ATM 13	46,92	µg/m <sup>3</sup>	30/01/2017	
ATM 14	20,11	µg/m <sup>3</sup>	01/02/2017	
ATM 15	3,85	µg/m <sup>3</sup>	27/01/2017	
ATM 16	2,53	µg/m <sup>3</sup>	03/02/2017	
ATM 17 BIS	19,57	µg/m <sup>3</sup>	09/03/2017	
ATM 18 BIS	28,80	µg/m <sup>3</sup>	23/02/2017	
ATM 19	5,27	µg/m <sup>3</sup>	18/02/17	
ATM 20	7,90	µg/m <sup>3</sup>	15/03/17	
ATM 21	5,46	µg/m <sup>3</sup>	15/02/2017	
ATM 22	2,88	µg/m <sup>3</sup>	08/03/2017	

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

### 7.1. Monossido di carbonio – CO

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

CO
----

Punto	valore		Giorno	Superamento
ATM 13	1,45	µg/m3	25/01/2017	
ATM 14	0,66	µg/m3	08/02/2017	
ATM 15	0,95	µg/m3	26/01/2017	
ATM 16	0,82	µg/m3	08/02/2017	
ATM 17 BIS	0,87	µg/m3	08/03/2017	
ATM 18 BIS	1,02	µg/m3	23/02/2017	
ATM 19	1,18	µg/m3	20/02/17	
ATM 20	0,68	µg/m3	14/03/17	
ATM 21	0,82	µg/m3	09/02/2017	
ATM 22	0,65	µg/m3	08/03/2017 42,12	

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

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

NO <sub>2</sub>				
Punto	valore		Giorno	Superamento
ATM 13	76,29	µg/m3	30/01/2017	
ATM 14	20,97	µg/m3	02/02/2017	
ATM 15	89,42	µg/m3	25/01/2017	
ATM 16	14,75	µg/m3	07/02/2017	
ATM 17 BIS	27,91	µg/m3	15/03/2017	
ATM 18 BIS	24,94	µg/m3	28/02/2017	
ATM 19	27,01	µg/m3	20/02/17	
ATM 20	88,74	µg/m3	12/03/17	
ATM 21	92,64	µg/m3	15/02/2017	
ATM 22	66,44	µg/m3	03/03/2017	

Il valore massimo delle concentrazioni medie orarie registrato è inferiore al valore limite fissato dal D.Lgs.155/10 (200 µg/m3).

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

NO
----

Punto	valore		Giorno	Superamento
ATM 13	72,01	µg/m3	30/01/2017	
ATM 14	4,37	µg/m3	03/02/2017	
ATM 15	8,98	µg/m3	26/01/2017	
ATM 16	6,86	µg/m3	08/02/2017	
ATM 17 BIS	2,77	µg/m3	12/03/2017	
ATM 18 BIS	11,18	µg/m3	01/03/2017	
ATM 19	11,53	µg/m3	20/02/17	
ATM 20	41,66	µg/m3	08/03/17	
ATM 21	38,57	µg/m3	15/02/2017	
ATM 22	42,12	µg/m3	03/03/2017	

NO <sub>x</sub>				
Punto	valore		Giorno	Superamento
ATM 13	184,27	µg/m3	30/01/2017	
ATM 14	26,51	µg/m3	02/02/2017	
ATM 15	93,42	µg/m3	25/01/2017	
ATM 16	24,36	µg/m3	08/02/2017	
ATM 17 BIS	29,62	µg/m3	15/03/2017	
ATM 18 BIS	41,88	µg/m3	28/02/2017	
ATM 19	44,63	µg/m3	20/02/17	
ATM 20	131,82	µg/m3	12/03/17	
ATM 21	151,65	µg/m3	15/02/2017	
ATM 22	130,88	µg/m3	03/03/2017	

### 7.3. Ozono – O<sub>3</sub>

Il valore massimo delle concentrazioni medie orarie per ogni punto di campionamento sono riportati nella seguente tabella

O <sub>3</sub>				
Punto	valore		Giorno	Superamento
ATM 13	53,15	µg/m3	31/01/2017	
ATM 14	59,62	µg/m3	05/02/2017	
ATM 15	78,38	µg/m3	01/02/2017	
ATM 16	83,30	µg/m3	03/02/2017	

ATM 17 BIS	71,42	µg/m <sup>3</sup>	14/03/2017	
ATM 18 BIS	93,66	µg/m <sup>3</sup>	01/03/2017	
ATM 19	85,30	µg/m <sup>3</sup>	21/02/17	
ATM 20	79,35	µg/m <sup>3</sup>	09/03/17	
ATM 21	68,75	µg/m <sup>3</sup>	14/02/2017	
ATM 22	83,49	µg/m <sup>3</sup>	06/03/2017	

I dati rilevati nel corso delle attività di monitoraggio evidenziano che i livelli di ozono si mantengono sempre inferiori sia alla soglia di informazione (180 µg/m<sup>3</sup> D.Lgs.155/10) che a quella di allarme (240 µg/m<sup>3</sup> misurato per 3 ore consecutive D.Lgs.155/10).

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

Benzene				
Punto	valore		Giorno	Superamento
ATM 13	3,32	µg/m <sup>3</sup>	25/01/2017	
ATM 14	1,66	µg/m <sup>3</sup>	08/02/2017	
ATM 15	4,13	µg/m <sup>3</sup>	26/01/2017	
ATM 16	2,35	µg/m <sup>3</sup>	01/02/2017	
ATM 17 BIS	1,75	µg/m <sup>3</sup>	11/03/2017	
ATM 18 BIS	1,77	µg/m <sup>3</sup>	26/02/2017	
ATM 19	0,98	µg/m <sup>3</sup>	20/02/17	
ATM 20	1,18	µg/m <sup>3</sup>	11/03/17	
ATM 21	1,04	µg/m <sup>3</sup>	10/02/2017	
ATM 22	1,50	µg/m <sup>3</sup>	06/03/2017	

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 13	3,96	µg/m <sup>3</sup>	26/01/2017	
ATM 14	5,46	µg/m <sup>3</sup>	02/02/2017	

ATM 15	2,46	µg/m3	26/01/2017	
ATM 16	3,01	µg/m3	06/02/2017	
ATM 17 BIS	1,56	µg/m3	15/03/2017	
ATM 18 BIS	12,96	µg/m3	25/02/2017	
ATM 19	1,38	µg/m3	19/02/17	
ATM 20	8,16	µg/m3	11/03/17	
ATM 21	4,73	µg/m3	09/02/2017	
ATM 22	1,88	µg/m3	07/03/2017	

Xileni				
Punto	valore		Giorno	Superamento
ATM 13	5,14	µg/m3	27/01/2017	
ATM 14	1,40	µg/m3	08/02/2017	
ATM 15	4,16	µg/m3	26/01/2017	
ATM 16	11,81	µg/m3	01/02/2017	
ATM 17 BIS	6,77	µg/m3	09/03/2017	
ATM 18 BIS	20,58	µg/m3	25/02/2017	
ATM 19	3,88	µg/m3	21/02/17	
ATM 20	26,12	µg/m3	11/03/17	
ATM 21	15,94	µg/m3	09/02/2017	
ATM 22	5,16	µg/m3	07/03/2017	

### 7.5. Polveri

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

PM <sub>10</sub>				
Punto	valore		Giorno	Superamento
ATM 13	41,80	µg/m3	29/01/2017	
ATM 14	21,60	µg/m3	08/02/2017	
ATM 15	28,97	µg/m3	29/01/2017	
ATM 16	32,62	µg/m3	01/02/2017	
ATM 17 BIS	18,34	µg/m3	13/03/2017	
ATM 18 BIS	19,61	µg/m3	25/02/2017	

ATM 19	21,17	µg/m <sup>3</sup>	15/02/17	
ATM 20	30,42	µg/m <sup>3</sup>	14/03/17	
ATM 21	33,17	µg/m <sup>3</sup>	15/02/2017	
ATM 22	21,05	µg/m <sup>3</sup>	01/03/2017	

I valori limite prescritti dalla normativa fanno riferimento alla concentrazione di PM10. Per tale parametro non si riscontrano superamenti del limite di **50 µg/m<sup>3</sup>**, individuato dal D.L.155/2010 quale limite per la protezione della salute umana, da non superare per più di 35 volte nell'anno solare.

Si riportano inoltre i valori relativi al PM2,5. Questi, si mantengono sempre al di sotto dei 25 µg/m<sup>3</sup>, valore indicato dal D.L.155/201.

PM <sub>2,5</sub>				
Punto	valore		Giorno	Superamento
ATM 13	31,39	µg/m <sup>3</sup>	29/01/2017	
ATM 14	11,31	µg/m <sup>3</sup>	08/02/2017	
ATM 15	22,88	µg/m <sup>3</sup>	29/01/2017	
ATM 16	24,39	µg/m <sup>3</sup>	01/02/2017	
ATM 17 BIS	12,08	µg/m <sup>3</sup>	15/03/2017	
ATM 18 BIS	15,69	µg/m <sup>3</sup>	25/02/2017	
ATM 19	16,98	µg/m <sup>3</sup>	15/02/17	
ATM 20	16,46	µg/m <sup>3</sup>	15/03/17	
ATM 21	30,40	µg/m <sup>3</sup>	15/02/2017	
ATM 22	15,34	µg/m <sup>3</sup>	01/03/2017	

## 7.6. Metalli

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

Arsenico				
Punto	valore		Giorno	
ATM 13	< 0,001	µg/m <sup>3</sup>	29/01/2017	
ATM 14	< 0,001	µg/m <sup>3</sup>	02/02/2017	
ATM 15	< 0,001	µg/m <sup>3</sup>	30/01/2017	
ATM 16	< 0,001	µg/m <sup>3</sup>	05/02/2017	
ATM 17 BIS	< 0,001	µg/m <sup>3</sup>	08/03/2017	

ATM 18 BIS	0,001	µg/m3	23/02/2017	
ATM 19	0,001	µg/m3	16/02/17	
ATM 20	<0,001	µg/m3	14/03/17	
ATM 21	<0,001	µg/m3	12/02/2017	
ATM 22	<0,001	µg/m3	02/03/2017	

Cadmio				
Punto	valore		Giorno	
ATM 13	< 0,001	µg/m3	29/01/2017	
ATM 14	< 0,001	µg/m3	02/02/2017	
ATM 15	< 0,001	µg/m3	30/01/2017	
ATM 16	< 0,001	µg/m3	05/02/2017	
ATM 17 BIS	< 0,001	µg/m3	08/03/2017	
ATM 18 BIS	0,001	µg/m3	23/02/2017	
ATM 19	0,001	µg/m3	16/02/17	
ATM 20	<0,001	µg/m3	14/03/17	
ATM 21	0,001	µg/m3	12/02/2017	
ATM 22	0,001	µg/m3	02/03/2017	

Mercurio				
Punto	valore		Giorno	
ATM 13	< 0,001	µg/m3	29/01/2017	
ATM 14	< 0,001	µg/m3	02/02/2017	
ATM 15	< 0,001	µg/m3	30/01/2017	
ATM 16	< 0,001	µg/m3	05/02/2017	
ATM 17 BIS	< 0,001	µg/m3	08/03/2017	
ATM 18 BIS	< 0,001	µg/m3	23/02/2017	
ATM 19	< 0,001	µg/m3	16/02/17	
ATM 20	<0,001	µg/m3	14/03/17	
ATM 21	<0,001	µg/m3	12/02/2017	
ATM 22	<0,001	µg/m3	02/03/2017	

Nichel				
Punto	valore		Giorno	
ATM 13	0,017	µg/m3	29/01/2017	

ATM 14	0,012	µg/m3	02/02/2017	
ATM 15	0,010	µg/m3	30/01/2017	
ATM 16	0,011	µg/m3	05/02/2017	
ATM 17 BIS	0,016	µg/m3	08/03/2017	
ATM 18 BIS	0,024	µg/m3	23/02/2017	
ATM 19	0,034	µg/m3	16/02/17	
ATM 20	0,013	µg/m3	14/03/17	
ATM 21	0,014	µg/m3	12/02/2017	
ATM 22	0,021	µg/m3	02/03/2017	

Piombo				
Punto	valore		Giorno	
ATM 13	0,003	µg/m3	29/01/2017	
ATM 14	0,004	µg/m3	02/02/2017	
ATM 15	0,003	µg/m3	30/01/2017	
ATM 16	0,002	µg/m3	05/02/2017	
ATM 17 BIS	0,003	µg/m3	08/03/2017	
ATM 18 BIS	0,008	µg/m3	23/02/2017	
ATM 19	0,002	µg/m3	16/02/17	
ATM 20	0,012	µg/m3	14/03/17	
ATM 21	0,006	µg/m3	12/02/2017	
ATM 22	0,040	µg/m3	02/03/2017	

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. CONCLUSIONI**

I valori di concentrazione, ottenuti nella campagna di monitoraggio Ante Operam, 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 sono risultati tutti al di sotto dei limiti di legge (D.Lgs.155/10).

Nel monitoraggio delle polveri sottili non è stato riscontrato alcun superamento del valore limite del PM10, pari a 50 µg/m<sup>3</sup> definito dal 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.