



*Spett.le*

**A2A GENCOGAS S.p.A**

**Centrale Termoelettrica di Cassano d'Adda**

Via Trecella, 19

20062 Cassano d'Adda (MI)

**c.a. Egr. Ing. Sergio Bargiacchi**

*Cabiate, 09 Dicembre 2020*

Facciamo riferimento agli accordi intercorsi per trasmetterVi, in allegato, la relazione tecnica a seguito dell'indagine analitica ai punti di emissione in atmosfera E1 (da Gruppo 5 - Turbogas TG5), E2 (da Gruppo 6 - Turbogas TG6), E5 (da GVA - Generatore di Vapore Ausiliario), effettuata nel periodo 07÷15/10/2020 presso la Vostra Centrale di Cassano d'Adda (MI).

Obiettivo principale dell'indagine è stato l'applicazione del procedimento AST dei sistemi di misura automatici installati a presidio delle suddette emissioni in atmosfera, come descritto nella norma UNI EN 14181:2015.

A Vostra disposizione per ogni chiarimento e per quant'altro Vi potesse occorrere, cogliamo l'occasione per porgerVi i nostri migliori saluti.

**IL TECNICO INCARICATO**

**Francesco Calò**

E:\Lavori Ottobre2020\A2A Cassano\J\Anno 2020\Verifiche SME\Relazione AST-IAR TG5-TG6-GVA\_201209.docx\CALÒ\Mariani

TECNOLOGIE D'IMPRESA Srl a socio unico - Società soggetta all'attività di direzione e coordinamento da parte di PGF Srl  
Via Don Minzoni, 15 - 22060 CABIATE - CO - Tel. 031 76991 - Fax 031 7699199 - [www.tecnoimp.it](http://www.tecnoimp.it) e-mail [info@tecnoimp.it](mailto:info@tecnoimp.it)  
Cap. Soc. Euro 1.000.000 - C.F. 05100520153 - P.IVA 02061610131

Divisione SERTECED - MONZA

Viale Elvezia, 2 - 20900 MONZA - MB - Tel. 039 2302306 - Fax 039 2301651 - e-mail [info@tecnoimp.it](mailto:info@tecnoimp.it)



## **A2A Gencogas S.p.A.**

**Centrale Termoelettrica di Cassano d'Adda (MI)**

### **INDAGINE ANALITICA AI PUNTI DI EMISSIONE IN ATMOSFERA**

**E1 (DA GRUPPO 5 - TURBOGAS TG5),**

**E2 (DA GRUPPO 6 - TURBOGAS TG6),**

**E5 (DA GVA - GENERATORE DI VAPORE AUSILIARIO),**

**EFFETTUATA NEL PERIODO 07÷15/10/2020**

### **RAPPORTO AST**

*Cabiate, 09.12.2020*



## INDICE

A2A Gencogas S.p.A. ....	1
1.0 GENERALITÀ' .....	1
2.0 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO .....	3
3.0 CONDIZIONI OPERATIVE DELL'IMPIANTO .....	5
4.0 LABORATORIO DI PROVA E PERSONALE .....	6
5.0 SISTEMA DI MISURAZIONE AUTOMATICO (SME).....	7
6.0 SISTEMA DI MISURA DI RIFERIMENTO (SRM) .....	10
7.0 PROVA DI VARIABILITÀ E VALIDITÀ DELLA FUNZIONE DI TARATURA - PROCEDURE DI CALCOLO.....	13
7.1 PROVA DI VARIABILITÀ.....	13
7.2 VALIDITÀ DELLA FUNZIONE DI TARATURA .....	14
8.0 RISULTATI DELLA PROVE AST .....	16
8.1 TEST DI SORVEGLIANZA ANNUALE (AST): TEST DI VARIABILITÀ - RISULTATI.....	18
8.2 TEST DI SORVEGLIANZA ANNUALE (AST): VERIFICA DELLA VALIDITÀ DELLE FUNZIONI DI TARATURA - RISULTATI.....	20
9.0 REPORT TEST FUNZIONALE .....	21
9.1 VERIFICA DEL SISTEMA DI CAMPIONAMENTO .....	21
9.2 DOCUMENTAZIONE E REGISTRAZIONI.....	21
9.3 FUNZIONALITÀ' .....	22
9.4 TEST DI TENUTA .....	22
9.5 TEMPO DI RISPOSTA .....	23
9.6 TEST DELLO ZERO E DELLO SPAN.....	23
9.7 VERIFICA DELLE INTERFERENZE .....	24
9.8 VERIFICA DI LINEARITÀ STRUMENTALE .....	25
9.9 VERIFICA DELL'EFFICIENZA DEL CONVERTITORE CATALITICO NO <sub>2</sub> >NO .....	27
10.0 VERIFICA DELL'INDICE DI ACCURATEZZA RELATIVO .....	29

*Allegato 1:* RAPPORTI DI PROVA N. 2003728-005 (TG5) - 2003728-012 (TG6) - 2003728-017 (GVA)

*Allegato 2:* ELABORAZIONI AST

*Allegato 3:* VERIFICHE LINEARITÀ STRUMENTALE - RAPPORTI DI PROVA N.  
2003728-006 (TG5) - 2003728-013 (TG6) - 2003728-018 (GVA)  
2003728-019 (SCORTA)

*Allegato 4:* VERIFICHE INDICE DI ACCURATEZZA RELATIVO

*Allegato 5:* DOCUMENTAZIONE DEL LABORATORIO DI PROVA



## 1.0 GENERALITÀ

Per incarico della Società "A2A Gencogas S.p.A.", nel periodo 07÷15/10/2020 è stata effettuata un'indagine analitica ai punti di emissione in atmosfera E1 (da Gruppo 5 - Turbogas TG5), E2 (da Gruppo 6 - Turbogas TG6), E5 (da GVA - Generatore di Vapore Ausiliario) operanti nella Centrale termoelettrica di Cassano d'Adda (MI).

L'indagine è stata realizzata ai fini di ottemperare a quanto prescritto nell'Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) per l'esercizio della Centrale (Decreto AIA Prot. DSA-DEC-2009-0001889 del 15/12/2009) in merito all'applicazione della norma UNI EN 14181:2015 (che ha sostituito la UNI EN 14181:2005).

Oggetto di prova sono stati gli analizzatori facenti parte dei **sistemi di misura automatici (SME)** posti a presidio delle tre suddette emissioni; la campagna ha avuto lo scopo di effettuare il Test di Sorveglianza Annuale (prova **AST**) per gli analizzatori a presidio di TG5, TG6 e GVA, al fine di valutare, tramite una prova di variabilità, se i valori misurati dagli analizzatori SME soddisfino ancora i criteri di incertezza richiesti dalla legislazione (come dimostrato nelle precedenti prove QAL2), oltre che verificare se le funzioni di taratura ottenute per ciascun analizzatore nella precedente prova QAL2 siano ancora valide.

Per entrambe le tipologie di prova sono state effettuate misurazioni parallele in continuo, utilizzando i **metodi standard di riferimento (SRM)** previsti per i parametri NO<sub>x</sub>, CO e O<sub>2</sub>.

Come previsto dalla norma UNI EN 14181, le misurazioni sono state effettuate in maniera tale da acquisire almeno 5 campioni distribuiti nell'arco di una giornata; di fatto è stato acquisito un numero di campioni maggiore di 5 (13 campioni nel giorno 14/10/2020 per il TG5, 11 campioni nel giorno 12/10/2020 per il TG6, 9 campioni nel giorno 15/10/2020 per il GVA).

Si specifica che per "campione" si intende il valore medio orario calcolato a partire dai valori di concentrazione misurati in continuo per i singoli parametri.



Nel dettaglio, la tipologia di prova applicata ai singoli analizzatori installati sulle tre emissioni in atmosfera è specificata nella seguente tabella, insieme alle date di prova.

IMPIANTO	PARAMETRO/ANALIZZATORE	PROVA AST	Giorni
TG5	Ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> )	X	14/10/2020
	Monossido di carbonio (CO)	X	
	Ossigeno (O <sub>2</sub> )	X	
TG6	Ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> )	X	12/10/2020
	Monossido di carbonio (CO)	X	
	Ossigeno (O <sub>2</sub> )	X	
GVA	Ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> )	X	15/10/2020
	Monossido di carbonio (CO)	X	
	Ossigeno (O <sub>2</sub> )	X	

Si precisa che i risultati delle misurazioni parallele sono stati utilizzati anche per verificare l'accuratezza della strumentazione SME, secondo quanto previsto dal punto "4.4" dell'allegato VI alla Parte Quinta del D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i.

I sistemi di misura sono inoltre stati sottoposti alla "Prova funzionale" prevista dalla norma UNI EN 14181; durante quest'ultima è stato effettuato un esame visivo sul sistema di campionamento e ulteriori verifiche a livello documentale e strumentale, tra cui la prova di linearità e la verifica di efficienza del convertitore catalitico NO<sub>2</sub>-NO, ove installato (GVA).

La prova funzionale è stata eseguita nei giorni 07,08 e 12/10/2002 nel caso del TG5, il 07/10/2020 nel caso del TG6 e il 09/10/2020 nel caso del GVA.



## 2.0 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

DATI GENERALI DELL'IMPIANTO	
Ragione Sociale	A2A Gencogas S.p.A.
Stabilimento	Centrale Termoelettrica di Cassano d'Adda
Indirizzo	Via Trecella, 19 - 20062 Cassano d'Adda (MI)
Processo produttivo	<p>L'impianto di produzione di energia elettrica è costituito da due turbogas (TG5 e TG6) in ciclo combinato con la medesima turbina a vapore (TV2).</p> <p>I turbogas, alimentati a gas naturale, hanno una potenza nominale di 250 MW<sub>e</sub> con rendimento elettrico pari a circa 37 %.</p> <p>I fumi in uscita dai turbogas alla temperatura di circa 600 °C, attraversando due generatori di vapori a recupero (GVR, uno per ciascun turbogas), consentono il recupero dell'energia termica disponibile, producendo vapore utilizzato per alimentare la turbina a vapore e produrre circa 260 MW<sub>e</sub>, con rendimento termico nominale del ciclo combinato che si attesta intorno al 56%.</p> <p>Il minimo tecnico ambientale per ciascun turbogas è pari a 90 MW<sub>e</sub>.</p> <p>La Centrale è inoltre dotata di un Generatore di Vapore Ausiliario (GVA) alimentato a metano, il cui funzionamento è di tipo discontinuo.</p>

VALORI LIMITE DI EMISSIONE (ELV)	
Emissioni E1 (da Turbogas TG5), E2 (da Turbogas TG6)	
Ossidi di Azoto (espressi come Biossido di Azoto)	30 mg/Nm <sup>3</sup> (Rif. 15 % O <sub>2</sub> )
Monossido di Carbonio	30 mg/Nm <sup>3</sup> (Rif. 15 % O <sub>2</sub> )
Emissione E5 (da generatore di Vapore Ausiliario)	
Ossidi di Azoto (espressi come Biossido di Azoto)	200 mg/Nm <sup>3</sup> (Rif. 3 % O <sub>2</sub> )
Monossido di Carbonio	100 mg/Nm <sup>3</sup> (Rif. 3 % O <sub>2</sub> )
Limiti riferiti ai fumi anidri, alle condizioni normali (0 °C, 1013 hPa) e al tenore volumetrico di ossigeno specificato.	



Punti di emissione oggetto della verifica	E1 (da Turbogas TG5)	E2 (da Turbogas TG6)	E5 (da GVA)
Forma e collocazione camini	Cilindrica, orizzontale i condotti di espulsione fumi di TG5 e TG6 sono costituiti da due distinte canne metalliche, alloggiati all'interno di un'unica ciminiera in calcestruzzo di altezza 200 m	Ellissoidale, verticale	Cilindrica, verticale ciminiera in acciaio di altezza 25 m
Diametro interno camini	8,0 m	na	1,4 m
Area della sezione di misura	50,24 m <sup>2</sup>	29,73 m <sup>2</sup> (considerati due semicerchi con raggio di 2,45 m ed un rettangolo al centro, con lati 2,22 x 4,9 m)	1,54 m <sup>2</sup>
Altezza da terra della bocca dei camini	200 m	200 m	25 m
Altezza da terra e collocazione della piattaforma di lavoro relativa alle sezioni di campionamento	18,0 m all'esterno del condotto fumi del gruppo 5 (disposto orizzontalmente, a monte del punto di ingresso fumi in ciminiera)	36,0 m all'interno della ciminiera in calcestruzzo di altezza 200 m	11 m all'esterno della ciminiera in acciaio di altezza 25 m
Quota massima di ingresso fumi al camino	circa 21 m	circa 21 m	circa 3,2 m
Lunghezza del tratto rettilineo in cui sono collocate le flange di campionamento	circa 19 m (lungo il tratto di condotto orizzontale)	179 m	21,8 m
Lunghezza del tratto rettilineo a monte delle flange di campionamento	circa 7 m (< 5 diametri idraulici)	circa 15,9 m (< 5 diametri idraulici)	7,8 m (> 5 diametri idraulici)
Lunghezza del tratto rettilineo a valle delle flange di campionamento	circa 6 m (< 2 diametri idraulici)	circa 164 m (> 5 diametri idraulici)	14 m (> 5 diametri idraulici)



### 3.0 CONDIZIONI OPERATIVE DELL'IMPIANTO

I dati relativi alle condizioni operative del turbogas durante le prove (potenza generata, in MWe per i turbogas e in MWt per il GVA), sono riportati puntualmente sia nei Rapporti di Prova in Allegato 1 che nelle tabelle in Allegato 2, onde permettere un'immediata correlazione con le concentrazioni misurate. Tali dati sono riportati sotto forma di medie orarie calcolate a partire dai dati al minuto forniti dal Committente.

Si precisa che le condizioni operative realizzate rispecchiano la normale operatività dell'impianto; tali condizioni sono state variate, a partire da circa 111 MWe per il TG5 e da 109 MWe per il TG6, fino a valori massimi intorno ai 260 MWe, mentre per il GVA tra i 6.6 e i 8.0 MWt.

Per maggiori dettagli si rimanda ai dati in possesso della Direzione della Centrale.





#### 4.0 LABORATORIO DI PROVA E PERSONALE

DATI GENERALI DEL LABORATORIO	
Ragione sociale	TECNOLOGIE D'IMPRESA srl
Indirizzo	Via Don Minzoni,15
CAP	22060
Località	Cabiate (CO)

PERSONALE TECNICO CHE HA ESEGUITO I TEST	
Tecnici incaricati dell'intervento	Filippo Sangalli Saverio Torchia
Responsabile in campo	Filippo Sangalli

Il certificato di accreditamento secondo la norma EN ISO/IEC 17025 del laboratorio è riportato in Allegato 5.



## 5.0 SISTEMA DI MISURAZIONE AUTOMATICO (SME)

Riportiamo di seguito una descrizione della strumentazione a presidio delle emissioni; per tutti gli analizzatori e per ciascun campo scala è stata verificata la linearità strumentale.

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI MISURA AUTOMATICO (SME) A PRESIDIO DEL PUNTO DI EMISSIONE E1-TG5							
Parametro	Fornitore	Modello	Tipo di misura	Principio di misura	Certificazione (*)	Unità di misura	Campo scala
CO	SIEMENS	ULTRAMAT 6E s.n. N1-R2-0378	Estrattiva, diretta	NDIR	TÜV/MCerts/QAL1	mg/Nm <sup>3</sup>	0-50 0-1000
CO	SIEMENS	ULTRAMAT 6E s.n. N1-4D-589	Estrattiva, diretta	NDIR	TÜV/QAL1	mg/Nm <sup>3</sup>	0-1000 0-5000
NO/NO <sub>2</sub>	SICK	DEFOR s.n. 15520002	Estrattiva, diretta	UV	TÜV/MCerts/QAL1	mg/Nm <sup>3</sup>	NO: 0-50 NO: 0-1000 NO <sub>2</sub> : 0-50 NO <sub>2</sub> : 0-600
O <sub>2</sub>	SIEMENS	OXYMAT 6E s.n. N1-R2-0915	Estrattiva, diretta	Paramagnetico	TÜV/MCerts/QAL1	% (v/v)	0-25

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI MISURA AUTOMATICO (SME) A PRESIDIO DEL PUNTO DI EMISSIONE E2-TG6							
Parametro	Fornitore	Modello	Tipo di misura	Principio di misura	Certificazione (*)	Unità di misura	Campo scala
CO	SIEMENS	ULTRAMAT 6E s.n. N1-S3-0508	Estrattiva, diretta	NDIR	TÜV/MCerts/QAL1	mg/Nm <sup>3</sup>	0-50 0-1000
CO	SIEMENS	ULTRAMAT 6E s.n. N1-AD-591	Estrattiva, diretta	NDIR	TÜV/QAL1	mg/Nm <sup>3</sup>	0-1000 0-5000
NO/NO <sub>2</sub>	SICK	DEFOR s.n. 15520005	Estrattiva, diretta	UV	TÜV/MCerts/QAL1	mg/Nm <sup>3</sup>	NO: 0-50 NO: 0-1000 NO <sub>2</sub> : 0-50 NO <sub>2</sub> : 0-600
O <sub>2</sub>	SIEMENS	OXYMAT 6E s.n. N1-W2-0450	Estrattiva, diretta	Paramagnetico	TÜV/MCerts/QAL1	% (v/v)	0-25



CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI MISURA AUTOMATICO (SME) A PRESIDIO DEL PUNTO DI EMISSIONE E5-GVA							
Parametro	Fornitore	Modello	Tipo di misura	Principio di misura	Certificazione (*)	Unità di misura	Campo scala
CO-NO	SIEMENS	ULTRAMAT 6E s.n. N1-A5-407	Estrattiva, diretta	NDIR	TÜV/QAL1	mg/Nm³	CO: 0-150 CO: 0-1000 NO: 0-300 NO: 0-2000
O <sub>2</sub>	SIEMENS	OXYMAT 6E s.n. N1-A5-408	Estrattiva, diretta	Paramagnetico	TÜV/MCerts/QAL1	% (v/v)	0-25

(\*) Copie dei certificati sono disponibili in Centrale.

Il sistema di analisi a presidio dell'emissione del GVA è corredato di convertitore catalitico NO<sub>2</sub>-NO, di cui è stata verificata l'efficienza.

La Centrale è dotata inoltre dei seguenti analizzatori di scorta, di cui è stata verificata la linearità:

CARATTERISTICHE DEGLI ANALIZZATORI DI SCORTA							
Parametro	Fornitore	Modello	Tipo di misura	Principio di misura	Certificazione (*)	Unità di misura	Campo scala
NO/NO <sub>2</sub>	SICK	DEFOR s.n. 15520003	Estrattiva, diretta	UV	TÜV/MCerts/QAL1	mg/Nm³	NO: 0-50 NO: 0-1000 NO <sub>2</sub> : 0-50 NO <sub>2</sub> : 0-600
CO/NO	SIEMENS	ULTRAMAT 6E s.n. N1-W9-141	Estrattiva, diretta	NDIR	TÜV/MCerts/QAL1	mg/Nm³	NO: 0-300 NO: 0-2000 CO: 0-150 CO: 0-1000
CO	SIEMENS	ULTRAMAT 6E s.n. N1-CD-519	Estrattiva, diretta	NDIR	TÜV/QAL1	mg/Nm³	0-50 0-1000
CO	SIEMENS	ULTRAMAT 6E s.n. N1-AD-590	Estrattiva, diretta	NDIR	TÜV/QAL1	mg/Nm³	0-1000 0-5000
O <sub>2</sub>	SIEMENS	OXYMAT 6E s.n. N1-R2-0914	Estrattiva, diretta	Paramagnetico	TÜV/MCerts	% (v/v)	0-25
O <sub>2</sub>	SIEMENS	OXYMAT 6E s.n. N1-T1-0165	Estrattiva, diretta	Paramagnetico	TÜV/MCerts	% (v/v)	0-25
O <sub>2</sub>	SIEMENS	OXYMAT 6E s.n. N1-CD-0529	Estrattiva, diretta	Paramagnetico	TÜV/MCerts	% (v/v)	0-25

**Commentato [MG1]:** In giallo ho inserito le modifiche rispetto alla relazione dell'anno scorso. Ho corretto alcuni capi scala sulla base delle verifiche di linearità perché erano cambiati.



CARATTERISTICHE DELLA CABINA DI ANALISI	
Presente/Assente	Presente
Quota di installazione	Alla base del camino (quota campagna)
Sistema di condizionamento interno	Presente
Sistema di taratura	Manuale
Materiali di riferimento	Bombole in corso di validità presenti in box esterno alla cabina di analisi. Gas di span: 80 % del fondo-scala Gas di zero: azoto

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI ACQUISIZIONE DATI	
Tipologia	PF Sistemi
Frequenza dati elementari	5 secondi



## 6.0 SISTEMA DI MISURA DI RIFERIMENTO (SRM)

Per le sostanze determinate con metodi in continuo (automatici) nella fase di programmazione e realizzazione dell'indagine sono state applicati i seguenti metodi standard di riferimento (SRM):

- UNI EN 14792:2017 "Determinazione della concentrazione in massa di ossidi di azoto ( $NO_x$ ) - Metodo di riferimento: chemiluminescenza";
- UNI EN 15058:2017 "Determinazione della concentrazione in massa di monossido di carbonio (CO) - Metodo di riferimento: spettrometria a infrarossi non dispersiva";
- UNI EN 14789:2017 "Determinazione della concentrazione in volume di ossigeno ( $O_2$ ). Metodo di riferimento - Paramagnetismo".

Le suddette norme tecniche sostituiscono le precedenti versioni del 2006 degli stessi metodi di riferimento.

Le misure del sistema di riferimento sono state effettuate tramite analizzatori in continuo, operanti in conformità ai metodi di riferimento e dotati di certificazione TÜV/MCerts/QAL1; essi sono alloggiati in un laboratorio mobile dotato di sistema di condizionamento, utile a garantire il mantenimento dell'intervallo di temperatura idoneo per il funzionamento ottimale degli analizzatori.

Nella tabella seguente vengono riportate le principali caratteristiche tecniche degli analizzatori utilizzati nel caso delle emissioni da TG5 e da TG6:

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI MISURA DI RIFERIMENTO (SRM)							
Misurando coperto	Fornitore	Modello	Tipo di misura	Principio di misura	Certificazione (*)	Unità di misura	Campo scala
$O_2$	ENVIRONNEMENT	MIR9000 CLD	Estrattiva, diretta	Para-magnetico	TÜV/MCERTS/SIRA/QAL1	% (v/v)	0-21
CO			Estrattiva, diretta	NDIR	TÜV/MCERTS/SIRA/QAL1	mg/Nm <sup>3</sup>	0-50
$NO/NO_x$			Estrattiva, diretta	Chemiluminescenza	TÜV/MCERTS/SIRA/QAL1	mg/Nm <sup>3</sup>	0-50

(\*) Si rimanda alle copie dei certificati riportati in Allegato 6.

Il sistema di analisi è corredato di convertitore catalitico  $NO_2$ -NO.

La strumentazione elencata viene controllata e tarata periodicamente in conformità allo schema di garanzia di qualità aziendale conforme alla UNI EN ISO 9001 e alla UNI CEI EN ISO/IEC 17025.



Le risposte strumentali degli analizzatori sopra citati, prima di iniziare i rilievi all'emissione, vengono verificate mediante l'utilizzo di miscele certificate a concentrazione nota; successivamente, durante la campagna analitica, tali verifiche avvengono con frequenza giornaliera. I controlli strumentali riguardano la lettura di zero tramite standard di azoto, la lettura di span (corrispondente all'incirca all'80% del campo scala selezionato per le misure).

Le suddette verifiche strumentali sono state eseguite con i gas standard i cui certificati sono disponibili in copia in Allegato 6.

La linea di campionamento collegata a ciascun laboratorio mobile è costituita da:

- Sonda riscaldata, completa di box riscaldato al cui interno è allegata una sonda in acciaio da 2,0 m;
- Filtro riscaldato per la rimozione del particolato eventualmente presente nell'emissione;
- Tubi termostatati a 150 °C da 50/60 m;
- Frigorifero ad alta efficienza con temperatura in uscita inferiore a 4 °C;
- unità di condizionamento (perma-pure) e trattamento campione prima dell'ingresso all'unità di analisi.

I dati, nell'arco delle varie giornate di prova, sono acquisiti da specifico sistema di acquisizione dati con frequenza ogni 10 secondi; tali dati sono stati prima elaborati come medie al minuto, poi come medie orarie.

Nel rapporto di prova in Allegato 1 e nelle tabelle in Allegato 2 vengono riportati i valori medi orari calcolati sulla base di tali dati elementari.

Ai fini delle prove AST, i rilievi effettuati tramite SRM vengono espressi nelle medesime unità di misura dello SME (valori "tal quale" o strumentali).

Preliminarmente alle operazioni di misura viene annotata l'eventuale differenza di orario tra sistema di acquisizione e registrazione dati del SRM e il sistema di registrazione/archiviazione dati di Centrale.

Completate le acquisizioni giornaliere, nella successiva fase di valutazione ed elaborazione dei dati, i valori mediati al minuto del SRM vengono posti a confronto con i dati al minuto dello SME (forniti dal Committente) su file in formato Excel; in questa fase i dati del SRM vengono allineati all'ora SME annullando la differenza di orario rilevata in fase di pre-campionamento.

Tali dati vengono inoltre confrontati in forma grafica, in modo da valutare gli andamenti nel tempo delle concentrazioni per ogni parametro misurato; questa operazione permette di osservare, soprattutto in



presenza di variazioni o picchi di concentrazione, le eventuali differenze legate ai diversi tempi di risposta strumentale, oltre che segnalare eventuali anomalie non rilevate durante le prove.

Ai fini delle elaborazioni previste nelle prove AST, dai dati acquisiti nei periodi di prova vengono esclusi i periodi di stabilizzazione delle misure, le fasi transitorie e le fasi in cui sono stati effettuati i controlli di zero e span o ulteriori accertamenti strumentali (vedi Zero reference ogni 4ore).



## 7.0 PROVA DI VARIABILITÀ E VALIDITÀ DELLA FUNZIONE DI TARATURA - PROCEDURE DI CALCOLO

### 7.1 PROVA DI VARIABILITÀ

Si premette che lo scopo del test di variabilità nell'ambito della AST è quello di dimostrare l'idoneità degli analizzatori SME in prova, tarati secondo le funzioni identificate in QAL2, ad eseguire operazioni di misura utilizzabili per dimostrare la conformità al valore limite di emissione.

Per ogni serie di dati (minimo 5) per una determinata funzione di taratura, devono essere calcolati i seguenti parametri:

$$D_i = y_{i,s} - \hat{y}_{i,s}$$

dove:

$y_{i,s}$  è l' $i$ -esimo valore dell'SRM alle condizioni normalizzate;

$\hat{y}_{i,s}$  è l' $i$ -esimo valore dello SME tarato, calcolato dalle misure dello SME  $x_i$  alle condizioni normalizzate;

$$\bar{D} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N D_i$$

$$s_D = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (D_i - \bar{D})^2}$$

Dove  $s_D$  è lo scarto tipo delle differenze  $D_i$  nelle misurazioni parallele e  $N$  è il numero di campioni accoppiati nelle misurazioni parallele.

La variabilità dei valori misurati dallo SME è accettata se si verifica che:

$$s_D \leq 1,5\sigma_o k_v$$

Dove  $\sigma_o = \frac{PE}{1,96}$  rappresenta la massima incertezza derivante da requisiti legali, espressa in termini di

scarto tipo assoluto, e 1,96 rappresenta il fattore di copertura nel caso l'incertezza sia espressa con un livello di confidenza del 95 %.





La legislazione nazionale (D.Lgs. 152/2006 e D.Lgs. 46/2014) definisce la massima incertezza ammissibile come intervallo di fiducia al 95 % ovvero come percentuale (P) del valore limite di emissione (ELV):

- per il parametro  $\text{NO}_x$ : PE = 20 % dell'ELV (da D.Lgs. 152/2006)
- per il parametro CO: PE = 10 % dell'ELV (da D.Lgs. 46/2014)

Il parametro  $\text{O}_2$  è stato trattato uniformemente ai suddetti parametri; a tal fine sono stati utilizzati il valore dell'intervallo di confidenza e del "valore limite" alle emissioni indicati nell'aggiornamento del 2012 "Guida tecnica per i gestori dei Sistemi di Monitoraggio in continuo delle Emissioni in atmosfera (SME)" emessa da ISPRA, in collaborazione con le agenzie ARPA/APPA (Manuale 87/2013):

- per il parametro  $\text{O}_2$ : PE = 10 % dell'ELV (dove ELV = 21 % di  $\text{O}_2$ )

I valori di  $k_v$  devono essere applicati in funzione del numero di misure parallele effettuate; essi sono i valori tabulati di un test statistico  $\chi^2$ , con un valore  $\beta$  del 50%.

## 7.2 VALIDITA' DELLA FUNZIONE DI TARATURA

La taratura dello SME viene accettata se risulta soddisfatta la seguente ineguaglianza:

$$\left| \overline{D} \right| \leq t_{0,95}(N-1) \frac{S_D}{\sqrt{N}} + \sigma_o$$

I valori di  $t_{0,95}(N-1)$  (valore di t di Student per un livello di fiducia del 95% e per N-1 gradi di libertà) devono essere applicati in funzione del numero di misure parallele sono sotto riportati.



Nella seguente tabella vengono riportati i valori di  $k_v$  e  $t_{0,95}(N-1)$  da utilizzare nei test di variabilità.

Numero di misure	$k_v$	$t_{0,95}(N-1)$
5	0,9161	2,132
6	0,9329	2,015
7	0,9441	1,943
8	0,9521	1,895
9	0,9581	1,860
10	0,9629	1,833
11	0,9665	1,812
12	0,9695	1,796
13	0,9721	1,782
14	0,9742	1,771
15	0,9761	1,761
16	0,9777	1,753
17	0,9791	1,746
18	0,9803	1,740
19	0,9814	1,734
20	0,9824	1,729
25	0,9861	1,711
30	0,9885	1,699



## 8.0 RISULTATI DELLA PROVE AST

I risultati analitici relativi ai rilievi in continuo eseguiti, tramite sistema di riferimento (SRM), alle emissioni E1 (da Gruppo 5 - Turbogas TG5), E2 (da Gruppo 6 - Turbogas TG6), E5 (da GVA - Generatore di Vapore Ausiliario), sono riportati nei rapporti di prova in Allegato 1, ove vengono dettagliate le date e gli orari di prova.

Nei rapporti di prova le concentrazioni di CO e NO<sub>x</sub> misurate dal SRM sono espresse in mg/Nm<sup>3</sup>, con e senza riferimento al tenore di ossigeno del 15 o 3 %; le concentrazioni di O<sub>2</sub> sono espresse in %v/v; le concentrazioni non riferite al tenore di ossigeno rappresentano le misure strumentali ("valori tal quale") utilizzate come dati di partenza per le elaborazioni AST riportate in Allegato 2.

Nelle elaborazioni presentate in allegato 2 sono riportate le seguenti informazioni:

- data, ora, durata delle misure eseguite in parallelo dal sistema di riferimento (SRM) e dal sistema di misura automatico (SME);
- i dati relativi alle condizioni operative ("Condizioni Impianto": valori medi della produzione in MWe per i TG, in MWt per il GVA);
- valori "tal quale" misurati parallelamente da SRM e SME. Nel caso specifico si tratta delle concentrazioni sui fumi secchi, espresse in mg/Nm<sup>3</sup> e, per gli ossidi di azoto, espresse come NO<sub>2</sub> nel caso dei TG, come NO nel caso del GVA. Sono questi dati di concentrazione "tal quale" (evidenziati in grassetto nelle tabelle in Allegato 2) ad essere utilizzati per le successive elaborazioni AST;
- valori misurati parallelamente da SRM e SME, necessari per riportare le concentrazioni alle condizioni di riferimento (15 % di ossigeno); nella fattispecie quindi il solo parametro coinvolto è il tenore di ossigeno misurato nei fumi secchi;
- i risultati della prova di variabilità e della verifica della validità delle funzioni di taratura determinate nelle precedenti prove QAL2.

Per una valutazione dei risultati delle prove di sorveglianza annuale AST eseguite sul sistema di monitoraggio delle emissioni (SME), si rimanda ai dati di dettaglio riportati nelle tabelle in Allegato 2, da cui si evince che:



- per tutti i parametri misurati dagli analizzatori SME posti a presidio di TG5, TG6 e GVA, il test di variabilità ha avuto esito positivo in quanto è risultata soddisfatta la condizione:

$$s_D \leq 1,5\sigma_o k_v$$

- in tutti i casi è risultata soddisfatta la disuguaglianza:

$$\left| \overline{D} \right| \leq t_{0,95}(N-1) \frac{S_D}{\sqrt{N}} + \sigma_o$$

Verificate entrambe le suddette condizioni, è possibile confermare che gli analizzatori SME in prova, tarati secondo le funzioni di taratura identificate in QAL2 riepilogate nella tabella a pagina seguente, sono idonei ad eseguire operazioni di misura utilizzabili per dimostrare la conformità al valore limite di emissione.

Si verifica infine che i valori misurati dagli analizzatori SME rientrano negli intervalli di taratura validi, sotto riportati, ottenuti in QAL2, che vengono pertanto confermati.



## 8.1 TEST DI SORVEGLIANZA ANNUALE (AST): TEST DI VARIABILITA' - RISULTATI

Per i parametri sottoposti a prova AST si riassumono, nella tabella che segue, i dati ricavati dalle precedenti prove QAL2, la cui validità è stata verificata nell'ambito della presente prova:

SME PUNTO DI EMISSIONE E1 DA GRUPPO 5 - TURBOGAS TG5						
Parametro	ELV (Valore Limite di Emissione)	Limite intervallo di confidenza (PE)	Anno ultima QAL2	Funzione di taratura		Intervallo di validità
				Pendenza	Intercetta	
NO <sub>x</sub>	30 mg/Nm <sup>3</sup> rif. 15 % O <sub>2</sub>	20% ELV	2019	0,993	0,0 mg/Nm <sup>3</sup> (NO <sub>2</sub> )	0 – 29,83 mg/Nm <sup>3</sup> rif. 15 % O <sub>2</sub>
CO	30 mg/Nm <sup>3</sup> rif. 15 % O <sub>2</sub>	10% ELV	2019	1,010	-0,568 mg/Nm <sup>3</sup>	0 – 22,86 mg/Nm <sup>3</sup> rif. 15 % O <sub>2</sub>
O <sub>2</sub>	21 %	10% ELV	2019	0,965	0,309 % v/v	-

SME PUNTO DI EMISSIONE E2 DA GRUPPO 6 - TURBOGAS TG6						
Parametro	ELV (Valore Limite di Emissione)	Limite intervallo di confidenza (PE)	Anno ultima QAL2	Funzione di taratura		Intervallo di validità
				Pendenza	Intercetta	
NO <sub>x</sub>	30 mg/Nm <sup>3</sup> rif. 15 % O <sub>2</sub>	20% ELV	2019	0,981	0,393 mg/Nm <sup>3</sup> (NO <sub>2</sub> )	0 – 26,61 mg/Nm <sup>3</sup> rif. 15 % O <sub>2</sub>
CO	30 mg/Nm <sup>3</sup> rif. 15 % O <sub>2</sub>	10% ELV	2019	0,981	-0,485 mg/Nm <sup>3</sup>	0 – 13,23 mg/Nm <sup>3</sup> rif. 15 % O <sub>2</sub>
O <sub>2</sub>	21 %	10% ELV	2019	0,989	+0,228 % v/v	-

SME PUNTO DI EMISSIONE E5 DA GENERATORE DI VAPORE AUSILIARIO - GVA						
Parametro	ELV (Valore Limite di Emissione)	Limite intervallo di confidenza (PE)	Anno ultima QAL2	Funzione di taratura		Intervallo di validità
				Pendenza	Intercetta	
NO <sub>x</sub>	200 mg/Nm <sup>3</sup> rif. 3 % O <sub>2</sub>	20% ELV	2016	0,973	8,078 mg/Nm <sup>3</sup> (NO <sub>2</sub> )	0 – 137,15 mg/Nm <sup>3</sup> rif. 3 % O <sub>2</sub>
CO	100 mg/Nm <sup>3</sup> rif. 3 % O <sub>2</sub>	10% ELV	2016	0,980	+0,511 mg/Nm <sup>3</sup>	0 – 20,0 mg/Nm <sup>3</sup> rif. 3 % O <sub>2</sub>
O <sub>2</sub>	21 %	10% ELV	2016	0,997	+0,330 % v/v	-



Rimandando ai paragrafi 7.1 e 7.2 della presente relazione per i dettagli relativi ai criteri di calcolo e alle tabelle in Allegato 2-b per i valori utilizzati nelle elaborazioni, nelle tabelle che seguono vengono sintetizzati i risultati conseguiti nella prova AST.

	SME E1-TG5			SME E2-TG6		
	PARAMETRO NO <sub>x</sub>	PARAMETRO CO	PARAMETRO O <sub>2</sub>	PARAMETRO NO <sub>x</sub>	PARAMETRO CO	PARAMETRO O <sub>2</sub>
N (numero di campioni accoppiati nelle misurazioni parallele)	13			11		
S <sub>D</sub> (scarto tipo degli scostamenti D <sub>i</sub> nelle misurazioni parallele)	0,38	0,37	0,04	0,24	0,04	0,03
k <sub>v</sub> (valori tabulati di una prova χ <sup>2</sup> con un valore β del 50%)	0,9721			0,9665		
σ <sub>0</sub> (incertezza fornita dal legislatore) <sup>(1)</sup>	3,06	1,53	1,07	3,06	1,53	1,07
1,5 σ <sub>0</sub> x k <sub>v</sub>	4,46	2,23	1,56	4,44	2,22	1,55
TEST DI VARIABILITA'	$S_D < 1,5 \sigma_0 \times k_v$ <b>Prova di variabilità con esito positivo</b>					

	SME E5-GVA		
	PARAMETRO NO <sub>x</sub>	PARAMETRO CO	PARAMETRO O <sub>2</sub>
N (numero di campioni accoppiati nelle misurazioni parallele)	09		
S <sub>D</sub> (scarto tipo degli scostamenti D <sub>i</sub> nelle misurazioni parallele)	0,47	0,45	0,03
k <sub>v</sub> (valori tabulati di una prova χ <sup>2</sup> con un valore β del 50%)	0,9581		
σ <sub>0</sub> (incertezza fornita dal legislatore) <sup>(1)</sup>	20,41	5,10	1,07
1,5 σ <sub>0</sub> x k <sub>v</sub>	29,33	7,33	1,54
TEST DI VARIABILITA'	$S_D < 1,5 \sigma_0 \times k_v$ <b>Prova di variabilità con esito positivo</b>		

<sup>(1)</sup> Espressa come percentuale del valore limite di emissione (PE) con fattore di copertura K=1,96 corrispondente ad un livello di fiducia del 95%; PE = 20% per il parametro NO<sub>x</sub>, PE = 10% per il parametro CO, PE = 10% per il parametro O<sub>2</sub> (dato tratto da Manuale 87/2013).



## 8.2 TEST DI SORVEGLIANZA ANNUALE (AST): VERIFICA DELLA VALIDITA' DELLE FUNZIONI DI TARATURA - RISULTATI

	SME E1-TG5			SME E2-TG6		
	PARAMETRO NO <sub>x</sub>	PARAMETRO CO	PARAMETRO O <sub>2</sub>	PARAMETRO NO <sub>x</sub>	PARAMETRO CO	PARAMETRO O <sub>2</sub>
N (numero di campioni accoppiati nelle misurazioni parallele)	13			11		
D <sub>i,medl</sub>	0,44	0,22	0,15	0,56	0,27	0,21
t <sub>0,95(N-1)</sub>	1,782			1,812		
σ <sub>0</sub> (incertezza fornita dal legislatore) <sup>(1)</sup>	3,06	1,53	1,07	3,06	1,53	1,07
S <sub>0</sub> (scarto tipo degli scostamenti D <sub>i</sub> nelle misurazioni parallele)	0,38	0,37	0,04	0,24	0,04	0,03
$t_{0,95(N-1)} \frac{S_D}{\sqrt{N}} + \sigma_o$	3,25	1,71	1,09	3,19	1,55	1,09
TEST PER ACCETTAZIONE TARATURA ESISTENTE:	$ D_{i,medl}  < t_{0,95(N-1)} \frac{S_D}{\sqrt{N}} + \sigma_o$					
	Funzioni di taratura confermate					

	SME E5-GVA		
	PARAMETRO NO <sub>x</sub>	PARAMETRO CO	PARAMETRO O <sub>2</sub>
N (numero di campioni accoppiati nelle misurazioni parallele)	9		
D <sub>i,medl</sub>	0,38	1,33	0,19
t <sub>0,95(N-1)</sub>	1,860		
σ <sub>0</sub> (incertezza fornita dal legislatore) <sup>(1)</sup>	20,41	5,10	1,07
S <sub>0</sub> (scarto tipo degli scostamenti D <sub>i</sub> nelle misurazioni parallele)	0,47	0,45	0,03
$t_{0,95(N-1)} \frac{S_D}{\sqrt{N}} + \sigma_o$	20,70	5,38	1,09
TEST PER ACCETTAZIONE TARATURA ESISTENTE:	$ D_{i,medl}  < t_{0,95(N-1)} \frac{S_D}{\sqrt{N}} + \sigma_o$		
	Funzioni di taratura confermate		

<sup>(1)</sup> Espressa come percentuale del valore limite di emissione (PE) con fattore di copertura K=1,96 corrispondente ad un livello di fiducia del 95%; PE = 20% per il parametro NO<sub>x</sub>, PE = 10% per il parametro CO, PE = 10% per il parametro O<sub>2</sub> (dato tratto da Manuale 87/2013).



## 9.0 REPORT TEST FUNZIONALE

Di seguito vengono riportati le verifiche effettuate sui sistema di misura delle emissioni nell'ambito della prova funzionale prevista in ambito di prova AST; ove non esplicitamente precisato, gli esiti si intendono analoghi per tutti i sistemi in prova.

### 9.1 VERIFICA DEL SISTEMA DI CAMPIONAMENTO

È stato eseguito un esame visivo dei sistemi di campionamento, analizzando lo stato dei componenti installati:

Componente	Stato		
	A	B	C
Sonda di campionamento	X		
Sistema di condizionamento dei gas	X		
Pompe	X		
Conessioni	X		
Linee di campionamento	X		
Alimentazione	X		
Filtri	X		
Stato del componente: A Buono, B Sufficiente, C Insufficiente			

### 9.2 DOCUMENTAZIONE E REGISTRAZIONI

Documento	Collocazione/Riferimento
Pianta del sistema pneumatico dello SME	Presente presso le cabine analisi
Manuale d'uso dello SME	601-0051-0 MG-SME-REV.1 c/o ufficio ICA/AMS Ambiente Salute e Sicurezza
Manuale di manutenzione dello SME	601-0051-0 MG-SME-REV.1 CAPITOLO 6.1.1 Manutenzione del sistema di Analisi c/o reparto ICA/MAN/AES
Registri riportanti malfunzionamenti e manutenzioni effettuate	601-0051-0 MG-SME-REV.1 CAPITOLO 6.1.3 Quaderno di Manutenzione c/o reparto ICA/MAN/AES
Rapporti di assistenza	0051-0 MG-SME-REV.1 CAPITOLO 6.1.3 Quaderno di Manutenzione c/o reparto ICA/MAN/AES
Documentazioni QAL3	c/o reparto ICA/MAN/AES (verifiche settimanali)
Procedure di manutenzione dello SME	601-0051-0 MG-SME-REV.1 CAPITOLO 6.1.1 e 6.1.2 c/o reparto ICA/MAN/AES
Procedure di esercizio dello SME	601-0051-0 MG-SME-REV.1 c/o funzione ICA/ESE





Documento	Collocazione/Riferimento
Procedure di taratura dello SME	601-0051-0 MG-SME-REV.1 CAPITOLO 6.2 c/o reparto ICA/MAN/AES
Schede manutenzione	allegate al manuale 601-0051-0 MG-SME-REV.1
Registrazione formazione e addestramenti	A cura funzione ICA/AMS

### 9.3 FUNZIONALITA'

Descrizione	Giudizio		
	A	B	C
Ambiente di lavoro sicuro e pulito con spazio di lavoro sufficiente	X (TG6 e GVA)	X (TG5)	
Ambiente di lavoro con coperture adeguate dalle intemperie	Per TG5 e GVA il piano di lavoro è all'aperto; possono all'occorrenza essere installate coperture provvisorie per l'attrezzatura		
Accesso al sistema di misura facile e in condizioni di sicurezza	X		
Scorte adeguate di materiale di riferimento, attrezzature e parti di ricambio	X		
Stato del componente: A : adeguato; B : Sufficiente; C: Inadeguato			

### 9.4 TEST DI TENUTA

Descrizione	Esito del test
Il test di tenuta è stato effettuato su tutta la linea dell'AMS erogando gas standard (azoto) in testa alla linea di prelievo del singolo SME, da cui viene erogato azoto in pressione in modo da generare un eccesso di flusso. Vengono quindi valutate le letture strumentali degli analizzatori una volta raggiunto un valore stabile.	Superato (misure prossime a zero)



## 9.5 TEMPO DI RISPOSTA

Descrizione		
<p>Il tempo di risposta degli analizzatori è stato valutato erogando agli strumenti gas standard a concentrazione nota per i singoli parametri (O<sub>2</sub>, CO, NO) e valutando i tempi necessari al raggiungimento di risposte strumentali (sul campo scala inferiore) corrispondenti al 90 % del valore certificato in bombola.</p> <p>Requisito normativo : &lt;200 secondi</p> <p>Resoconto della prova: POSITIVO per tutti gli SME esaminati</p>		
<p>TG5</p> <p>Tutti parametri</p> <p>&lt; 80 secondi</p>	<p>TG6</p> <p>Tutti parametri</p> <p>&lt; 70 secondi</p>	<p>GVA</p> <p>Tutti parametri</p> <p>&lt; 70 secondi</p>

## 9.6 TEST DELLO ZERO E DELLO SPAN

Contestualmente alle verifiche di linearità strumentale sui bassi range di misura (vd. Allegato 3) sono state valutate le letture di zero e di span, sotto riepilogate.

Parametro	Concentrazione di ZERO (N <sub>2</sub> )	TG5 C <sub>analizzatore</sub>	TG6 C <sub>analizzatore</sub>	U.d.M.
CO	0,0	0,2	0,0	mg/Nm <sup>3</sup>
NO	0,0	0,4	0,0	mg/Nm <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	0,0	0,3	-0,5	mg/Nm <sup>3</sup>
O <sub>2</sub>	0,0	-0,16	-0,12	%
Parametro	Concentrazione di SPAN (N <sub>2</sub> )	TG5 C <sub>analizzatore</sub>	TG6 C <sub>analizzatore</sub>	U.d.M.
CO	41,9	42,9	41,4	mg/Nm <sup>3</sup>
NO	41,2	40,6	41,1	mg/Nm <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	41,5	40,9	41,0	mg/Nm <sup>3</sup>
O <sub>2</sub>	19,53	19,46	19,74	%



Parametro	Concentrazione di ZERO (N <sub>2</sub> )	GVA Canalizzatore	U.d.M.
CO	0,0	0,3	mg/Nm <sup>3</sup>
NO	0,0	2,0	mg/Nm <sup>3</sup>
O <sub>2</sub>	0,0	-0,11	%
Parametro	Concentrazione di SPAN (N <sub>2</sub> )	GVA Canalizzatore	U.d.M.
CO	124,7	123,9	mg/Nm <sup>3</sup>
NO	250,2	247,8	mg/Nm <sup>3</sup>
O <sub>2</sub>	19,52	19,86	%

## 9.7 VERIFICA DELLE INTERFERENZE

La verifica è stata effettuata erogando agli analizzatori prima azoto, poi una miscela di gas potenzialmente interferente (quali CO<sub>2</sub> in azoto, di cui si allega il certificato in Allegato 5) e rilevando la risposta strumentale degli analizzatori in prova, come sotto riepilogato.

SME	Parametro interferente	Canalizzatore CO (mg/Nm <sup>3</sup> )	Canalizzatore NOx (mg/Nm <sup>3</sup> )	Canalizzatore O <sub>2</sub> (%)
TG5	CO <sub>2</sub>	0,30	0,5	-0,04
TG6		0,10	-0,1	-0,18
GVA		0,5	1,8	0,05



## 9.8 VERIFICA DI LINEARITA' STRUMENTALE

Per le prove di linearità strumentale è stato utilizzato il diluatore SONIMIX 64 della LNI SCHMIDLIN SA, s.n. 2347, costruito in accordo alla norma ISO 6145/6, certificato da laboratorio accreditato dal centro SCS (Swiss Calibration Service). Il relativo certificato di taratura è riportato in Allegato 6.

Lo strumento è dotato di regolatori di pressione e di quattro capillari sonici in grado di generare 16 step di diluizione in azoto del gas standard compresi tra 0 e 100 %. Dei gas standard utilizzati vengono forniti i relativi certificati del produttore in Allegato 5.

L'ingresso gas campione dell'analizzatore e l'uscita gas del diluatore sono stati collegati mediante raccordi in teflon e agli analizzatori sono state erogate, generalmente in 5 step, concentrazioni di gas comprese tra 0 e 80% del campo scala, con ripetizione dello step a concentrazione zero a inizio e fine prova.

La prova è stata eseguita su tutti gli analizzatori (compresi quelli di scorta), per ciascun campo-scala disponibile; si precisa che per gli analizzatori di CO installati su TG5 e TG6, limitatamente al campo-scala inferiore, la prova è stata svolta in 10 step compresi tra 0 e 80% del campo scala.

Ad ogni step di concentrazione sono state acquisite tre letture strumentali. Ad ogni variazione dello step di concentrazione la prima lettura dello strumento è stata acquisita dopo un periodo di almeno tre volte il tempo di risposta; le tre letture acquisite per ogni step sono state separate da almeno 4 volte il tempo di risposta strumentali. Le risposte strumentali degli analizzatori sono state acquisite direttamente (manualmente) dai display degli analizzatori in prova.

I dati ottenuti secondo quanto descritto sopra vengono trattati al fine di calcolare i residui relativi (errori di linearità). Il residuo relativo è calcolato ad ogni step di concentrazione generata, sul valore medio ricavato dalle tre misure eseguite su ognuno dei punti della scala di linearità.

Al fine del calcolo del residuo relativo (errore di linearità) viene preliminarmente calcolata una retta di regressione lineare tra i punti ( $x_i$ ) e tutte le misure  $y_{c,i}$ , dove:

$x_i$  = è il valore singolo della concentrazione del materiale di riferimento (standard);

$y_{c,i}$  = è il valore singolo rilevato dall'analizzatore al livello di concentrazione  $c$ .

La retta di regressione lineare ottenuta, la cui equazione è del tipo  $y = ax + b$ , viene impiegata per calcolare, noti i valori di A (pendenza), B (intercetta) e  $x$  (concentrazione standard generata ad ogni step di diluizione), i valori teorici di concentrazione  $x_i$  (corretti) per ciascuno step di diluizione.



Sono questi valori teorici di concentrazione  $x_1, \dots, x_n$  corretti (pari al numero di step di diluizione realizzati, comprese le concentrazioni di zero ripetuto due volte e span), derivanti dalla retta di regressione lineare, ad essere confrontati con la media delle singole concentrazioni rilevate dall'analizzatore ad ogni step di diluizione, al fine di calcolare il residuo, espresso nella medesima unità di misura, mediante la formula:

$$d_c = \bar{y}_c - (x_i \text{ corretti})$$

dove:

$d_c$  è il residuo per ogni media di concentrazione rilevata dall'analizzatore;

$\bar{y}_c$  è il valore di concentrazione  $y$  medio rilevato dall'analizzatore al livello di concentrazione  $c$ .

Il valore del residuo  $d_c$  viene poi convertito in unità di concentrazione relativa  $d_{c,rel}$  dividendo  $d_c$  per il limite superiore dell'intervallo di misurazione ( $C_u$ ), mediante la formula:

$$d_{c,rel} = d_c / C_u * 100$$

La prova, secondo l'allegato B della norma UNI EN 14181, ha esito positivo se i valori  $d_{c,rel}$  (residui relativi) risultano compresi nell'intervallo  $\pm 5\%$ .

Nel caso in esame, le prove (riportate in Allegato 3) per gli analizzatori posti a presidio delle emissioni da impianti turbogas TG5, TG6, GVA e per gli analizzatori di scorta hanno avuto esito positivo per tutti i campi-scala verificati, in quanto i residui risultanti sull'intero campo sono ampiamente compresi in tale intervallo.



### 9.9 VERIFICA DELL'EFFICIENZA DEL CONVERTITORE CATALITICO NO<sub>2</sub>>NO

La verifica dell'efficienza del convertitore catalitico NO<sub>2</sub>-NO, parte integrante del sistema di analisi del GVA, è stata realizzata utilizzando un generatore di ossidi di azoto della LNI operante sul principio della titolazione in fase gassosa di una concentrazione nota di monossido di azoto tramite ozono.

Il sistema consente di generare concentrazioni di ozono variabili; fornendo parallelamente uno standard contenente NO in azoto diluito in aria gas-cromatografica si generano, dalla reazione con ozono, proporzionali concentrazioni di NO<sub>x</sub> (NO + NO<sub>2</sub>).

La verifica avviene per step successivi: il gas in uscita dal generatore viene fornito direttamente all'inlet dello strumento, del quale vengono registrate le risposte.

I passaggi sono di seguito descritti; i primi due avvengono con generatore spento:

- viene fornita la miscela di riferimento di solo NO; viene quindi registrata la concentrazione di NO misurata dall'analizzatore a convertitore escluso (fase P1);
- viene fornita la stessa miscela di riferimento di solo NO; viene quindi registrata la concentrazione di NO<sub>x</sub> misurata dall'analizzatore a convertitore inserito (fase R1).

Successivamente si aziona il generatore e si opera attraverso ulteriori passaggi:

- fornendo la stessa miscela di cui sopra e variando la concentrazione di ozono generata, vengono create concentrazioni crescenti della miscela di NO + NO<sub>2</sub>; viene quindi registrata la concentrazione di NO misurata dall'analizzatore a convertitore escluso (fase P2);
- fornendo la stessa miscela di cui sopra e variando la concentrazione di ozono generata, vengono create concentrazioni crescenti della miscela di NO + NO<sub>2</sub>; viene quindi registrata la concentrazione di NO<sub>x</sub> misurata dall'analizzatore a convertitore inserito (fase R2).

Nel caso specifico sono stati creati due livelli di concentrazioni di ozono, variando l'intensità della lampada UV tramite la quale l'ossigeno presente nello standard di aria gas-cromatografica viene convertito in ozono.



Infine, per ognuna delle fasi a generatore acceso, la concentrazione di NO<sub>2</sub> convertito e misurato dallo strumento si ottiene per differenza R2-P2.

L'efficienza del convertitore viene calcolata in termini percentuali tramite la seguente formula:

$$\text{Conv. Eff. (\%)} = (((R2-P2)-(R1-P1))/(P1-P2))*100$$

La prova, secondo il paragrafo 6.2 della norma UNI EN 14792, ha esito ottimale se l'efficienza di conversione risulta almeno pari al 95 %; nel caso specifico, l'efficienza del convertitore sotto test (riportata in Allegato 3, pag. 6 di 6 del rapporto di prova 2003728-018) è risultata ottimale.



## 10.0 VERIFICA DELL'INDICE DI ACCURATEZZA RELATIVO

Le misure parallele effettuate per le prove QAL2 o AST sono state utilizzate anche per verificare l'Indice di Accuratezza Relativo (IAR) degli analizzatori SME; il confronto tra dati SRM-SME e le elaborazioni sono riportate in Allegato 4.

Occorre premettere che nel caso dei grandi impianti di combustione le procedure di garanzia di qualità dei sistemi di monitoraggio delle emissioni per i parametri NO<sub>x</sub>, CO e O<sub>2</sub> sono soggette alla norma UNI EN 14181:2015, pertanto non si applicano le verifiche di cui al paragrafo "4" dell'allegato VI alla Parte Quinta del D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i. (Rif. D.Lgs. 183/2017).

Il calcolo dello IAR per tali parametri è stato comunque eseguito a titolo conoscitivo, oltre che per continuità rispetto a quanto svolto negli anni precedenti.

Per la verifica di IAR sono state seguite le indicazioni del punto "4.4" dell'allegato VI alla Parte Quinta del D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i.

In tale decreto viene previsto il calcolo dello IAR (indice di accuratezza relativo) calcolato secondo la seguente formula:

$$IAR = 100 * \left[ 1 - \frac{M + I_c}{M_r} \right]$$

dove:

$M$  : rappresenta la media aritmetica degli  $N$  valori  $X_i$ ;

$X_i$  : rappresenta il valore assoluto della differenza delle concentrazioni misurate dai due sistemi di misura (analizzatore fisso "SME" e analizzatore di riferimento "SRM");

$M_r$  : rappresenta la media dei valori delle concentrazioni rilevate dal sistema di riferimento;

$I_c$  : rappresenta il valore assoluto dell'intervallo di confidenza calcolato per la media degli  $N$  valori

$X_i$  ossia  $I_c = t_n \frac{S}{\sqrt{N}}$  ;





$N$  : numero delle misure effettuate;

$t_n$  : rappresenta il t di Student calcolato per il livello di fiducia del 95% e per (n) gradi di libertà pari a (N-1);

$S$  : rappresenta la deviazione standard dei valori  $X_i$ .

La verifica ha esito positivo se il valore di IAR risulta essere superiore a 80 %.

Il confronto tra dati SRM-SME e le elaborazioni sono riportate in Allegato 4; si precisa che i dati SME utilizzati per la verifica di IAR sono i dati strumentali, non tarati attraverso le funzioni di taratura ottenute dalla prova QAL2.

Di seguito vengono riepilogati i valori di IAR ottenuti:

Analizzatore	TG5 IAR (%)	Gruppo TG6 IAR (%)	Gruppo GVA IAR (%)
NO/NO <sub>x</sub>	97,5	97,0	85,7
CO	89,8	91,2	83,1
O <sub>2</sub>	99,5	97,8	97,2

Occorre precisare che il calcolo di IAR degli analizzatori di CO per TG5 e TG6 è stato effettuato su un numero esiguo di misure pari a 4, in quanto le concentrazioni misurate dai sistemi di analisi SRM/SME nelle altre ore sono risultate estremamente contenute in tutto il periodo di monitoraggio; si consideri infatti che l'applicazione dell'indice statistico IAR, come riportato nella già citata Guida Tecnica Manuale 87/2013, è considerata inefficace nei casi in cui le concentrazioni misurate siano inferiori o prossime al limite di rivelabilità strumentale e all'intervallo di fiducia ammesso per singolo composto.

Si precisa che, in questa campagna analitica è stato possibile eseguire la verifica IAR per i parametri CO, per i quali è stata comunque effettuata la verifica di linearità su 10 punti del campo-scala.

Sulla base dei dati sopra riportati è possibile evidenziare che gli analizzatori possiedono un grado di accuratezza adeguato, in quanto superiore alla soglia dell'80 % prevista dalla normativa vigente.



Cabiate 09.12.2020

**TECNOLOGIE D'IMPRESA SRL a socio unico**

GESTIONE EMISSIONI: Francesco Calò  
(Relatore)

REFERENTE EMISSIONI IN ATMOSFERA: Marco Pelozzi

DIREZIONE: Giorgio Penati



**A2A Gencogas S.p.A.**

**Centrale di Cassano d'Adda (MI)**

## **ALLEGATO N. 1**

### **RAPPORTI DI PROVA**

**2003728-005 (TG5)**

**2003728-012 (TG6)**

**2003728-017 (GVA)**

E:\Lavori Ottobre2020\A2A Cassano\I\Anno 2020\Verifiche SME\Relazione AST-IAR TG5-TG6-GVA\_201209.docx\CALO\Mariani

TECNOLOGIE D'IMPRESA Srl a socio unico - Società soggetta all'attività di direzione e coordinamento da parte di PGF Srl  
Via Don Minzoni, 15 - 22060 CABIATE - CO - Tel. 031 76991 - Fax 031 7699199 - [www.tecnoimp.it](http://www.tecnoimp.it) e-mail [info@tecnoimp.it](mailto:info@tecnoimp.it)  
Cap. Soc. Euro 1.000.000 - C.F. 05100520153 - P.IVA 02061610131

Divisione SERTECED - MONZA  
Viale Elvezia, 2 - 20900 MONZA - MB - Tel. 039 2302306 - Fax 039 2301651 - e-mail [info@tecnoimp.it](mailto:info@tecnoimp.it)



**A2A Gencogas S.p.A.**

**Centrale di Cassano d'Adda (MI)**

**ALLEGATO N. 2**

**ELABORAZIONI AST**

E:\Lavori Ottobre2020\A2A Cassano\I\Anno 2020\Verifiche SME\Relazione AST-IAR TG5-TG6-GVA\_201209.docx\CALO\Mariani

TECNOLOGIE D'IMPRESA Srl a socio unico - Società soggetta all'attività di direzione e coordinamento da parte di PGF Srl  
Via Don Minzoni, 15 – 22060 CABIATE – CO - Tel. 031 76991 – Fax 031 7699199 – [www.tecnoimp.it](http://www.tecnoimp.it) e-mail [info@tecnoimp.it](mailto:info@tecnoimp.it)  
Cap. Soc. Euro 1.000.000 – C.F. 05100520153 – P.IVA 02061610131  
Divisione SERTECED – MONZA  
Viale Elvezia, 2 – 20900 MONZA – MB – Tel. 039 2302306 – Fax 039 2301651 – e-mail [info@tecnoimp.it](mailto:info@tecnoimp.it)



**A2A Gencogas S.p.A.**

**Centrale di Cassano d'Adda (MI)**

## **ALLEGATO N. 3**

### **VERIFICHE DI LINEARITA' STRUMENTALE**

**2003728-006 (TG5)**

**2003728-013 (TG6)**

**2003728-018 (GVA)**

**2003728-019 (ANALIZZATORI DI SCORTA)**

E:\Lavori Ottobre2020\A2A Cassano\I\Anno 2020\Verifiche SME\Relazione AST-IAR TG5-TG6-GVA\_201209.docx\CALO\Mariani

TECNOLOGIE D'IMPRESA Srl a socio unico - Società soggetta all'attività di direzione e coordinamento da parte di PGF Srl  
Via Don Minzoni, 15 – 22060 CABIATE – CO - Tel. 031 76991 – Fax 031 7699199 – [www.tecnoimp.it](http://www.tecnoimp.it) e-mail [info@tecnoimp.it](mailto:info@tecnoimp.it)  
Cap. Soc. Euro 1.000.000 – C.F. 05100520153 – P.IVA 02061610131  
Divisione SERTECED – MONZA  
Viale Elvezia, 2 – 20900 MONZA – MB – Tel. 039 2302306 – Fax 039 2301651 – e-mail [info@tecnoimp.it](mailto:info@tecnoimp.it)



**A2A Gencogas S.p.A.**

**Centrale di Cassano d'Adda (MI)**

## **ALLEGATO N. 4**

### **VERIFICHE INDICE DI ACCURATEZZA RELATIVO**

E:\Lavori Ottobre2020\A2A Cassano\I\Anno 2020\Verifiche SME\Relazione AST-IAR TG5-TG6-GVA\_201209.docx\CALO\Mariani

TECNOLOGIE D'IMPRESA Srl a socio unico - Società soggetta all'attività di direzione e coordinamento da parte di PGF Srl  
Via Don Minzoni, 15 – 22060 CABIATE – CO - Tel. 031 76991 – Fax 031 7699199 – [www.tecnoimp.it](http://www.tecnoimp.it) e-mail [info@tecnoimp.it](mailto:info@tecnoimp.it)  
Cap. Soc. Euro 1.000.000 – C.F. 05100520153 – P.IVA 02061610131  
Divisione SERTECED – MONZA  
Viale Elvezia, 2 – 20900 MONZA – MB – Tel. 039 2302306 – Fax 039 2301651 – e-mail [info@tecnoimp.it](mailto:info@tecnoimp.it)



**A2A Gencogas S.p.A.**

**Centrale di Cassano d'Adda (MI)**

## **ALLEGATO N. 5**

### **DOCUMENTAZIONE DEL LABORATORIO DI PROVA**

E:\Lavori Ottobre2020\A2A Cassano\I\Anno 2020\Verifiche SME\Relazione AST-IAR TG5-TG6-GVA\_201209.docx\CALO\Mariani

TECNOLOGIE D'IMPRESA Srl a socio unico - Società soggetta all'attività di direzione e coordinamento da parte di PGF Srl  
Via Don Minzoni, 15 – 22060 CABIATE – CO - Tel. 031 76991 – Fax 031 7699199 – [www.tecnoimp.it](http://www.tecnoimp.it) e-mail [info@tecnoimp.it](mailto:info@tecnoimp.it)  
Cap. Soc. Euro 1.000.000 – C.F. 05100520153 – P.IVA 02061610131  
Divisione SERTECED – MONZA  
Viale Elvezia, 2 – 20900 MONZA – MB – Tel. 039 2302306 – Fax 039 2301651 – e-mail [info@tecnoimp.it](mailto:info@tecnoimp.it)