



**CENTRALE TERMoeLETTRICA AEM  
DI CASSANO D'ADDA**

**EMISSIONI DEGLI OSSIDI DI AZOTO  
NEI TRANSITORI DI AVVIAMENTO DELLE UNITA' TURBOGAS  
TG4 TG5 TG6**

Rev. 1 del 12 aprile 2007  
AEM/APR/Produzione Termoelettrica  
Emilio Viganò

# 1 Scopo del documento

Il presente documento è stato emesso per l'adempimento a quanto richiesto dal decreto della Regione Lombardia n. 13873 del 04.12.2006 (Allegato 1) avente per oggetto: "D.D.G. n. 3536 del 29.08.1997 recante i criteri e le procedure per la gestione dei sistemi di monitoraggio delle emissioni da impianti termoelettrici. Modificazioni relative agli impianti turbogas".

La revisione 1 del documento è stata emessa per l'inserimento delle integrazioni e precisazioni richieste da ARPA a seguito dell'esame effettuato sulla prima emissione.

## 2 Premessa

La centrale termoelettrica AEM di Cassano d'Adda è costituita da due cicli combinati denominati Ciclo Combinato 1 (CC1) e Ciclo Combinato 2 (CC2).

Il CC1 per tutto il periodo indagato (2005-2006) ha sempre mantenuto l'attuale assetto: turbina a gas da 155 MW (TG4) in ciclo combinato con la turbina a vapore TV1 da 75 MW, per una potenza complessiva nominale di 230 MW.

Il CC2 ha invece subito nel corso del periodo indagato un rilevante intervento di potenziamento: nel 2005 il CC2 era costituito dall'unità turbogas TG5 in ciclo combinato con la turbina a vapore del preesistente GR2, per una potenza complessiva di 380 MW. Alla fine del 2005 è stata messa in servizio la seconda unità turbogas TG6, sempre da 250 MW e sempre in ciclo combinato con la turbina a vapore del preesistente GR2, elevando la potenza complessiva del CC2 da 380 MW a 760 MW.

## 3 Classificazione degli avviamenti

### 3.1 Ciclo Combinato 1

Per una corretta gestione, nell'ambito del mercato elettrico, delle produzioni di energia durante le fasi di avviamento degli impianti, sono state individuate le seguenti tipologie di avviamenti relativi al TG4:

- avviamento dopo una fermata inferiore alle 24 ore (avviamento da caldo)
- avviamento dopo una fermata tra le 24 e le 48 ore (avviamento da tiepido)
- avviamento dopo una fermata tra le 48 e le 96 ore (avviamento da tiepido)
- avviamento dopo una fermata superiore alle 96 ore (avviamento da freddo)

Per ognuno degli avviamenti sopra riportati, partendo dalle curve di presa di carico ed utilizzando i dati delle registrazioni delle emissioni di NOx, sono state redatte le curve di avviamento riportate negli allegati specificati nella tabella che segue. Sulla medesima tabella sono stati anche riassunti i dati relativi alle stime delle emissioni in massa degli ossidi di azoto prodotti durante le diverse tipologie di avviamento.

Nel caso particolare del CC2, tenendo conto della possibilità di effettuare una fermata di uno solo dei due turbogas (fermata parziale), è stato inserito anche il caso di avviamento del secondo turbogas, che non risulta essere condizionato dalla durata della fermata che precede la rimessa in servizio del turbogas stesso.

Per ognuno degli avviamenti sopra riportati, con l'aggiunta anche del caso di avviamento del 2° turbogas, partendo dalle curve già disponibili di presa di carico ed utilizzando i dati delle registrazioni delle emissioni di NOx, sono state redatte le curve di avviamento riportate negli allegati specificati nella tabella che segue. Sulla medesima tabella sono stati riassunti anche i dati relativi alle emissioni in massa degli ossidi di azoto prodotti durante le diverse tipologie di avviamento.

| Tipo di avviamento del CC2             | Emissioni in massa di NOx del TG5 (Transitorio di avviamento) (kg) | Emissioni in massa di NOx del TG6 (Transitorio di avviamento) (kg) | Documento di riferimento (*) |
|--|--|--|------------------------------|
| dopo una fermata inferiore alle 24 ore | 330  | 330  | Allegato 2.1                 |
| dopo una fermata tra le 24 e le 48 ore | 390  | 390  | Allegato 2.2                 |
| dopo una fermata tra le 48 e le 96 ore | 440  | 440  | Allegato 2.3                 |
| avviamento da freddo                   | 640  | 640  | Allegato 2.4                 |
| avviamento come 2° TG                  | 140  | 80   | Allegato 2.5                 |

(\*) I documenti di riferimento sono relativi al solo TG6. In ogni caso, sulla base delle osservazioni sperimentali effettuate, possiamo affermare che solo l'avviamento del TG5 come 2° turbogas è caratterizzato da una effettiva maggiore emissione ponderale di NOx (principalmente imputabile al maggior valore del carico di minimo tecnico) mentre, per quanto riguarda gli altri avviamenti specificati nella tabella, le emissioni ponderali si possono considerare coincidenti.

Si precisa che una analisi specifica delle emissioni di NOx nei transitori di avviamento del TG5 non è stata effettuata anche in ragione del fatto che nei prossimi mesi sarà effettuata la sostituzione dei bruciatori con installazione dei nuovi bruciatori GE "DLN 2.6 +", già in servizio sul TG6.

Tale intervento consentirà di ridurre le emissioni di NOx ai carichi di esercizio e di abbassare il minimo tecnico del TG5 in analogia a quanto già effettuato sul TG6.

Per quanto riguarda il transitorio di fermata, si precisa che per il TG 5, quando è in servizio con il CC2 in assetto M2, il tempo che intercorre per il passaggio dal minimo tecnico ambientale, pari a 130 MW, al fuori parallelo è di circa 30 minuti, mentre quando è in ciclo semplice (assetto M1) il tempo è di circa 40 minuti. In ambedue i casi la stima delle emissioni ponderali di NOx è pari a circa 30 kg.

Relativamente al TG 6 si precisa che i tempi di fermata sono leggermente inferiori di qualche minuto rispetto a quelli del TG 5 in quanto il minimo tecnico ambientale è di 90 MW contro i 130 MW. La stima delle emissioni di NOx è di circa 20 kg.

Le emissioni in massa di NOx del TG5 e del TG6 per un transitorio completo (fermata + avviamento) ammontano pertanto a:

| Avviamento del CC2<br>(Anno 2005)      | n° di avviamenti<br>del TG5 | n° di avviamenti del<br>TG6           | Emissioni di NOx<br>(Transitori<br>fermata+avviamento)<br>(kg) |
|--|-----------------------------|---------------------------------------|--|
| dopo una fermata inferiore alle 24 ore | 6                           | Non ancora<br>disponibile nel<br>2005 | 2.160  |
| dopo una fermata tra le 24 e le 48 ore | 11                          |                                       | 4.620  |
| dopo una fermata tra le 48 e le 96 ore | 4                           |                                       | 1.880  |
| da freddo                              | 4                           |                                       | 2.680  |
| <b>Totale</b>                          | <b>25</b>                   |                                       | <b>11.340</b>  |

## 5 Esercizio della centrale nel 2006

### 5.1 Ciclo Combinato 1

Il CC1 è stato regolarmente in servizio per tutto il 2006.

Nelle due tabelle che seguono sono riassunti, per tipologia, gli avviamenti del CC1 effettuati rispettivamente nel primo e secondo semestre 2006. Sulle medesime tabelle sono riportate anche le corrispondenti stime delle emissioni ponderali degli ossidi di azoto emessi durante i cicli di transitori (fermata+avviamento) associati alle diverse tipologie di avviamento.

| Avviamento del CC1<br>(1° semestre 2006) | n° di avviamento<br>nell'anno | Emissioni di NOx<br>(Transitori<br>fermata+avviamento)<br>(kg) |
|--|-------------------------------|--|
| dopo una fermata inferiore alle 24 ore   | 12                            | 4.800  |
| dopo una fermata tra le 24 e le 48 ore   | 7                             | 2.730  |
| dopo una fermata tra le 48 e le 96 ore   | 6                             | 2.640  |
| da freddo                                | 1                             | 640  |
| <b>Totale</b>                            | <b>26</b>                     | <b>10.810</b>  |

| Avviamento del CC1<br>(2° semestre 2006) | n° di avviamento<br>nell'anno | Emissioni di NOx<br>(Transitori<br>fermata+avviamento)<br>(kg) |
|--|-------------------------------|--|
| dopo una fermata inferiore alle 24 ore   | 3                             | 1.200  |
| dopo una fermata tra le 24 e le 48 ore   | 15                            | 5.850  |
| dopo una fermata tra le 48 e le 96 ore   | 3                             | 1.320  |
| da freddo                                | 2                             | 1.280  |
| <b>Totale</b>                            | <b>23</b>                     | <b>9.650</b>   |

| Avviamento del CC2                     | n° di avviamenti del TG5 | Emissioni di NOx del TG5 (Transitori fermata+avviamento) (kg) | n° di avviamenti del TG6 | Emissioni di NOx del TG6 (Transitori fermata+avviamento) (kg) |
|--|--------------------------|---|--------------------------|---|
| dopo una fermata inferiore alle 24 ore | 0                        | 0   | 2                        | 700   |
| dopo una fermata tra le 24 e le 48 ore | 0                        | 0   | 1                        | 410   |
| dopo una fermata tra le 48 e le 96 ore | 0                        | 0   | 0                        | 0   |
| da freddo                              | 0                        | 0   | 1                        | 660   |
| come 2° turbogas                       | 33                       | 5.610   | 19                       | 1.900   |
| <b>Totale</b>                          | <b>33</b>                | <b>5.610</b>  | <b>23</b>                | <b>3.670</b>  |

## 6 Incidenza delle emissioni

Anno 2005

Le emissioni massiche di ossidi di azoto, relative al funzionamento a regime (esclusi quindi i transitori di fermata ed avviamento) inerenti all'anno 2005 ammontano, rispettivamente per il TG4 ed il TG5, a 351.300 kg ed a 281.700 kg.

L'incidenza percentuale delle emissioni di ossidi di azoto relative ai transitori di avviamento, rispetto alle emissioni effettuate durante il funzionamento a regime, ammontano pertanto, rispettivamente per il TG4 ed il TG5, ai seguenti valori:

- 4,6 % per il TG4
- 4,0 % per il TG5

Anno 2006 – 1° semestre

Le emissioni massiche di ossidi di azoto, relative al funzionamento a regime (esclusi quindi i transitori di fermata ed avviamento) inerenti al 1° semestre 2006, ammontano, rispettivamente per il TG4, TG5 e TG6, a 177.100 kg, 178.600 kg e 97.800 kg.

L'incidenza percentuale delle emissioni di ossidi di azoto relative ai transitori di avviamento, rispetto alle emissioni effettuate durante il funzionamento a regime, ammontano pertanto, rispettivamente per il TG4, TG5 e TG6, ai seguenti valori:

- 6,1 % per il TG4
- 3,6 % per il TG5
- 2,8 % per il TG6

Anno 2006 – 2° semestre

Le emissioni massiche di ossidi di azoto, relative al funzionamento a regime (esclusi quindi i transitori di fermata ed avviamento) inerenti al 2° semestre 2006, ammontano, rispettivamente per il TG4, TG5 e TG6, a 177.100 kg, 225.400 kg e 87.600 kg.

L'incidenza percentuale delle emissioni di ossidi di azoto relative ai transitori di avviamento, rispetto alle emissioni effettuate durante il funzionamento a regime, ammontano pertanto, rispettivamente per il TG4, TG5 e TG6, ai seguenti valori:

ripartenza delle unità di produzione per risoluzione dei problemi legati alla sovraccarico o al deficit di potenza rispetto ai programmi giornalieri.

- il massimo valore istantaneo di emissioni di NO<sub>x</sub> durante i transitori di avviamento/arresto ammontano, rispettivamente per il TG4, TG5 e TG6, a 230 mg/Nm<sup>3</sup>, 230 mg/Nm<sup>3</sup> e 180 mg/Nm<sup>3</sup>.
- il carico di minimo tecnico ambientale delle unità TG4, TG5 e TG6 sono rispettivamente 110 MW, 130 MW e 90 MW.

## 8 Allegati

|              |   |
|--------------|---|
| Allegato 1   | Decreto n. 13873 del 04.12.2006 della Regione Lombardia                         |
| Allegato 2.1 | Curve di avviamento standard del TG4 dopo una fermata inferiore alle 24 ore     |
| Allegato 2.2 | Curve di avviamento standard del TG4 dopo una fermata tra le 24 ore e le 48 ore |
| Allegato 2.3 | Curve di avviamento standard del TG4 dopo una fermata tra le 48 ore e le 96 ore |
| Allegato 2.4 | Curve di avviamento standard del TG4 da freddo                                  |
| Allegato 3.1 | Curve di avviamento standard del TG6 dopo una fermata inferiore alle 24 ore     |
| Allegato 3.2 | Curve di avviamento standard del TG6 dopo una fermata tra le 24 ore e le 48 ore |
| Allegato 3.3 | Curve di avviamento standard del TG6 dopo una fermata tra le 48 ore e le 96 ore |
| Allegato 3.4 | Curve di avviamento standard del TG6 da freddo                                  |
| Allegato 3.5 | Curve di avviamento standard del TG6 come secondo turbogas                      |



Regione Lombardia

## IL DIRETTORE GENERALE

VISTO il D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152 recante "Norme in materia ambientale", e in particolare:

- l'allegato II alla parte V "Grandi impianti di combustione" che prevede l'obbligo del monitoraggio in continuo delle emissioni in atmosfera per gli impianti di combustione anteriori al 1988 e al 2006 previsti dall'articolo 273, commi 3 e 4, di potenza termica nominale pari o superiore a 300 MW e negli impianti di combustione nuovi di cui all'art. 273, comma 2, di potenza termica nominale pari o superiore a 100 MW;
- l'allegato VI alla parte V "Criteri per la valutazione della conformità dei valori misurati ai valori limite di emissione";

VISTA la D.G.R. n. 6501 del 19.10.2001 "Nuova zonizzazione del territorio regionale per il conseguimento degli obiettivi di qualità dell'aria ambiente ...fissazione dei limiti di emissione degli impianti di produzione di energia" e in particolare l'allegato C "Criteri e limiti di emissione per gli impianti di produzione di energia" che prevede tra l'altro il monitoraggio in continuo delle emissioni per gli impianti turbogas aventi potenza termica nominale maggiore di 15 MW;

VISTI i criteri e le procedure per la gestione dei sistemi di monitoraggio delle emissioni (SME) degli impianti termoelettrici, approvati dalla Regione Lombardia con d.d.g. della D.G. Tutela Ambientale (ora D.G. Qualità dell'Ambiente) n. 3536 del 29 agosto 1997;

CONSIDERATO che i suddetti criteri e procedure definiscono tra le altre cose le modalità di valutazione dello stato di funzionamento degli impianti ai fini dell'esclusione o meno dei valori rilevati dagli SME dal confronto con i valori limite alle emissioni previsti dalle autorizzazioni in possesso dei gestori, dalle linee guida nazionali e dalle disposizioni regionali;

RILEVATO in particolare che da tale confronto sono esclusi i valori orari delle concentrazioni medie degli inquinanti in emissione qualora, nell'arco dell'ora considerata, il numero dei valori elementari rilevati dagli SME in coincidenza dei quali l'impianto risulta in periodo di avviamento o arresto (ovvero qualora il carico dell'impianto risulta inferiore al minimo tecnico definito dal gestore) sia superiore al 30 % di quelli teoricamente rilevabili in un'ora;

RILEVATO inoltre che il funzionamento degli impianti turbogas (e di conseguenza anche dei cicli combinati costituiti dall'accoppiamento turbina a gas - turbina a vapore) è caratterizzato da transitori, intendendo con tale termine il periodo intercorrente tra l'accensione dell'impianto ed il superamento del minimo tecnico o tra una fase di gestione dell'impianto ad un carico pari al minimo tecnico e lo spegnimento, di breve durata, approssimativamente dello stesso ordine di grandezza dell'intervallo temporale di riferimento per la verifica del rispetto dei valori limite (riferiti in genere alla media oraria);

CONSIDERATO che tali impianti, in special modo quelli di più recente installazione dotati di bruciatori dry low NOx, sono altresì caratterizzati da valori di emissione di NOx e CO notevolmente differenti tra la fase di esercizio con carico inferiore al minimo tecnico e quella con carico superiore;



Regione Lombardia

- a) la frequenza di accadimento dei periodi di avviamento/arresto (transitori) prevista e/o verificata (nel secondo caso indicare, distinguendo, quella relativa al 2005 e quella relativa al primo semestre 2006);
- b) la durata normale dei suddetti periodi (dall'accensione del turbogas al raggiungimento del minimo tecnico e dal minimo tecnico allo spegnimento);
- c) i valori massimi delle concentrazioni di NOx misurati alle emissioni con impianto condotto a carichi inferiori al minimo tecnico e le emissioni massiche relative ai transitori stessi. Qualora i dati non siano disponibili, dovranno essere rilevati tramite l'adeguamento strumentale (analizzatore con scala di misura idonea) degli SME o, in alternativa, tramite campagne di misura finalizzate;
- d) l'incidenza delle emissioni massiche annue, stimabili sulla base dei dati sopraindicati, per le fasi di conduzione degli impianti con carichi inferiori al minimo tecnico rispetto alle emissioni massiche annue autorizzate e a quelle rilevate.

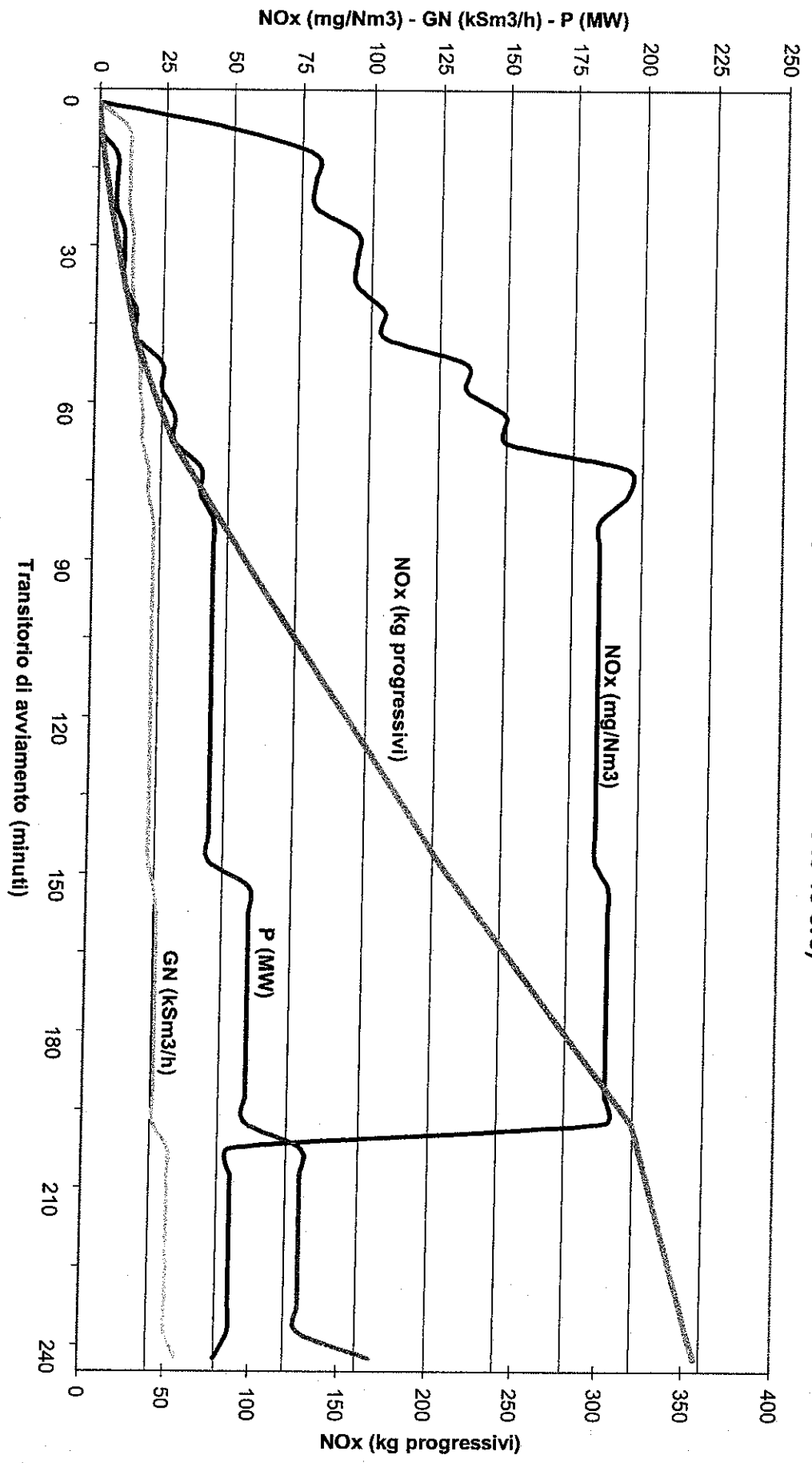
Relativamente ai punti a) e b), qualora la durata del periodo in cui l'impianto operi con carichi inferiori al minimo tecnico e conseguentemente le emissioni massiche relative a tali periodi siano significativamente variabili in funzione delle condizioni di partenza, dovranno essere forniti in maniera distinta i dati e le informazioni relative alle accensioni "da freddo" e quelle relative ad accensioni effettuate a partire da altre condizioni dell'impianto;

3. di disporre la pubblicazione del presente atto sul B.U.R.L.

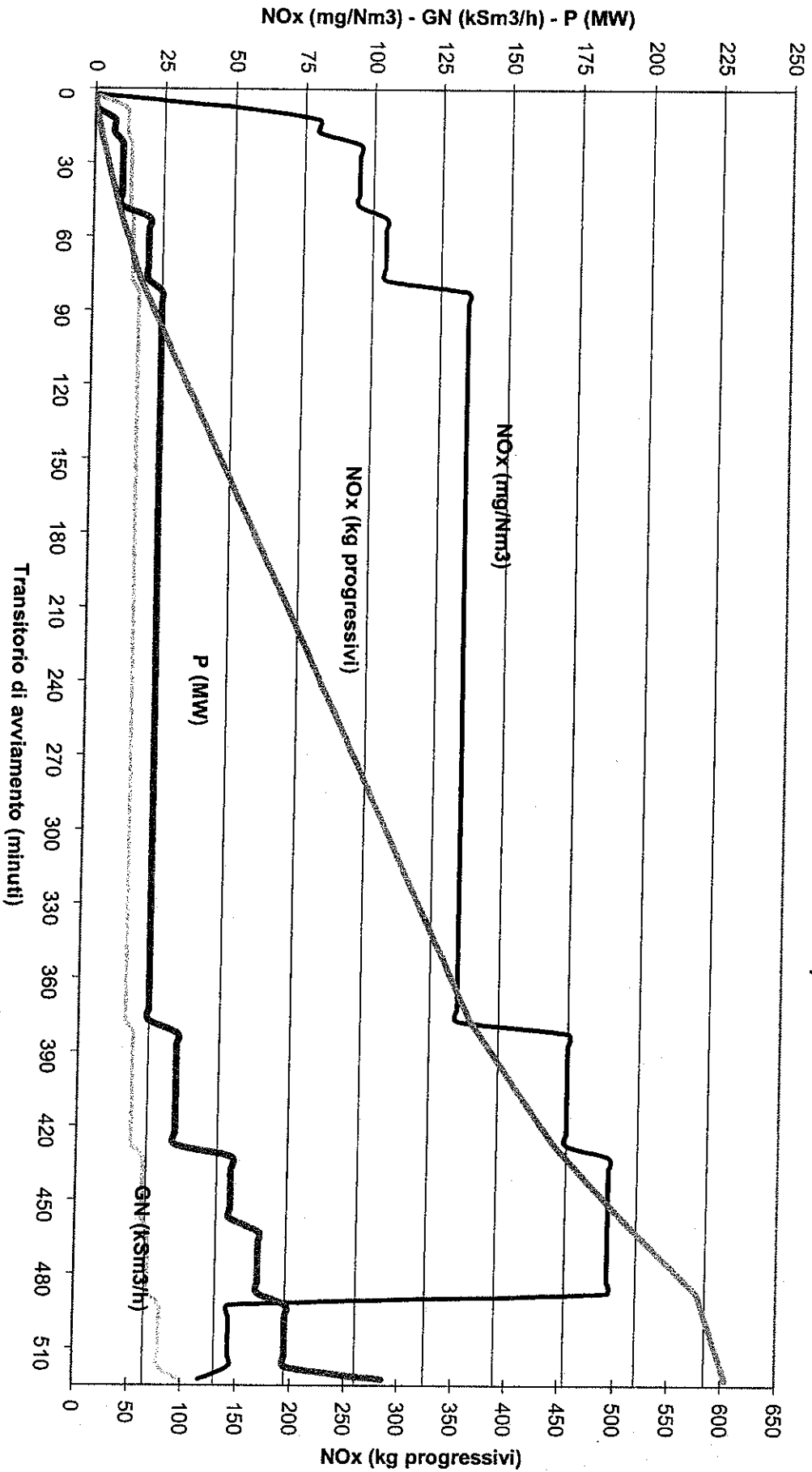
Il direttore generale  
(dott. Franco Picco)



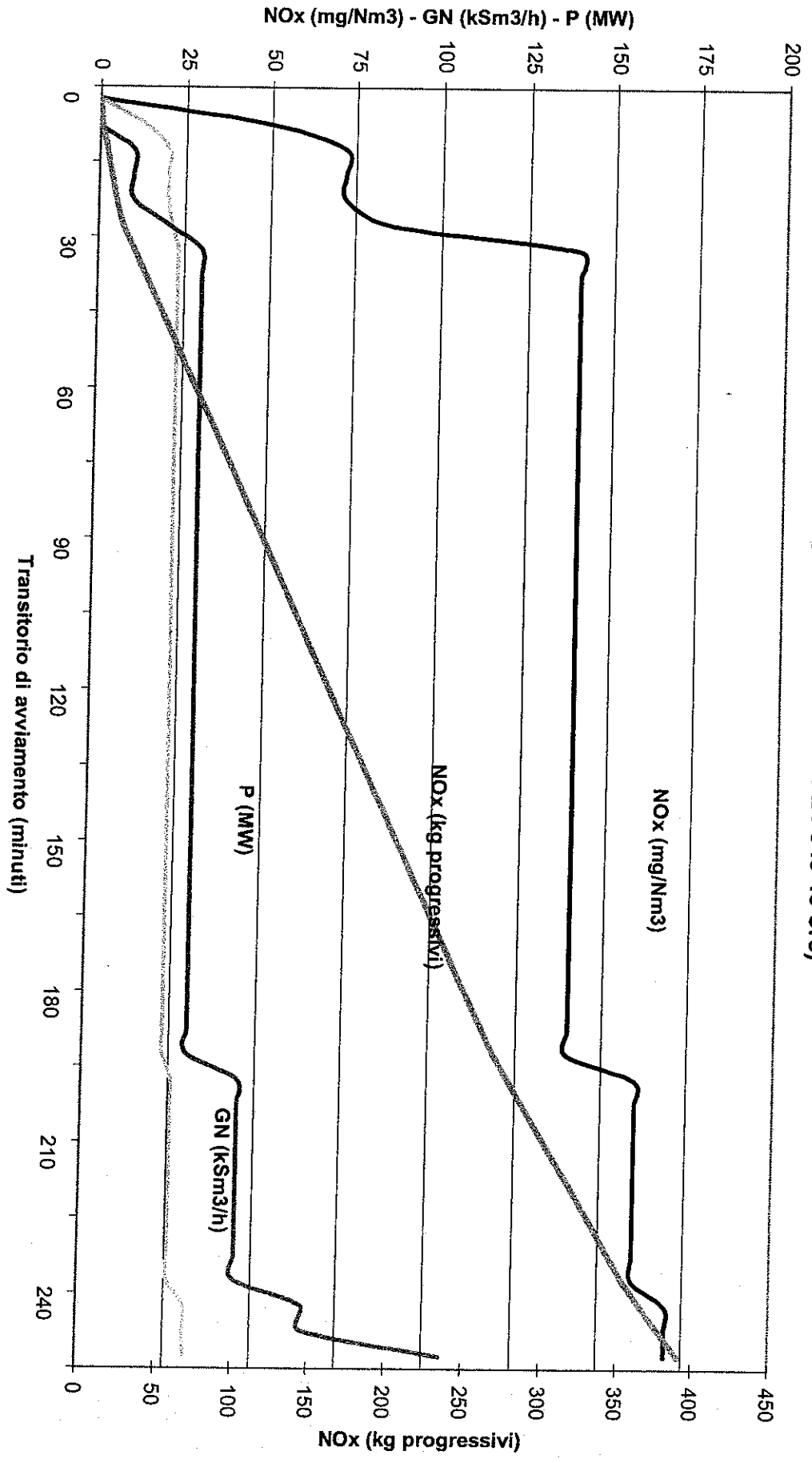
**AVVIAMENTO STANDARD TG4**  
**(dopo una fermata tra le 24 e le 48 ore)**



**AVVIAMENTO STANDARD TG4 DA FREDDO**  
 (dopo una fermata superiore alle 96 ore)



**AVVIAMENTO STANDARD TG6**  
 (dopo una fermata tra le 24 e le 48 ore)



### AVVIAMENTO STANDARD TG6 DA FREDDO (dopo una fermata superiore alle 96 ore)

