

INQUINAMENTO ATMOSFERICO DA CENTRALI ELETTRICHE TURBOGAS A CICLO COMBINATO (Relazione preliminare)

Premessa

La produzione di massicce quantità di energia richieste dallo sviluppo dei Paesi avanzati porta necessariamente all'impiego di impianti di generazione sempre più efficienti e sempre più rispettosi dell'ambiente. Nell'ambito delle possibili opzioni in merito alle scelte che possono essere fatte in proposito, la valutazione dell'impatto ambientale degli impianti ha guadagnato un ruolo di primaria importanza. Infatti, negli impianti termoelettrici viene realizzata una combustione a carico di combustibili solidi liquidi e gassosi che necessariamente porta alla formazione, e quindi alla loro emissione nell'ambiente atmosferico, di sostanze in fase gassosa o particellare in grado di interagire negativamente con l'ambiente circostante e quindi di mettere a rischio la salute dei cittadini.

L'aumento consistente che è stato recentemente programmato in Italia della frazione di energia elettrica da impianti turbogas a ciclo combinato, oltre a consentire una maggiore diversificazione dei combustibili ed oltre ad assicurare un elevatissimo rendimento (Superiori al 55%), consente anche di prevedere un basso impatto ambientale poiché, come noto, le emissioni di questi impianti, relativamente a quanto può essere ottenuto da impianti termoelettrici di altro tipo, sono molto limitate. L'ovvia conseguenza di questa scelta è che le esigenze di diversificazione dei combustibili, di elevato rendimento e di basso impatto ambientale, trovano un'appropriata combinazione positiva nell'utilizzazione su vasta scala della tecnologia a ciclo combinato.

Trattandosi di un impianto industriale che emette inquinanti atmosferici, l'autorizzazione alla costruzione ed all'esercizio di dette centrali sono subordinate allo studio di impatto ambientale, oltrechè, naturalmente, alla domanda al Ministero competente (Attività Produttive). L'impatto ambientale prodotto dalle centrali a ciclo combinato interessa non solo l'atmosfera, ma diversi comparti quali acqua, suolo, paesaggio etc. In questa relazione di chiarimento, verrà però approfondito solo l'assetto legato alla qualità dell'aria ed ai suoi possibili cambiamenti derivanti dall'esercizio di detti impianti. Poiché le centrali di cui è stata richiesta

l'autorizzazione alla costruzione ed all'esercizio possono variare in funzione della taglia, per la valutazione che seguirà ci si riferirà ad un tipico impianto da 400 MW elettrici dal rendimento 55%.

Emissioni di una Centrale Turbogas

In una centrale di questo tipo, le emissioni sono caratterizzate dalla presenza degli inquinanti Ossido di Carbonio (CO) ed Ossidi di Azoto (NO_x) sostanze che sono rispettivamente presenti a concentrazioni massime nei fumi secchi in uscita dall'impianto pari a 50 e 30 mg/Nm³. Nelle emissioni di questi impianti è da escludere la presenza sia di Biossido di Zolfo (SO₂), che di materiale particolato. L'assenza o quasi di biossido di Zolfo è dovuta alla piccola quantità di zolfo presente nel gas naturale impiegato, mentre la quantità di particolato emessa dalla centrale funzionante a piena potenza è irrisoria. Naturalmente, non si può escludere che in particolari situazioni, ad esempio nei transitori, il particolato in uscita dall'impianto diventi apprezzabile. Queste sono però condizioni particolari destinati a non durare nel tempo e quindi a non influire sullo stato complessivo della qualità dell'aria.

L'assenza di materiale particolato dalle emissioni di questo tipo di impianti è indirettamente, ma molto chiaramente, confermata dalla Direttiva 2001/80/CE del 23 Ottobre 2001 concernente le "limitazioni delle emissioni in atmosfera di taluni inquinanti originati dai grandi impianti di combustione". Infatti, la Direttiva non prevede alcun limite per il particolato emesso dalle turbine a gas (Parte B, Allegato VII). E' ovvio che una tale decisione non può che provenire dalla constatazione che le centrali turbogas non emettono particolato. Tale conclusione può apparire in contrasto con alcune notizie apparse sulla stampa, anche tecnica, in merito a questo problema. In realtà, emissioni di particolato si riscontrano solo nelle emissioni di centrali che impiegano il metodo catalitico (SCR) per la riduzione degli ossidi di azoto. Poiché tale impianto non è previsto in nessuna delle centrali delle quali si è chiesta l'autorizzazione, se ne conclude che il particolato emesso da questa tipologia di centrale non può costituire problema ambientale in quanto esse non verranno costruite in Italia.

Tornando alle emissioni di inquinanti da una centrale turbogas, le emissioni di Monossido di carbonio, pur se appaiono quantitativamente rilevanti, non influenzano la qualità dell'aria in quanto i limiti previsti per questo inquinante sono nella stessa misura molto elevati quindi non raggiunti. In definitiva, il problema dell'inquinamento da Monossido di Carbonio è da considerare trascurabile.

In definitiva l'unico inquinante che è in grado di alterare la qualità dell'aria nell'intorno delle centrali turbogas sono gli ossidi di azoto. Gli ossidi di azoto, come noto, si formano dalla combinazione diretta di Ossigeno ed

Azoto che sono i due costituenti fondamentali dell'atmosfera. La reazione chimica, che avviene ad elevata temperatura e quindi avviene in tutti i bruciatori di tutte le centrali termoelettriche, provoca la formazione di monossido di Azoto (NO). Dunque la formazione di Ossidi di Azoto è un elemento comune a tutte le centrali. E non solo di quelle turbogas. Per questo impianto, la Direttiva sopra citata prevede una concentrazione massima in uscita di 75 mg/m^3 . Le concentrazioni massime previste negli impianti sono più ridotte (50 mg/m^3), mentre quelle di effettivo esercizio a regime lo sono ancora di più (35 mg/m^3). Dunque, la prima osservazione sulle emissioni inquinanti dalla centrale è che la quantità di Ossidi di azoto in uscita dalla centrale stessa è conforme alla legislazione Europea che presto sarà recepita in Italia. Tale concentrazione è molto più bassa di quella attualmente prevista dalla regolamentazione vigente nel Paese per gli impianti di combustione.

Il raggiungimento di questi livelli di concentrazione implica l'adozione di dispositivi tecnici in grado di ridurre la formazione di ossidi di Azoto (NOx) che, in condizioni normali, non potrebbero raggiungere i livelli previsti, ossia si formerebbero a concentrazioni più elevate. Il dispositivo usato nelle centrali in oggetto è costituito da particolari bruciatori chiamati *Low NOx Burners* (LNB) che assicurano condizioni termodinamiche e fluidodinamiche nella fiamma di combustione, tali da assicurare la formazione di Ossidi di Azoto in quantità compatibile con gli standard di emissione.

L'inquinamento da Ossidi di Azoto

Il problema dell'inquinamento atmosferico delle centrali turbogas si pone solo in relazione alla presenza di ossidi di azoto alle emissioni. Al fine di valutare l'impatto ambientale di queste emissioni, particolarmente per quanto riguarda la salvaguardia della salute umana, occorre fornire alcuni cenni circa il ruolo degli NOx nell'inquinamento atmosferico. Come già detto, la specie prevalente alle emissioni è costituita dal monossido di Azoto (NO), specie questa non classificata come inquinante. Successivamente al processo di emissione, reazioni chimiche che avvengono in atmosfera, trasformano il Monossido di Azoto in Biossido di Azoto (NO₂), che invece è una specie tossica. A sua volta, il Biossido si trasforma in acido Nitrico (HNO₃) che, infine, si trasforma in particolato. Al fine di non confondere l'eventuale particolato emesso dalla centrale da quello formato per reazione chimica in atmosfera, vengono impiegati i termini particolato primario e particolato secondario. Dunque, la metabolizzazione in atmosfera degli ossidi di azoto porta, in pratica, alla formazione di due inquinanti: il Biossido di Azoto ed il particolato nitrato secondario.

La concentrazione di biossido di azoto sarà la risultante tra le velocità della sua formazione attraverso l'ossidazione del monossido di azoto, e la sua rimozione dall'atmosfera per ulteriore ossidazione ad acido nitrico. Le reazioni di formazione di biossido di azoto sono ben note ed i valori delle velocità specifiche portano a concludere che esse non appaiono molto rilevanti ai fini dell'inquinamento a breve distanza. In altri termini, la reazione di ossidazione del monossido è relativamente lenta e quindi la sua massima concentrazione avviene a lunga distanza, in una situazione in cui il pennacchio delle emissioni viene ad essere sufficientemente diluito da non provocare effetti sulla salute dei cittadini. Tra l'altro, la reazione di ossidazione più probabile è quella riferita all'Ozono, che, come noto, abbonda nei mesi estivi. Però, nei mesi estivi abbondano anche i radicali Ossidrili (OH) che sono responsabili dell'ulteriore ossidazione del biossido di azoto per cui si può ipotizzare, come peraltro confermato dai modelli di diffusione, che le concentrazioni a terra di questa specie siano molto basse relativamente ai limiti imposti di qualità dell'aria.

Analogamente, per quanto riguarda il particolato secondario, poiché esso costituisce il risultato di ulteriore reazione chimica, viene ad essere formato in siti distanti dal luogo nel quale è ubicata la centrale. Comunque, poiché non si può escludere a priori che anche a tali distanze esso possa raggiungere concentrazioni eccessive, ci si è posto il problema di verificare l'eventuale impatto ambientale causato da tale nuova aliquota di nitrato particolato nel quadro ambientale del Paese. Le informazioni in proposito possono essere desunte dai dati di concentrazione del particolato atmosferico che vengono rilevati nella stazione EMEP di Montelibretti (Ubicata nei Laboratori CNR) che ormai da anni misura i livelli di particolato secondario nitrato e solfato con frequenza giornaliera nell'ambito del programma EMEP (*European Monitoring of Environmental Pollutants*).

I dati mostrano che le concentrazioni medie di nitrato particolato sono di circa $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nei mesi invernali e circa $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nei mesi estivi. La forte diminuzione nei mesi estivi è da attribuirsi al fatto che ad alte temperature i nitrati, normalmente di ammonio, si trasformano in acido nitrico, il quale, grazie alla sua elevata velocità di deposizione, viene rimosso dall'atmosfera con elevata efficienza. Dunque, poiché l'apporto massimo aspettato di particolato secondario avviene proprio nei mesi estivi a causa della presenza dei composti ossidanti che trasformano il Monossido di azoto in nitrato particolato, se ne deduce che l'aggiunta di nitrato secondario dalle centrali elettriche non provoca un aumento significativo del carico complessivo di aerosol.

Analogha conclusione può essere raggiunta per il solfato particolato che mostra concentrazioni di circa $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ praticamente omogenee nel corso dell'anno. L'aggiunta di solfato particellare a concentrazioni

equivalenti a quelle degli ossidi di zolfo emessi dall'impianto non implica quindi un aumento significativo delle concentrazioni osservate.

Tra l'altro, questa conclusione viene ad essere ulteriormente rafforzata dal fatto che i dati della stazione EMEP di Montelibretti sono influenzati dalle emissioni della città di Roma che si pone normalmente sopravvento rispetto al sito di campionamento. Per cui, le stime di concentrazione sono probabilmente errate in eccesso ma comunque sempre trascurabili secondo lo standard di particolato di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ previsto dall'attuale legislazione ed anche secondo lo standard di $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ previsto dalla legislazione futura.

Le opzioni di abbattimento di NOx

Stabilito quindi che le concentrazioni di particolato riscontrate e riscontrabili a seguito dell'entrata in esercizio delle centrali sono assolutamente compatibili con l'ambiente, ci si potrebbe porre il problema di abbassare ulteriormente i livelli di emissione degli Ossidi di Azoto accoppiando la tecnologia SCR della catalizzazione con la tecnologia LNB. Tale accoppiamento è possibile ma probabilmente complica ancor di più il problema poiché ad una diminuzione complessiva degli ossidi di azoto corrisponde una diminuzione dell'efficienza della centrale e la necessità di gestire un impianto a rischio come quello di stoccaggio dell'ammoniaca impiegata nel processo catalitico.

Inoltre, l'utilizzazione del catalizzatore porterebbe ad un'emissione di particolato che potrebbe influenzare direttamente la qualità dell'aria in prossimità della centrale con ovvi risvolti negativi sulla salute della popolazione. In definitiva, appare molto più proficuo lasciare i livelli di NOx alle concentrazioni di progetto piuttosto che tentare di ridurli con operazioni che dal punto di vista ambientale potrebbero risultare non congrue e che porterebbero sicuramente ad un innalzamento complessivo dei costi di produzione i quali, come noto, si riverserebbero sull'utente stimolando così la produzione di energia a costi più contenuti quale quella derivante da combustibili tradizionali (carbone e olio combustibile). Quindi, sebbene la tecnologia consenta l'impiego di tali dispositivi, il loro impiego potrà avvenire solo dopo approfondimento delle tematiche ambientali dirette ed indirette della gestione delle centrali turbogas.

A questo punto ci si potrebbe chiedere per quale motivo negli Stati Uniti si preferisca applicare la tecnica SCR. La risposta, molto semplicemente, deriva dal fatto che negli USA, e specificatamente in California non ci si preoccupa molto degli ossidi di azoto in quanto tali oppure delle eventuali particelle secondarie da essi generate, ma ci si preoccupa degli ossidi di azoto come precursore dell'inquinamento fotochimico da Ozono, ossia di un problema che in parte affligge anche il

nostro Paese, ma che in California ha causato elevatissime concentrazioni di inquinanti fotochimici nel passato quali ozono, PAN etc. Parte degli svantaggi che seguono all'applicazione della tecnologia sono dunque compensati dalla riduzione dei livelli di Ozono. Complessivamente, si può affermare che gli ossidi di azoto giocano un ruolo fondamentale nella chimica dell'atmosfera e nell'inquinamento atmosferico in generale per cui una maggiore conoscenza dei meccanismi e dei processi che regolano la loro evoluzioni è di grande importanza per il governo delle risorse atmosferiche del Paese.

La gestione della qualità dell'aria ambiente

Sebbene la Centrali turbogas rispondano a criteri di assoluta conformità rispetto agli standard di emissione e rispetto ai criteri di elaborazione della valutazione di impatto ambientale, potrebbero permanere dubbi circa la capacità degli standard di emissione di assicurare comunque una qualità dell'aria compatibile con gli standard attualmente vigenti. Detta materia è ampiamente trattata nella Direttiva 96/62 (Direttiva quadro sulla qualità dell'aria) che è stata recepita in Italia con il DL 351 del 4 Agosto 1999. A questa Direttiva Quadro sono seguite varie Direttive Figlie, tra le quali la 99/30 che fissa limiti a metodi di valutazione, tra gli altri, per ossidi di azoto e per particolato fine, ossia per gli inquinanti di interesse per le emissioni delle centrali turbogas. La Direttiva 99/30 è stata recepita con il DM No.60 del 2 Aprile 2002. Di conseguenza, la Legislazione Italiana ora si basa sui seguenti strumenti:

- Decreto Legislativo 4 Agosto 1999 n. 351 che recepisce la Direttiva 96/62
- Decreto 2 Aprile 2002 no. 60 che recepisce le prime Direttive Derivate (99/30 e 00/69) sugli inquinanti atmosferici Ossidi di Zolfo, di Azoto, Particolato, Piombo, Monossido di Carbonio, Benzene.
- Decreto 1 Ottobre 2002 no.261 contenente le direttive tecniche per la valutazione preliminare della qualità dell'aria e per la redazione dei piani e programmi di intervento e risanamento.
- Decreto 2 Ottobre 2002 no. 231 contenente modalità per la garanzia di qualità delle misure di inquinamento atmosferico

Questi strumenti assicurano al di sopra di ogni possibile dubbio la tutela della salute pubblica. Infatti, i limiti fissati dalla Legislazione sono il frutto di una lunga e complessa procedura che parte dal principio di trasparenza che vede in primo luogo la fissazione di limiti derivati dai valori di riferimento dell'Organizzazione Mondiale della Sanità ai quali la Commissione, adottando un sano principio di cautela, adatta fattori correttivi che tengono conto dei risultati di studi molto recenti. In definitiva, i limiti e gli

standard proposti sono assolutamente in linea con le conoscenze scientifiche degli effetti sulla salute dei vari inquinanti.

Che i limiti e gli standard proposti siano in linea con il principio di cautela, è dimostrato dal fatto che se i limiti previsti dalla Direttiva non vengono superati, allora l'unico obbligo dei Paesi Membri è quello di mantenere stabili i livelli di concentrazione. Ciò costituisce una novità molto significativa rispetto al vecchio approccio che vedeva nei limiti di concentrazione veri e propri livelli di guardia. Anche nel caso che i limiti venissero superati, la Direttiva impone l'adozione di un piano di risanamento che assicuri in tempi certi il rientro delle concentrazioni nei limiti stabiliti. In altri termini, i limiti sono talmente conservativi che il loro superamento non viene ritenuto molto critico se ad essi consegue il piano di risanamento. Ciò. Ovviamente, non può essere vero per i livelli di allarme per i quali invece il piano di azione diventa immediato. Attualmente, i livelli di allarme sono fissati solo per il Biossido di Zolfo ed il Biossido di Azoto ed a livelli tali che il loro raggiungimento nel nostro Paese appare estremamente improbabile. Infatti, per il Biossido di Azoto, il livello di allarme previsto è di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. tale livello non viene ormai raggiunto nemmeno nei grandi centri urbani ed è dimostrabile che esso non può essere raggiunto in atmosfere ambientali in quanto presupporrebbe l'esistenza di attività fotochimica radicalica molto intensa.

Infine, nell'ambito della trasparenza e dell'apertura verso le più moderne cognizioni tecniche, la Commissione rivede il processo di preparazione della Direttiva con scadenza almeno quinquennale, introducendo, se del caso, elementi di novità che dovessero maturarsi nel periodo di cinque anni che intercorrono dalla pubblicazione della Direttiva alla sua revisione.

In conclusione, si può affermare che il rispetto dei limiti fissati dalla Direttiva sulla qualità dell'aria assicurano pienamente la tutela della salute della popolazione eventualmente esposta e che, qualora essi non vengano ad essere superati, non sussiste motivazione alcuna per provvedimenti ulteriormente restrittivi delle emissioni, peraltro sempre comunque possibili

Conclusioni

Sulla base delle considerazioni sopra esposte, si possono dunque trarre le seguenti conclusioni che, nel prossimo futuro saranno comunque oggetto di ulteriori studi ed approfondimenti da parte del CNR:

- 1) L'impiego su vasta scala delle centrali che utilizzano la tecnologia a ciclo combinato consente un'appropriata diversificazione di combustibile, assicura elevato rendimento ed impatto ambientale modesto.
- 2) Le quantità di materiale particolato emesse da una turbogas sono irrilevanti.
- 3) Le Direttive Europee non prevedono un limite al particolato proprio in quanto esso non viene praticamente emesso.

- 4) Le centrali turbogas nel quale si riscontra un'elevata emissione di particolato sono quelle che impiegano tecnologie catalizzanti (SCR) per la riduzione degli ossidi di azoto.
- 5) L'emissione di Ossidi di Azoto è conforme alle Direttive Comunitarie in materia e, nella maggior parte dei casi, le prescrizioni relative alle autorizzazioni di esercizio degli impianti, impongono livelli di concentrazione di gran lunga più contenuti.
- 6) Nelle immediate vicinanze della centrale, i livelli di concentrazione degli inquinanti secondari, compreso il nitrato particellare secondario, sono trascurabili.
- 7) Gli attuali livelli di concentrazione dei nitrati particellari misurati nelle stazioni di fondo Italiane sono compatibili con l'esercizio degli impianti dai quali si aspetta un incremento trascurabile.
- 8) Per quanto riguarda il solfato particolato, l'incremento di concentrazione aspettato è pressoché nullo.
- 9) L'ulteriore riduzione dei livelli di ossidi di azoto alle emissioni con tecnica SCR non comporta vantaggi per la protezione dell'ambiente poiché la riduzione della concentrazione viene compensata dall'emissione in loco di particolato e da una riduzione dell'efficienza dell'impianto.
- 10) Gli strumenti legislativi che regolano la qualità dell'aria in Italia assicurano ampiamente la tutela della salute pubblica e dell'ambiente.

Roma, 23 Febbraio 2004

Il Direttore



(Dott. Ivo ALLEGRINI)

