

Greenpeace Onlus

Sede legale: Via della Cordonata, 7 - 00187 Roma  
telefono 06.68136061 - fax 06.45439793  
info.it@greenpeace.org  
p.iva 02154471003 - c.f. 97046630584

Ufficio di Milano: Via G. B. Piranesi, 10 - 20137 Milano  
telefono 02.49534250 - fax 02.49534279



Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio  
del Mare - Direzione Generale Valutazioni Ambientali  
E.prot DVA - 2013 - 0010564 del 08/05/2013

Dr Mariano GRILLO  
Direzione Generale

Per le Valutazioni Ambientali  
Ministero dell'Ambiente e della  
Tutela del Territorio e del Mare

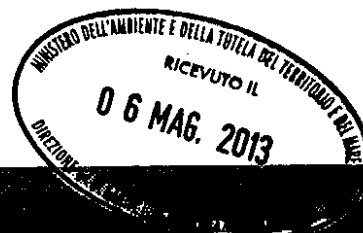
Roma, 30 aprile 2013

**Oggetto: ulteriori osservazioni a progetto di conversione a carbone della centrale Enel di Porto Tolle**

Gent Dr Grillo,

Le inviamo con la presente una versione aggiornata delle valutazioni da noi effettuate sulla centrale di Porto Tolle e inviate a questo ufficio lo scorso 28 gennaio 2013. Rispetto a quella valutazione, la presente nota contiene alcune differenze (evidenziate come "nuovo punto"). Si vuole mettere in evidenza che:

1. **nuovo punto:** si sono introdotti per la stima degli impatti sanitari della centrale (conversione a carbone di 3 gruppi da 660MW) **i limiti delle emissioni di SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> e PM già previsti dal decreto VIA del 2009** relativi al funzionamento dell'impianto per 6.500 ore/anno, invece di valutarli rispetto ai valori massimi ammessi di concentrazione al camino. Tale variazione è peggiorativa per gli NO<sub>x</sub> e migliorativa per l'SO<sub>2</sub> e produce nel complesso una riduzione marginale dell'impatto in termini di "anni di vita persi" (ma non di casi di morte prematura, avendo gli NO<sub>x</sub> impatto sui casi legati a esposizione acuta a ozono).
2. si è invece mantenuta la valutazione comparativa con una centrale a gas a ciclo combinato di medesima potenza con le migliori tecnologie di controllo. Rispetto a questa l'impatto sanitario della proposta centrale a carbone è 6,8 volte peggiore in termini di "anni di vita persi".
3. si è mantenuta l'ipotesi di funzionamento a 6.500 ore, essendo l'obiettivo principale della stima quello di confrontare opzioni alternative a carbone e a gas. L'ipotesi progettuale che Enel sembra avanzare di 7.500 ore produrrebbe - per la linearità del modello - un aumento proporzionale degli impatti in termini di mortalità e di costi sanitari (ricoveri, giorni di malattie etc.)
4. **nuovo punto:** si fa osservare che Enel nel documento integrativo prodotto (CESI B3004913) **si riferisce alle Linee Guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità del 2000 e non già invece al loro Aggiornamento Globale del 2005** che contiene indicazioni più severe su un gruppo di inquinanti tra i quali il PM<sub>2.5</sub>, l'ozono e gli NO<sub>x</sub>. Facciamo qui notare che proprio tali Linee Guida OMS 2005 sono il riferimento essenziale della Direttiva Europea sulla qualità dell'aria 2008/50/CE. (Per scaricare le Linee Guida OMS: [http://www.euro.who.int/data/assets/pdf\\_file/0005/78638/E90038.pdf](http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf))
5. **nuovo punto:** infine, si rimanda alla traduzione in italiano di stralci della REVIAP dell'OMS, inviata a codesto ufficio con nota del 9 aprile scorso, nella quale l'OMS, rispondendo a precise domande della Commissione Europea, non solo conferma gli allarmi lanciati con l'aggiornamento globale delle Linee Guida del 2005, **ma annuncia un sostanziale inasprimento delle stesse** (ad esempio, prefigurando obbligatori i valori di qualità del PM<sub>2.5</sub> previsti al 2020 di 20 µg/m<sup>3</sup>).



In conclusione, la necessità di effettuare una valutazione comparativa con alternativa di progetto a gas naturale non emerge solo dagli impatti sulla salute come calcolati con due diversi approcci - quello adottato dall'European Environment Agency presentato in appendice al documento e quello più specifico dell'Università di Stoccarda - ma anche dalle condizioni della qualità ambientale dell'area vasta relativi a quei parametri critici come il  $PM_{2.5}$ . Peraltro i due aspetti - qualità dell'aria e impatto sulla salute - sono strettamente correlati, **essendo la natura della normativa della qualità dell'aria derivata dalla letteratura scientifica sugli effetti sanitari di tali parametri.**

Come risulta infatti dai dati ISPRA relativi al 2011, **tutte le stazioni di Veneto e Lombardia superano già oggi il livello di  $25 \mu g/m^3$**  come valore limite annuale in vigore dal 1° gennaio 2015; se guardiamo ai valori che prevedibilmente saranno assunti per il 2020 (valore limite annuale di  $20 \mu g/m^3$ ), anche tutte le stazioni dell'Emilia-Romagna darebbero oggi valori fuori norma.

Tale situazione **impone un confronto sia con l'opzione zero che con quella a gas naturale** che risulta chiaramente migliorativa per le emissioni di inquinanti e precursori del  $PM_{2.5}$  e dell'ozono che impattano, direttamente e indirettamente, sulla qualità dell'aria, anche considerando la vicinanza al più grande rigassificatore off-shore operante in Italia.

Cordialità



Giuseppe Onufrio  
Direttore esecutivo

## Porto Tolle: impatto sanitario e criticità ambientali Elementi per una comparazione con l'opzione a gas naturale

Risultati dell'analisi effettuata col modello EcoSenseWeb dell'Università di Stoccarda

Versione aggiornata - Aprile 2013

### Premessa

A seguito della pubblicazione, nel novembre 2011, del rapporto<sup>1</sup> della Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) sugli impatti sanitari, ambientali ed economici dell'inquinamento atmosferico dei principali impianti industriali europei, Greenpeace aveva commissionato a un istituto indipendente olandese, SOMO, una valutazione sul parco termoelettrico di Enel, con l'obiettivo di evidenziare la mortalità in eccesso legata all'inquinamento delle centrali<sup>2</sup>.

La ricerca è stata pubblicata lo scorso aprile e in quest'ambito era stata effettuata una valutazione comparativa del progetto di conversione a carbone della centrale di Porto Tolle. Il modello adottato dall'EEA è un algoritmo basato sulle correlazioni concentrazione-risposta relative a due inquinanti secondari - il PM<sub>2.5</sub> e l'ozono troposferico - prodotti dalle emissioni di composti acidi (SO<sub>x</sub> e NO<sub>x</sub>) e di particolato. Confrontando le emissioni previste per il progetto di conversione a carbone della centrale Porto Tolle (1.980 MW) e l'alternativa a gas naturale, risultava **un maggiore impatto sanitario dell'opzione a carbone di circa 5,5 volte in termini di mortalità prematura rispetto all'opzione a gas naturale** (vedi Appendice 1).

In questa nota si riporta l'analisi di maggior dettaglio sulla base del modello EcoSenseWeb<sup>3</sup> elaborato dalla Università di Stoccarda e sottoposto a *peer review* scientifica. Il modello serve per valutare l'esposizione totale - e l'impatto sanitario associato - della popolazione al particolato fine e all'ozono risultanti come inquinanti secondari prodotti dalle emissioni della centrale di Porto Tolle, di cui si propone la conversione a carbone. Inoltre, a questa esposizione collettiva sono stati applicati i fattori di rischio per la mortalità prematura adottati dall'EEA, dato che il modello EcoSenseWeb include, di *default*, la funzione concentrazione-risposta espressa in anni di vita persi ma non in termini di numero di morti premature (sebbene i dati epidemiologici di base usati per la funzione di correlazione siano espressi in termini di numero di morti).

L'obiettivo della valutazione è quello di **effettuare un confronto tra l'opzione a carbone e quella a gas con un modello più specifico per gli impianti di produzione energetica**, e più raffinato dal punto di vista numerico. Si riportano qui i risultati dell'analisi su Porto Tolle elaborati da Greenpeace sulla base del modello EcoSenseWeb dell'Università di Stoccarda. Una ricerca più ampia basata sull'utilizzo di questo modello e

<sup>1</sup> EEA, *Revealing the Costs of Air Pollution from Industrial Facilities in Europe*, November 2011 - <http://www.eea.europa.eu/publications/cost-of-air-pollution>

<sup>2</sup> SOMO, *Enel today tomorrow*, April 2012 - <http://www.greenpeace.org/italy/Global/italy/report/2012/clima/Enel-Today-and-Tomorrow.pdf>

<sup>3</sup> <http://ecosenseweb.ier.uni-stuttgart.de/>

applicata a tutti gli impianti a carbone – esistenti e in progetto - è stata affidata da Greenpeace all'Università di Stoccarda e verrà pubblicata nel corso del 2013.

## 1. Il modello EcoSenseWeb

EcoSenseWeb è un modello integrato di dispersione atmosferica e di valutazione degli impatti che utilizza il metodo Impact Pathway Approach (IPA) sviluppato nell'ambito del progetto europeo Externe<sup>4</sup>. E' un modello sorgente-recettore che è stato progettato per l'analisi delle singole sorgenti puntiformi di inquinamento (specifico per la produzione di elettricità e calore) in Europa, ma può anche essere utilizzato per l'analisi delle fonti di emissione multiple in alcune regioni.

EcoSenseWeb è stato sviluppato per supportare la valutazione degli impatti prioritari derivanti dalla esposizione a sostanze inquinanti disperse nell'aria, vale a dire l'impatto sulla salute umana, le colture, i materiali da costruzione e gli ecosistemi.

La versione corrente di EcoSenseWeb, riguarda l'emissione di inquinanti "classici" come la SO<sub>2</sub> (anidride solforosa), NO<sub>x</sub> (ossidi di azoto), PM (particolato totale), COVNM (composti organici volatili non metanici), NH<sub>3</sub> (ammoniaca), così come alcuni dei metalli pesanti più importanti. E comprende anche la valutazione dei danni a causa delle emissioni di gas serra.

Gli impatti degli inquinanti sono calcolati su differenti scale spaziali, vale a dire locale (un'area intorno alla fonte di emissione), regionale (a livello europeo) e a scala di emisfero nord.

L'IPA è un approccio che viene rappresentato in figura 1: si inizia con l'emissione di un inquinante nella posizione della sorgente; si adottano modelli per valutare la sua dispersione e trasformazione chimica nei diversi comparti ambientali; si identifica l'esposizione dei recettori e si calcolano i relativi impatti che poi vengono aggregati ai costi esterni.

Tra i modelli di dispersione utilizzati, quello ufficiale del programma EMEP (EMEP/MSC-W).

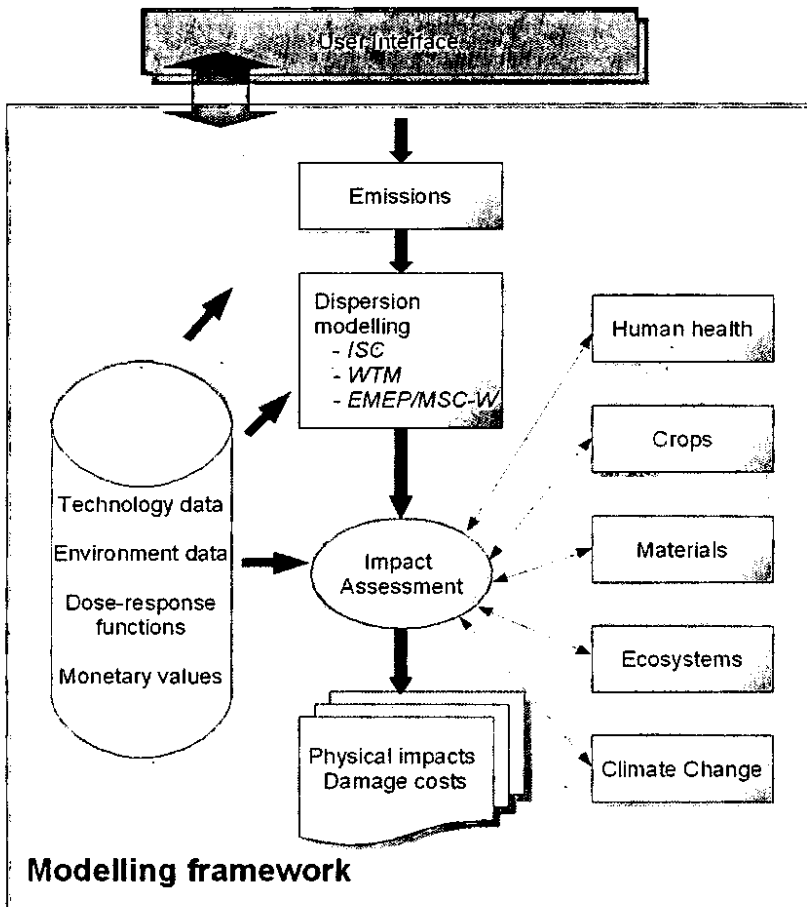


Figura 1. Struttura del modello EcoSenseWeb (fig. dal sito web)  
Fonte: vedi nota 3

<sup>4</sup> [http://www.externe.info/externe\\_d7/?q=node/6](http://www.externe.info/externe_d7/?q=node/6)

Per valutare la sorgente di emissione che si avrebbe con la conversione a carbone della centrale di Porto Tolle, da confrontare con la sua alternativa a gas, si sono assunte le ipotesi rappresentate nelle tabelle 1 e 2.

Va notato che per quanto riguarda le efficienze di conversione si è scelta un'ipotesi ampiamente favorevole all'opzione carbone (45%) – efficienza netta certamente superiore a quella registrata nella centrale di Civitavecchia che costituisce il modello di riferimento anche per Porto Tolle – mentre per l'alternativa a gas a ciclo combinato si è adottata un'efficienza del 56%, certamente prudenziale.

Per il gas si è assunto – come nella valutazione effettuata con l'algoritmo dell'EEA – lo stato dell'arte per il controllo delle emissioni di NOx, unico inquinante classico emesso nel caso del gas. **L'ipotesi di base qui assunta è un funzionamento per circa 6.500 ore all'anno per una produzione di 12,9 TWh/a.** Se, invece, si prevede un funzionamento di 7.500 ore/anno come sembra voler intendere il SIA di ENEL (da pag. 383 relativamente al confronto con uso di OCD), **le emissioni qui calcolate vanno proporzionalmente aumentate così come gli impatti risultanti.**

**Tabella 1 – Ipotesi per la valutazione comparativa delle alternative a Porto Tolle**

	Potenza MW	Fattore di carico %	Efficienza	Conc. al camino mg/Nm3		Volumi gas
				SO2	NOx	m3/GJ
Carbone	1980	74,20%	45,0%	80	80	337,1
CCGT	1980	74,20%	56,0%		20	299,9

Le emissioni annuali, espresse in termini di tonnellate di inquinanti all'anno, sono riportate in tabella 2. **Per l'opzione a carbone si sono adottate le emissioni che sarebbero consentite sulla base del decreto VIA del luglio 2009 (emissioni di SO2, NOx e PM tot).**

**Tabella 2 – Emissioni annuali (t/a) risultanti per le alternative a Porto Tolle**

	SO2	NOx	PM tot	PM10	PM2.5	CO2
Carbone*	2100*	3450*	260*	260	129	9.740.016
CCGT	0	496	0	0	0	4.633.200

\*: emissioni massime annuali come previste dal Decreto VIA del luglio 2009

### 3. Risultati della simulazione

I risultati della simulazione basata sul modello dell'Università di Stoccarda effettuata per le due alternative, misurano, analogamente all'algoritmo utilizzato dall'EEA elaborato sulla base della metodologia CAFE (Clean Air For Europe) - l'impatto sia in termini di danno economico complessivo che in termini di anni di vita persi, ricoveri ospedalieri e giornate lavorative perse. I risultati sono sintetizzati nelle tabelle 3 e 4 rispettivamente per l'opzione a carbone e a gas a ciclo combinato.

**Tabella 3 . Porto Tolle: risultati opzione carbone**  
*Impatti per anno di funzionamento (6.500 ore/anno)*

Anni di vita persi	886
Giornate lavorative perse	18.833
Giorni di malattie respiratorie	53.823
Attacchi d'asma (con necessità cure)	6.269
Emissioni di CO2 (Mt)	9,7
Costi esterni MEUR	234,55

**Tabella 4. Porto Tolle: risultati opzione a gas CC**  
*Impatti per anno di funzionamento (6.500 ore/anno)*

Anni di vita persi	131
Giornate lavorative perse	2.802
Giorni di malattie respiratorie	8.955
Attacchi d'asma (con necessità cure)	1.156
Emissioni di CO2 (Mt)	4,6
Costi esterni MEUR	95,86

#### *Commento ai risultati*

Facendo un confronto dei risultati per le due opzioni emerge come i costi esterni della produzione a carbone siano **quasi 2,5 volte superiori** rispetto all'opzione equivalente a gas naturale, **che è lo stesso risultato che si ottiene applicando la metodologia EEA come riportato nel rapporto SOMO** (citato in nota 2). Va notato che in comune i due modelli hanno la valutazione dei costi esterni delle emissioni di CO2, che è ovviamente la stessa. Per quanto riguarda invece i **costi sanitari espressi in termini di "anni di vita persi"**, si nota come il rapporto relativo tra carbone e gas è **6,8 volte peggiore per il carbone**.

Applicando dunque un modello più specifico per le sorgenti puntuali di tipo energetico emerge dunque di un peggioramento relativo rispetto all'analisi effettuata con l'algoritmo più semplice dell'EEA che era di 5,5 volte a sfavore del carbone. Sostanzialmente lo stesso rapporto - 6,7 volte peggiore del carbone rispetto al gas - si riscontra per le giornate lavorative perse, mentre il rapporto scende rispettivamente a 6,0 per i giorni di malattie respiratorie che richiedono cure e a 5,4 per gli attacchi d'asma.

Le funzioni di concentrazione-risposta utilizzate nei due approcci per la mortalità prematura sono esattamente le stesse. Le differenze nei risultati dipendono dal fatto che il modello EcoSense utilizza un modello di diffusione atmosferica Gaussiano a pennacchio ad alta risoluzione (ICS) per calcolare gli impatti locali entro un quadrato di 100 km di lato attorno alla centrale e una matrice Sorgente-Recettore (S-R) a livello nazionale per calcolare gli impatti su larga scala. Le matrici S-R sono state specificamente elaborate per

il settore elettrico e sono quindi più precise per l'applicazione al caso di Porto Tolle rispetto all'approccio dell'EEA, che usa matrici S-R uniformi e fattori di correzione per tener conto delle differenze nell'esposizione della popolazione che risulta dall'esposizione a una certa quantità di emissioni dai diversi settori.

Esprimendo dunque i danni sanitari in "morti premature", il risultato di questa simulazione è di quasi 870 anni di vita persi che corrispondono a **85 casi di morte prematura all'anno** per anno di funzionamento<sup>5</sup>, rispetto ai circa 12 casi dell'opzione a gas naturale. Sull'intera vita dell'impianto (40 anni) di cui si propone la conversione a carbone, la scelta a gas a ciclo combinato di ultima generazione risparmierebbe oltre 2.900 morti premature, mentre sarebbero 3.400 le morti premature evitate scegliendo di produrre da fonti rinnovabili come il solare e l'eolico. Tenendo conto che il risultato del rapporto SOMO di 62 casi di morte prematura all'anno era riferito a un funzionamento di 7.500 ore l'anno, il che corrisponde a circa 54 casi/anno se riferito a 6.500 ore di funzionamento, l'impatto calcolato con EcoSenseWeb sarebbe di **circa il 57% in più** rispetto a quanto prevede il modello di valutazione dei costi esterni adottato dal rapporto EEA come elaborato dal rapporto di SOMO.

In conclusione, adottando un modello più raffinato e adeguato a valutare gli impatti di una centrale termoelettrica, gli impatti sanitari della conversione a carbone della centrale di Porto Tolle **risultano peggiori rispetto all'approccio semplificato** impiegato dal rapporto EEA. Va inoltre ribadito come **gran parte dell'effetto sanitario associato alle emissioni dall'impianto a carbone siano associate all'esposizione** di PM<sub>2.5</sub> (97%) e che i livelli di tale inquinante (in buona parte secondario) sono già critici in molte aree del Paese e, in particolare, della Pianura Padana, come risulta dal recente Rapporto ISPRA<sup>6</sup> sulle aree urbane come vedremo in maggiore dettaglio nel paragrafo 5. Va prima fatta una considerazione sulla quota di PM<sub>2.5</sub> secondario, come trasformazione chimica di composti solfati e nitrati.

#### **4. Composizione chimica del PM<sub>2.5</sub> e sua quota di origine secondaria**

Come già evidenziato dal rapporto dell'EEA, gran parte della mortalità in eccesso è legata all'esposizione di PM<sub>2.5</sub> che può essere emesso sia come inquinante primario, cioè come tale al camino, che come inquinante secondario, attraverso la trasformazione chimica in atmosfera degli ossidi di azoto e di zolfo in particolato fine secondario. La trasformazione di parte degli NO<sub>x</sub> e SO<sub>x</sub> in particolato secondario avviene nel corso del tempo e, dunque, dello spazio, durante il processo di diffusione atmosferica. Si tratta dunque di particolato la cui origine è in buona parte da sorgenti remote, come quelle rappresentate dalle centrali termoelettriche.

Va qui ricordato che nelle analisi chimico-fisiche del particolato, la quota di PM<sub>2.5</sub> che risulta composta da solforati e nitrati è significativa così come quella relativa al PM<sub>10</sub>. Nelle analisi di Putaud<sup>7</sup> et al. si riporta tra le altre la composizione del particolato analizzato in varie città europee tra cui Bologna (vedi in Appendice 2). Nel lavoro di Putaud et al., si stimano le composizioni medie ottenute dalle analisi chimiche effettuate sul particolato di tutte le 16 città europee analizzate. Emerge il quadro rappresentato dalla tabella in figura 2 che riporta il valore medio della composizione del particolato rilevato nelle città oggetto della ricerca.

<sup>5</sup> Rispetto alla precedente simulazione del gennaio 2013 la differenza è in un lieve aumento della mortalità associata all'esposizione acuta all'ozono – la quale implica una perdita di un anno di vita a "caso di morte prematura" rispetto ai circa 10 dovuti all'esposizione cronica al PM<sub>2.5</sub>.

<sup>6</sup> ISPRA, *Qualità dell'ambiente urbano*, VIII Rapporto, 2012.

<sup>7</sup> Putaud et al., *A European Aerosol Phenomenology*, Joint Research Centre, European Communities, 2003

	PM10			PM2.5			PM10-PM2.5		
	Natural & Rural Background	Near-city & Urban Background	Kerbside	Natural & Rural Background	Near-City & Urban Background	Kerbside	Natural & Rural Background	Near-City & Urban Background	Kerbside
Black Carbon	6	5	13	8	8	<b>17</b>	4	3	7
Organic Matter	<b>16</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>22</b>	<b>29</b>	4	<b>8</b>	<b>10</b>
Nitrate	7	<b>15</b>	<b>10</b>	5	<b>17</b>	11	<b>8</b>	7	<b>8</b>
Ammonium	6	7	4	8	10	7	1	1	0
Sulfate	<b>19</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>29</b>	<b>17</b>	<b>13</b>	3	5	5
Sea salt	8	4	3	3	3	1	<b>20</b>	<b>9</b>	6
Mineral dust	<b>10</b>	9	<b>19</b>	5	7	8	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>37</b>
Unknown (*)	28	27	19	20	17	15	40	46	28

(\*) calculated only when all the main aerosol components were measured.

Figura 2. Composizione media del PM10, del PM2.5 (e del PM >2.5 e >10).  
Fonte: Putaud et al., 2003

Focalizzando la nostra attenzione sulla composizione chimica del PM<sub>2.5</sub> si evidenzia come questa sia determinata per il 34% dalla somma di composti nitrati e solfati sia in area rurale che urbana (con diversa composizione delle due specie chimiche) e del 24% nelle stazioni ai bordi delle strade.

Che i composti solfati e nitrati costituiscano una quota rilevante del PM<sub>2.5</sub> lo si rileva anche da un lavoro effettuato su Milano<sup>8</sup> nel quale emerge come il contributo alla concentrazione di PM<sub>2.5</sub> di tali composti nella media annuale sia del 33,5% - in ottimo accordo con la media su 16 città europee del lavoro sopra citato. Il lavoro evidenzia anche le differenze tra stagione calda - nella quale la componente di nitrati è del 13,0% e quella di solfati è del 17,2% - e stagione fredda - nella quale la componente di nitrati sale al 26,1% e quella di solfati scende al 9,1%. Complessivamente il contributo delle due specie alle concentrazioni di PM<sub>2.5</sub> a Milano oscilla nelle due stagioni tra il 30,2 e il 35,2%.

Ben maggiore risulta invece la quota di particolato fine secondario secondo il Progetto PUMI dell'Arpa Lombardia<sup>9</sup>, citato dallo stesso SIA di ENEL SpA, per il quale la frazione secondaria del PM<sub>2.5</sub> misurata nell'area di Milano è l'82%, mentre è il 68% del PM<sub>10</sub>.

Con tutte le differenze tra i vari studi, dalla letteratura scientifica risulta evidente che una quota significativa (almeno un terzo) del PM<sub>2.5</sub> sia composta **da particolato secondario costituito da composti solfati e nitrati, composti associati rispettivamente alle emissioni di ossidi di zolfo e azoto**. Poiché tali inquinanti primari presentano un rateo di trasformazione in particolato secondario dell'ordine di alcuni punti percentuali all'ora, questa componente misurata localmente è certamente influenzata da sorgenti distanti di SOx e NOx quali per l'appunto impianti termoelettrici.

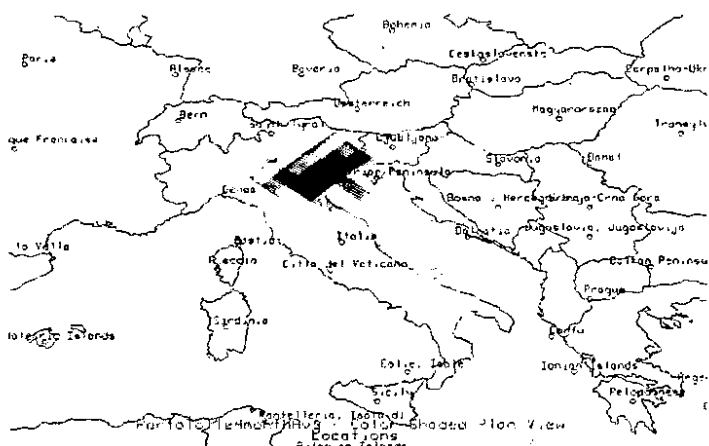
<sup>8</sup> G. Lonati et al., *Primary and secondary components of PM2.5 in Milan (Italy)*, Environment International 34 (2008)

<sup>9</sup> [http://ita.arpalombardia.it/ita/qaria/pdf/ALTRE\\_CAMPAGNE/Milano/Relazione%20finale%20progetto%20PUMI.PDF](http://ita.arpalombardia.it/ita/qaria/pdf/ALTRE_CAMPAGNE/Milano/Relazione%20finale%20progetto%20PUMI.PDF)



## 5. Impatto sulle concentrazioni di PM<sub>2.5</sub> delle emissioni di Porto Tolle

Qui si riporta a titolo illustrativo la mappa delle concentrazioni medie di PM<sub>2.5</sub> sulla base dei dati meteorologici del 2008 (mediati sui mesi di gennaio, aprile, luglio e ottobre). Dalla



simulazione effettuata con il modello EMEP/MSC-W sulla base dei dati di emissione degli inquinanti come riportati nel paragrafo 2, si evidenzia come i picchi di concentrazioni di PM<sub>2.5</sub> siano localizzati, in questa simulazione, per lo più tra Veneto e Friuli, Emilia-Romagna e Lombardia. La valutazione degli effetti sanitari è poi trattata dal modello considerando la densità di popolazione dell'area interessata.

**Figura 4. Risultati della simulazione dell'impatto sulle concentrazioni di PM<sub>2.5</sub> della centrale di Porto Tolle effettuate con il modello EMEP-MSW**

Il valore limite per la media annuale del PM<sub>2.5</sub> è di 25 µg/m<sup>3</sup> in vigore dal 1 gennaio 2015, secondo la Direttiva 2008/50/CE. Vale la pena qui riportare la situazione attuale delle concentrazioni di PM<sub>2.5</sub> come riportate dal rapporto Ispra citato in nota 5.

I valori del PM<sub>2.5</sub> per il 2011 (ISPRA, 2012) che risultano già oltre il limite per la media annuale sono registrati nelle città: dei dati riportati da Ispra tutti quelli rilevati nella regione Veneto (Verona, Vicenza, Venezia, Padova), così come tutti quelli nella regione Lombardia (Milano-Monza, Bergamo, Brescia) sono ben oltre il limite di concentrazione massima di 25 µg/m<sup>3</sup>. In Emilia-Romagna risulta oltre il limite il valore riportato per Piacenza, Modena e Rimini sono già prossime al limite massimo mentre Parma, Bologna e Ravenna risultano poco al di sotto.

Dunque le città delle regioni maggiormente interessate all'impatto della centrale di Porto Tolle **risultano tutte già oltre i limiti previsti per il PM<sub>2.5</sub> o poco al di sotto di tali limiti**. Il confronto delle emissioni tra le due opzioni – centrale a carbone e centrale a gas allo stato dell'arte – **mostra una differenza di un ordine di grandezza considerando le emissioni totali di PM<sub>2.5</sub> primario e di precursori del PM<sub>2.5</sub> (NO<sub>x</sub> e SO<sub>x</sub>)**.

Alla luce della precaria situazione ambientale dell'area vasta interessata dal progetto, non c'è alcun dubbio che l'opzione a gas rappresenterebbe già essa stessa una opzione discutibile, nonostante presenti emissioni 10 volte inferiori degli inquinanti responsabili delle concentrazioni di PM<sub>2.5</sub>. **A maggior ragione è da escludersi il progetto di conversione a carbone della centrale in un'area in cui le concentrazioni di PM<sub>2.5</sub> risultano fortemente critiche già sulla base dei dati del 2011**.

Si ricorda come lo scorso dicembre la Corte di Giustizia Europea abbia condannato l'Italia accogliendo il ricorso della Commissione Europea *avendo omissis di provvedere, per gli anni 2006 – 2007, affinché le concentrazioni di PM<sub>10</sub> nell'aria ambiente non superassero, nelle 55 zone e agglomerati italiani considerati nella diffida della Commissione europea del 2 febbraio 2009, i valori limite fissati all'art.5, par. 1, della direttiva 1999/30CE ... (omissis)...*, è venuta meno agli obblighi ad essa incombenti in forza di tale disposizione.”.

Tale situazione di grave inadempienza rischia di riprodursi non solo per il PM<sub>10</sub> ma anche per il PM<sub>2.5</sub>, ragion per cui tale aspetto ambientale andrebbe preso seriamente in considerazione nelle valutazioni di merito sul progetto di cui si discute in questa nota – e delle necessarie alternative, inclusa l'opzione zero.

## **6. Considerazioni sulle stime presentate**

Ricapitolando i risultati delle analisi e dei dati riportati in questa nota, si riepiloga la linea logica che si è seguita. Le stime dell'impatto sanitario delle emissioni delle centrali a carbone sulla mortalità, sia se rappresentate in termini di casi in eccesso che di anni di vita persi, come calcolate dall'European Environment Agency sono legate per la gran parte all'esposizione cronica di PM<sub>2.5</sub> e, per una parte minore, all'esposizione acuta a Ozono troposferico.

Il PM<sub>2.5</sub> com'è noto può essere emesso come tale (particolato primario) o prodotto dalle trasformazioni chimiche in atmosfera da inquinanti precursori come gli NO<sub>x</sub> e gli SO<sub>x</sub>. In letteratura risulta che una componente significativa del PM<sub>2.5</sub> è in effetti di origine secondaria ed è composta da nitrati e solfati, originati da emissioni di SO<sub>x</sub> e NO<sub>x</sub>. Le concentrazioni medie annuali di PM<sub>2.5</sub> registrate nel 2011 sono già oltre i limiti che entrano in vigore dal gennaio 2015 nella gran parte delle città della pianura padana e, in particolare delle regioni Veneto e Lombardia, mentre per l'Emilia Romagna si registrano valori più bassi ma comunque prossimi ai limiti (e in 2 città già al limite).

Per quanto il contributo della centrale alle concentrazioni medie annuali locali di PM<sub>2.5</sub> sia comunque limitato a frazioni di microgrammo/m<sup>3</sup>, l'area interessata è già in buona parte oltre i limiti previsti e, comunque, **tali concentrazioni addizionali produrranno comunque un impatto sanitario significativo.**

Riepilogando, abbiamo qui confrontato due approcci:

- 1) quello adottato dall'European Environment Agency (EEA) basato sulla metodologia Clean Air for Europe (CAFE) e utilizzato dall'Istituto SOMO nella ricerca commissionata da questa associazione nel rapporto citato in nota 2;
- 2) quello del modello EcoSenseWeb dell'Università di Stoccarda, scientificamente validato, più specifico sia per il tipo di impianti che per la descrizione dei parametri di diffusione e di densità della popolazione.

Il modello dell'EEA è basato su una procedura di calcolo che include parametri medi nazionali, mentre il modello dell'Università di Stoccarda discrimina l'area della pianura padana rispetto a quella della parte subappenninica dell'Italia. I risultati tra i due modelli mostrano che l'impatto delle emissioni della centrale di Porto Tolle come calcolati dal modello EcoSenseWeb risultano più elevati rispetto all'utilizzo dei parametri medi utilizzati dall'EEA. In sostanza, l'impatto di una centrale nell'area padana risulta maggiore quando si introducono parametri più dettagliati di dispersione atmosferica e di densità di popolazione. Ad ogni modo, per entrambi i modelli i parametri ambientali maggiormente rilevanti per l'impatto sanitario (inclusa la mortalità in eccesso) sono comunque relativi al PM<sub>2.5</sub> e, in misura minore, ai picchi di Ozono troposferico.

**Dunque, il parametro ambientale più rilevante per determinare l'impatto principale sulla salute delle emissioni di questo tipo di impianti, sulla base delle conoscenze oggi disponibili, è anche un parametro estremamente critico rispetto alla normativa ambientale che sta per entrare in vigore nelle regioni**

## **maggiormente interessate alle ricadute del progetto di conversione a carbone della centrale di Porto Tolle.**

Se questo argomento già di per sé basterebbe a determinare un'evidente scelta nel confronto tra opzioni industriali diverse, come quelle della trasformazione a carbone rispetto a un'equivalente trasformazione a gas a ciclo combinato - cui si dovrebbe aggiungere anche una "opzione zero" data l'estrema criticità delle concentrazioni di PM<sub>2.5</sub> nelle regioni interessate - va aggiunta una ulteriore considerazione.

Per quanto il modello dell'EEA sia finalizzato a determinare i costi esterni dell'inquinamento - e dunque per valutare l'ordine di grandezza delle esternalità inclusi i costi sanitari - va ribadito che questo modello è particolarmente indicato per effettuare confronti sulle esternalità tra emissioni prodotte da impianti diversi e che, comunque, rappresenta un riferimento europeo per la valutazione dei costi esterni prodotti dall'inquinamento atmosferico.

A tal proposito va qui ricordato un passaggio importante del rapporto dell'EEA che ribadisce che, "mentre i metodi qui utilizzati sono suscettibili di modifiche, non ci si aspetta che i risultati cambieranno sostanzialmente in termini della importanza relativa di specifici settori e specifici inquinanti" (European Environment Agency, *Revealing the costs of air pollution from industrial facilities in Europe*, November 2011).

Il SIA presentato da ENEL SpA **ritiene come non esistente un problema di impatto sulla salute del progetto**, e non propone né una analisi costi-benefici tra opzioni diverse che invece, come si dimostra in questa nota, avrebbe consentito di valutare impatti assai diversi tra l'opzione a carbone e quella a gas.

In termini di costi esterni ambientali e sanitari, sulla base del modello qui adottato, l'opzione a carbone presenta un costo esterno di 234 milioni di euro all'anno contro un costo dell'opzione a gas inferiore ai 96 milioni di euro. La differenza tra le due opzioni è dunque circa i 139 milioni di euro all'anno che, **per i 40 anni della vita utile di un impianto a carbone sono pari a 5,5 miliardi di euro di maggiori costi ambientali e sanitari**. I costi esterni sono più che doppi rispetto all'investimento per la trasformazione a carbone della centrale di Porto Tolle; se invece degli anni di vita persi (Years Of Life Lost) si utilizzasse il valore delle vite perse (Value of Statistical Life), la differenza sarebbe ancora maggiore (EEA, 2011).

Ma, come associazione ambientalista, ciò che ci premeva sottolineare non è il semplice valore economico degli impatti sulla salute e della "perdita di vite" o degli "anni di vita persi", ma il loro numero che risulta assai significativo: il progetto a carbone implicherebbe, secondo l'analisi qui riportata, **3.400 morti premature in 40 anni o, se si preferisce, 35.440 "anni di vita persi"**. Questo aspetto così rilevante - e sottolineato da autorevoli studi tra cui quello dell'EEA - non può essere liquidato come inesistente, come sembra fare ENEL (e come ha fatto esplicitamente rispondendo alle nostre osservazioni nel 2012<sup>10</sup>).

Se poi si conducesse una analisi costi-benefici andrebbe posta una domanda: quali sono i benefici economici dell'opzione carbone e a chi vanno tali benefici? A parte ogni considerazione sull'evoluzione del mercato internazionale del gas naturale, che tende a un declino dei prezzi legati alle crescenti produzioni di gas non convenzionale (*shale gas*), va

---

<sup>10</sup> Prima della pubblicazione del rapporto di SOMO, le bozze sono state presentate a ENEL che ha taciuto di falsità ogni riferimento alla mortalità in eccesso. Tale scambio è stato presentato al Giudice Civile di Roma come materiale a sostegno delle tesi, poi ritenute valide dal Giudice, di Greenpeace.

qui sottolineato un dato essenziale: **anche gli eventuali benefici in termini economici dell'opzione a carbone sono tutti incorporati dall'azienda, dato l'attuale meccanismo di formazione dei prezzi alla borsa elettrica italiana.**

Pertanto, in una coerente analisi dei costi e dei benefici del progetto, peraltro prevista dalla normativa vigente, avremmo che **i costi esterni associati alle emissioni dell'impianto sono tutti a carico della società, mentre gli eventuali benefici economici dell'opzione carbone sono essenzialmente incamerati dall'azienda come margine di profitto.** Il valore economico di tali costi e benefici è rilevante ed è, nel caso della centrale ENEL di Brindisi Sud, dello stesso ordine di grandezza<sup>11</sup>. In sostanza, si socializzano le perdite (costi esterni) e, col meccanismo di determinazione del prezzo alla borsa elettrica, si privatizzano i benefici della scelta carbone.

Ciò che sorprende è proprio che **nel SIA non è stata effettuata alcuna analisi costi benefici fra le diverse alternative** (compresa l'opzione zero) che quantifichi adeguatamente i costi e i benefici ambientali, **così come richiesto dalla normativa.** Si ritiene infine che la metodologia per la valutazione dei costi esterni delle emissioni inquinanti proposta dall'EEA **sia un riferimento ineludibile in questo tipo di valutazioni.**

## 7. Alcuni commenti al SIA presentato da ENEL SpA

Rispetto all'impatto sulla salute delle emissioni della centrale di Porto Tolle, l'aggiornamento del SIA riporta a pag. 718 il seguente brevissimo paragrafo:

### 4.3.5 Salute pubblica

Le simulazioni modellistiche condotte nel presente aggiornamento del SIA per identificare il pattern di dispersione delle emissioni atmosferiche della centrale futura allo scopo di confrontarlo con quello attuale indicano, inoltre, che l'esercizio nel nuovo assetto consentirà, oltre che il pieno rispetto dei requisiti di legge vigenti in materia di salvaguardia della salute umana, un miglioramento dei parametri indicatori di qualità dell'aria collegabili con la produzione termoelettrica.

Sulla base di queste considerazioni e degli elementi conoscitivi acquisiti a loro supporto quindi si può concludere che alla trasformazione dell'impianto secondo il progetto proposto non si possono associare motivi di preoccupazione dal punto di vista della tutela dello stato sanitario della popolazione.

Tale paragrafo non esplicita né i modelli utilizzati né dice alcunché sull'impatto in termini di particolato fine nell'area interessata dalle emissioni della centrale. Ciò perché nel precedente paragrafo 4.2.1.2.4 a pag. 412 e seguenti, si esclude che questo effetto sia prodotto dalla centrale – se non a grande distanza dalla centrale - citando il modello FARM pubblicato da Nomisma Energia.

A parte l'assurdità dell'affermazione che il progetto "consentirà un miglioramento dei parametri indicatori di qualità dell'aria collegabili con la produzione termoelettrica", l'affermazione che non si possano associare "motivi di preoccupazione dal punto di vista della tutela della salute" è contraddetta dalla metodologia CAFE, che è il riferimento dell'EEA, e ancor più dalle simulazioni effettuate con il modello EcoSenseWeb che include il modello EMEP/MSC-W e qui riportate.

Il fatto poi che l'impatto della formazione di PM<sub>2.5</sub> avvenga a grande distanza non significa che non vi sia un impatto misurabile anche in termini di effetti sanitari. In sostanza,

<sup>11</sup> In una nota elaborata da Greenpeace Italia relativa al caso della centrale di Brindisi, si mostra come l'ordine di grandezza dei costi esterni delle emissioni come calcolati dall'EEA (cit. in nota 1) sia lo stesso dei vantaggi economici dell'azienda elettrica, dati del 2009: [http://www.greenpeace.org/italy/Global/italy/report/2012/clima/ENEL\\_i\\_veri\\_costi\\_del\\_carbone.pdf](http://www.greenpeace.org/italy/Global/italy/report/2012/clima/ENEL_i_veri_costi_del_carbone.pdf)

l'argomentazione fondamentale utilizzata dal SIA per valutare la formazione di PM<sub>2.5</sub> è legata all'altezza dei camini e al conseguente maggior rateo di dispersione, argomento assolutamente discutibile (e assai datato): maggiore è l'area di dispersione, infatti, maggiore sarà la popolazione esposta al PM<sub>2.5</sub> e ai picchi di ozono e, siccome le correlazioni statistiche tra aumento dell'esposizione e danno non presentano "soglie" ed hanno un andamento lineare, come confermato di recente dall'Organizzazione Mondiale della Sanità<sup>12</sup>, l'effetto combinato di dispersione e maggiore estensione dell'area interessata, e dunque della popolazione coinvolta, tende ad annullarsi.

**Il danno sanitario, anche in termini di mortalità in eccesso, è dunque significativo e misurabile e andrebbe incorporato in una analisi costi-benefici e valutato alla luce di alternative di progetto, inclusa l'opzione zero.** Si ricorda qui, en passant, che sulla mortalità legata alle emissioni delle centrali a carbone di ENEL e sulle affermazioni prodotte dalla campagna di Greenpeace in proposito (cioè sul fatto che le emissioni delle centrali a carbone implicano una mortalità in eccesso), **il Giudice civile di Roma ha respinto nel luglio del 2012 un ricorso di ENEL SpA, valutando come fondate le analisi condotte da questa associazione**<sup>13</sup>.

Inoltre, nella documentazione integrativa presentata da ENEL recentemente (Rapporto CESI B3004913) si fa riferimento alle Linee Guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità del 2000 e non, invece, del loro aggiornamento globale del 2005<sup>14</sup>, nel quale il tema dell'impatto del PM<sub>2.5</sub> dell'ozono e degli altri inquinanti è ampiamente trattato. Il recentissimo documento dell'OMS (citato in nota 12), peraltro, fornisce un quadro delle conoscenze scientifiche ancora più grave dal punto di vista sanitario e **annuncia una revisione nel senso di un ulteriore inasprimento delle Linee Guida per la Qualità dell'Aria rispetto al 2005.** Se peraltro gli obiettivi di qualità al 2020 per il PM<sub>2.5</sub> (20 µg/m<sup>3</sup>) diventassero obbligatori, come accennato di recente (vedi nota 12), praticamente tutte le città dell'Emilia-Romagna sarebbero oggi fuori legge (dati 2011).

Tra l'opzione zero e quella della conversione a carbone presentata da Enel, l'opzione intermedia è quella a gas naturale che dunque va considerata anche alla luce sia dell'attuale situazione relativa alle attuali concentrazioni del PM<sub>2.5</sub> che rispetto all'evoluzione attesa delle Linee Guida come delineate di recente dall'OMS (vedi precedente nota 12).

Su altri aspetti del SIA è opportuno rilevare che:

- per quanto riguarda il **rischio di inondazioni** si rileva che l'Analisi del rischio residuale per inondazioni del sito della Centrale di Porto Tolle riportata in appendice andrebbe riaggiornata poiché risale a quasi 10 anni fa (è del 2004), e andrebbe meglio definita la compatibilità dei nuovi interventi con la Pianificazione di settore (Pianificazione del bacino del Po: il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI), Piano di Tutela delle Acque -PTA ; Piano Regionale di Risanamento delle Acque (PRRA). **Va qui ricordato come il Delta del Po sia considerato tra i delta a maggiore rischio di inondazione del pianeta, come conseguenza sia delle attività umane che dei cambiamenti climatici**<sup>15</sup>.

<sup>12</sup> WHO Regional Office for Europe, "Review of evidence of health effects of air pollution – REVIAP", January 2013,

<sup>13</sup> In questa pagina web si trovano il ricorso di ENEL SpA contro la campagna "Enel, il carbone costa un morto al giorno", la controrelazione preparata da Greenpeace e la sentenza emessa dal Giudice Civile di Roma: <http://www.greenpeace.org/italy/it/campagne/Salviamo-il-clima/Enel--carbone-un-legame-pericoloso/Il-tentativo-di-censura-a-Greenpeace/>

<sup>14</sup> WHO Regional Office for Europe, *Air Quality Guidelines. Global Update 2005*, WHO 2006

<sup>15</sup> Syvitski et al., *Sinking Deltas Due To Human Activities*, Nature Geoscience, September 20, 2009

- Il SIA non specifica adeguatamente né **la quantità né la destinazione dei rifiuti prodotti**. La questione è molto delicata in assenza di un Piano Regionale di Gestione dei Rifiuti Speciali approvato e visto che l'impianto sorge in un'area che secondo il Piano Regionale per la Bonifica delle Aree Inquinata è prioritaria per l'intervento di bonifica, poiché si è già in presenza di due discariche per RSU, per un volume inquinato stimato di circa 20.000 metri cubi, per i quali il Piano di bonifica propone già un intervento di rimozione (p. 99 SIA), senza indicare adeguatamente la destinazione dei rifiuti prodotti.

## 8. Conclusioni

Sulla base di quanto esposto in questa nota, si ribadisce che:

1. non è possibile liquidare l'argomento del PM<sub>2.5</sub> primario e secondario - che presenta una elevatissima criticità ambientale nell'area vasta interessata dal progetto - sulla base di un solo studio e di un solo modello e sostanzialmente fondato sull'altezza dei camini e sulla maggiore dispersione degli inquinanti. Sia nella metodologia dell'EEA che in quella dell'Università di Stoccarda **l'impatto sulla salute delle emissioni inquinanti degli impianti energetici è ampiamente legato al PM<sub>2.5</sub> inclusa la sua componente secondaria associata alle emissioni di NOx e SOx**;
2. non è accettabile che non venga effettuata **una analisi dei costi-benefici del progetto e delle sue alternative (inclusa l'opzione zero), peraltro prevista dalla normativa**. Né che non vengano adottati modelli correnti per la stima dei costi esterni associati alle emissioni di inquinanti. L'adozione dei modelli qui presentati - di cui uno è adottato dall'EEA che è il riferimento europeo per le agenzie ambientali - mostra che **i costi esterni associati all'inquinamento prodotto dalla centrale progettata a Porto Tolle, anche in termini di mortalità in eccesso, sono significativi**;
3. non è accettabile che **non vengano presentate alternative di progetto quali, ad esempio, una centrale equivalente a gas a ciclo combinato di ultima generazione**. Tale confronto mostrerebbe come **l'impatto in termini di mortalità in eccesso dovuta all'opzione carbone si possa ridurre di oltre 5 volte con l'alternativa a gas, sulla base del modello di valutazione dei costi esterni dell'inquinamento impiegato dall'EEA; e come tale impatto si possa ridurre di quasi 7 volte, laddove si impieghi un modello più raffinato e specifico per gli impianti energetici e con parametri specifici per l'area padana, come quello dell'Università di Stoccarda, modello scientificamente validato**.

L'analisi presentata da ENEL è pertanto inaccettabile in quanto:

- non risulta alcun adeguato approfondimento dei profili inerenti gli impatti sulla salute pubblica evidenziati e documentati nell'atto di diffida di WWF, Greenpeace e altri del 25.10.2011, nella nota Greenpeace del 18.5.2012, e nella documentazione allegata alle predette;
- non risulta alcuna verifica comparativa completa, anche sotto il profilo degli impatti sulla salute pubblica, con l'alternativa di un impianto di pari potenza a gas naturale dotato delle migliori tecnologie disponibili.

## APPENDICE 1

### Porto Tolle: confronto carbone vs gas naturale sulla base della metodologia EEA

La stessa metodologia EEA può essere impiegata in chiave comparativa al progetto di conversione a carbone dell'attuale impianto a olio combustibile di Porto Tolle, in relazione alle alternative tecnologiche di facile applicazione che si presentano in quel contesto. La centrale, infatti, è posizionata dinanzi al più grande terminal gasiero offshore del mondo (realizzato anche in virtù di un patto territoriale sottoscritto da Enel e proprio per servire una eventuale centrale a gas). Enel, pertanto, se intende tornare a sfruttare quell'impianto ha una evidente alternativa alla conversione a carbone.

La comparazione tra le emissioni e gli impatti, a parità di produzione, di due impianti (uno a carbone e uno gas) che potrebbero essere realizzati al posto dell'attuale centrale a olio combustibile è illustrata dalla tabella seguente (tratta dal rapporto SOMO, *Enel today tomorrow*, aprile 2012).

#### Tabella A1. Porto Tolle: comparazione alimentazione impianto a carbone vs gas

##### PORTO TOLLE: IPOTESI EMISSIONI MASSIME E CONFRONTO CON CENTRALE A GAS CC

	NOX t	SOX t	PM10 t	CO2 Mt	morti	danni inq mil €	danni CO2 mil €	danni tot mil €
CARBONE	3564	3564	346,5	9,8	62	144	329	473
GAS CC	1321			5,2	11	24	173	197

Per questa valutazione è possibile fare un esercizio previsionale sulle emissioni massime consentite per queste tipologie di impianti. Anche se le emissioni potrebbero eventualmente risultare contenute rispetto ai limiti previsti dall'autorizzazione ambientale, ai fini del confronto tra due ipotesi appare corretto riferirsi ai valori massimi consentiti dalla normativa.

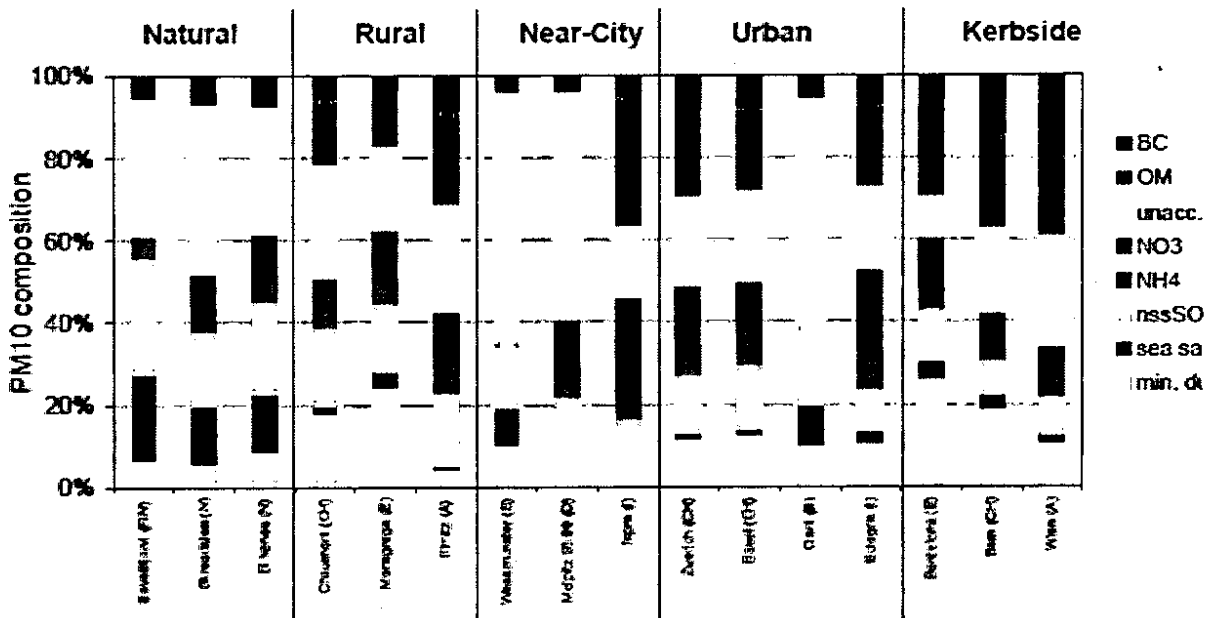
Assumendo un funzionamento dell'impianto a pieno regime (7.500 ore) e confrontando emissioni e danni massimi di una centrale a carbone come quella che Enel realizzerebbe a Porto Tolle con quelli di una centrale a gas a ciclo combinato equivalente, si verifica che i costi esterni complessivi della centrale a carbone sono di 473 milioni di euro all'anno – per quasi il 70% dovuti alle emissioni di CO<sub>2</sub> – mentre quelli di una centrale a gas a ciclo combinato, che produca la stessa elettricità (in un anno), sono di 197 milioni di euro (anche qui per massima parte dovuti alla CO<sub>2</sub>). I costi esterni qui attribuiti alla mortalità in eccesso sono relativi al Value of Statistical Life (VLS; si veda EEA, 2011).

Se, invece, si adottasse l'ipotesi di un funzionamento per 6.500 ore/anno – quale quello definito nella procedura di VIA – l'impatto in assoluto si ridurrebbe a 54 e 9.5 casi di morte prematura all'anno, proporzionalmente al minore inquinamento prodotto. **Ma il rapporto relativo tra opzione a carbone e opzione a gas rimane la stessa.**

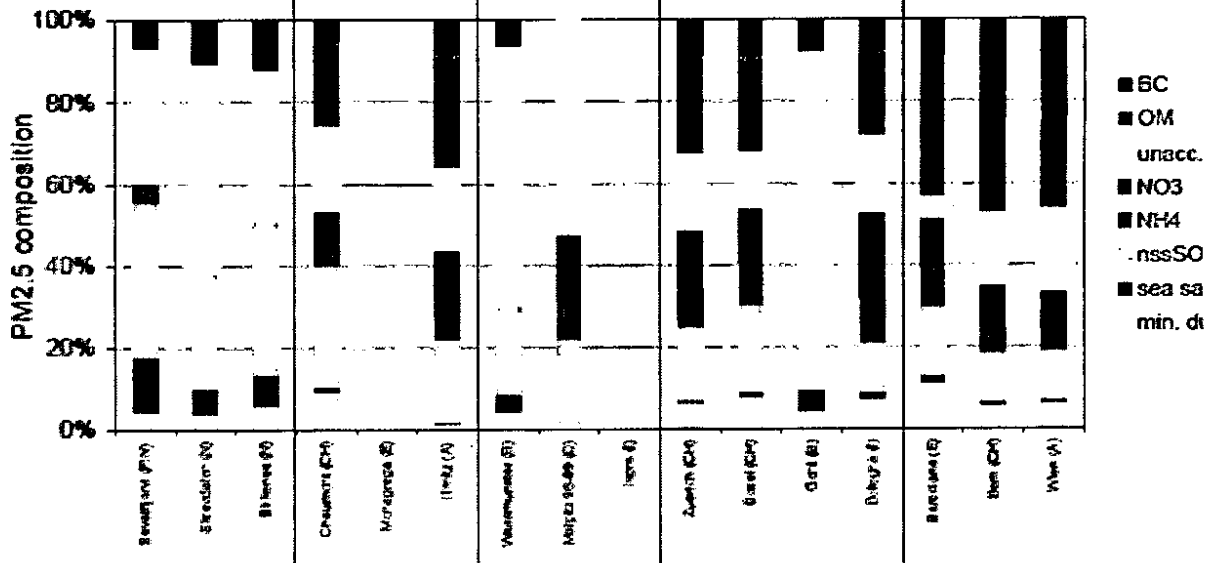
L'impianto a carbone, dunque, a parità di energia prodotta presenterebbe un costo esterno superiore **a due volte e mezzo rispetto al gas**. Se guardiamo ai costi esterni imputabili alla sola CO<sub>2</sub>, il carbone presenta valori circa doppi; se invece focalizziamo l'attenzione sui danni da inquinamento, **il carbone presenta un impatto di 5,5 volte superiore a quello del gas.**

**APPENDICE 2 – Composizione chimica del PM10 e del PM2.5 in alcune città europee. Fonte: Putaud et al., 2003**

**Fig 12a**



**Fig 12b**



**Appendice 3. Composizione del PM10 e del PM2.5 in 16 città europee. Fonte: Putaud et al., 2003**

Nota: la quota relativa ai composti solforati associati a sorgenti distanti di emissione è rappresentata in giallo (nnSO<sub>4</sub><sup>2-</sup> "non-sea-salt-sulfate") mentre quella composta da nitrati (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) è in rosso.



**Appendice 3 – Tabella con valori concentrazione media PM<sub>2.5</sub> e altri inquinanti nel 2011 in varie città italiane. Fonte: ISPRA, 2012**

**Tabella 6.2.10 - PM<sub>2.5</sub>, benzo(a)pirene (BaP), arsenico (As), cadmio (Cd) e nichel (Ni) (2011): valori medi annuali per città e singola stazione di monitoraggio.**

2011	nome della stazione e tipo <sup>SM</sup>		PM <sub>2.5</sub> <sup>SM</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	BaP <sup>SM</sup> (ng/m <sup>3</sup> )	As <sup>SM</sup> (ng/m <sup>3</sup> )	Cd <sup>SM</sup> (ng/m <sup>3</sup> )	Ni <sup>SM</sup> (ng/m <sup>3</sup> )
<b>Aosta</b>	PIAZZA PLOUVES	TU	15	0,8	-	0,1	10,9
<b>Bolzano</b>	AB1 BRENNERO A22	TS	16	-	-	-	-
	Ab2 Brennero A22	TS	17	-	-	-	-
	Bz4 Via C, Augusta	TU	17	-	-	-	-
	BZ5 Piazza Adriano	TU	15	1,0	0,5	0,2	6,0
	La1 Laces	FS	18	-	-	-	-
	Me1 Merano	TU	15	-	-	-	-
<b>Milano - Monza</b>	SENATO	TU	-	0,2	1,3	0,3	16,9
	PASCAL	FU	33	0,2	1,3	0,4	9,2
	MEDA	TU	-	1,2	1,1	0,5	2,5
	SARONNO	FU	33	-	-	-	-
	MERATE	TU	33	-	-	-	-
	MONZA	FU	38	-	-	-	-
<b>Bergamo</b>	MELUCCI	FU	31	-	-	-	-
	SERATE	FU	29	-	-	-	-
	DALMINE VIA VERDI	TU	29	-	-	-	-
<b>Brescia</b>	VILLAGGIO SERENO	FU	32	0,7	1,3	0,6	10,5
<b>Trento</b>	TRENTO PSC	FU	19	1,2	1,6	1,5	1,8
	TRENTO VBZ	TU	21	-	-	-	-
<b>Verona</b>	BORGO MILANO	TU	-	0,7	0,7	0,2	2,3
	Cason	FS	28	0,8	0,7	0,2	2,2
<b>Vicenza</b>	QUARTIERE ITALIA	FU	31	1,0	0,8	0,4	7,8
<b>Venezia</b>	Parco BISSuola	FU	31	1,0	2,2	1,7	3,1
	Via Tagliamento	TU	37	1,8	1,4	1,2	5,0
<b>Padova</b>	ARCELLA	TU	-	1,3	0,8	0,5	3,9
	Mandria	FU	34	1,5	0,7	0,5	4,2
<b>Udine</b>	VIA MANZONI	TU	-	-	0,6	0,3	5,6
	via Cairoli	FU	21	-	-	-	-
<b>Trieste</b>	PZZA GARIBADI	TU	-	1,0	-	-	-
	p.zza libertà	TU	18	-	-	-	-
	VIA CARPINETO	IU	-	-	0,6	0,3	2,8
<b>Piacenza</b>	PARCO MONTECUCCO	FU	27	-	-	-	-
<b>Parma</b>	CITTADELLA	FU	22	0,2	0,6	0,2	2,1
<b>Reggio Emilia</b>	S. LAZZARO	FU	24	-	-	-	-
<b>Modena</b>	PARCO FERRARI	FU	25	0,4	0,8	0,2	1,8
<b>Bologna</b>	GIARDINI MARGHERITA	FU	20	0,1	0,5	0,2	1,5
	PORTA SAN FELICE	TU	23	-	-	-	-
<b>Ferrara</b>	ISONZO	TU	-	-	1,1	0,5	2,8
	VILLA FULVIA	FU	23	0,3			
<b>Ravenna</b>	PARCO BUCCI	FU	21	-	-	-	-

continua

segue Tabella 6.2.10: PM<sub>2,5</sub>, benzo(a)pirene (BaP), arsenico (As), cadmio (Cd) e nichel (Ni) (2011): valori medi annuali per città e singola stazione di monitoraggio.

2011	nome della stazione e tipo <sup>(am)</sup>		PM <sub>2,5</sub> <sup>(an)</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	BaP <sup>(ao)</sup> (ng/m <sup>3</sup> )	As <sup>(ao)</sup> (ng/m <sup>3</sup> )	Cd <sup>(ao)</sup> (ng/m <sup>3</sup> )	Ni <sup>(ao)</sup> (ng/m <sup>3</sup> )
Forlì	PARCO RESISTENZA	FU	20	-	-	-	-
Rimini	MARECCHIA	FU	25	0.6	0.5	-	2.0
Firenze	BASSI	TU	16	-	-	-	-
	Gramsci	TU	21	-	-	-	-
	Pontassieve	FU	13	-	-	-	-
Prato	ROMA	TU	22	-	-	-	-
Livorno	MAUROGORDATO	FS	9	-	-	-	-
	Carducci	TU	16	-	-	-	-
Ancona	CITTADELLA	FU	21	-	-	-	-
Roma	ADA	FU	21	-	-	-	-
	Arenula	FU	20	-	-	-	-
	CAVALIERE	FS	19	-	-	-	-
	Cinecitta	FU	22	-	-	-	-
	Cipro	FU	21	-	-	-	-
	Francia	TU	26	-	-	-	-
	GUIDO	FR	17	-	-	-	-
	MALAGROTTA	IS	19	-	-	-	-
Sassari	VIA BUDAPEST <sup>(ap)</sup>	TU	-	0.1	0.4	0.1	2.5
Cagliari	TUMXEDDU <sup>(aq)</sup>	TS	11	-	-	-	-
	CAGGIU - VIALE CIUSA <sup>(aq)</sup>	TU	-	0.3	0.5	0.3	4.1
	CENMO1 <sup>(aq)</sup>	FU	-	1.0	0.7	0.5	3.2

(am) TU = Traffico Urbana; TS = Traffico Suburbana; FU = Fondo Urbana; FS = Fondo Suburbana; FR = Fondo Rurale.

(an) PM<sub>2,5</sub>: valore limite annuale in vigore dal 1 gennaio 2015 (ex Direttiva 2008/50/CE): 25 µg/m<sup>3</sup>

(ao) Valori obiettivo da raggiungere entro il 31/12/2012 (ex D.Lgs 152/07): BaP: 1,0 ng/m<sup>3</sup>; As: 6,0 ng/m<sup>3</sup>; Cd: 5,0 ng/m<sup>3</sup>; Ni: 20 ng/m<sup>3</sup>

(ap) Copertura dei dati 78%

(aq) Misure indicative