



Allegato I - Gas serra e definizione di CO₂ equivalente

Effetto Serra

Il fenomeno di riscaldamento dell'atmosfera e della superficie terrestre è, in parte, un fenomeno naturale, dato dalle caratteristiche dell'atmosfera terrestre. Questa è quasi trasparente per la radiazione incidente a bassa lunghezza d'onda, ma assorbe gran parte della radiazione emessa dalla superficie terrestre e la rimanda verso quest'ultima provocando l'aumento della temperatura dell'aria e della stessa superficie terrestre.

I 33°C di differenza tra la temperatura attuale della terra e la sua temperatura in assenza di atmosfera si devono soprattutto alla presenza di alcuni gas, detti appunto gas serra.

L'aumento della concentrazione di questi gas serra in atmosfera determina un ulteriore intrappolamento della radiazione terrestre nella bassa atmosfera (troposfera). Ne consegue un'ulteriore aumento della temperatura dell'aria e della superficie terrestre. Questo incremento dell'effetto serra è una diretta conseguenza delle attività umane.

Gas Serra

I principali gas serra sono il vapore d'acqua (H₂O), l'anidride carbonica (CO₂), il perossido di azoto (N₂O) e il metano (CH₄).

La CO_{2eq} è una misura del potenziale dell'effetto serra di un determinato gas.

Questo contributo dipende da alcune condizioni:

- le lunghezze d'onda delle radiazioni assorbite,
- la concentrazione in atmosfera,
- la sua capacità di assorbimento.

Per tenere conto di questa diversa capacità di incidere sull'effetto serra da parte dei diversi gas, per ognuno si considera il suo equivalente in anidride carbonica. Tale convenzione consente di ottenere un dato complessivo che sintetizza l'impatto di tutti i gas serra.

In tabella I sono riportati i fattori del potenziale effetto serra per i principali gas climalteranti:

Tabella I.1 - Potenziale effetto serra di CO₂, CH₄, N₂O

Emissioni climalteranti	Potenziale dell'effetto serra
CO ₂	1
CH ₄	21
N ₂ O	310

Nel seguito il calcolo della CO_{2eq} è limitato ai principali gas serra sopra indicati.

Obiettivi di riduzione entro il 2010

Alla **conferenza di Kyoto (1997)** sono stati definiti gli obiettivi di riduzione delle emissioni climalteranti fino al 2010, validi per i paesi industrializzati. Più in dettaglio si prevede la riduzione totale dei gas serra di un 5,2% entro il 2008 – 2012 (su base 1990 per CO₂, N₂O, CH₄, su base 1995 per HFC, PFC, SF₆). Per l'Europa in particolare è prevista una riduzione dell'8%.



La conferenza dell'Aia del novembre 2000 ha evidenziato una divergenza di atteggiamento tra Europa ed altre importanti aree dei Paesi industrializzati. L'Italia ha ribadito il proprio convinto impegno nel mantenimento degli obiettivi fissati a livello UE.

In tabella II sono riportati le riduzioni previste per gli Stati Membri dell'Unione Europea, approvati dal Consiglio dei Ministri dell'Ambiente europeo nel giugno 1998, e i valori fissati a Kyoto per alcuni dei principali paesi industrializzati.

Tabella I.2 - Riduzioni di gas serra previste in seguito al protocollo di Kyoto (Fonte: Conferenza Nazionale Energia e Ambiente, Roma 25-28 Novembre 1998)

Firmatario	Riduzione di CO ₂ (%) prevista per il periodo 1990/2010	Dinamica osservata nel periodo 1990/1995
Unione Europea *	- 8,0	- 1,0
Austria **	-13,0	- 3,0
Belgio/Lussemburgo **	- 7,5	+ 1,0
Danimarca **	-21,0	+18,0
Finlandia **	0	+ 3,0
Francia **	0	- 4,0
Germania **	-21,0	- 9,0
Grecia **	+25,0	+ 7,0
Irlanda **	+13,0	- 1,0
Italia **	- 6,5	- 1,0***
Olanda **	- 6,0	+ 7,0
Portogallo **	+27,0	+49,0
Spagna **	+15,0	+14,0
Svezia **	+ 4,0	+ 7,0
Gran Bretagna **	-12,5	- 4,0
OECD eccetto U.E. *	- 6,0	+ 8,0
Australia *	+ 8,0	+ 8,0
Giappone *	- 6,0	+ 8,0
Svizzera *	- 8,0	- 5,0
Stati Uniti *	- 7,0	+ 7,0

* valori fissati a Kyoto

** per gli stati membri dell'Unione Europea, approvati dal Consiglio dei Ministri dell'Ambiente europeo nel giugno 1998, in seguito al protocollo di Kyoto

*** altre fonti citano per lo stesso periodo un leggero aumento, sia per l'Italia che per la Lombardia (per esempio: Rapporto sullo stato dell'Ambiente in Lombardia, 1999)

Nel periodo 1996-2000 si sono osservati in Italia e Lombardia aumenti di uso dell'energia e di emissione dei gas serra, che impongono, nel decennio 2000-2010 un processo di abbattimento ancora più deciso (Rapporto sullo stato dell'Ambiente in Lombardia, 1999).

Sistemi di misura

Si deve adottare il Sistema Internazionale codificato, diventato per legge obbligatorio anche in Italia. Per tradizione, gli operatori del mercato sono più avvezzi all'uso di altre unità di misura tecniche che, in alcuni casi, conviene citare in parallelo tra parentesi.

Esempi consolidati sono per esempio l'utilizzo di kcal e tep:

1 tep = 41.800.000 kJ = 41,86 GJ



Calcolo dell'energia primaria e dell'impatto ambientale dei consumi di energia

Per convenzione, i consumi per fonte vengono riportati in tep (tonnellate equivalenti di petrolio) di energia primaria.

Il calcolo del tep si differenzia a seconda del tipo di fonte e della convenzione di normalizzazione tecnica adottata. A tal fine, si parla di sistema convenzionale a cui si fa riferimento.

Si sottolinea che, in questa sede, si è adottata la convenzione di considerare "statici" i coefficienti di normalizzazione adottati, pur nella consapevolezza che alcuni parametri di efficienza di trasformazione sono destinati a migliorare nel tempo. Tale evoluzione dei coefficienti potrebbe essere giustificata dal fatto che le tecnologie innovative trattate dovrebbero ragionevolmente affermarsi a scapito degli impianti di minore efficienza esistenti.

Generazione elettrica

Il consumo di energia primaria dipende da:

- (1) rendimento del sistema di generazione convenzionale assunto
- (2) efficienza della trasformazione e distribuzione generale
- (3) efficienza della trasformazione e distribuzione specifica dell'utente considerato
- (4) l'incidenza degli autoconsumi del sistema elettrico sostituito

Nel caso (1) si può scegliere tra una precisa centrale termoelettrica sostituita oppure un mix produttivo di cui viene calcolato il consumo medio di generazione.

Di norma si considerano non sostituibili le centrali che utilizzano fonti rinnovabili (idroelettriche) oppure di cogenerazione (per le quali i costi marginali di produzione elettrica sono dell'ordine delle 5023 kJ/kWh) e quindi si elaborano solo i costi medi del parco termoelettrico.

Ove fosse evidente che è in corso un processo di sostituzione di specifiche tipologie impiantistiche (ad esempio, le centrali termoelettriche di basso rendimento e le centrali al carbone) il calcolo del consumo specifico può essere ulteriormente specializzato.

Nella formulazione dei bilanci territoriali è comunque necessario stabilire criteri di normalizzazione.

In questa sede si propone di utilizzare il dato di 9209 kJ/kWh (come valore medio dichiarato in questi anni da ENEL).

Analogamente per il calcolo del gas serra sostituito, definito in termini di CO₂ equivalente:

applicando la conversione 1 tep=41.860.000 kJ, in questa sede si propone di utilizzare il dato di 64,11 kg CO_{2eq}/GJ_{en,primaria} (2,683 t CO_{2eq}/tep_{en,primaria}), che si ottiene applicando il metodo e i fattori proposti dal IPCC (Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Workbook&Reference Manual), per il mix di combustibile utilizzato in Lombardia al 1996 (ENEA, Elaborazioni Bilanci Regionali, 1999) per la produzione per via termoelettrica così composta:

- combustibili solidi 0,84%
(per semplicità e dato lo scarso peso percentuale si assume sia tutto carbone)
- combustibili liquidi 46,58%
(assunto pari a quello dell'olio combustibile che percentualmente pesa oltre il 99%)
- combustibili gassosi 52,58%
(metano)

In questo contesto si è tenuto conto dei contributi all'effetto serra dei principali gas serra: CO₂, CH₄ e N₂O.

Si applica lo stesso mix di combustibile anche per il 2010 per analizzare le variazioni 1996-2010. Tale mix rappresenta il riferimento assoluto per confrontare i benefici derivanti sia dalla migliore efficienza di produzione e distribuzione, sia dal modificato mix di combustibili (forte sviluppo del metano legato ai cicli combinati).



Generazione termica

Possono essere generati diversi vettori termici:

- vapore
- acqua surriscaldata
- acqua calda
- aria calda

Il consumo di energia primaria si differenzia a seconda della tecnologia e della fonte sostituita, che si può basare sia su un processo di combustione diretto che su utilizzo di energia elettrica.

Ad esempio, un pannello solare produce acqua calda che può essere di norma generata da una caldaia a gas, da una rete di teleriscaldamento, da un boiler elettrico.

Il vettore termico dipende quindi da:

- (1) rendimento del sistema di generazione convenzionale assunto
- (2) efficienza della trasformazione e distribuzione generale del combustibile assunto
- (3) efficienza della trasformazione e distribuzione specifica dell'utente considerato
- (4) l'incidenza degli autoconsumi del sistema elettrico sostituito

Nel caso (1) si può scegliere se distinguere tra caso e caso o elaborare una teoria per il territorio preso in esame (es. Lombardia).

Può essere utile schematizzare 2 sottosistemi:

- sostituzione di tecnologia elettrica di definito rendimento (es. 80%, da aggiungere in serie alle 9209 kJ/kWh)
- sostituzione di una tecnologia a combustione con fonte non rinnovabile di definito rendimento (es. 80%, comprese le perdite del sistema distributivo).

Di norma si considerano non sostituibili le forme di generazione basate sulla cogenerazione (per le quali i costi marginali di produzione termica sono dello stesso ordine di grandezza ma a minore impatto ambientale) oppure su fonti rinnovabili o assimilate.

Ove fosse evidente che è in corso un processo di sostituzione di specifiche tipologie impiantistiche (ad esempio, i boiler elettrici, le caldaie ad olio combustibile) il calcolo del consumo specifico può essere ulteriormente specializzato.

Nella formulazione dei bilanci territoriali è comunque necessario stabilire criteri di normalizzazione.

Alla luce degli approcci universalmente adottati, Punti Energia in questa sede propongono di utilizzare il dato di 11512 kJ/kWh nel caso di sostituzione di uso elettrico e 4500 kJ/kWh nel caso di sostituzione di uso di fonte non rinnovabile in combustione diretta.

Analogamente si opera per il calcolo del gas serra sostituito, definito in termini di CO₂ equivalente, per la sostituzione di uso elettrico.

Nel caso di sostituzione di uso di fonte non rinnovabile in combustione diretta si deve analizzare una base dati più ampia che tiene conto del mix di tecnologie sostituite, ipotizzando anche in questo caso una propensione all'innovazione soprattutto nei contesti meno efficienti, anche in termini di emissioni. Anche in questo caso per il calcolo della CO₂ equivalente prodotta ci si è avvalsi del metodo e dei fattori proposti dal IPCC: Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Workbook&Reference Manual.

Per il calcolo della CO₂ prodotta dai rifiuti la metodologia è stata integrata da quanto presentato in: IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, 2000 e ci si è avvalsi della caratterizzazione dei rifiuti per la città di Milano, riportata in "Il sistema di raccolta e smaltimento dei rifiuti della città di Milano, tesi di laurea, William Epis, 1995.

In questo contesto si è tenuto conto dei contributi all'effetto serra della CO₂, del CH₄ e del N₂O. La metodologia IPCC di calcolo della CO₂ si basa su una valutazione del contenuto medio di carbonio dei singoli combustibile, e sull'efficienza della combustione (% combusta) dalle quali si deduce direttamente la CO₂ prodotta. Il problema della valutazione della CO₂ prodotta dall'incenerimento dei



rifiuti è dovuta alla difficoltà della stima del contenuto di carbonio fossile nei rifiuti. Viene invece trascurato il contributo della sostanza organica, in quanto fonte rinnovabile nel pieno senso del termine. Nella presente elaborazione si assume che il carbonio fossile derivi esclusivamente dalla frazione dei rifiuti denominata materiale plastico (plastica leggera, plastica pesante) e che il contenuto medio in carbonio della plastica leggera sia pari al 60%, mentre per la plastica pesante è pari al 78%.

Si ottiene dunque un fattore d'emissione di CO₂ equivalente per ogni composto e per ogni comparto. I principali fattori di emissione di CO_{2eq} sono riportati in tabella I.3 per il settore di applicazione.

Tabella I.3 - Principali fattori di emissione di CO_{2eq} per il settore civile residenziale (Fonte: Elaborazione Punti Energia)

Settore Civile	Kg CO _{2eq} /GJ	(kg CO _{2eq} /tep)
<i>Carbone da legna</i>	112	4687
<i>Carbone</i>	103	4314
<i>Coke da cokeria</i>	99	4163
<i>Legna</i>	115	4814
<i>Gasolio</i>	74	3087
<i>Petrolio da risc.</i>	73	3056
<i>olio comb.</i>	73	3056
<i>G.P.L.</i>	63	2631
<i>Gas naturale</i>	56	2343
<i>gas manifatturiero</i>	56	2343
<i>Gas di officina</i>	0	0
<i>Energia elettrica primaria</i>	64	2683

Conteggio della CO₂ evitata nell'utilizzo delle fonti rinnovabili

L'impatto ambientale delle fonti rinnovabili, in termini di produzione di CO_{2eq}, è considerato nullo per tutte le fonti rinnovabili ad eccezione dei rifiuti. Si assume infatti che le fonti rinnovabili, o non contribuiscono alla produzione di CO_{2eq} (solare, idroelettrico, eolico, geotermico), oppure che le trasformazioni in CO_{2eq} conseguenti all'uso del combustibile vengono assorbite dai processi di reintegrazione naturale (biomasse).

Per la termoutilizzazione dei rifiuti viene conteggiata la CO_{2eq} prodotta, limitatamente alla frazione di carbonio fossile (le plastiche), mentre il carbonio restante è considerato fonte rinnovabile nel pieno senso del termine.

Per quanto riguarda discariche ed allevamenti animali, che possono consentire lo sfruttamento di biogas a scopi energetici, si rimanda a specifica analisi.

Per quanto riguarda il conteggio della CO_{2eq} evitata dalla sostituzione di combustibili tradizionali con fonti rinnovabili invece, la valutazione dipende dalla tecnologia e dal mix di combustibili sostituiti, con riferimento ai valori del 1996. Le tecnologie sostituite sono state specificate per ogni comparto.