

Buco nell'ozono ed effetto serra

Gli indici ODP, GEP, GWP e TEWI

Da qualche anno stata raggiunta l'evidenza scientifica sugli effetti ambientali nocivi che derivano dall'immissione nell'atmosfera dei prodotti clorurati denominati CFC e, anche se in misura molto più contenuta, degli HCFC, composti sotto molti aspetti analoghi ai precedenti ai fini di svariate applicazioni tecnologiche. In queste categorie di prodotti ricadono praticamente tutti i fluidi frigoriferi alogenati (detti anche refrigeranti) utilizzati con generalità quali fluidi di lavoro nelle macchine a ciclo inverso con compressione meccanica (refrigeratori e pompe di calore). L'incompatibilità ambientale di queste sostanze si manifesta sotto un duplice aspetto: la distruzione dell'ozono stratosferico ed il contributo al progressivo riscaldamento del clima del nostro pianeta per effetto serra. Ciascun effetto è espresso tramite un indice opportunamente definito.

L'indice ODP (Ozone Depletion Potential)

I refrigeranti sintetici, CFC o HCFC, possono raggiungere la stratosfera anche se più tardi dell'aria a causa dei fenomeni di rimescolamento presenti nell'atmosfera e questo per cui richiede normalmente tempi lunghi (vari anni). Nella stratosfera essi vengono immediatamente scomposti dalla radiazione solare ultravioletta e si liberano così atomi di cloro i quali distruggono le molecole d'ozono. A riguardo si è introdotto un indice per quantificare la capacità distruttiva di ciascun fluido refrigerante nei riguardi dell'ozono calcolata, su base di ugual massa rilasciata nella bassa troposfera, rispetto ad un CFC assunto quale riferimento. Tale indice indicato con l'acronimo ODP (Ozone Depletion Potential) e la relativa scala riferita al fluido R11 per il quale si assume convenzionalmente ODP=1 (il peggiore). L'R22 ha ad esempio ODP = 0,05 e ciò significa che i kg di R22 provoca lo stesso danno di 50g di R11. Osservando i valori di ODP associati ai vari fluidi frigoriferi, si nota che i CFC hanno i valori più alti rispetto alle altre categorie (HCFC, FC, HFC, ecc.) e ciò ha una spiegazione molto semplice. I CFC sono i refrigeranti più stabili ed inerti oltre che i meno solubili in acqua. Questa caratteristica li rende i più pericolosi dal punto di vista ambientale. La loro vita nell'atmosfera è infatti lunga e quindi grande è la probabilità che essi possano raggiungere la stratosfera e quindi qui dissociarsi liberando cloro. Da questo punto di vista i fluidi HCFC risultano meno nocivi (ODP uguale a 0,2 o minore) in quanto meno stabili per effetto della presenza residua di atomi di idrogeno nella molecola che risultano più facilmente attaccabili da parte degli agenti atmosferici. Minore è quindi la probabilità che gli HCFC possano raggiungere indenni gli strati più alti dell'atmosfera. Infine non sono assolutamente pericolosi i fluidi non contenenti cloro cioè gli HFC. Un discorso a parte va poi fatto per i composti di sintesi nella cui molecola siano presenti atomi di bromo, composti questi noti col nome di Halon. I valori di ODP associati a questi composti sono assai maggiori di 1 (da 5 ad addirittura 13,2 per l'Halon 13°1) e ciò significa che la loro azione distruttrice nei confronti dell'ozono stratosferico è assai rilevante e riconducibile al fatto che l'atomo di bromo, che distrugge l'ozono nello stesso modo del cloro, ha però una vita assai più lunga del cloro prima di essere disattivato. La comunità internazionale ha preso atto degli effetti del cloro presente nei fluidi frigoriferi (e di quelli del bromo negli Halon) mediante l'emanazione di misure restrittive riguardo all'uso dei refrigeranti dannosi per l'ambiente all'interno del protocollo di Montreal del 1987 sottoscritto da gran parte dei paesi del mondo e fra questi la totalità dei paesi più industrializzati.

L'indice GEP (Greenhouse Effect Potential)

Oltre che al fenomeno noto con il nome di buco nell'ozono, recentemente si è anche imposta all'attenzione generale un'altra grave minaccia ambientale e cioè l'incremento dell'effetto serra globale, fenomeno che governa la temperatura media della Terra. In altre parole, la presenza nell'atmosfera di inquinanti dovuti all'attività umana ha aumentato considerevolmente l'assorbimento della radiazione infrarossa emessa dalla terra che viene così poi nuovamente riemessa verso la crosta terrestre. In questo modo si riduce il flusso termico uscente dal globo terrestre e quindi aumenta la temperatura media sulla terra con gravi ripercussioni ambientali. La quota parte non naturale del fenomeno è nota come effetto serra antropico.

In questo contesto tutti gli alogenoderivati degli idrocarburi (cioè i fluidi frigorigeni e i bromofluorocarburi) esibiscono effetto serra, la cui entità può essere considerata in relazione diretta al tempo medio di vita del prodotto nell'atmosfera. L'indice GEP (Greenhouse Effect Potential) rappresenta la potenzialità d'azione sull'effetto serra calcolata per ogni composto rispetto al CFC R11 (che quindi, quale riferimento, ha GEP = 1) sulla base di ugual massa rilasciata nella bassa troposfera. Osservando i valori dell'indice GEP associati ai vari fluidi refrigeranti, come osservato in relazione all'indice ODP, ancora risultano molto più dannosi i prodotti CFC rispetto a quelli tipo HCFC e ciò a causa della diversa vita media di questi composti. I valori del GEP sono compresi tra 0,015 dell'HCFC R123 e 13 del CFC R115, anche se è d'obbligo precisare che vi sono ancora incertezze sul valore dell'indice per alcuni composti.

L'indice GWP (Global Warming impact Potential)

L'assorbimento della radiazione infrarossa emessa dalla terra (poi nuovamente riemessa verso la crosta terrestre) è legato soprattutto all'anidride carbonica CO₂ e in misura più limitata al vapor d'acqua e altri gas fra cui gli stessi refrigeranti. E' possibile quantificare con un indice l'effetto serra dei vari gas. Tale indice il GWP (Global Warming impact Potential) assunto pari ad 1 il potenziale di effetto serra di 1 kg di CO₂ per un certo periodo (il riferimento più frequente è 100 anni, da cui GWP100). In effetti la diversa azione di un gas serra rispetto all'anidride carbonica

Gas serra	GWP ₁₀₀
CO ₂	1
CH ₄	21
N ₂ O	310
CF ₄	6500
SF ₆	23900

dipende dal periodo in anni che si considera, questo perché i composti riescono ad essere distrutti naturalmente ad opera della radiazione elettromagnetica ultravioletta con tempi diversi legati soprattutto alla loro struttura chimica (un legame C-H costituisce ad esempio un punto debole).

Per portare alcuni esempi, l'R22 presenta un GWP100 pari a 1500 mentre per R134a 1WP100 = 1300. Ciò significa che 1 kg di R134a causa in 100 anni lo stesso effetto serra di 1300 kg di CO₂. Naturalmente la concentrazione dei refrigeranti in atmosfera attualmente così irrilevante rispetto a quella dell'anidride carbonica che il loro contributo all'effetto serra è per ora trascurabile. Il dato per importante, perché dimostra come anche un HFC, come l'R134a, può essere in realtà alla lunga nocivo per l'ambiente. La tabella riporta poi i valori del GWP100 per altri gas serra. Con la firma del protocollo di Kyoto, i paesi firmatari si sono impegnati a ridurre l'emissione aggregata antropica equivalente di anidride carbonica, relativamente a sei categorie di gas serra, di almeno il 5% rispetto al livello mondiale dell'anno 1990. Attualmente però la politica in ambito energetico degli Stati Uniti prevede l'uscita di questo paese dagli accordi del Protocollo di Kyoto; gli U.S.A. producono più di 1/4 della totale anidride carbonica equivalente annua mondiale.

L'indice TEWI (Total Equivalent global Warming Impact)

I CFC, gli HCFC e i fluidi alternativi di questi prodotti operano in sistemi o processi che consumano energia (per lo più in forma elettrica). Inoltre i processi di sostituzione nelle macchine frigorifere dei refrigeranti più dannosi spesso ha la conseguenza che i refrigeranti sostitutivi forniscono prestazioni decisamente inferiori ai precedenti cioè, a parità di potenza frigorifera prodotta, l'assorbimento di energia, di solito elettrica, di compressori e ausiliari risulta maggiore. Nelle nazioni in cui la produzione elettrica è affidata in massima parte a centrali che bruciano combustibili fossili questo significa un incremento delle emissioni di anidride carbonica.

Paese	aCO ² (kg _{CO2} /kWh _{el})
U.S.A.	0,67
Europa	0,51
Asia	0,66
Medio Oriente	0,63
Giappone	0,58
Francia	0,09
Italia	0,59

Ne segue allora che l'effetto serra chimico antropogenico conseguente all'emissione dei refrigeranti nell'atmosfera (effetto diretto) non può essere considerato in modo isolato, bensì associato con l'effetto serra (indiretto) causato dall'emissione di anidride carbonica conseguente alla produzione d'energia che il sistema o processo consuma nell'arco della vita utile. Il parametro di giudizio del comportamento ai fini dell'effetto serra di una macchina frigorifera deve quindi tener conto anche di questo aspetto.

Si introduce così il termine TEWI (Total Equivalent Warming Impact) che per le macchine alimentate da energia elettrica assume la forma **TEWI = mGWP(x)n+aco2IE (*)** dove:

m = massa di refrigerante emesso in atmosfera nella vita della macchina

GWP(x)n = GWP relativo al refrigerante x avendo assunto un numero n di anni di riferimento (in genere 100)

aC02 = massa di CO2 emessa per unità di energia elettrica prodotta

t = tempo di vita della macchina

E = energia elettrica consumata in media nell'unità di tempo.

E' importante sottolineare che la massa di CO2 mediamente emessa per unità di energia elettrica prodotta un dato variabile per le singole nazioni in funzione del tipo di combustibile utilizzato e delle efficienze di produzione delle centrali, non che di quella di trasporto della rete di distribuzione. Valori di riferimento sono comunque ormai disponibili nella letteratura tecnica specializzata. Queste considerazioni rendono l'indice TEWI un parametro proprio di ogni singolo paese e non un dato assoluto. In altre parole esso non può essere usato come parametro di regolamentazione, perché fortemente dipendente dalle singole condizioni di produzione di energia elettrica. In riferimento alla tabella in cui sono riportati alcuni valori del parametro a, singolare è il caso della Francia: questo paese infatti ha adottato una politica che vede uno sfruttamento massiccio (80%) dell'energia nucleare per la produzione dell'energia elettrica. Poiché è risaputo che le centrali nucleari non emettono anidride carbonica, ciò spiega il valore estremamente basso del parametro a per questo paese rispetto a quelli di altre nazioni in cui è presente un maggiore contributo delle centrali termoelettriche.

La componente diretta e quella indiretta all'effetto serra antropico che si sommano nel calcolo dell'indice TEWI suggerisce la migliore strategia da adottare per ridurre l'effetto serra causato dall'impiego di un certo refrigerante. In figura 2.13 si riportano tipici valori delle percentuali con cui l'emissione di CO2 relativa alla produzione dell'elettricità consumata (effetto indiretto) e l'emissione di refrigerante in ambiente (effetto diretto) contribuiscono al TEWI totale per diverse attuali tipologie di impianti frigoriferi.

La tabella qui a lato evidenzia come si possa conseguire una significativa riduzione dell'effetto serra con l'impiego (sostituzione) di fluidi refrigeranti con basso GWP solo nei sistemi caratterizzati da consistenti perdite di fluido in atmosfera quali ad esempio gli impianti di climatizzazione attuali nelle autovetture e nella refrigerazione commerciale. Viceversa le macchine frigorifere compatte impiegate nel condizionamento civile e in ambito domestico presentano spiccate caratteristiche di ermeticità e bassa carica di refrigerante. In questo caso il GWP del refrigerante è poco influente mentre preponderante diventa l'effetto del consumo di energia elettrica. In questo caso una riduzione consistente dell'effetto serra si può conseguire quindi solo attraverso il miglioramento Condizionatori della efficienza energetica della macchina autonomi frigorifera. In altre parole, in una macchina con carica a HFC in cui il contributo diretto all'effetto serra complessivo sia del 2% e quello indiretto (consumo di elettricità) del 98%, ammesso che l'efficienza del ciclo resti immutata, sostituire il fluido frigorifero con uno a più basso GWP si rileva essere un provvedimento inutile. Invece, nel caso di un frigorifero domestico, migliorare la convezione naturale a livello del condensatore staccando maggiormente l'elettrodomestico dal muro e collocandolo non nella stanza più calda della casa ha un effetto molto più significativo nel limitare il contributo dell'apparecchio all'effetto serra globale.

Campo d'applicazione	Contributo percentuale	
	Diretto	Indiretto
Refrigerazione domestica	4%	96%
Condizionatori automob. vecchi	70%	30%
Condizionatori automob. nuovi	40%	60%
Refrigerazione commerciale	55%	45%
Condizionatori autonomi	5%	95%
Refrigeratori d'acqua	2%	98%

Ultimo aggiornamento il 25-3-2004 Quelli in verde sono link non ancora attivati.

La riproduzione totale o parziale di questa pagina e/o di sue parti con qualsiasi mezzo è consentita solo se è senza fini di lucro e sempre con la citazione ben visibile su tutti gli oggetti del nome o dei nomi degli autori e del Liceo Marco Foscarini. Nel caso di lavori sulla rete va inoltre aggiunto un link verso la pagina o le pagine del sito utilizzate come fonte.

Testo di **Pierandrea Malfi** (pierandrea.malfi@liceofoscarini.it)

Pagina web a cura di **Pierandrea Malfi** (pierandrea.malfi@liceofoscarini.it)

Responsabile del Laboratorio di Scienze **Daniela Magnanini** (danielamagnanini@hotmail.com)

Gestione del sito web del Liceo M. Foscarini **Paolo Bonavoglia** (paolo.bonavoglia@liceofoscarini.it) del

Liceo Classico "Marco Foscarini" - Venezia

Museo di Fisica A.M. Traversi Presentazione della scuola [Indirizzi](#), [Numeri di telefono](#), [E-Mail](#)

<http://www.liceofoscarini.it/didattic/chimica/indici.html> 14/02/2005