



Trasformazioni di energia e impatto ambientale



di F. Bagatti, E. Corradi, A. Desco, C. Ropa

1. I combustibili

La fonte più importante dalla quale oggi attingiamo ancora per soddisfare i bisogni di energia è rappresentata dai **combustibili fossili**, veri e propri magazzini di energia chimica: il petrolio, il carbone e il gas naturale. Parliamo di combustibili perché questi materiali sono in grado di liberare grandi quantità di energia attraverso reazioni di combustione.

I giacimenti di combustibili fossili, nonostante le ricerche continuino in ogni parte del mondo, sono destinati prima o poi a esaurirsi; per esempio, è stato stimato che le riserve di petrolio si esauriranno in tempi non troppo lontani.

I combustibili fossili sono un esempio di **fonti di energia non rinnovabili** o **esauribili**.



La natura ha impiegato milioni di anni per accumulare l'energia chimica nei combustibili fossili. Infatti questi materiali si sono formati in seguito alla lenta decomposizione di sostanze contenute negli organismi viventi, soprattutto vegetali, vissuti alcune centinaia di milioni di anni fa. La decomposizione di questi organismi, avvenuta in assenza di ossigeno, ha consentito di creare sostanze particolarmente ricche di energia chimica: l'energia che ricaviamo oggi dai combustibili fossili non è altro che l'energia di origine fotosintetica immagazzinata nelle piante milioni e milioni di anni fa.

Per esempio, l'era geologica nella quale si è formata la maggior parte dei depositi di carbone è stata denominata appunto Carbonifero (360-290 milioni di anni fa).

Possiamo quindi dire che la nostra vita «biologica» dipende dal Sole di oggi, ma gran parte dell'energia che usiamo per far fronte ai nostri bisogni quotidiani proviene dal Sole di ieri!

2. L'impatto dei combustibili fossili

Oggi il nostro pianeta si trova in una fase cruciale del suo sviluppo, dovuta alle ricadute negative sul delicato equilibrio ecologico che lo sfruttamento intensivo dei combustibili fossili ha provocato.

Come sappiamo, per utilizzare il contenuto di energia chimica dei combustibili fossili è necessario convertire questa energia in altre forme. Il modo più rapido è quello di bruciare i combustibili e ottenere così energia termica. Purtroppo le reazioni di combustione di questi materiali producono sostanze che hanno effetti negativi sull'equilibrio ambientale. Ancora oggi, nonostante i progressi della scienza e della tecnologia, questi problemi permangono, anzi, alcuni di essi si sono aggravati.

Consideriamo per esempio il gasolio, una miscela di idrocarburi utilizzata come carburante per molte automobili e autocarri e per alimentare impianti di riscaldamento e centrali termoelettriche.

La combustione di uno dei tanti idrocarburi presenti nel gasolio può essere rappresentata con la seguente equazione:

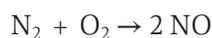


Come si vede, per ogni molecola di idrocarburo che brucia si formano ben 15 molecole di anidride carbonica, una sostanza gassosa che, come è noto, contribuisce all'aumento dell'effetto serra dell'atmosfera.

3. Gli inquinanti dell'aria

Il gasolio (e ancora di più il carbone) contiene piccole quantità di zolfo, perciò è inevitabile che tra i prodotti della combustione sia presente, oltre all'anidride carbonica e all'acqua, anche l'anidride solforosa (SO_2). L'anidride solforosa può ossidarsi ad anidride solforica (SO_3) ed entrambe queste anidridi, a contatto con l'acqua sempre presente nell'atmosfera, formano sostanze acide: rispettivamente l'acido solforoso e l'acido solforico.

Inoltre durante la combustione, a causa dell'elevata temperatura che si raggiunge, avviene la reazione endoenergetica di sintesi tra l'azoto e l'ossigeno naturalmente presenti nell'aria:



L'ossido di azoto e il diossido di azoto, prodotto dell'ossidazione dell'ossido, sono talvolta indicati genericamente con la formula NO_x . Gli ossidi di azoto, oltre a essere tossici e a provocare disturbi all'apparato respiratorio anche in basse concentrazioni, formano sostanze acide con l'acqua presente nell'atmosfera.

Gli ossidi di azoto e gli ossidi di zolfo sono dunque responsabili delle cosiddette **piogge acide**, i cui effetti corrosivi risultano particolarmente evidenti sulla vegetazione, sui manufatti di ferro e sui monumenti ed edifici di pietra calcarea.



Occorre precisare che è possibile ridurre sensibilmente le emissioni di SO_2 ricorrendo a processi di «desolfurazione» dei combustibili. Maggiori difficoltà si riscontrano nell'eliminazione degli ossidi di azoto perché vengono inevitabilmente prodotti durante la combustione.

Preoccupano, inoltre, altri inquinanti associati alla combustione dei materiali fossili.

La combustione, infatti, ben difficilmente avviene in modo completo. In particolare nei motori a scoppio la reazione di combustione avviene in modo esplosivo ed è quindi troppo rapida per poter arrivare a completarsi.

Tra i prodotti della reazione sono spesso presenti anche monossido di carbonio, gli idrocarburi che non hanno reagito completamente (i cosiddetti **incombusti**) e il **particolato**. Si tratta di materiali inquinanti che, diversamente da CO_2 e H_2O , possono

provocare danni immediati per la salute, in particolare quella delle persone più fragili, anziani e bambini.

Il **monossido di carbonio** è una sostanza tossica che si può legare saldamente agli atomi di ferro dell'emoglobina riducendo la capacità del sangue di trasportare ossigeno.

Gli **idrocarburi incombusti**, combinandosi con gli ossidi di azoto, danno luogo a una catena di reazioni in cui viene prodotto anche l'**ozono** troposferico, considerato il principale tracciatore dell'inquinamento fotochimico. Con questa espressione si intende una particolare forma di inquinamento dell'aria che si produce soprattutto durante i mesi estivi quando la radiazione solare è molto elevata. I principali effetti di questi inquinanti sono una forte irritazione agli occhi e difficoltà nella respirazione.

Il termine **particolato** è attribuito ai corpuscoli solidi e liquidi che restano a lungo sospesi nell'aria. Si tratta soprattutto di corpuscoli carboniosi impregnati di idrocarburi e di sottoprodotti della combustione, di solfati, di nitrati, di ammoniaca, di cloruro di sodio, di polveri minerali e molte altre sostanze ancora.



Le dimensioni di queste particelle di particolato determinano la loro pericolosità: più sono piccole più sono penetranti e quindi dannose. Esse vengono indicate con la sigla **PM** (*Particulate Matter*), seguita dal diametro massimo espresso in micrometri (μm) (**tabella 1**).

Tabella 1 Dimensione delle particelle e loro pericolosità.

Particolato grossolano	PM10	PM2,5 particolato fine	PM1 particolato ultrafine	Nanopolveri
È costituito da particelle sedimentabili di diametro superiore a $10 \mu\text{m}$; non è in grado di penetrare nell'apparato respiratorio.	È costituito da particelle di diametro uguale o inferiore a $10 \mu\text{m}$; è una <i>polvere inalabile</i> , cioè in grado di penetrare nel naso e nella laringe.	È costituito da particelle di diametro uguale o inferiore a $2,5 \mu\text{m}$; è una <i>polvere toracica</i> , cioè in grado di penetrare nei polmoni.	È costituito da particelle di diametro uguale o inferiore a $1 \mu\text{m}$; è una <i>polvere respirabile</i> , cioè in grado di penetrare fino agli alveoli dei polmoni.	Sono costituite da particelle di diametro compreso fra 2 e 200 nm.

FISSA I CONCETTI IMPORTANTI

- Quante moli di anidride carbonica si ottengono dalla combustione di una mole di butano, un idrocarburo con formula C_4H_{10} ?
A 8 B 5 C 1 D 4
- Petrolio, carbone e gas naturale sono classificati fonti di energia non rinnovabili:
A perché il tempo necessario per la loro rigenerazione richiede milioni di anni
B perché in seguito ai processi di combustione si trasformano in prodotti completamente diversi
C perché la loro combustione produce anidride carbonica, un gas a effetto serra
D perché immagazzinano, attraverso la fotosintesi, energia proveniente dal Sole.
- Individua l'unica affermazione *sbagliata* relativa agli inquinanti presenti nell'aria.
A Nelle combustioni degli idrocarburi si produce sempre anidride carbonica e acqua
B Gli ossidi di azoto si formano perché tutti i combustibili contengono azoto
C Molti inquinanti si producono a causa di combustioni incomplete
D Gli ossidi di azoto e gli ossidi di zolfo sono responsabili delle piogge acide.
- Le sorgenti del particolato possono essere di tipo naturale (erosione del suolo, spray marino, vulcani, incendi boschivi, dispersione di pollini, eccetera) o antropico (industrie, riscaldamento, traffico veicolare e processi di combustione in generale). Può essere di tipo primario se immesso in atmosfera direttamente dalla sorgente o secondario se si forma successivamente, in seguito a trasformazioni chimico-fisiche di altre sostanze.
Il particolato primario sarà più facilmente prodotto nella combustione di quale combustibile fossile?
A Metano C Benzina
B Propano D Gasolio

USA LE PAROLE GIUSTE

Spiega il significato delle parole sottolineate presenti nel testo. Aiutati con un dizionario o cerca in Rete.

- Oggi il nostro pianeta si trova in una fase cruciale del suo sviluppo per lo sfruttamento intensivo dei combustibili fossili.
- I cui effetti corrosivi risultano particolarmente evidenti sui monumenti ed edifici di pietra calcarea.
- È possibile ridurre sensibilmente le emissioni di SO_2 ricorrendo a processi di «desolforazione»
- L'ozono troposferico, considerato il principale tracciante dell'inquinamento fotochimico.

FAI UN PASSO IN PIÙ

Nella tabella sono riportati i limiti di riferimento per gli inquinanti dell'aria normalmente controllati negli ambienti urbani (D.Lgs.155/2010)

Inquinante	Limite	Periodo di mediazione	Limite
PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valore limite giornaliero	Media giornaliera	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valore limite orario	Media oraria	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Soglia d'informazione	Media oraria	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Soglia d'allarme	Media oraria	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Valore obiettivo	Massima delle medie mobili su 8 ore	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
CO (mg/m^3)	Valore limite	Massima delle medie mobili su 8 ore	10 mg/m^3
SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valore limite giornaliero	Media giornaliera	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valore limite su base annua	Media giornaliera	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valore limite su base annua	Media giornaliera	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Consulta il sito del Sistema nazionale prevenzione ambiente (sito www.snambiente.it) per raccogliere informazioni sugli inquinanti dell'aria nella tua città e per stabilire se ci sono superamenti dei valori limite differenziando il periodo invernale e il periodo estivo.