

DOSSIER

Carbone: un ritorno al passato inutile e pericoloso



Aprile 2012



A cura di Massimiliano Varriale.

Revisione e integrazioni di Mariagrazia Midulla.

Sommario

L'attuale sistema energetico mondiale si regge sull'uso dei combustibili fossili: petrolio, carbone e gas naturale, nel mix energetico mondiale, pesano per oltre l'80%. Si tratta di risorse preziose ma limitate e assai inquinanti che la Terra ha custodito per decine o centinaia di milioni di anni e che l'uomo, nell'ultimo secolo, sta estraendo e utilizzando a ritmi assolutamente insostenibili.

In poco più di un secolo i consumi energetici sono aumentati di oltre 12 volte e, secondo l'Agenzia Internazionale per l'Energia (IEA), questa crescita dovrebbe proseguire nei prossimi decenni, ma la disponibilità di fonti fossili è limitata. Petrolio, gas e carbone si sono venuti a creare in specifiche condizioni geologiche e che queste non si ripetono con tanta facilità, soprattutto non in tempi compatibili con gli attuali ritmi di prelievo.

Dalla combustione delle fonti fossili si libera quasi il 90% del carbonio che si sta accumulando nell'atmosfera terrestre e che è responsabile dell'alterazione del clima e del conseguente riscaldamento globale, come evidenzia un'imponente mole di studi e ricerche.

Tra tutte le fonti fossili, il carbone rappresenta proprio la principale fonte di emissioni di gas serra: nel 2009, il 43% della CO₂, corrispondente a circa 12,5 miliardi di tonnellate, è stata originata dalla combustione del carbone. Del resto, a parità di energia primaria disponibile, **le emissioni di CO₂ provenienti dalla combustione del carbone arrivano a essere del 30% superiori a quelle del petrolio e del 70% superiori a quelle del gas naturale.**

Attualmente in Italia sono in funzione 13 centrali a carbone, assai diverse per potenza installata e anche per la tecnologia impiegata. Questi impianti nel 2010 hanno prodotto circa 39.734 GWh, contribuendo all'11,6% del fabbisogno elettrico complessivo. A fronte di questi dati, tutto sommato abbastanza modesti, **gli impianti a carbone hanno prodotto circa 35 milioni di tonnellate di CO₂ corrispondenti a oltre il 30% di tutte le emissioni del sistema elettrico nazionale.**

Il carbone usato da questi impianti è sostanzialmente tutto d'importazione, dal momento che il nostro Paese non dispone di risorse carbonifere adeguate allo sfruttamento, sia in termini quantitativi sia qualitativi, ad esempio il poco carbone presente nel Sulcis (in Sardegna) ha un tenore troppo alto di zolfo (circa il 6%, vale a dire dieci volte quello del carbone d'importazione).

L'uso del carbone non solo rappresenta la principale minaccia per il clima del pianeta ma è anche **una delle maggiori fonti d'inquinamento con impatti assai gravi sulla salute di persone, organismi viventi ed ecosistemi.** E' noto, infatti, come dai

processi di combustione si liberino numerose sostanze tossiche, alcune bioaccumulabili, altre cancerogene, ecc. E, tra tutti i combustibili fossili, sicuramente il carbone è quello che, bruciando, rilascia le maggiori quantità d'inquinanti. Un'ampia letteratura scientifica dimostra come dalla combustione del carbone si liberino sostanze che impattano in modo pesante sulla salute delle persone provocando al contempo pesanti danni economici che, se correttamente internalizzati (cioè compresi) nei costi energetici, metterebbero fuori mercato questo combustibile.

Si tratta di elementi da tenere in grande considerazione quando si orientano le scelte energetiche internazionali o anche di un singolo paese. Soprattutto quando quel paese non dispone di adeguate riserve di combustibili fossili. **Nel dossier si dimostra, infatti, come la scelta carbone, in ogni caso sbagliata, lo sia ancora di più per un paese come l'Italia, sostanzialmente privo di giacimenti.** Una scelta che non solo danneggia l'ambiente e la salute delle persone ma non migliora neanche il livello di sicurezza energetica. Peraltro il carbone non permetterebbe neanche di ridurre il costo della bolletta energetica, dal momento che il suo prezzo, soprattutto quello commerciato a livello internazionale, è fortemente condizionato dal costo del petrolio, la fonte necessaria per trasportarlo. Le stesse riserve di carbone, seppur maggiori rispetto a quella di altri combustibili fossili, sono comunque limitate e localizzate, aspetto che riduce la sicurezza negli approvvigionamenti e che rende i prezzi destinati inesorabilmente ad aumentare mano a mano che si riduce la disponibilità del minerale.

L'Italia, con una potenza installata che già supera i 106.489 MW, a fronte di una punta massima della domanda di 56.822 MW, ha una sovra capacità di produzione di energia elettrica tale da costringere le centrali a funzionare a scartamento ridotto e, quindi, non ha bisogno di investire in impianti a carbone, ma farebbe meglio a puntare su un diverso modello energetico centrato sul risparmio, l'efficienza e le fonti rinnovabili, a partire dalla generazione distribuita in piccoli impianti alimentati sempre più da fonti rinnovabili allacciate a reti intelligenti (Smartgrids). Il modello fondato su grandi centrali e lo sfruttamento dei combustibili fossili è già entrato in crisi, il tentativo di perpetuarlo attraverso impianti che usano il vecchio combustibile che promosse la rivoluzione industriale, ma ha causato (e causa tuttora) enormi problemi ambientali è anti-storico e sottopone la collettività a rischi e costi inammissibili e duraturi. La pigrizia imprenditoriale e le rendite di posizione non possono essere premiate: la transizione verso il nuovo modello energetico e la nuova economia è iniziata. Speriamo che il paese sappia prendere la strada giusta iniziando ad abbandonare tutti i progetti di nuovi impianti a carbone e chiudendo per prime le dannose e centrali a carbone ancora in attività.

INTRODUZIONE

Allarme cambiamenti climatici: i combustibili fossili maggiori imputati

L'attuale sistema energetico mondiale è fortemente incentrato sull'uso dei combustibili fossili: petrolio, carbone e gas naturale, nel mix energetico mondiale, **pesano per oltre l'80%**. Si tratta di risorse preziose ma limitate e assai inquinanti che la Terra ha custodito per decine o centinaia di milioni di anni e che l'uomo, nell'ultimo secolo, sta estraendo e utilizzando a ritmi assolutamente insostenibili.

Dalla combustione delle fonti fossili si libera anche quasi il 90% del carbonio che si sta accumulando nell'atmosfera terrestre e che è responsabile dell'alterazione del clima e del conseguente riscaldamento globale, come evidenzia un'imponente mole di studi e ricerche ¹.

Nel secolo scorso l'improvvisa disponibilità di energia a buon mercato, rappresentata appunto dai combustibili fossili, ha fortemente spinto l'acceleratore del consumo di risorse naturali e della produzione d'inquinanti che vanno a colpire, in pratica, tutti gli ecosistemi planetari.

All'inizio del '900 i consumi energetici erano di circa 1.000 Mtep (Milioni di tonnellate equivalenti di petrolio), nel 2000 arrivavano a circa 9.700 Mtep, oggi superano i 12.000 Mtep ²: **in poco più di un secolo sono aumentati di oltre 12 volte** e la massima crescita è avvenuta a partire dagli anni '50 dello scorso secolo.

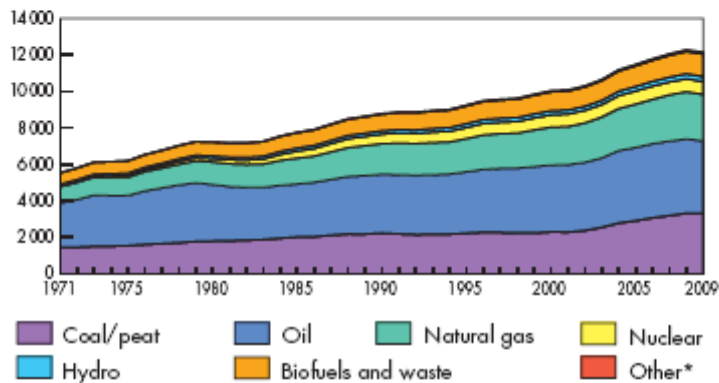
¹ IPCC, 2007 - Fourth Assessment Report

² IEA - World Energy Outlook 2011

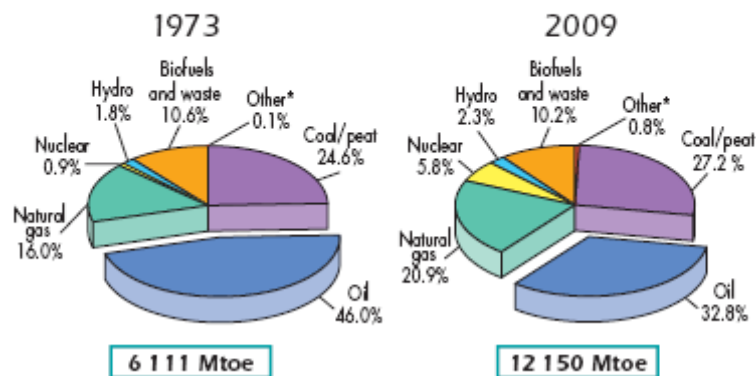
TOTAL PRIMARY ENERGY SUPPLY

World

World total primary energy supply from 1971 to 2009 by fuel (Mtoe)



1973 and 2009 fuel shares of TPES



Fonte: IEA - Key World Energy Statistics 2011

Secondo gli scenari prospettati dell'Agencia Internazionale per l'Energia (IEA) tali consumi dovrebbero ancora aumentare nei prossimi decenni, anche se non è convincente la stima delle disponibilità future di fonti fossili. E', infatti, scientificamente chiaro che petrolio, gas e carbone si sono venuti a creare in specifiche condizioni geologiche e che queste non si ripetono con tanta facilità, soprattutto non in tempi compatibili con gli attuali ritmi di prelievo. Per tutte le risorse non rinnovabili è, o dovrebbe essere, evidente come alla fine si raggiunga un picco, dopo di che la produzione inizia inesorabilmente a declinare: in sostanza il **“picco” segna il momento in cui la produzione non è più in grado di tenere il passo con la domanda**. Tutto questo vale non solo per petrolio e gas naturale ma anche per il carbone, seppur con tempistiche differenti. Non è facile stabilire una data precisa per il raggiungimento del picco di produzione delle differenti fonti fossili, ma esistono buone approssimazioni. E' comunque certo che, anche per effetto dell'aumento

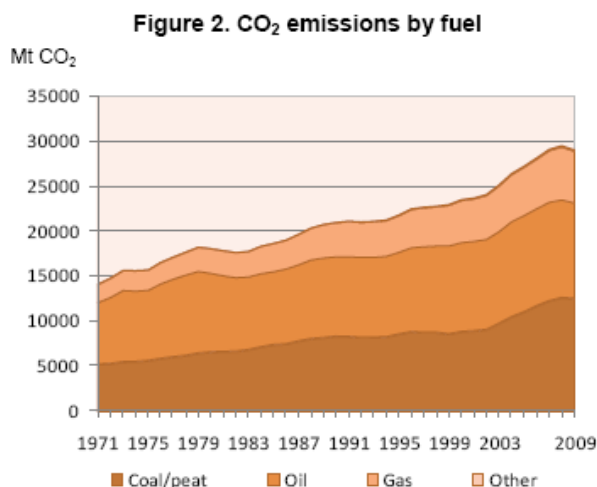
dei consumi e dei consumatori nelle economie emerse o emergenti, l'estrazione dei combustibili fossili sarà sempre più difficoltosa, meno vantaggiosa dal punto di vista energetico, a forte impatto ambientale; inoltre comporterà sempre maggiori rischi di disastri ambientali (es. estrazioni in mare a profondità sempre maggiori).

In termini di energia primaria (dati IEA che si riferiscono all'anno 2009) il petrolio contribuisce per circa il 33%, il carbone per il 27% e il gas naturale per il 21%.

Queste tre fonti energetiche non sono però del tutto intercambiabili. Il petrolio è oggi la fonte più importante per i suoi molteplici impieghi sia in campo energetico sia per la produzione di manufatti e sostanze di sintesi. Ad esempio l'industria chimica si regge sostanzialmente sul petrolio (si va dalle plastiche ai concimi) e il settore trasporti si affida ad esso per la quasi totalità. Il gas naturale è prevalentemente impiegato nel settore energetico (sia termico sia elettrico), il carbone è assai importante nel settore della generazione elettrica e nella produzione metallurgica. Proprio nel settore energetico il carbone può, però, essere sostituito da almeno un altro combustibile, ne consegue che il suo prezzo costituisce elemento decisivo della sua competitività e, quindi, del suo peso nel mix energetico complessivo.

Il carbone oggi rappresenta la principale fonte di emissioni di gas serra (GHG).

A questo proposito, si ricorda che, a parità di energia primaria disponibile, le emissioni di CO₂ provenienti dalla combustione del carbone arrivano ad essere del 30% superiori a quelle del petrolio e del 70% superiori a quelle del gas naturale. Come si vede anche dal seguente grafico, in cui sono riportate le emissioni per tipo di combustibile, nel 2009, il 43% della CO₂, corrispondente a circa 12,5 Gt, è stata originata dalla combustione di carbone, il 37% da quella di petrolio e il 20% da quella di gas naturale ³.



Fonte: IEA - CO₂ EMISSIONS FROM FUEL COMBUSTION Highlights (2011 Edition)

³ IEA - CO₂ EMISSIONS FROM FUEL COMBUSTION *Highlights* (2011 Edition)

1. Il carbone oggi

1.1 Il ritorno del carbone

Proprio i primi segnali di scarsità di combustibili quali petrolio e gas naturale, considerati più facili e/o con maggiori ambiti d'impiego, stanno spingendo al "ritorno" al carbone, ma anche allo sfruttamento delle cosiddette fonti non convenzionali (gas di scisto e petrolio dalle sabbie bituminose). **In tutti i casi si tratta di scelte energetiche insostenibili per gli elevati impatti ambientali che le caratterizzano.**

Va detto che, in realtà, il carbone, dalla rivoluzione industriale a oggi, non è mai stato abbandonato, conservando un suo ruolo nella generazione termoelettrica (soprattutto per i paesi che dispongono di tale risorsa) e, ovviamente, nella produzione dell'acciaio.

Per decenni proprio la relativa abbondanza, facilità di accesso ai giacimenti di petrolio e gas naturale, più agevole trasportabilità (sia via nave sia via "tubo"), aveva molto avvantaggiato, anche economicamente, queste due fonti, soprattutto nei paesi che non avevano giacimenti carboniferi. La disponibilità di tali giacimenti, infatti, ne incoraggia l'uso grazie ai prezzi relativamente bassi (non gravati dalla necessità di lunghi trasporti) e all'assenza di normative ambientali particolarmente severe.

Negli ultimi anni l'offerta estrattiva di petrolio e gas naturale non sembra, però, più tenere il passo con una domanda energetica in forte e costante crescita, soprattutto sotto la spinta di economie emergenti come quella cinese. Questo si è tradotto anche nelle crescenti tensioni sui prezzi. Tensioni che non saranno destinate ad attenuarsi giacché non esiste la possibilità di scoprire nuovi grandi giacimenti di combustibili convenzionali a buon mercato. Dal punto di vista geologico, infatti, **è ormai chiaro che i grandi giacimenti del passato sono nella loro fase discendente e che non ne esistono di nuovi in grado di sostituirli.** Questo ha portato aziende e anche paesi che non dispongono di riserve di carbone a pensare di utilizzare questo combustibile, oltre che le cosiddette fonti non convenzionale, derivate dagli scisti e dalle sabbie bituminose. Si tratta, però, di risorse energetiche che sarebbe meglio non toccare viste le negative implicazioni ecologiche connesse alla loro estrazione e utilizzo: è, infatti, provato che tali attività comportano preoccupanti fenomeni d'inquinamento e massicce emissioni di gas ad effetto serra.

1.2 Carbone: chi lo estrae? Chi lo usa?

Oggi, a livello mondiale, il carbone è il combustibile più usato dopo il petrolio.

Secondo le stime preliminari fatte dalla IEA ⁴, il carbone costituirebbe circa il 28% del consumo globale di energia primaria nel 2010, rispetto al 23% nel 2000. Il carbone rappresenta la maggiore fonte per la produzione di energia elettrica: oltre il 40% nel 2010; questo sia a causa dell'aumento del prezzo del petrolio sia per l'uso massiccio da parte delle nuove economie, in particolare Cina e India.

Nei paesi non OCSE, dove le riserve di carbone sono spesso abbondanti e a basso costo (ovviamente non quello ambientale e socio-sanitario), il carbone è il più importante combustibile: nel 2010 rappresentava ben il 35% del consumo totale di energia primaria, il 36% del consumo totale dell'industria e quasi il 50% della produzione elettrica. Comunque anche nei paesi OCSE, nel 2010, il carbone ha fornito più di un terzo della produzione di energia elettrica.

Tra il 1990 e il 2010, circa 1/3 della nuova capacità di generazione elettrica mondiale, è stata coperta da impianti a carbone.

Negli ultimi dieci anni, a livello globale, oltre l'80% dell'aumento della domanda di carbone è venuto dalla Cina, la cui quota sulla domanda mondiale è passata dal 27% del 2000 al 47% del 2010 ⁵. **La Cina, in pochissimi anni, ha raddoppiato il consumo di tale fonte, arrivando a circa 2.350 milioni di tonnellate, oltre tre volte la quantità di carbone consumata negli Stati Uniti** (il secondo consumatore a livello mondiale con uno share di circa il 15%). La crescita della domanda cinese non sembra essere stata toccata neanche dalla crisi economica iniziata nel 2008.

L'India è il terzo consumatore mondiale di carbone (share di circa l'8%) e, in assenza di un radicale cambio di politiche, continuerà a incrementarne l'uso. Del resto la domanda di carbone nel paese è aumentata dell'80% tra il 2000 e il 2010, a causa della crescita economica e del connesso incremento dei consumi di energia in tutti i settori.

Nei paesi OCSE la domanda è cresciuta molto più lentamente fino al 2007, dopo di che è scesa (anche per la crisi economica), e nel 2010 è stata del 6% al di sotto del picco del 2007, ritornando quasi ai livelli di consumo del 2000. **Nel 2010 quasi la metà della domanda di carbone dei paesi OCSE è venuta dagli Stati Uniti.** In futuro però,

⁴ IEA - World Energy Outlook 2011

⁵ IEA - World Energy Outlook 2011

soprattutto in questo paese, la quota carbone potrebbe scendere per la competizione del gas di scisto e delle stesse fonti rinnovabili, oltre che dalle restrizioni normative sull'inquinamento atmosferico.

Sempre per restare sui dati del carbone, nelle seguenti tabelle, tratte dall'ultimo Statistical Review della BP ⁶, si evidenziano i principali paesi produttori e consumatori:

Production*

Million tonnes oil equivalent	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Change 2010 over 2009	2010 share of total
US	570.1	590.3	570.1	553.6	572.4	580.2	595.1	587.7	596.7	540.9	552.2	2.1%	14.8%
Canada	36.1	36.6	34.2	31.7	33.8	33.5	33.9	36.0	35.6	32.5	34.9	7.2%	0.9%
Mexico	5.4	5.3	5.3	4.6	4.7	5.2	5.5	6.0	5.5	5.1	4.5	-11.4%	0.1%
Total North America	611.6	632.2	609.5	589.9	610.9	618.8	634.5	629.7	637.8	578.5	591.6	2.3%	15.9%
Brazil	2.9	2.1	1.9	1.8	2.0	2.4	2.2	2.3	2.5	1.9	2.1	8.2%	0.1%
Colombia	24.9	28.5	25.7	32.5	34.9	38.4	42.6	45.4	47.8	47.3	48.3	2.1%	1.3%
Venezuela	5.8	5.6	5.9	5.1	5.9	5.3	5.4	5.6	4.5	2.7	2.9	8.1%	0.1%
Other S. & Cent. America	0.4	0.5	0.4	0.5	0.2	0.3	0.6	0.3	0.4	0.5	0.5	-7.0%	*
Total S. & Cent. America	33.9	36.8	33.9	39.9	43.0	46.3	50.8	53.6	55.2	52.4	53.8	2.6%	1.4%
Bulgaria	4.4	4.4	4.4	4.6	4.5	4.1	4.2	4.7	4.8	4.6	4.8	5.8%	0.1%
Czech Republic	25.0	25.4	24.3	24.2	23.5	23.5	23.7	23.3	21.1	19.5	19.4	-0.7%	0.5%
France	2.3	1.5	1.1	1.3	0.4	0.2	0.2	0.2	0.1	†	†	-	*
Germany	56.5	54.1	55.0	54.1	54.7	53.2	50.3	51.5	47.7	44.4	43.7	-1.5%	1.2%
Greece	8.2	8.5	9.1	9.0	9.1	9.0	8.3	8.6	8.3	8.4	8.8	5.0%	0.2%
Hungary	2.9	2.9	2.7	2.8	2.4	2.0	2.1	2.0	1.9	1.9	1.9	1.0%	0.1%
Kazakhstan	38.5	40.7	37.8	43.3	44.4	44.2	49.1	50.0	56.8	51.5	56.2	9.2%	1.5%
Poland	71.3	71.7	71.3	71.4	70.5	68.7	67.0	62.3	60.5	56.4	55.5	-1.6%	1.5%
Romania	6.4	7.1	6.6	7.0	6.7	6.6	6.5	6.7	6.7	6.4	5.8	-9.2%	0.2%
Russian Federation	116.0	122.6	117.3	127.1	131.7	139.2	145.1	148.0	153.4	142.1	148.8	4.7%	4.0%
Spain	8.0	7.6	7.2	6.8	6.7	6.4	6.2	6.0	3.7	3.5	3.3	-6.3%	0.1%
Turkey	13.9	14.2	11.5	10.5	10.5	12.8	13.4	15.8	17.2	17.4	17.4	*	0.5%
Ukraine	42.0	43.5	42.8	41.6	42.2	41.0	41.7	39.9	41.3	38.4	38.1	-0.8%	1.0%
United Kingdom	19.0	19.4	18.2	17.2	15.3	12.5	11.3	10.3	11.0	10.9	11.0	1.6%	0.3%
Other Europe & Eurasia	14.0	14.4	15.3	15.8	15.6	14.7	15.7	16.7	17.3	16.9	16.1	-4.3%	0.4%
Total Europe & Eurasia	428.6	438.2	424.7	436.7	438.2	438.1	444.9	446.1	452.0	422.1	430.9	2.1%	11.5%
Total Middle East	0.8	0.7	0.8	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	-	*
South Africa	126.6	126.1	124.1	134.1	137.2	137.7	138.0	139.6	142.4	141.2	143.0	1.3%	3.8%
Zimbabwe	2.8	2.9	2.5	1.8	2.4	2.2	1.4	1.3	1.0	1.1	1.1	-	*
Other Africa	1.2	1.2	1.3	1.5	1.2	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	-	*
Total Africa	130.6	130.1	127.9	137.4	140.8	141.0	140.3	141.8	144.2	143.1	144.9	1.3%	3.9%
Australia	166.5	180.2	184.3	189.9	198.5	205.8	210.3	217.2	220.7	228.8	235.4	2.9%	6.3%
China	762.5	809.5	853.8	1013.4	1174.1	1302.2	1406.4	1501.1	1557.1	1652.1	1800.4	9.0%	48.3%
India	132.2	133.6	138.5	144.4	155.7	162.1	170.2	181.0	195.6	210.8	216.1	2.5%	5.8%
Indonesia	47.4	56.9	63.5	70.3	81.4	93.9	119.2	133.4	147.8	157.6	188.1	19.4%	5.0%
Japan	1.7	1.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.7	0.8	0.7	0.7	0.5	-28.4%	*
New Zealand	2.2	2.4	2.7	3.2	3.2	3.2	3.5	3.0	3.0	2.8	3.3	16.8%	0.1%
Pakistan	1.4	1.5	1.6	1.5	1.5	1.6	1.7	1.6	1.8	1.6	1.5	-5.2%	*
South Korea	1.9	1.7	1.5	1.5	1.4	1.3	1.3	1.3	1.2	1.1	0.9	-17.3%	*
Thailand	5.1	5.6	5.7	5.3	5.6	5.8	5.3	5.1	5.0	5.0	5.0	0.5%	0.1%
Vietnam	6.5	7.5	9.2	10.8	14.7	18.3	21.8	22.4	23.0	25.2	24.7	-2.0%	0.7%
Other Asia Pacific	19.6	20.1	19.6	20.6	22.4	24.7	25.1	23.3	24.3	29.2	33.4	14.5%	0.9%
Total Asia Pacific	1147.1	1220.8	1281.0	1461.5	1659.2	1819.4	1965.6	2090.2	2180.1	2314.8	2509.4	8.4%	67.2%
Total World	2352.5	2458.9	2477.7	2666.1	2893.0	3064.4	3237.1	3362.4	3470.3	3511.8	3731.4	6.3%	100.0%
of which: OECD	994.2	1027.6	1003.5	987.3	1012.0	1021.0	1036.6	1036.6	1039.3	978.2	996.0	1.8%	26.7%
Non-OECD	1358.3	1431.3	1474.2	1678.8	1881.0	2043.4	2200.5	2325.8	2431.1	2533.7	2735.5	8.0%	73.3%
European Union	206.6	205.1	202.5	200.7	195.8	188.1	181.5	177.4	167.7	157.7	156.0	-1.1%	4.2%
Former Soviet Union	197.4	207.8	198.9	212.8	219.4	225.5	237.0	239.0	252.9	233.2	244.4	4.8%	6.5%

*Commercial solid fuels only, i.e. bituminous coal and anthracite (hard coal), and lignite and brown (sub-bituminous) coal.

†Less than 0.05.

*Less than 0.05%.

Note: Coal production data expressed in million tonnes is available at www.bp.com/statisticalreview.

Fonte: BP Statistical Review of World Energy. June 2011

Vediamo come nel 2010 la Cina sia il principale produttore mondiale con 1.800,4 Mtep (48,3% dello share), seguito dagli Stati Uniti con 552,2 Mtep (14,8% dello share), dall'Australia con 235,4 Mtep (6,3%), dall'India con 216,1 Mtep (5,8%), dall'Indonesia con 188,1 Mtep (5%), dalla Federazione Russa con 148,8 Mtep (4%), dal Sud Africa con 143

⁶ BP Statistical Review of World Energy 2011

Mtep (3,8%), dal Kazakhstan con 56,2 Mtep (1,5%), dalla Polonia con 55,5 Mtep (1,5%) e dalla Colombia con 48,3 Mtep (1,3%).

Consumption*											Change		2010
Million tonnes oil equivalent	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2010 over 2009	share of total
US	569.0	552.2	552.0	562.5	566.1	574.2	565.7	573.3	564.1	496.2	524.6	5.7%	14.8%
Canada	31.8	34.0	31.6	33.4	29.9	31.7	31.0	32.3	28.9	23.3	23.4	0.4%	0.7%
Mexico	6.2	6.8	7.6	8.6	7.0	9.1	9.4	9.1	6.9	8.6	8.4	-2.4%	0.2%
Total North America	606.9	593.0	591.1	604.5	603.0	614.9	606.1	614.7	599.9	528.1	556.3	5.3%	15.6%
Argentina	0.8	0.6	0.5	0.7	0.8	0.9	0.3	0.4	1.1	1.2	1.2	-	*
Brazil	12.5	12.2	11.5	11.8	12.8	12.7	12.5	13.4	13.5	11.7	12.4	6.0%	0.3%
Chile	3.0	2.3	2.4	2.3	2.6	2.6	3.2	3.8	4.1	3.7	3.7	1.0%	0.1%
Colombia	2.7	2.7	2.2	2.4	2.0	2.7	2.4	2.4	2.8	3.7	3.8	2.1%	0.1%
Ecuador	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Peru	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	6.3%	-
Trinidad & Tobago	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Venezuela	†	†	†	†	-	†	†	†	†	†	†	-1.9%	*
Other S. & Cent. America	0.6	0.7	1.0	2.1	1.9	1.8	2.1	2.1	2.2	2.0	2.1	1.9%	0.1%
Total S. & Cent. America	20.1	19.0	18.0	19.6	20.5	21.2	21.0	22.6	24.2	22.9	23.8	3.9%	0.7%
Austria	2.8	3.1	3.0	3.3	3.3	3.1	3.1	2.9	2.7	2.2	2.0	-10.5%	0.1%
Azerbaijan	-	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	-7.8%	*
Belarus	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-23.0%	*
Belgium & Luxembourg	7.6	7.6	6.7	6.5	6.4	6.1	6.1	5.5	4.8	4.6	4.9	6.2%	0.1%
Bulgaria	6.3	6.9	6.5	7.1	6.9	6.9	7.1	7.8	7.5	6.3	6.6	4.8%	0.2%
Czech Republic	21.0	21.2	20.6	20.8	20.5	19.8	19.4	19.3	17.4	16.2	16.0	-1.3%	0.5%
Denmark	4.0	4.2	4.2	5.7	4.6	3.7	5.6	4.7	4.1	4.0	3.8	-4.9%	0.1%
Finland	3.5	4.0	4.4	5.8	5.3	3.1	5.2	4.6	3.4	3.7	4.6	24.9%	0.1%
France	13.9	12.1	12.4	13.3	12.8	13.3	12.1	12.3	11.9	9.9	12.1	23.2%	0.3%
Germany	84.9	85.0	84.6	87.2	85.4	82.1	83.5	85.7	80.1	71.7	76.5	6.7%	2.2%
Greece	9.2	9.3	9.8	9.4	9.0	8.8	8.1	8.5	8.1	8.1	8.5	4.6%	0.2%
Hungary	3.2	3.4	3.1	3.4	3.1	2.7	2.9	2.9	2.8	2.5	2.6	6.0%	0.1%
Republic of Ireland	1.8	1.9	1.8	1.7	1.8	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.4	3.8%	*
Italy	13.0	13.7	14.2	15.3	17.1	17.0	17.2	17.2	16.7	13.1	13.7	5.0%	0.4%
Kazakhstan	23.2	22.5	22.8	25.2	26.5	27.2	28.1	30.8	34.0	31.7	36.1	13.8%	1.0%
Lithuania	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	19.6%	*
Netherlands	8.6	8.5	8.9	9.1	9.1	8.7	8.5	9.0	8.5	7.9	7.9	-0.1%	0.2%
Norway	0.7	0.6	0.5	0.5	0.6	0.5	0.4	0.4	0.5	0.3	0.5	32.0%	*
Poland	57.6	58.0	56.7	57.7	57.3	55.7	58.0	57.9	56.0	51.9	54.0	3.9%	1.5%
Portugal	4.5	3.7	4.1	3.8	3.7	3.8	3.9	3.3	3.2	3.3	3.4	3.4%	0.1%
Romania	7.0	7.2	7.6	7.8	7.4	7.6	8.5	7.4	7.4	6.6	6.2	-6.6%	0.2%
Russian Federation	105.2	102.4	103.0	104.0	99.5	94.2	96.7	93.5	100.4	91.9	93.8	2.1%	2.6%
Slovakia	4.0	4.1	4.0	4.2	4.1	3.9	3.8	3.8	3.7	3.5	2.7	-24.3%	0.1%
Spain	21.6	19.5	21.9	20.5	21.0	21.2	18.5	20.2	15.6	10.5	8.3	-21.3%	0.2%
Sweden	1.9	2.0	2.2	2.2	2.3	2.2	2.3	2.2	2.0	1.6	2.0	23.6%	0.1%
Switzerland	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	5.7%	*
Turkey	25.5	21.8	21.2	21.8	23.0	26.1	28.8	31.0	31.3	32.0	34.4	7.4%	1.0%
Turkmenistan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ukraine	38.8	39.4	38.3	39.0	39.1	37.5	39.8	39.7	40.3	35.0	36.4	4.2%	1.0%
United Kingdom	36.7	38.9	35.7	38.1	36.6	37.4	40.9	38.4	35.6	29.6	31.2	5.2%	0.9%
Uzbekistan	1.0	1.1	1.0	1.0	1.2	1.1	1.1	1.4	1.4	1.4	1.3	-3.3%	*
Other Europe & Eurasia	17.4	16.6	18.8	19.7	20.2	18.0	15.8	16.0	16.8	15.2	15.7	3.1%	0.4%
Total Europe & Eurasia	525.2	518.9	518.5	534.3	528.1	513.9	527.2	528.3	517.8	466.4	486.8	4.4%	13.7%
Iran	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.2	1.2	1.3	0.9	1.1	1.1	1.0%	*
Israel	6.2	7.2	7.6	7.9	8.0	7.9	7.8	8.0	7.9	7.7	7.7	-	0.2%
Kuwait	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Qatar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Saudi Arabia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
United Arab Emirates	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Other Middle East	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Middle East	7.3	8.3	8.7	9.0	9.0	9.1	9.1	9.3	8.7	8.8	8.8	0.1%	0.2%
Algeria	0.5	0.6	0.9	0.8	0.8	0.6	0.7	0.7	0.6	0.2	0.3	6.1%	*
Egypt	1.4	1.2	1.3	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	0.6	0.7	5.1%	*
South Africa	74.6	73.4	75.9	81.4	85.4	82.9	84.0	85.1	84.7	87.7	88.7	1.1%	2.5%
Other Africa	6.5	7.3	7.2	6.4	7.1	7.3	6.7	6.0	6.2	5.5	5.7	3.8%	0.2%
Total Africa	82.9	82.6	85.4	90.0	94.7	92.1	92.6	93.1	92.7	94.1	95.3	1.3%	2.7%
Australia	46.7	48.2	51.0	49.8	52.7	53.6	55.6	54.2	51.8	51.7	43.4	-16.1%	1.2%
Bangladesh	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.6	0.4	0.5	6.0%	*
China	737.1	751.9	794.9	936.3	1084.3	1218.7	1343.9	1438.4	1479.3	1556.8	1713.5	10.1%	48.2%
China Hong Kong SAR	3.7	4.9	5.4	6.6	6.6	6.7	7.0	7.5	7.0	7.6	6.3	-16.3%	0.2%
India	144.2	145.2	151.8	156.8	172.3	184.4	195.4	210.3	230.4	250.6	277.6	10.8%	7.8%
Indonesia	13.7	16.8	18.0	24.2	22.2	25.4	30.1	37.8	30.1	34.6	39.4	13.7%	1.1%
Japan	98.9	103.0	106.6	112.2	120.8	121.3	119.1	125.3	128.7	108.8	123.7	13.7%	3.5%
Malaysia	1.9	2.6	3.6	4.2	5.7	6.3	7.3	7.1	5.0	4.0	3.4	-16.1%	0.1%
New Zealand	1.1	1.3	1.3	1.9	2.0	2.2	2.2	1.6	2.0	1.6	1.0	-37.3%	*
Pakistan	2.0	2.1	2.4	2.9	3.8	4.1	4.2	5.1	5.3	4.7	4.6	-2.3%	0.1%
Philippines	4.3	4.5	4.7	4.7	5.0	5.7	5.5	5.9	7.0	6.7	7.7	15.8%	0.2%
Singapore	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
South Korea	43.0	45.7	49.1	51.1	53.1	54.8	54.8	59.7	66.1	68.6	76.0	10.8%	2.1%
Taiwan	28.7	30.6	32.7	35.1	36.6	38.1	39.6	41.8	40.2	38.7	40.3	4.0%	1.1%
Thailand	7.8	8.8	9.2	9.4	10.4	11.2	12.4	14.1	15.3	14.5	14.8	2.6%	0.4%
Vietnam	4.7	5.0	5.3	5.5	8.2	8.0	9.5	10.1	10.0	14.0	13.7	-2.0%	0.4%
Other Asia Pacific	18.9	19.5	18.6	18.9	19.2	20.7	21.4	18.0	19.7	22.1	18.9	-14.5%	0.5%
Total Asia Pacific	1157.1	1190.7	1254.9	1419.9	1603.1	1761.6	1908.6	2037.5	2098.4	2185.3	2384.7	9.1%	67.1%
Total World	2399.7	2412.4	2476.7	2677.3	2858.4	3012.9	3164.5	3305.6	3341.7	3305.6	3555.8	7.6%	100.0%
of which: OECD	1133.6	1124.9	1130.7	1161.4	1170.5	1179.7	1179.8	1200.2	1171.5	1049.5	1103.6	5.2%	31.0%
Non-OECD	1266.1	1287.5	1345.9	1515.9	1687.9	1833.2	1984.7	2105.4	2170.2	2256.1	2452.2	8.7%	69.0%
European Union	314.9	315.7	314.0	324.3	319.1	310.4	317.7	316.7	294.4	259.9	269.7	3.8%	7.6%
Former Soviet Union	169.1	166.1	166.0	170.3	167.6	161.1	166.8	166.4	177.2	161.1	169.1	5.0%	4.8%

*Commercial solid fuels only, i.e. bituminous coal and anthracite (hard coal), and lignite and brown (sub-bituminous) coal.

†Less than 0.05.

*Less than 0.05%.

Fonte: BP Statistical Review of World Energy. June 2011

Sempre nel 2010 i principali paesi consumatori sarebbero stati la Cina con 1.713,5 Mtep (48,2%), gli Stati Uniti con 524,6 Mtep (14,8%), l'India con 277,6 Mtep (7,8%), il Giappone con 123,7 Mtep (3,5%), la Federazione Russa con 93,8 Mtep (2,6%), il Sud Africa con 88,7 Mtep (2,5%), la Germania con 76,5 Mtep (2,2%), la Corea del Sud con 76 Mtep (2,1%), la Polonia con 54 Mtep (1,5%) e l'Australia con 43,4 Mtep (1,2%).

Incrociando i dati dei produttori con quelli dei consumatori emerge chiaramente come non siano poi molti i paesi in grado di esportare carbone: i due più grandi produttori (Cina e USA) sono anche i più grandi consumatori. Questi riescono a malapena a coprire i propri fabbisogni interni (in realtà dati più recenti dimostrano come la Cina stia diventando un importatore netto). Paesi emergenti come l'India già oggi sono dei grandi importatori.

1.3 La dinamica del prezzo del carbone

Se il **prezzo** per una parte della produzione di carbone è relativamente stabile, non altrettanto si può dire per quello commerciato sul mercato internazionale che tende a variare nel breve periodo (approssimativamente in linea con il prezzo del petrolio e del gas naturale), riflettendo: le dinamiche della concorrenza tra combustibili, l'importanza del petrolio nelle operazioni di estrazione del carbone e il suo costo di trasporto su lunghe distanze. Peraltro, a differenza di quanto avviene per il petrolio, i mercati del carbone sono per così dire regionali e riflettono il costo rilevante dei trasporti e dei relativi aspetti logistici, così i prezzi possono variare anche molto tra le diverse aree geografiche.

Le prospettive per i prezzi del carbone commerciato a livello internazionale sono assai incerte. Il fattore più critico è rappresentato dalle prospettive future per le importazioni in Cina: infatti, visti gli elevati consumi di questo paese, anche se le importazioni fossero una frazione piuttosto piccola della domanda interna, rappresenterebbero comunque una grossa fetta del commercio internazionale di carbone.

E' comunque plausibile attendersi un progressivo aumento dei prezzi del carbone, a mano a mano che la domanda sul mercato internazionale aumenterà. Lo stesso inasprimento della normativa ambientale, volto a contrastare l'inquinamento e le emissioni climalteranti, farà lievitare i costi.

1.4 Ma dov'è il carbone? E quanto ve n'è ancora?

Quando si parla di riserve di carbone, si fa riferimento alla quota di risorse carbonifere di cui è accertata l'esistenza e che sono economicamente recuperabili utilizzando le attuali tecnologie. Tale aspetto risulta estremamente importante giacché **non tutte le risorse esistenti sono realmente sfruttabili a causa dei costi economici ed energetici.**

Secondo la IEA ⁷, le riserve di carbone mondiali, alla fine del 2009, erano pari a circa 1.000 miliardi di tonnellate, equivalenti a 150 anni di produzione mondiale di carbone (su dati consumo 2009). Secondo BP ⁸, invece, a fine 2010 le riserve coprivano circa 118 anni.

In termini di contenuto energetico, stando ai dati IEA, le riserve di carbone sono circa 3,2 volte superiori a quelle del gas naturale e 2,5 volte a quelle del petrolio, ma sono geograficamente più disperse. Sempre secondo la IEA le risorse (quindi non riserve) totali di carbone sarebbero stimate in circa 21.000 miliardi di tonnellate. Questo dato va letto con attenzione in quanto, come detto in precedenza, il fatto che ci sia del carbone da qualche parte nel sottosuolo non significa che sia realmente estraibile a costi economici ed energetici accettabili. Del resto **si sa che circa 90 paesi dispongono di risorse carbonifere, ma il 95% si trova solo in alcune regioni del globo.**

Sempre secondo la IEA, poco meno di tre quarti (725 miliardi di tonnellate) delle riserve mondiali di carbone sono costituite da **antracite**, più della metà della quale si trova solo in due paesi: il 31% negli Stati Uniti e il 25% in Cina. La produzione di antracite è molto più elevata in Cina (che rappresentano quasi la metà della produzione mondiale nel 2009, a fronte di una quota del 16% per gli Stati Uniti), così le riserve cinesi sono inferiori a 70 anni, rispetto ai 250 anni per gli Stati Uniti. La maggior parte del resto delle riserve di antracite del mondo si trovano in India, Russia e Australia. Le riserve mondiali di **lignite** ammontano a poco meno di 280 miliardi di tonnellate e sono distribuite in modo un po' diverso rispetto a quelle di antracite, con quattro paesi che ne detengono la maggior parte: Russia, Germania (il più grande produttore di lignite del mondo nel 2009), Australia e Stati Uniti.

⁷ IEA - World Energy Outlook 2011

⁸ BP Statistical Review of World Energy 2011

Table 11.3 • Coal resources and reserves by region and type, end-2009
(billion tonnes)

	Hard coal		Brown coal		Total	
	Reserves	Resources	Reserves	Resources	Reserves	Resources
North America	232	6 652	33	1 486	265	8 138
Asia-Pacific	309	6 861	76	1 075	385	7 936
E. Europe/Eurasia	124	2 891	108	1 324	232	4 215
Europe	17	467	55	282	72	748
Africa	30	78	0	0	30	79
Latin America	9	28	5	20	15	48
Middle East	1	40	-	-	1	40
World	723	17 017	278	4 187	1 001	21 204

Notes: World excludes Antarctica. Classifications and definitions of hard and brown coal can differ between BGR and IEA due to different methodologies.

Source: BGR (2010).

Fonte: IEA - World Energy Outlook 2011

In realtà i dati sulle riserve e ancora di più quelli sulle risorse carbonifere (ma lo stesso discorso vale per gli altri combustibili fossili) vanno presi con estrema cautela, soprattutto a causa di una certa tendenza da parte dei produttori energetici o dei paesi a sovrastimarle. La stessa IEA sostiene che la produttività delle miniere di carbone è declinata in modo sostanziale negli ultimi cinque anni nei principali paesi produttori, come ad esempio Australia e Stati Uniti. E questo è soprattutto dipeso dall'impoverimento dei giacimenti carboniferi.

Secondo i dati forniti dalla BP ⁹, le riserve di carbone sarebbero quelle riportate nella seguente tabella:

⁹ BP Statistical Review of World Energy. June 2011

Proved reserves at end 2010

Million tonnes	Anthracite and bituminous	Sub-bituminous and lignite	Total	Share of total	R/P ratio
US	108501	128794	237295	27.6%	241
Canada	3474	3108	6582	0.8%	97
Mexico	860	351	1211	0.1%	130
Total North America	112835	132253	245088	28.5%	231
Brazil	–	4559	4559	0.5%	*
Colombia	6366	380	6746	0.8%	91
Venezuela	479	–	479	0.1%	120
Other S. & Cent. America	45	679	724	0.1%	*
Total S. & Cent. America	6890	5618	12508	1.5%	148
Bulgaria	2	2364	2366	0.3%	82
Czech Republic	192	908	1100	0.1%	22
Germany	99	40600	40699	4.7%	223
Greece	–	3020	3020	0.4%	44
Hungary	13	1647	1660	0.2%	183
Kazakhstan	21500	12100	33600	3.9%	303
Poland	4338	1371	5709	0.7%	43
Romania	10	281	291	*	9
Russian Federation	49088	107922	157010	18.2%	495
Spain	200	330	530	0.1%	73
Turkey	529	1814	2343	0.3%	27
Ukraine	15351	18522	33873	3.9%	462
United Kingdom	228	–	228	*	13
Other Europe & Eurasia	1440	20735	22175	2.6%	317
Total Europe & Eurasia	92990	211614	304604	35.4%	257
South Africa	30156	–	30156	3.5%	119
Zimbabwe	502	–	502	0.1%	301
Other Africa	860	174	1034	0.1%	*
Middle East	1203	–	1203	0.1%	*
Total Middle East & Africa	32721	174	32895	3.8%	127
Australia	37100	39300	76400	8.9%	180
China	62200	52300	114500	13.3%	35
India	56100	4500	60600	7.0%	106
Indonesia	1520	4009	5529	0.6%	18
Japan	340	10	350	*	382
New Zealand	33	538	571	0.1%	107
North Korea	300	300	600	0.1%	16
Pakistan	–	2070	2070	0.2%	*
South Korea	–	126	126	*	60
Thailand	–	1239	1239	0.1%	69
Vietnam	150	–	150	*	3
Other Asia Pacific	1582	2125	3707	0.4%	114
Total Asia Pacific	159326	106517	265843	30.9%	57
Total World	404762	456176	860938	100.0%	118
of which: OECD	155926	222603	378529	44.0%	184
Non-OECD	248836	233573	482409	56.0%	92
European Union	5101	51047	56148	6.5%	105
Former Soviet Union	86725	141309	228034	26.5%	452

*More than 500 years.

Source of reserves data: Survey of Energy Resources, World Energy Council 2010.

*Less than 0.05%.

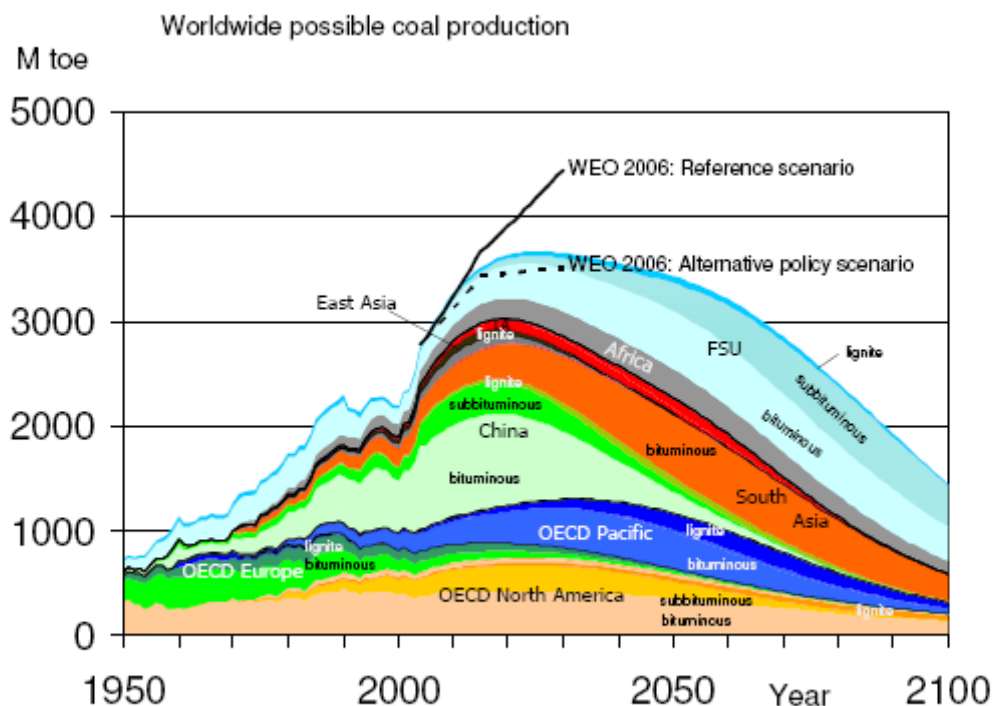
Notes: Proved reserves of coal – Generally taken to be those quantities that geological and engineering information indicates with reasonable certainty can be recovered in the future from known deposits under existing economic and operating conditions. Reserves-to-production (R/P) ratio – If the reserves remaining at the end of the year are divided by the production in that year, the result is the length of time that those remaining reserves would last if production were to continue at that rate.

Fonte: BP Statistical Review of World Energy. June 2011

In realtà ormai da anni esistono importanti studi indipendenti che dimostrano come il carbone non sia poi così abbondante. Ad esempio per gli Stati Uniti le stime “ufficiali” parlerebbero di riserve per quasi 250 anni ma uno studio del 2007, realizzato dalla prestigiosa National Academy of Sciences ¹⁰, le ridimensiona a 100 anni. L'importante studio pubblicato nel 2007 dall'Energy Watch Group ¹¹ stima che il picco mondiale del carbone possa avvenire intorno al 2025.

¹⁰ National Academy of Sciences, 2007. Coal Research and Development to support National Energy Policy.

¹¹ Energy Watch Group. COAL: RESOURCES AND FUTURE PRODUCTION. EWG-Paper No. 1/07



Fonte: Energy Watch Group. COAL: RESOURCES AND FUTURE PRODUCTION

Addirittura secondo uno studio americano (realizzato tra il 2009 e il 2010) e pubblicato sulla rivista scientifica Energy ¹², la produzione mondiale di carbone (tenendo conto delle riserve realmente sfruttabili) avrebbe già raggiunto il picco nel 2011 e si dimezzerebbe nei prossimi 40 anni. In un recente lavoro scientifico ¹³ pubblicato sull'International Journal of Coal Geology, l'esperto David Rutledge stima che **il 90% della produzione totale di carbone sarà esaurita entro il 2070**, entro questa data, da un punto di vista meramente energetico (quindi anche senza considerare gli inconfutabili impatti ambientali/climatici), la specie umana dovrà avere trovato delle valide alternative, soprattutto nella generazione di elettricità.

In ogni caso anche con riserve di carbone ridimensionate, come indicato negli studi sopra citati, **resta il fatto che la quantità di carbonio in esse contenuto sarebbe comunque più che sufficiente a sconvolgere il clima del Pianeta**. E, come più

¹² Patzek, T., Croft, G., 2010. A global coal production forecast with multi-Hubbert cycle analysis. Energy 35, 3109–3122.

¹³ Rutledge D., 2011. Estimating long-term world coal production with logit and probit transforms. International Journal of Coal Geology 85 (2011) 23–33.

volte ha detto James Hansen, uno dei più grandi climatologi mondiali, **l'abbondanza di carbone, lungi dall'essere un motivo di conforto, dovrebbe essere il nostro problema più grande.**

2. I molteplici impatti dell'uso del carbone

L'uso del carbone non solo rappresenta la principale minaccia per il clima terrestre ma è anche una delle maggiori fonti d'inquinamento con impatti assai gravi sulla salute di persone, organismi viventi ed ecosistemi.

E' noto, infatti, come dai processi di combustione si liberino numerose sostanze molte delle quali tossiche, alcune bioaccumulabili, altre cancerogene, ecc. E, **tra tutti i combustibili fossili, sicuramente il carbone è quello che, bruciando, rilascia le maggiori quantità d'inquinanti.** A tal riguardo, in questa sezione, saranno sinteticamente analizzati i principali impatti connessi all'uso del carbone nelle centrali elettriche, anche confrontando gli inquinanti emessi con quelli di una centrale a gas di equivalente potenza.

2.1 Impatti sul clima

Iniziamo dall'analisi delle emissioni di gas a effetto serra ragionando in termini di CO_{2eq} (anidride carbonica equivalente) e tenendo conto, anche, delle fasi di pre-combustione (ossia quelle di estrazione, trasporto, stoccaggio, ecc).

Le emissioni di CO₂, oltre che al tipo di tecnologia impiantistica adottata, sono strettamente legate al tipo di combustibile fossile (petrolio, carbone, gas) impiegato, ovvero al suo contenuto di carbonio. In sostanza l'anidride carbonica liberata da un processo di combustione deve rispettare le leggi della chimica, **così risulta che il carbone, contenendo più carbonio rispetto agli altri combustibili, libera più CO₂.** Oggi, infatti, ancora non sono disponibili meccanismi di cattura adeguati e sicuri del CO₂ che permettano di limitarne l'effetto climalterante e il conseguente impatto ambientale. Le uniche possibilità in questo momento percorribili sono, quindi, di aumentare l'efficienza dell'impianto usando minori quantitativi di combustibile, oppure scegliere la fonte energetica che, a parità di kWh prodotto, presenta le più basse emissioni. All'atto pratico, **anche ricorrendo alla migliore tecnologia a carbone per ogni**

kWh prodotto, emetteremo oltre 750 grammi di CO₂ contro i 370 del gas naturale in impianti a ciclo combinato. Anche tenendo conto delle fasi di pre-combustione, il vantaggio del gas sul carbone rimane notevole: 1 kWh da gas pesa circa la metà di uno da carbone.

Considerando le tecnologie allo stato dell'arte risulta, infatti, che un ciclo combinato a gas ha efficienze del 56% (con punte che arrivano al 60%) mentre un impianto ultra super critico a carbone ha un'efficienza tra il 43 e il 46%. Questo significa che, nelle sole fasi di combustione, l'impianto a carbone emetterà tra 754 e 807 gCO₂/kWh mentre un ciclo combinato a gas ne emetterà meno di 368.

Secondo i sostenitori dell'uso del carbone questi dati sarebbero sensibilmente da rivedere se si considerassero le fasi di pre-combustione, ossia quelle di estrazione, trasporto, stoccaggio, ecc. Infatti, essendo il metano un gas serra più potente (oltre 21 volte) della CO₂, conteggiandone le fughe da attività estrattive o dai metanodotti, i risultati complessivi sarebbero diversi. Ma quanto? La realtà è che esistono molti dati di letteratura scientifica basati sulla metodologia life-cycle (LCA) che pesano le emissioni associate ai differenti combustibili fossili in tutte le fasi del ciclo di utilizzo.

Da questi dati emerge come effettivamente le fasi pre-combustione pesino più per il gas naturale che per il carbone, ma non al punto da annullare lo svantaggio complessivo di quest'ultimo.

Ad esempio in un interessante lavoro del 2007 ¹⁴ relativo alla situazione USA, si legge come, considerando le perdite di gas nell'ordine dell'1,07% (in accordo con i dati EPA del periodo), le emissioni medie di gas serra durante tutto il ciclo di vita per l'energia generata da una centrale a gas dipendono molto (oltre che dall'efficienza dell'impianto) dalla tipologia di gas considerato (è assai diverso parlare di gas convenzionale trasportato via "tubo" o di LNG o di gas sintetico). Parlando di gas naturale convenzionale trasportato con metanodotto, il valore medio di emissione (metodologia LCA applicata alla situazione statunitense) si attesta sulle 1.250 lb CO₂eq / MWh contro un valore medio per il carbone (sempre con metodologia LCA) che è di circa 2.250 lb CO₂eq / MWh.

In un recentissimo e dettagliato lavoro prodotto da Deutsche Bank Group (DB Climate Change Advisors) con la collaborazione tecnica del Worldwatch Institute ¹⁵, sempre

¹⁴ P. Jaramillo et. al. Comparative Life-Cycle Air Emissions of Coal, Domestic Natural Gas, LNG, and SNG for Electricity Generation ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY / VOL. 41, NO. 17, 2007

¹⁵ Comparing Life-Cycle Greenhouse Gas Emissions from Natural Gas and Coal - Deutsche Bank AG and Worldwatch Institute, 2011

avvalendosi della metodologia LCA, si comparano le emissioni di gas serra di carbone e gas naturale. Questo lavoro è particolarmente importante perché tiene conto della recente revisione EPA sui dati delle emissioni pre-combustione che risultano più severi per il gas naturale, anche se si riconosce come le stesse miniere di carbone non siano esenti da fughe di metano. Le formazioni di carbone, infatti, contengono metano, che viene rilasciato quando il carbone è estratto. Il lavoro mostra come, adottando la metodologia LCA (utilizzando i valori medi nazionali di efficienza delle centrali elettriche) e tenendo conto delle più severe stime di emissione calcolate da EPA nel 2011, per il gas si stimano 582 kg CO₂/MWh (11 % superiore rispetto ai dati della metodologia EPA 2010). Il valore per il carbone è 1.103 kg di CO₂/MWh.

Quindi anche usando la più severa metodologia EPA 2011 risulta che, per unità di elettricità generata, le emissioni da gas naturale sono comunque del 47% più basse rispetto a quelle da carbone.

Questi dati sembrerebbero sostanzialmente confermare quanto riportato da precedenti lavori secondo cui tenendo conto delle migliori tecnologie esistenti (ciclo combinato a gas e carbone ultra super critico) e contabilizzando anche le emissioni pre-combustione si sarebbero avuti circa 450 gCO_{2eq}/kWh per il gas naturale contro i circa 845 gCO_{2eq} /kWh per il carbone.

Il fatto che una centrale a carbone emetta un quantitativo di CO₂ quasi doppio rispetto ad un impianto di pari potenza alimentato a **metano rende questo combustibile la scelta peggiore per il conseguimento degli obiettivi di mitigazione climatica.** Il cosiddetto carbone “pulito” (ad esempio quello dell’impianto di Torrevaldaliga Nord a Civitavecchia o quello che si vorrebbe fare con la riconversione di Porto Tolle), che come vedremo tanto pulito non è, comporterà (nella sola combustione) l’emissione di circa 810 g di CO₂ per kWh. Questo significa che la centrale, che ha una potenza di 1.980 MW, potrebbe arrivare a immettere in atmosfera, in un anno, qualcosa come 10,4 milioni di tonnellate di CO₂ (stimando 6.500 ore di funzionamento). E dal momento che la CCS è ben lungi dall’essere una soluzione a portata di mano appare chiaro come l’opzione carbone sia decisamente nemica del clima.

Occorre qui rammentare come efficaci interventi di riduzione delle emissioni di gas serra, oltre ai benefici a più lungo termine legati al contenimento dei danni prodotti dal riscaldamento globale, presentino immediati vantaggi legati alla riduzione degli inquinanti

dannosi per la salute umana ¹⁶. A dimostrazione che puntare su soluzioni energetiche più pulite è sempre un vantaggio per la collettività.

2.2 Impatti sulla salute

Negli ultimi anni si sta molto parlando del così detto “*carbone pulito*”, una definizione impropria e assolutamente fuorviante poiché i dati di emissione di questi impianti (e del combustibile carbone) mostrano performance sensibilmente peggiori rispetto a quelle di un ciclo combinato a gas.

La tecnologia del “*carbone pulito*”, che nulla a che fare con la riduzione delle emissioni di CO₂, è così definita perché gli impianti sono dotati di desolficatori e di denitrificatori, oltre che di filtri a manica; **si tratta in realtà di sistemi che permettono di abbattere solo una parte delle sostanze inquinanti**, quali una frazione degli ossidi di zolfo, di azoto e di particolato, **che comunque continuano a essere sempre nettamente superiori rispetto a quelle di una centrale di pari potenza a ciclo combinato a gas**. I valori relativi alle emissioni (delle sole fasi di combustione) riportati nella sottostante tabella fotografano chiaramente quanto detto:

EMISSIONI SPECIFICHE	SO ₂ mg/kWh	NO _x mg/kWh	PM mg/kWh	CO ₂ g/kWh
Centrale a carbone USC	280	420	71	770
Centrale a ciclo combinato a gas (CC)	2	95	1	368

In sostanza **la migliore tecnologia a carbone (impropriamente detto “pulito”), nonostante la presenza dei desolficatori, presenta livelli di anidride solforosa (SO₂) ben 140 volte superiori rispetto a quelli emessi da un ciclo combinato a gas**. Analogamente la presenza di denitrificatori ha permesso di ridurre le emissioni di ossidi di azoto (NO_x), ma queste restano comunque circa 4,5 volte superiori rispetto a quelle del gas.

Per quanto riguarda le emissioni di “polveri fini” (PM), anche con l’introduzione di filtri a manica, queste risultano ben **71 volte superiori** rispetto a quelle del gas. Occorre però anche dire che la capacità di trattenere il particolato da parte dei filtri si limita al PM10; i filtri sono assai meno efficaci sul PM 2.5 e **praticamente inutili per trattenere le**

¹⁶ X. Wang, K. Smith. Secondary Benefits of Greenhouse Gas Control: Health Impacts in China. VOL. 33, NO. 18, 1999 / ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY 9 3057

polveri ultra fini (PM 0.1, $\phi < 0,1\mu\text{m}$), che, proprio per le loro ridotte dimensioni sono in grado di penetrare negli alveoli polmonari veicolando pericolosi contaminanti all'interno del nostro organismo, fattore questo che costituisce oggi la causa più importante di incremento della mortalità e della morbilità (frequenza di una malattia in una popolazione).

Ma vediamo un poco più da vicino i problemi legati all'inquinamento atmosferico che sono soprattutto causati dai processi di combustione e, tra questi, un ruolo di primo piano lo gioca proprio l'uso del carbone. **E 'ormai riconosciuto, a livello scientifico, come l'inquinamento atmosferico non sia più solo un problema puntuale (cioè locale) ma costituisca, piuttosto, un problema globale** ¹⁷, questo anche a causa della circolazione atmosferica che opera una complessa redistribuzione dei contaminanti.

Peraltro diverse sostanze inquinanti hanno la caratteristica di essere persistenti: **alcuni contaminanti sono stati ritrovati a grandissime distanze rispetto al luogo di produzione e molto tempo dopo il loro rilascio nell'ambiente.**

Un'ampia letteratura scientifica documenta come l'inquinamento atmosferico, prodotto dall'uso dei combustibili fossili, sia causa di gravi patologie umane ¹⁸ oltre che di seri danni all'ambiente.

E' il caso, ad esempio, delle emissioni di **anidride solforosa o biossido di zolfo (SO₂)**, un gas incolore con caratteristico odore pungente e irritante. Oggi questo gas proviene soprattutto dagli impianti termoelettrici a carbone. Anche esposizioni di breve durata possono avere effetti negativi sull'apparato respiratorio. Ovviamente la gravità degli impatti sanitari è correlata alla concentrazione e al periodo di esposizione.

Peraltro l'SO₂, a elevate concentrazioni, determina una riduzione del pH dell'acqua contenuta nell'atmosfera: l'anidride solforosa, infatti, si ossida a SO₃ che, combinandosi con l'H₂O, si trasforma in acido solforico (H₂SO₄), provocando le precipitazioni acide che hanno effetti negativi sui sistemi forestali e sugli ecosistemi lacustri dove possono portare alla distruzione di tutte le forme di vita. Le così dette piogge acide sono peraltro responsabili del grave deterioramento di monumenti ed edifici. Occorre anche rammentare come queste precipitazioni siano dannose per i suoli giacché sottraggono elementi essenziali per la crescita delle piante e per la salute dei microrganismi che vi dimorano.

Analogamente all'SO₂ anche l'**NO₂ (biossido di azoto)**, in normali condizioni atmosferiche, può trasformarsi in acido nitrico (HNO₃) che, come l'acido solforico,

¹⁷ H. Akimoto. Global Air Quality and Pollution. Science 2003, 302, 1716 –1719

¹⁸ B. Brunekreef, S. T. Holgate. Air pollution and health. Lancet 2002, 360, 1233 – 1242.

contribuisce alle precipitazioni acide con impatti simili. Per correttezza d'informazione occorrerà qui rammentare come gli ossidi di azoto (NO_x) abbiano molteplici cause di formazione in quanto diverse sono le fonti di inquinamento.

I processi fotochimici che si possono verificare nell'atmosfera fanno sì che gli ossidi di azoto, reagendo con i composti organici volatili, diano luogo alla formazione di ozono (O₃) che, a livello troposferico, costituisce un inquinante nocivo per la salute delle persone e delle altre specie viventi.

SO₂ e NO₂ sono anche importanti precursori del particolato secondario, quello che si origina da reazioni chimico-fisiche che avvengono nell'atmosfera.

Il **particolato o PM** (acronimo inglese di Particulate Matter), comunemente noto come "polveri sottili", è costituito da una complessa miscela di minuscole particelle dalla composizione chimica (sia organica sia inorganica) estremamente eterogenea e ancora solo parzialmente identificata. Si stima, infatti, che nei PM possano essere presenti centinaia o migliaia di differenti composti organici, molti dei quali nocivi per la salute.

Il particolato atmosferico, a seconda delle dimensioni, è classificato in particelle grossolane, fini o ultrafini. Il particolato *grossolano*, deve essere indicato come PM₁₀ e ha diametro compreso tra 10 e 2,5 µm, quello *fine*, indicato come PM_{2.5}, ha diametro compreso tra 2,5 e 0,1 µm, mentre l'*ultrafine*, indicato come PM_{0.1}, ha diametro inferiore a 0,1 µm ¹⁹.

Una consistente frazione del particolato ultrafino deriva proprio dai processi di combustione. Si tratta di particelle costituite da un nucleo di carbonio rivestito da altre sostanze chimiche, compresi metalli pesanti o composti organici.

Proprio le dimensioni delle particelle e la loro composizione chimica determinano l'entità del rischio per la salute umana. **È assodato come proprio le particelle più piccole siano quelle maggiormente pericolose per la capacità di superare la barriera polmonare ed entrare nel circolo sanguigno.** Per tale motivo un'ampia letteratura scientifica ^{20 21 22} è ormai concorde nel sostenere che ha poco senso ragionare in termini di massa complessiva del particolato emesso da un impianto termoelettrico poiché si finirebbe con attribuire un peso eccessivo al PM₁₀ rispetto al PM_{2.5} e, soprattutto, al

¹⁹ L.M. Brown et al., *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A*, 2000, 358, 2563.

²⁰ L.M. Brown et al., *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A*, 2000, 358, 2563.

²¹ R.M. Harrison et al., Measurement of number, mass and size distribution of particles in the atmosphere. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A* (2000) 358, 2567-2580.

²² S. Ebelt et al., Air Quality in Postunification Erfurt, East Germany: Associating Changes in Pollutant Concentrations with Changes in Emissions *Environ. Health Persp.*, 2001, 109, p325-333.

PM0.1. Infatti, dal momento che il particolato ultrafino non contribuisce in modo significativo alla massa totale del particolato, le misure basate solo sulla massa non rappresentano in modo corretto la sua concentrazione. In sostanza, essendo ogni singola particella ultrafine potenzialmente dannosa per la salute, andrebbe effettuata una quantificazione numerica delle stesse.

Una vasta letteratura scientifica ²³ **documenta come l'esposizione al particolato sia, nel brevissimo periodo, accompagnata da un consistente incremento di casi di morbilità e di mortalità** ²⁴. Ad essere colpiti sono, soprattutto, il sistema respiratorio e quello cardiocircolatorio. Ma molti studi documentano anche il potenziale effetto cancerogeno delle polveri fini e ultrafini: ad esempio è stata dimostrata una correlazione significativa tra aumento delle emissioni di particolato e l'incremento di incidenza dei tumori al polmone ²⁵.

Altro elemento che desta preoccupazione è rappresentato dallo smaltimento della considerevole quantità di ceneri derivante dal processo di combustione. Ad esempio alcuni studi ²⁶ dimostrano che il percolato proveniente dalle discariche che contengono queste ceneri ha un potenziale genotossico e mutageno con evidenti effetti negativi sulla vegetazione e sulle popolazioni umane esposte.

Il problema si pone anche quando le ceneri sono impiegate nella preparazione del cemento.

La combustione del carbone costituisce poi una delle principali cause d'inquinamento da mercurio.

Il mercurio e i suoi composti sono persistenti nell'ambiente ed estremamente tossici per tutte le specie viventi. Sull'uomo, dosi elevate il mercurio possono avere effetto letale, ma anche dosi relativamente ridotte possono provocare impatti molto negativi sullo sviluppo neurologico.

Il mercurio è, infatti, considerato un potente neurotossico per lo sviluppo del nascituro. Questo pericoloso contaminante tende ad accumularsi nei pesci e, soprattutto, nei molluschi (frutti di mare) che, se mangiati dalle donne in gravidanza, arrivano a colpire

²³ L. T. Marufu et al, The 2003 North American electrical blackout: An accidental experiment in atmospheric chemistry. *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, VOL. 31, L13106, doi:10.1029/2004GL019771, 2004

²⁴ B. Brunekreef, S. T. Holgate. Air pollution and health. *Lancet* 2002, 360, 1233 – 1242.

²⁵ C. Pope et al. *Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long term exposure to fine air pollution*. *Journal of American Medical Association*, 2002; 287:1132-1141

²⁶ R. Chakraborty, A. Mukherjee. Mutagenicity and genotoxicity of coal fly ash water leachate. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2009 Mar; 72(3):838-42

direttamente l'embrione, causando ritardo mentale, difficoltà di apprendimento, ritardo nello sviluppo neurologico, deficit del linguaggio, della funzione motoria e dell'attenzione ²⁷. Svitati studi condotti, soprattutto, in nord America, correlano l'esposizione al mercurio con le prime fasi dello sviluppo embrionale. Il mercurio, infatti, convertendosi in metilmercurio (la sua forma più tossica), può superare senza difficoltà la barriera placentare ed emato-encefalica, inibendo così il potenziale sviluppo mentale ancor prima della nascita.

Negli Stati Uniti, dove secondo i dati EPA, il 41% delle emissioni di mercurio nel Paese proviene da impianti a carbone (parliamo di circa 50 tonnellate all'anno di mercurio rilasciate in atmosfera), un'interessante ricerca ²⁸ si è focalizzata sulle conseguenze economiche dell'inquinamento da mercurio prodotto proprio dagli impianti a carbone. Secondo questo lavoro, che ha limitato l'analisi al solo impatto sullo sviluppo neurologico (traducibile in una misurabile perdita d'intelligenza), si è scoperto che **ogni anno un numero di bambini compreso tra 316.588 e 637.233 presenta livelli di mercurio tali da provocare perdita d'intelligenza che, nel corso della vita, si traduce in una perdita concreta di produttività con un danno economico annuo di 8,7 miliardi dollari. Di questi, 1,3 miliardi dollari/anno sono da attribuire alle emissioni di mercurio da impianti a carbone.** Gli autori della ricerca ritengono che questo rilevante tributo costituisca una minaccia alla salute e alla sicurezza economica degli Stati Uniti tale da dover essere preso in seria considerazione nel dibattito sui controlli dell'inquinamento da mercurio.

Un giudizio che sarebbe ancora più severo se si considerassero gli altri conclamati impatti del mercurio sulla salute: è, infatti, scientificamente dimostrato come questo provochi effetti nocivi anche sul sistema cardiovascolare, immunitario e riproduttivo.

Dal processo di combustione del carbone sono rilasciate anche svariate decine di altre sostanze tossiche, che sono causa di gravi patologie. Tra questi ad esempio figurano Arsenico, Cromo e Cadmio, tutti cancerogeni conclamati secondo lo IARC.

²⁷ S. Booth and D. Zeller. Mercury, Food Webs, and Marine Mammals: Implications of Diet and Climate Change for Human Health Environmental Health Perspectives • VOLUME 113 | NUMBER 5 | May 2005 521

²⁸ L. Trasande et al. Public Health and Economic Consequences of Methyl Mercury Toxicity to the Developing Brain. Environ Health Perspect. 2005 May; 113(5): 590–596

Si tratta di dati assai preoccupanti, come ricorda anche un interessante rapporto ²⁹ che si focalizza sulla salute dei bambini esposti alle emissioni inquinanti. Proprio negli Stati Uniti, l'EPA ³⁰ aveva rilevato 67 differenti inquinanti emessi da tali impianti, di cui 55 noti per la capacità di influenzare lo sviluppo del cervello del bambino o il sistema nervoso. Di questi, l'EPA ne ha classificati ben 24 come cancerogeni.

Il problema dell'inquinamento da carbone è particolarmente grave in Cina, dove questo combustibile è diffusamente impiegato (costituendo la fonte primaria di energia). Uno studio pubblicato sul *Journal of the American Academy of Pediatrics* ³¹ riporta come il rapido sviluppo economico del paese sia stato pagato a costo di un gravissimo degrado ambientale che ha colpito la salute di moltissime persone, soprattutto bambini. In Cina ogni anno ci sono oltre 300.000 decessi che si stima dovranno raddoppiare entro il 2020. A questi si devono poi aggiungere ben 20 milioni di casi di malattie alle vie respiratorie. Il tutto con un costo esorbitante per la salute.

Anche in Italia non mancano studi ³² che attestano un aumento significativo di mortalità per tumore al polmone connessa alle emissioni di metalli pesanti provenienti da una centrale a carbone. E' il caso, ad esempio, di La Spezia e provincia (in Liguria) dove, proprio nelle aree con maggiore ricaduta degli inquinanti (soprattutto metalli pesanti) prodotti dell'impianto, si riscontrava il maggior numero di decessi, addirittura più che doppi rispetto alle aree non esposte.

Sempre in Liguria, ma nella provincia di Savona, i dati di mortalità nel periodo 1988-1998 ³³ dimostrano un'incidenza statisticamente significativa di patologie tumorali al polmone, patologie ischemiche cardiovascolari e cerebrovascolari (ictus) ben correlabili con la presenza della centrale a carbone di Vado.

Altro motivo di preoccupazione, derivante dalla combustione del carbone, riguarda **l'emissione di radionuclidi** che comporta una maggiore esposizione alle radiazioni ionizzanti sia per chi lavora nelle centrali a carbone sia per le popolazioni residenti. Al

²⁹ Children at Risk. How Air Pollution from Power Plants Threatens the Health of America's Children. Clean Air Task Force, May 2002

³⁰ U.S. EPA. 1998. Study of hazardous air pollutant emissions from electric utility steam generating units – final report to Congress. February. 453/R-98-004a

³¹ A. Millman et al. Air Pollution Threatens the Health of Children in China. *PEDIATRICS* Volume 122, Number 3, September 2008

³² S. Parodi et al. LUNG CANCER MORTALITY IN A DISTRICT OF LA SPEZIA (ITALY) EXPOSED TO AIR POLLUTION FROM INDUSTRIAL PLANTS, *Tumori*, 90: 181-185, 2004

³³ C Casella et al. Atlante della Mortalità nella Provincia di Savona 1988 – 1998. IST Genova

riguardo svariati studi ³⁴ dimostrano correlazioni significative. Altre ricerche ³⁵ testimoniano la necessità di maggiore attenzione per quanto riguarda l'utilizzo di ceneri volanti e pesanti nei materiali da costruzione per le abitazioni di cui andrebbe sempre valutato il livello di radiazioni emesse.

2.3 Impatti economici

In materia di costi (in primis sanitari) dell'inquinamento esistono diversi lavori scientifici condotti in differenti parti del mondo. Abbiamo già citato la ricerca condotta negli USA sul danno economico prodotto dal mercurio rilasciato dagli impianti ³⁶.

Converrà qui ricordare il progetto ExternE ³⁷ della Comunità europea, teso proprio a valutare i costi esterni dell'energia. Per la prima volta in maniera scientifica e con un massiccio lavoro, che ha visto coinvolti decine di studiosi di una ventina di differenti paesi, fu definita una metodologia per pesare le esternalità ambientali e, soprattutto, sanitarie connesse ai vari usi dell'energia, a iniziare dalla produzione elettrica.

Questo enorme lavoro, durato anni, ha finito con l'attribuire all'inquinamento prodotto dalle centrali termoelettriche un costo, in termini d'impatto sanitario, stimabile in decine di miliardi di euro l'anno, la maggior parte dei quali dipendono proprio dall'uso del carbone, considerato il combustibile con le maggiori esternalità.

Esiste poi un recente rapporto³⁸ dell'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) proprio volto a definire il costo complessivo delle emissioni inquinanti da impianti industriali su salute e ambiente. Gli impianti industriali considerati nel report EEA includono tra gli altri le

³⁴ L.Dai et al. Spatial distribution and risk assessment of radionuclides in soils around a coal-fired power plant: a case study from the city of Baoji, China. Environ Res. 2007 Jun;104(2):201-8. Epub 2007 Jan 22.

³⁵ X.Lu, X.Zhang. Radionuclide content and associated radiation hazards of building materials and by-products in Baoji, West China. Radiat Prot Dosimetry. 2008;128(4):471-6. Epub 2007 Oct 6

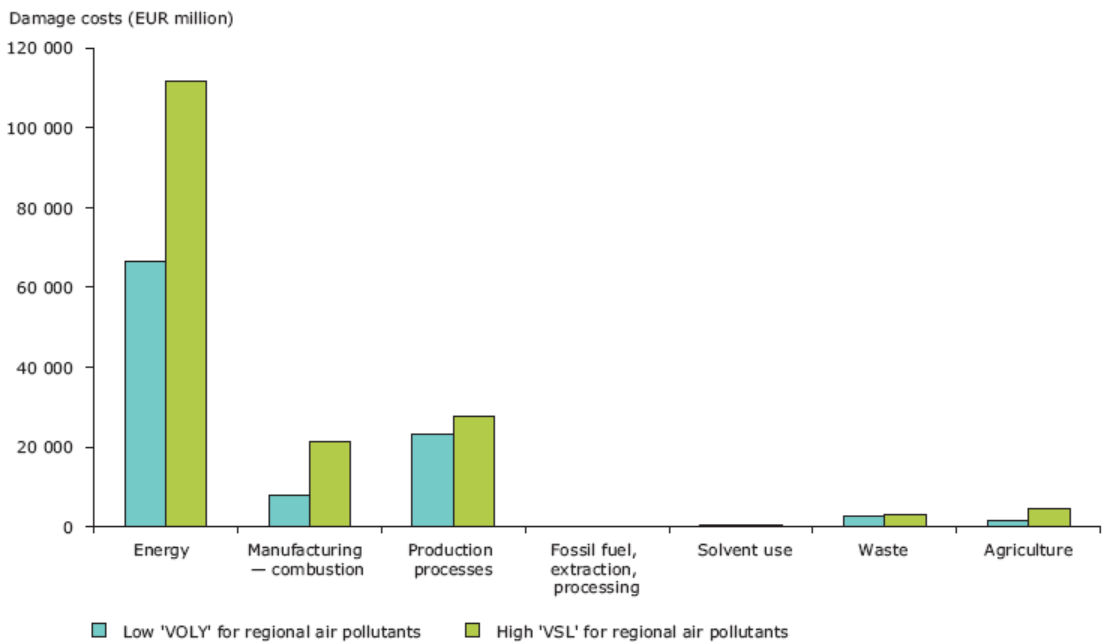
³⁶ L.Trasande et al. Public Health and Economic Consequences of Methyl Mercury Toxicity to the Developing Brain. Environ Health Perspect. 2005 May; 113(5): 590-596

³⁷ EUROPEAN COMMISSION External Costs Research results on socio-environmental damages due to electricity and transport. <http://www.externe.info/>

³⁸ Revealing the costs of air pollution from industrial facilities in Europe - EEA Technical report No 15/2011

centrali elettriche, le raffinerie, le attività industriali con processi di combustione, i rifiuti, alcune attività agricole. Il rapporto, avvalendosi dei dati contenuti nel Registro europeo delle emissioni (E-PRTR) fotografa il contributo dei diversi settori. Emerge che nel 2009 in Europa il costo dei danni causati dalle emissioni degli impianti industriali è stimato essere almeno pari a 102-169 miliardi di euro e che un numero limitato di grandi impianti è responsabile della maggior parte dei costi dell'inquinamento. **Il settore della generazione elettrica dà il maggiore contributo d'inquinamento, cui corrispondono costi dell'ordine di 66-112 miliardi di euro.** Se si escludono i costi dei danni provocati dalla CO₂, i costi del settore oscillano tra 26 e 71 miliardi di euro.

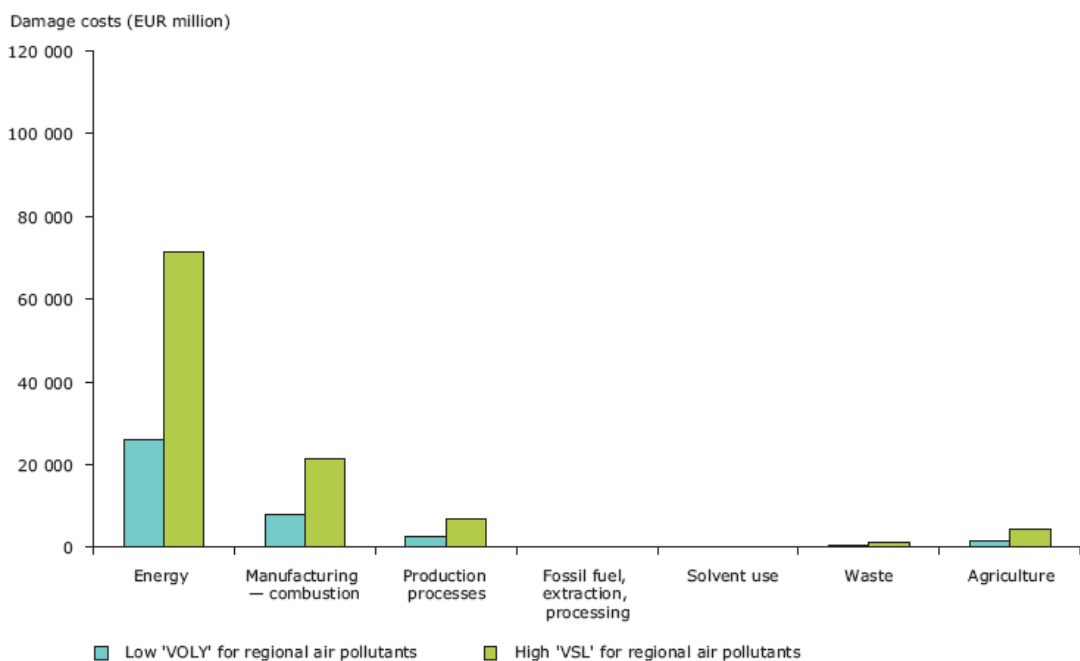
Figure 3.6 Damage costs aggregated by sector including CO₂



Note: The low-high range shows the differing results derived from the alternative approaches to mortality valuation for the regional pollutants.

Fonte: Revealing the costs of air pollution from industrial facilities in Europe - EEA Technical report No 15/2011

Figure 3.7 Damage costs aggregated by sector excluding CO₂



Note: The low-high range shows the differing results derived from the alternative approaches to mortality valuation for the regional pollutants.

Fonte: Revealing the costs of air pollution from industrial facilities in Europe - EEA Technical report No 15/2011

In un recente lavoro ³⁹, si analizza quanto sta avvenendo in Cina, dove la forte crescita economica è accompagnata da un diffuso inquinamento che sta provocando ingenti danni all'ambiente e alla salute delle persone. Un fatto che, paradossalmente, finisce per contrastare proprio la crescita economica. Questo, come altri studi, puntano il dito, in primis, contro l'uso del carbone, diffusamente impiegato in Cina. L'inquinamento atmosferico provoca conseguenze gravi come riduzione dell'aspettativa di vita, bronchite cronica o effetti negativi sull'ambiente in termini di perdita di colture agricole o acidificazione degli ecosistemi con pesanti ripercussioni proprio sul piano economico. **Nell'articolo si stima che gli impatti ambientali e sanitari dell'inquinamento pesino fino all'8% del PIL del paese.**

Sempre per restare alla situazione cinese, uno studio ⁴⁰ stimava in 3,5 miliardi di dollari (nel periodo 2002-2011) i benefici economici derivanti dalla riduzione dell'inquinamento atmosferico, solo relativi alle malattie respiratorie nei bambini.

³⁹ T. Heck, S. Hirschberg. China: Economic Impacts of Air Pollution in the Country. Encyclopedia of Environmental Health, 2011, Pages 625–640

⁴⁰ R. Mead, V. Brajer. Protecting China's children: valuing the health impacts of reduced air pollution in Chinese cities. *Environ Dev Econ.* 2005;10(6):745–768

2.4 E gli impatti non finiscono qui!

Nel valutare l'impatto ambientale complessivo delle centrali a carbone (anche quello "pulito") non basta però considerare le varie emissioni inquinanti o climalteranti ma è **importante tenere conto di altri aspetti che pesano, e non poco, sul ciclo di vita di questo combustibile.**

Ad esempio andrebbe considerato il problema della dispersione delle polveri durante le operazioni di **approvvigionamento delle materie prime e della movimentazione dei materiali da smaltire** (carbone, calcare, gesso e ceneri). Aspetti che conducono anche il discorso sul tema dei flussi di materiali: dai residui delle attività estrattive (coltivazioni minerarie) ai rifiuti del processo di generazione elettrica. **Stesso discorso andrebbe fatto per il consumo di acqua** ⁴¹. Si stima che **per ogni MWh prodotto da carbone (con migliore tecnologia) si generi un flusso di materiali oltre 20 volte superiore quello prodotto da gas naturale** (di tipo convenzionale) impiegato in un ciclo combinato. Analogamente il flusso di acqua usato in tutto il ciclo di vita del combustibile carbone può arrivare a essere anche 100 volte superiore rispetto a quelle del gas naturale convenzionale.

Occorre anche sottolineare come proprio i miglioramenti conseguiti nel contenimento delle emissioni da parte delle centrali elettriche a carbone (è proprio il caso del carbone "pulito") abbiano, come contropartita, **un aumento della produzione di rifiuti, che in alcuni casi sono anche estremamente pericolosi**: i residui della combustione costituiti da ceneri volanti, ceneri pesanti e scorie di carbone contengono un'ampia gamma di metalli pesanti tossici che, se non correttamente gestiti, possono comportare grave rischio per la salute umana e l'ambiente.

Più in generale **nell'Unione Europea, dalla produzione di energia elettrica da carbone, si genera quasi il 4% della produzione totale dei rifiuti provenienti dalle attività economiche.** Negli Stati Uniti, ogni anno oltre 130 milioni di tonnellate di rifiuti sono generati dalle centrali a carbone.

Occorre, infatti, avere presente come una centrale della potenza di circa 2.000 MW (ad es. come quella di Civitavecchia o quella che si vorrebbe realizzare a Porto Tolle nel delta del Po), brucia fino a 5.000.000 di tonnellate all'anno di carbone che producono oltre 550.000 tonnellate di ceneri da smaltire. Inoltre, si consumano oltre 180.000 tonnellate anno di

⁴¹ Gleick, P.H. (1994). Water and Energy. *Annual Review of Energy and the Environment*, 19: 267-299.

calcare per i filtri desolfuratori e 13.000 tonnellate di urea per i denitrificatori. Una simile centrale consuma poi oltre 1 milione di metri cubi di acqua all'anno per gli impianti di raffreddamento e quasi 2,5 milioni per i desolfuratori. L'impianto produce ogni anno quasi 1 milione di metri cubi di acque inquinate e 6.000 tonnellate di fanghi derivanti dal trattamento delle acque che devono essere smaltite in discariche per rifiuti speciali.

3. Il carbone in Italia

Attualmente in Italia sono in funzione 13 centrali a carbone, assai diverse per potenza installata e anche per la tecnologia impiegata.

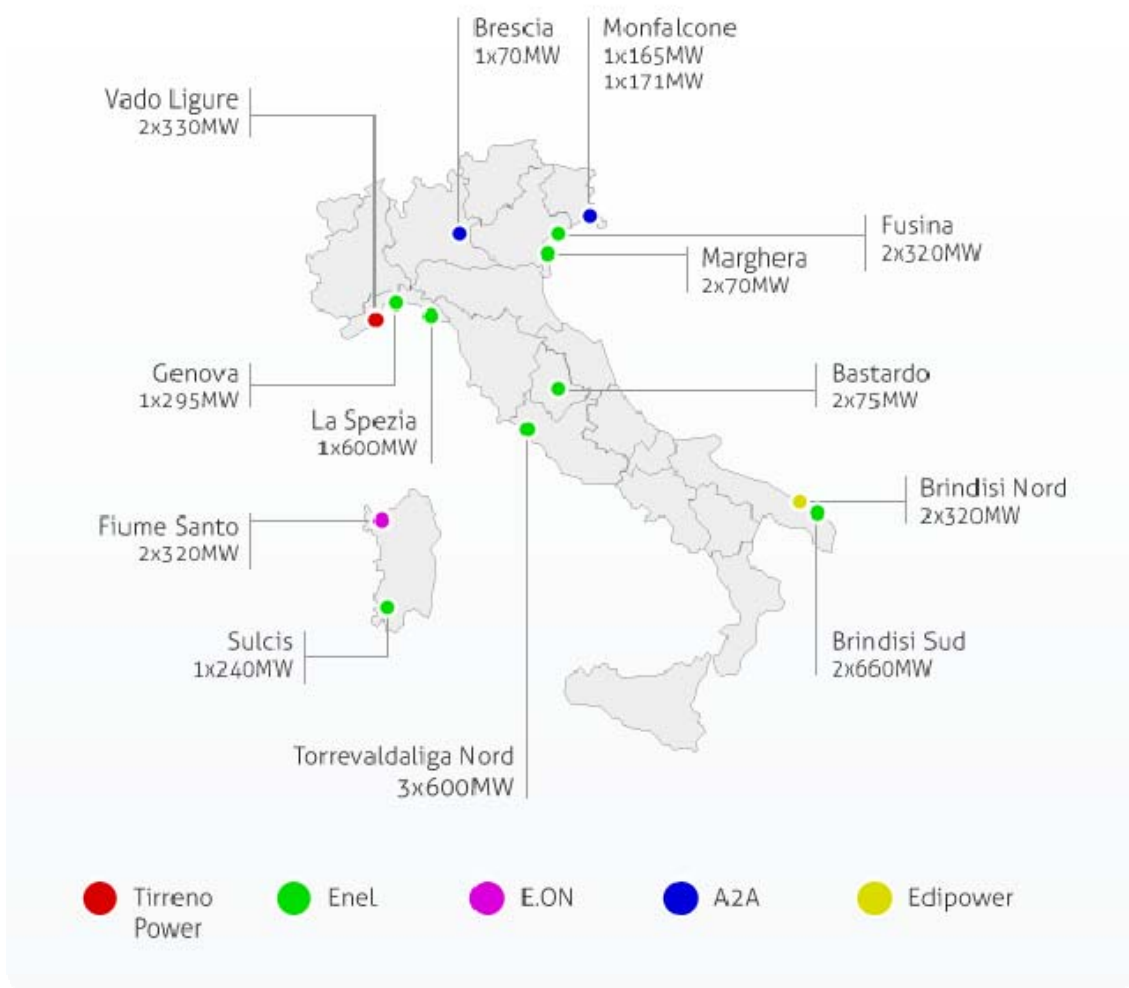
Questi impianti hanno prodotto circa 39.745 GWh nel 2009 e 39.734 GWh nel 2010, contribuendo rispettivamente all'11,9% e all'11,6% ⁴² del fabbisogno elettrico complessivo.

A fronte di questi dati, tutto sommato abbastanza modesti, scopriamo che gli impianti a carbone hanno prodotto circa 35 milioni di tonnellate di CO₂ corrispondenti a oltre il 30% di tutte le emissioni del sistema elettrico nazionale ⁴³.

Il carbone usato da questi impianti è sostanzialmente tutto d'importazione, dal momento che il nostro Paese non dispone di risorse carbonifere adeguate allo sfruttamento, sia in termini quantitativi sia qualitativi, ad esempio il poco carbone presente nel Sulcis (in Sardegna) ha un tenore troppo alto di zolfo (circa il 6%, vale a dire dieci volte quello del carbone d'importazione).

⁴² Terna. Dati statistici sull'energia elettrica in Italia. 2010

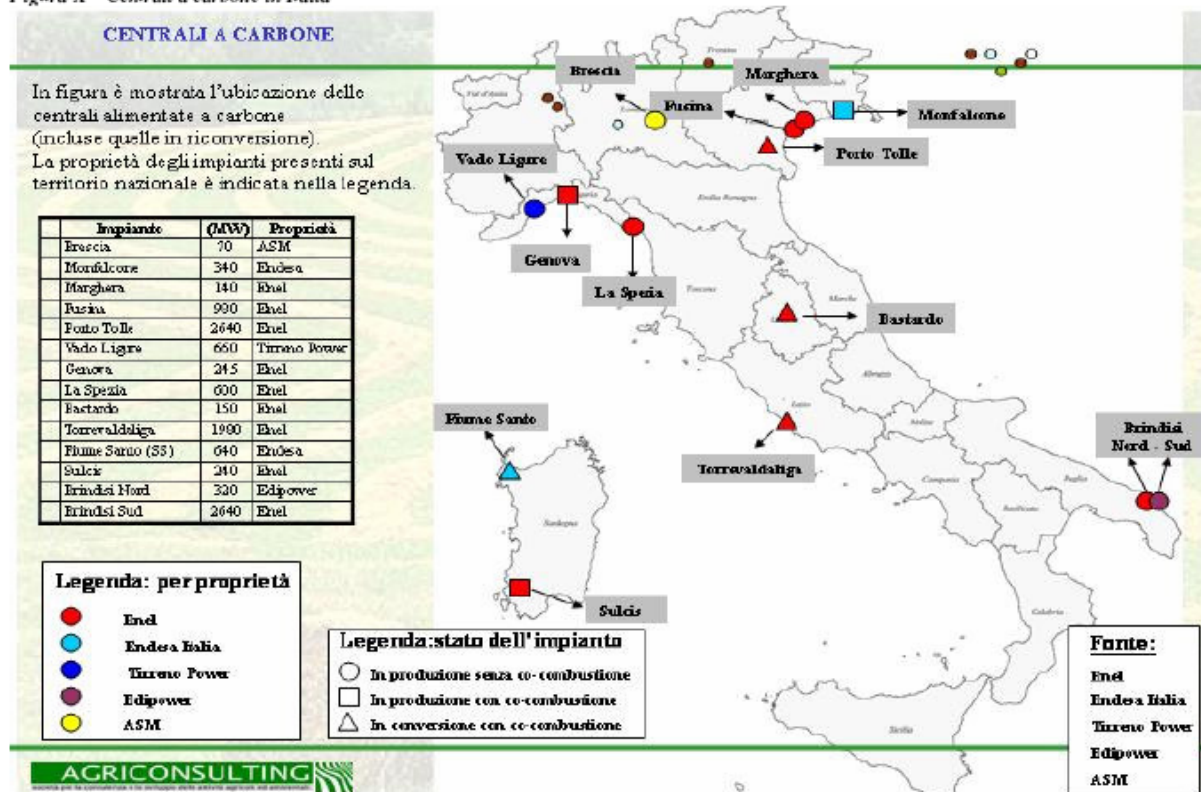
⁴³ Ispra. Produzione termoelettrica ed emissioni di CO₂. ISPRA, Rapporti 135/2011



Fonte: ASSOCARBONI

La mappa di Assocarboni contiene alcuni errori, si noti ad esempio il dato di potenza per Brindisi Sud (2x660 MW), quando invece l'impianto dispone di 4 gruppi da 660 MW, come si vede anche nella seguente figura che riporta anche alcuni degli impianti per cui è prevista la riconversione a carbone (ad esempio Porto Tolle).

Figura X – Centrali a carbone in Italia



Più precisamente oggi in Italia sono previsti diversi progetti d'impianti a carbone: si va dalla già autorizzata realizzazione di un nuovo gruppo da 460 MW a Vado Ligure (di proprietà Tirreno Power) alla riconversione della centrale di Porto Tolle (1.980 MW) di proprietà Enel. E' in fase di VIA un impianto ex-novo a Saline Joniche in Calabria (1.320 MW) della società SEI, nella stessa regione ogni tanto si torna a parlare della riconversione di Rossano Calabro (1.200 MW) di proprietà Enel (ma il parere VIA è stato negativo), in Sardegna oltre alla già autorizzata centrale di Fiume Santo (410 MW) di proprietà E.On si ipotizzava anche un nuovo impianto nel Sulcis.

4.1 Le centrali a carbone italiane attualmente operative

→ BRINDISI SUD - FEDERICO II

La centrale Federico II di proprietà Enel, localizzata a Cerano (circa 12 km da Brindisi), è composta da 4 gruppi da 660 MW (potenza complessiva 2.640 MW). Si tratta del più grande impianto in Italia interamente alimentato a carbone. La centrale nel 2005 aveva consumato oltre 6 milioni di tonnellate di carbone emettendo oltre 15 milioni di tonnellate

di CO₂, valore poi sceso negli anni successivi (ultimo dato registrato 11,5 Mt) a causa del minor numero di ore di funzionamento dell'impianto. La Federico II rimane comunque l'impianto termoelettrico con maggiori emissioni di CO₂ a livello nazionale.

La centrale dispone di un enorme parco carbonifero (circa 11 ettari) costituito da carbonili non coperti che, insieme al nastro trasportatore, rilasciano polveri tossiche responsabili della contaminazione di vasti appezzamenti di terra resi, di fatto, non più coltivabili con grave danno per l'economia locale oltre che per l'ambiente. A tale proposito è del 2007 l'ordinanza del sindaco di Brindisi con cui si fa divieto di praticare colture alimentari nei pressi della centrale. Un successivo accordo tra le parti, mai divenuto operativo, prevedeva misure per il passaggio a colture "no-food".

La Regione Puglia aveva chiesto a Enel di ridurre le emissioni dell'impianto, oltre che sanare la disastrosa situazione dei carbonili. Tali richieste, peraltro considerate assolutamente inadeguate dalle principali associazioni ambientaliste, non sono state ottemperate dall'azienda.

Altro elemento di forte preoccupazione è connesso con la gestione delle enormi quantità di rifiuti che l'impianto produce. Un'accurata indagine giudiziaria ha portato alla scoperta d'inquietanti traffici illeciti di rifiuti pericolosi (prodotti appunto dall'impianto di Cerano) che, invece di essere gestiti a norma, venivano illegalmente smaltiti in Calabria. L'indagine ha accertato il coinvolgimento di funzionari e dirigenti dell'azienda.

→ **BRINDISI NORD**

L'impianto di proprietà Edipower (nome dietro cui si trovano altre società) è costituito da 4 gruppi a carbone da 320 MW per una potenza complessiva di 1.280 MW. Si tratta di un vecchio impianto risalente alla seconda metà degli anni sessanta che, per ragioni economiche, negli ultimi anno ha lavorato a metà potenza. Attualmente è sostanzialmente fermo in attesa che vengano definiti i nuovi assetti societari da cui si capirà se si procederà a una riconversione ad altro combustibile, magari CDR o rifiuti. In passato era anche stato ipotizzato di riconvertire alcuni gruppi a gas naturale.

Negli anni anche la presenza di vasti carbonili non coperti è stata causa di gravi fenomeni d'inquinamento.

→ **TORREVALDALIGA NORD (CIVITAVECCHIA)**

La centrale di Torre Nord di proprietà Enel è composta da tre nuovi gruppi da 660 MW (potenza complessiva 1.980 MW) derivanti dalla riconversione (completata nel 2010) del precedente impianto a olio combustibile denso che contava 4 gruppi da 660 MW (potenza

complessiva 2.640 MW). L'attività di riconversione è stata fortemente osteggiata da cittadini, agricoltori, allevatori, operatori turistici e, ovviamente dalle associazioni ambientaliste: innumerevoli sono state le iniziative di protesta contro questo progetto. Tra le molte ragioni giustamente addotte dalle comunità locali vi è il fatto che tale impianto viene a collocarsi in quello che è considerato il maggiore polo termoelettrico italiano, andando infatti a insistere in un comprensorio che vede la presenza della centrale di Montalto di Castro (3.600 MW) sempre di proprietà Enel e di Torrealvaldliga Sud (1.200 MW) di Tirreno Power. Un'area quindi già fortemente impattata da simili infrastrutture.

Peraltro il nuovo impianto a carbone di Torre Nord, già nelle fasi di cantiere ha sortito una serie di gravi effetti sull'ambiente marino: le opere portuali realizzate per consentire l'attracco delle navi carboniere hanno comportato la distruzione di una delle più importanti praterie di posidonia (*Posidonia oceanica*) del Mediterraneo a dimostrazione di come certe infrastrutture siano devastanti per molti ecosistemi fragili e pregiati.

Questi e altri problemi dovevano essere oggetto di analisi da parte di un Osservatorio Ambientale appositamente istituito, ma i risultati ottenuti da questo organismo sono ben al di sotto delle aspettative.

→ VADO LIGURE

L'impianto di proprietà di Tirreno Power (società controllata, tra gli altri, da Sorgenia), che si colloca in pieno centro abitato dell'omonimo paese (a una distanza di pochi km da Savona), è attualmente composto da 4 gruppi di cui due da 330 MW (660 MW) sono alimentati a carbone mentre gli altri due (precedentemente alimentati a olio combustibile) sono stati riconvertiti a gas naturale e potenziati. In più è stata autorizzata la costruzione di un nuovo gruppo a carbone da 460 MW che comporterebbe un aumento delle emissioni di CO₂ di circa 2,4 milioni di tonnellate l'anno.

Questo progetto, ha avuto parere VIA ministeriale favorevole, malgrado la forte opposizione a livello locale sia da parte degli enti pubblici sia, soprattutto, delle popolazioni coinvolte. Il progetto sembra gravato da pesanti vizi procedurali anche per quanto attiene alla procedura di autorizzazione integrata ambientale.

→ LA SPEZIA - EUGENIO MONTALE

Impianto di proprietà Enel costituito da due gruppi da 300 MW alimentati a gas e uno da 600 MW alimentato a carbone (ma con l'opzione di usare anche CDR e rifiuti). L'impianto, che originariamente (anni '60) aveva una potenza complessiva superiore a 1.800 MW, nasceva proprio all'interno dell'abitato cittadino, aspetto che fin dall'inizio provocò forti

contrasti e opposizioni da parte degli abitanti che, nel 1990, con un referendum popolare, espressero la volontà di far chiudere l'impianto entro il 2005. Evidentemente le cose non sono andate come loro volevano, l'impianto continua a funzionare, anche se con una potenza inferiore a quella di partenza (oggi siamo appunto a 1.200 MW) e con un processo di miglioramento tecnologico (conversione di due gruppi a cicli combinati a gas e applicazione di desolfuratori e denitrificatori al rimanente gruppo a carbone/policombustibile). Del resto queste misure si erano rese indispensabili anche a seguito di studi e perizie che avevano evidenziato il grave stato d'inquinamento prodotto dal vecchio impianto. Aspetto per cui l'Enel avrebbe anche dovuto pagare ingenti somme risarcitorie e su cui sono ancora in corso azioni legali.

→ FUSINA - ANDREA PALLADIO

La centrale di proprietà Enel, che si colloca nella zona industriale di Porto Marghera (Venezia), è costituita da 5 gruppi (potenza complessiva di oltre 1.100 MW), quattro dei quali alimentati a carbone con co-combustione di una frazione di CDR, una quinta sezione era in passato alimentata a olio combustibile, ma attualmente è ferma per ragioni economiche.

E' allo studio il progetto di adeguamento per l'impiego in co-combustione di CDR (fino al 10%) nelle sezioni 3 e 4, un'opzione che non rappresenta certo un miglioramento ambientale sia sul piano delle emissioni sia, soprattutto, su quello della competizione con forme più virtuose di gestione dei rifiuti.

→ MONFALCONE

L'impianto, recentemente acquistato del gruppo A2A (precedentemente della E.On e prima ancora della Endesa), è attualmente costituito da due gruppi a carbone (165 e 171 MW) e due a olio combustibile (2x320 MW) per una potenza complessiva di circa 976 MW. I due gruppi a carbone furono realizzati nel corso degli anni '60 mentre quelli a olio combustibile negli anni '80. Solo nel 2008 sono stati installati i desolfuratori per i gruppi a carbone.

I due gruppi a olio combustibile dovrebbero essere dismessi in un prossimo futuro (si parla del 2013) ma è da tempo in discussione la riconversione a altre forme di combustibile. Il vecchio progetto Endesa prevedeva da prima la riconversione a carbone dei due gruppi a olio combustibile, ma poi a causa della fortissima opposizione locale, l'azienda fu costretta a riformulare il progetto prendendo in considerazione la possibilità di passare al gas naturale. Ma questa ipotesi era anche condizionata dalla possibilità di realizzare un apposito gasdotto. Rimane quindi un punto interrogativo sul loro destino. Per quanto

riguarda i due gruppi a carbone invece l'A2A starebbe valutando la possibilità di riconvertirli a carbone di ultima generazione (ultra super critico). Ma è ancora tutto in fase di definizione.

→ **SULCIS - GRAZIA DELEDDA**

Impianto di proprietà Enel costituito da quattro gruppi. I due più vecchi (risalenti agli anni '60) a olio combustibile sono, di fatto, in riserva, quindi fermi. Un gruppo a carbone da 240 MW degli anni '80 e uno più recente (del 2006) da 350 MW costituiscono le unità funzionanti. Si tratta di uno degli impianti meno efficienti presenti in Italia e, quindi, caratterizzato da emissioni specifiche di CO₂ molto elevate.

A proposito del Sulcis

Il Sulcis è un vecchio distretto carbonifero ma la qualità del combustibile è considerata pessima a causa dell'elevatissimo tenore di zolfo (10 volte superiore rispetto a quello d'importazione) che ne rende piuttosto problematico l'impiego, una delle ragioni per cui è scarsamente richiesto. E' forse anche questo uno dei motivi per cui l'ipotesi di costruire un nuovo impianto, integrato alla ripresa delle coltivazioni minerarie, in passato aveva trovato poco spazio. Un progetto che sarebbe stato reso possibile solo grazie a impropri finanziamenti in regime CIP6 (neanche si fosse trattato di fonti rinnovabili) e che si sperava fossero definitivamente decaduti. Ma, purtroppo, proprio di recente, si è tornato a parlare di progetto integrato che, grazie alla scusa di dotarlo anche di tecnologia CCS, sembrerebbe avere trovato diversi consensi, forse anche a livello europeo. In sostanza il nuovo progetto, fortemente sostenuto dalla regione Sardegna che vuole rilanciare il distretto minerario rendendolo un polo di ricerca e sperimentazione sul "carbone pulito", dovrebbe prevedere la costruzione di un nuovo impianto ultra super critico, della potenza di 450 MW, integrato allo sfruttamento della miniera di Nuraxi Figus (che dovrebbe coprire circa il 50% del fabbisogno della centrale, la restante parte sarebbe importata dall'estero), il tutto dotato di un impianto dimostrativo di cattura e confinamento della CO₂ (delle 2,6 milioni di tonnellate di CO₂ prodotte ogni anno, circa 1,65 sarebbero catturate). Nell'ipotesi progettuale (che vede la partecipazione dell'ENEA, del Ministero dello Sviluppo Economico e di Sotacarbo) si parla del ricorso a finanziamenti pubblici previsti dalle norme vigenti e forse anche degli incentivi CIP6, di fatto assimilando il carbone alle rinnovabili.

→ FIUME SANTO

Impianto attualmente di proprietà di E-On (precedentemente di Endesa) era originariamente costituito da 4 gruppi: due da 160 MW costruiti negli anni '80 e alimentati a olio combustibile e due, da 320 MW, realizzati nella prima metà degli anni '90 alimentati a orimulsion. Questi ultimi due furono convertiti a carbone nel 2003, contro l'esplicita volontà della popolazione locale.

Anche i due vecchi gruppi a olio dovrebbero essere sostituiti con uno nuovo (410 MW) a carbone super critico. Un progetto che peggiorerebbe non poco la già difficile situazione ambientale: l'entrata in funzione del nuovo gruppo, infatti, comporterebbe un raddoppio del consumo di carbone.

→ GENOVA – LANTERNA

Impianto di proprietà Enel prende il suo nome dalla localizzazione proprio sotto il simbolo monumentale di Genova. L'impianto costituito da tre gruppi, per complessivi 300 MW, fu terminato nei lontani anni '50 e sarebbe già dovuto essere chiuso, vista anche la sua infelice collocazione, praticamente a ridosso del centro della città. Solo di recente è stato presentato un piano di dismissione dell'obsoleta centrale ma, se tutto va bene, questa avverrà nel 2017.

→ BASTARDO - PIETRO VANNUCCI

Impianto di proprietà Enel costituito da due gruppi da 75 MW alimentati a carbone. L'impianto, piuttosto datato (anni '60), costituisce una vera anomalia: a differenza di tutti gli altri che sono collocati sulla costa (o su un'importante via d'acqua), per renderne più facile l'approvvigionamento di combustibile, è situato in pieno entroterra (provincia di Perugia). Questo fa sì che per i rifornimenti si debba fare ricorso al trasporto prima con treni (dal porto di Ancona alla stazione di Foligno) poi con camion. Il tutto con un ulteriore peggioramento delle performance ambientali complessive (comprese le emissioni di CO₂). Va peraltro detto che l'impianto mostra dati di emissione estremamente elevati per numerosi inquinanti (tra cui mercurio e arsenico) che si accompagnano a preoccupanti dati di tipo epidemiologico. L'opposizione dei cittadini si scontra con gli interessi aziendali e con il sempre presente ricatto occupazionale.

→ MARGHERA - GIUSEPPE VOLPI

Impianto di proprietà Enel, costituito da due gruppi da 70 MW, si colloca nella omonima zona industriale. Si tratta di una vecchia centrale costruita negli anni '50 e priva di moderni sistemi di filtraggio dei fumi (mancano i desolforatori). L'obsolescenza e la bassa efficienza impiantistica fanno sì che le emissioni specifiche di CO₂ siano tra le più alte in Italia.

→ BRESCIA – LAMARMORA

Impianto della A2A è costituito da tre gruppi di cui uno da 70 MW può essere alimentato a carbone.

4.2 Progetti prossimi venturi

→ PORTO TOLLE

Impianto di proprietà Enel con le stesse caratteristiche di quello (vecchio) di Torrevaldaliga Nord: conta 4 gruppi da 660 MW (potenza complessiva 2.640 MW) alimentati a olio combustibile. La centrale è oggi, di fatto, quasi completamente ferma perché diseconomica e attende di essere riconvertita a carbone, così come già avvenuto a Civitavecchia. Anche qui, infatti, il nuovo impianto sarà costituito da 3 gruppi da 660 MW (per complessivi 1.980 MW) con tecnologia super critica.

La centrale si colloca nel Parco Regionale del Delta del Po in Veneto, di fatto a ridosso del confine con l'Emilia Romagna. Si tratta di un'area dall'elevato pregio naturalistico che vede, tra l'altro, la presenza di siti d'interesse comunitario (SIC) e una zona umida protetta dalla convenzione Ramsar. Ragioni per cui massimo dovrebbe essere il livello di tutela. Purtroppo i fatti hanno dimostrato come il vecchio impianto a olio combustibile abbia già arrecato non pochi danni, provocando gravi fenomeni d'inquinamento e danni alle persone, motivi per cui, nel 2006, furono condannati i massimi dirigenti Enel e i gestori dell'impianto, riconosciuti responsabili di mala gestione dell'impianto. In realtà l'attività della magistratura è proseguita e, anche grazie ai risultati di uno studio epidemiologico effettuato dalle Asl di Rovigo e Adria, oltre che all'attività delle stesse associazioni ambientaliste e dei cittadini, nel 2012 si è arrivati al rinvio a giudizio dei responsabili dell'azienda.

In una situazione tanto delicata che avrebbe dovuto spingere verso la soluzione più sostenibile, ossia la chiusura e dismissione dell'impianto, da anni l'azienda persegue il progetto di riconversione a carbone, il tutto in esplicito contrasto con la stessa normativa

regionale (L.R. 36/1997) che recitava: "*Nell'ambito dell'intero comprensorio dei comuni interessati al Parco del Delta del Po si applicano le seguenti norme: a) gli impianti di produzione di energia elettrica dovranno essere alimentati a gas metano o da altre fonti alternative di pari o minor impatto ambientale*".

Una norma talmente chiara che, in qualsiasi paese civile e democratico, avrebbe impedito il proseguimento dell'iter di riconversione, ma in Italia le cose vanno diversamente: il governo nazionale si era espresso a favore della riconversione (con pronunciamento positivo dell'ufficio VIA del Ministero dell'Ambiente), il Consiglio di Stato aveva annullato il parere VIA accogliendo il ricorso delle associazioni ambientaliste, ma al contempo si suggeriva alla regione Veneto di superare il problema andando a modificare la legge regionale 36 con cui si istituiva il Parco del Delta del Po che rappresentava il principale elemento ostativo. E la regione ha prontamente accolto il suggerimento. Come a dire: se una legge impedisce di realizzare progetti insostenibili, allora è meglio modificarla...

Occorre qui rammentare come la riconversione a carbone comporterà un incremento di tutte le emissioni, questo anche in considerazione del fatto che il vecchio impianto a olio combustibile ormai da anni sta funzionando a regime ridotto (e, come detto in precedenza, è oggi sostanzialmente fermo), mentre quello nuovo (a carbone) sarà attivo per circa 6.500 ore anno. Il quantitativo di inquinanti emessi, infatti, è funzione non solo della tecnologia e del combustibile adottati ma anche del numero di ore di funzionamento, così l'impianto riconvertito provocherà emissioni di CO₂ anche superiori a 10,5 milioni di tonnellate annue, a cui si aggiungeranno quelle di tutti gli altri inquinanti puntali (dagli ossidi di zolfo a quelli di azoto, dalle polveri fini e ultrafini ai composti organici, ecc.), senza considerare il passaggio di imbarcazioni per il trasporto del carbone, del calcare, delle ceneri, ecc.

→ SALINE JONICHE

Quello di Saline Joniche, in provincia di Reggio Calabria, è il più grande progetto di costruzione ex-novo di una centrale a carbone in Italia. Si tratta, infatti, di un impianto costituito da 2 gruppi da 660 MW (per complessivi 1.320 MW) con tecnologia ultra super critica. Il progetto è stato presentato da SEI spa, una società di progetto partecipata per il 57,5% dal gruppo svizzero Repower A.G., per il 20% dal Gruppo Hera, per il 15% da Foster Wheeler Italiana S.r.l. e per il 7,5% da Apri Sviluppo S.p.A.

L'impianto, che avrebbe avuto un primo parere favorevole da parte dell'ufficio VIA del Ministero dell'Ambiente, si colloca in una vecchia area industriale devastata da stabilimenti (Liquichimica) e infrastrutture mai decollati, come molte altre opere realizzate nel mezzogiorno d'Italia, che testimoniano la quantomeno distorta visione di quale

sviluppo dare a certe aree. Stiamo infatti parlando di luoghi di grande bellezza e con elevati valori naturalistici che avrebbero dovuto portare a investire in una valorizzazione turistica di qualità, rispettosa degli equilibri ambientali e paesaggistici, e non sulla costruzione di inutili, quanto dannose, cattedrali nel deserto, antitetiche ad uno sviluppo sostenibile e duraturo. Occorre anche ricordare come proprio quest'area industriale sia stata fortemente voluta dalla Ndrangheta che vi si è arricchita grazie alla distrazione (per non dire complicità) di una classe politica poco propensa alla tutela dei beni ambientali e sociali. E il rischio d'infiltrazione malavitose è estremamente elevato anche nel nuovo progetto impiantistico.

5. Cattura e sequestro del carbonio (CCS)

5.1 Cos'è la CCS

Il carbone è la fonte fossile più abbondante e la più impiegata nella generazione elettrica ma è anche quella con le più alte emissioni specifiche di gas serra (1 kWh da carbone produce circa il doppio della CO₂ di uno da gas naturale).

Per continuare a usare il carbone si è pensato, quindi, di sequestrare l'anidride carbonica prima che sia rilasciata in atmosfera. A tale proposito sono allo studio una serie di tecnologie finalizzate a catturare e sequestrare questo gas, si parla appunto di Carbon Capture and Storage (CCS). In sostanza la CCS è considerata una delle possibili opzioni per stabilizzare la concentrazione atmosferica di CO₂. **In nessuno scenario viene ritenuta come sostitutiva delle misure di efficienza energetica o di un largo impiego di fonti rinnovabili,** ma in molti rapporti tecnici le si assegna comunque un ruolo importante al fine di arrivare ad avere un settore energetico decarbonizzato, questo sia nei pesi occidentali sia nelle economie emergenti (Cina in primis). La via che gli studiosi considerano più promettente è quella, per così dire, di tipo geologico, consistente nel catturare la CO₂ e stoccarla in appropriate formazioni geologiche. Solitamente si tratta di vecchi pozzi di petrolio e gas o anche in acquiferi salini. Fortunatamente è stata sostanzialmente abbandonata l'ipotesi di immettere l'anidride carbonica a grandi profondità oceaniche. Questa strada fu fortemente sconsigliata dagli scienziati poiché l'immissione di CO₂ in acqua ne provoca un aumento di acidità con danni incalcolabili agli ecosistemi marini e non solo.

5.2 Lo stato di sviluppo della CCS

La IEA considera la diffusione della CCS come la strada per conciliare l'uso di carbone con la necessità di ridurre le emissioni di CO₂, ma ritiene anche che i costi siano assai incerti: l'esperienza che ancora deve essere acquisita, tramite operazioni su larga scala con progetti dimostrativi, sarà fondamentale per le prospettive di diffusione, **ma la fase dimostrativa è solo all'inizio e "rischia di durare per oltre un decennio"** ⁴⁴.

Stando sempre a quanto afferma la IEA nel suo ultimo Outlook, alla fine del 2010, su un totale di 234 progetti CCS, solo otto impianti dimostrativi erano in funzione, ma solo alcuni di questi erano stati considerati potenzialmente idonei allo stoccaggio permanente di CO₂. Ovviamente si tratta di progetti sperimentali che nulla hanno a che vedere con la reale operatività su grande scala.

La realtà è che entro il 2020, nella migliore delle ipotesi (cioè secondo le stime più ottimistiche), ci saranno, non più di una dozzina di grandi impianti dimostrativi.

5.3 Le criticità dietro allo sviluppo della CCS

Come si legge nell'Outlook ⁴⁵ della IEA, la CCS solleva molte questioni giuridiche, normative ed economiche che devono essere necessariamente risolte prima che questa possa essere diffusa. A tale riguardo sia la IEA sia organismi quali il Global CCS Institute e il Carbon Sequestration Leadership Forum, hanno avviato molteplici iniziative per facilitare la diffusione della CCS, ma la strada da fare è ancora molta prima di arrivare a una diffusione commerciale.

Secondo l'Agenzia Internazionale per l'Energia (IEA, 2009) le principali sfide, perché la CCS possa avere successo a livello commerciale, riguardano:

→ Gli **alti costi di costruzione**. Se s'ipotizza un costo medio di 3.800 dollari per kW installato, questo significa che per un impianto da 1.000 MW il costo sarebbe di quasi 4 miliardi di dollari, si tratta di cifre molto impegnative che trovano poca propensione ad

⁴⁴ IEA - World Energy Outlook 2011

⁴⁵ IEA - World Energy Outlook 2011

essere finanziate soprattutto in assenza di forti penalità sul prezzo delle emissioni di carbonio.

→ Gli impianti dotati di CCS hanno **costi di esercizio e manutenzione sensibilmente più elevati** rispetto agli analoghi impianti a carbone che ne sono sprovvisti, peraltro la CCS comporta una riduzione dell'efficienza dell'impianto che si traduce in una minore capacità produttiva.

→ La necessità di realizzare **adeguate e costose infrastrutture di trasporto della CO₂**.

→ La necessità di ottenere il **consenso delle comunità locali** (accettazione pubblica).

→ La necessità di disporre di **adeguate condizioni geologiche e un quadro normativo appropriato** al fine di garantire uno stoccaggio sicuro e permanente della CO₂.

A proposito dello stoccaggio geologico, una delle criticità, è rappresentata dalla **scarsa facilità di prevedere un possibile ritorno in atmosfera della CO₂ attraverso camini di fuga** (faglie o fratture naturali), aspetto, che da un lato vanificherebbe tutti gli sforzi (anche quelli energetici) fatti per confinarla, dall'altro potrebbe anche mettere a rischio le eventuali popolazioni che vivono nelle vicinanze. La CO₂, infatti, è un gas che quando supera certe concentrazioni (oltre il 10% in volume) risulta letale (asfissia e paralisi dei centri respiratori) come insegna, ad esempio, quanto accaduto nel '86 presso il lago Nyos in Camerun, dove l'improvvisa fuoriuscita di 80 Mm³ di anidride carbonica provocò la morte di quasi 1.800 persone. Occorre anche rammentare come la CO₂, nelle normali condizioni atmosferiche, risulti inodore e incolore ed essendo più pesante dell'aria (circa 1,5 volte), tende a stratificare verso il basso, aumentando così i rischi proprio per persone e animali.

Gli ingenti costi dei sistemi di cattura e la contemporanea perdita di efficienza (per produrre la stessa quantità di elettricità occorrerà usare più combustibile) **si rifletteranno sui prezzi in bolletta**. Attualmente, infatti, si stima che l'applicazione delle tecnologie CCS provocherà un incremento dei costi dell'energia elettrica compreso tra il 39% e il 64%, a seconda della tecnologia e della fonte di energia considerata (IEA, 2011). Altri autori stimano un aumento di costi anche superiore all'80%.

In generale la **IEA stima che i costi di costruzione degli impianti con CCS siano almeno del 60% superiori rispetto a quelli di equivalenti impianti privi di sistemi di cattura**.

Stando sempre ai dati IEA, la perdita di efficienza degli impianti termoelettrici dotati di CCS è di circa 8-10% a seconda che si tratti di sistemi di cattura pre o post combustione. Altre fonti stimano perdite di efficienza ancora superiori, ad esempio per l'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) **l'applicazione della CCS alle centrali termoelettriche comporta un loro maggiore consumo di energia nell'ordine del 15-25%**, a seconda del tipo di tecnologia di cattura applicata. Il consumo aggiuntivo di combustibile compensa (in parte) gli effetti positivi del sequestro della CO₂ a causa delle ulteriori emissioni dirette e indirette. E' quindi importante, secondo l'EEA ⁴⁶, che le potenziali interazioni tra l'applicazione delle tecnologie CCS e la qualità dell'aria siano ben studiate al fine di poter arrivare a un'applicazione generalizzata di questa tecnologia. **L'Agenzia, al riguardo, rileva come gran parte delle informazioni ancora disponibili in letteratura, inerenti le emissioni d'inquinanti atmosferici per le tecnologie di conversione energetica con CCS, siano basate su ipotesi e non su misurazioni effettive.** Una corretta analisi quantitativa sarà indispensabile per passare dalla fase di laboratorio o pilota all'attuazione su vasta scala.

5.4 Una strada percorribile?

La IEA ritiene che occorran subito ingenti investimenti per arrivare a dimostrare la fattibilità economica della CCS. Oltre a questo, affinché la CCS possa trovare una certa diffusione (negli scenari al 2035) occorrerà da un lato che i suoi costi si riducano, dall'altro che il prezzo delle emissioni di carbonio aumenti sensibilmente. **Senza una serie di fattori economici e politici sarà poco probabile che tale tecnologia riesca a diffondersi.**

Ma a tale riguardo converrebbe riflettere su quanto affermava John Turner, ricercatore del National Renewable Energy Laboratory USA, che si chiedeva se gli ingenti investimenti sulla CCS costituivano il modo migliore per spendere le limitate risorse energetiche e finanziarie. Secondo lui (e secondo molti altri illustri scienziati) il solo fatto di possedere grandi riserve di carbone non significa che debbano necessariamente essere usate. Quelle stesse risorse economiche potrebbero meglio essere investite in altre direzioni quali l'efficienza energetica e le fonti rinnovabili.

⁴⁶ Air pollution impacts from carbon capture and storage (CCS) - EEA Technical report, No 14/2011

L'Unione Europea considera la CCS come tecnologia ponte per conseguire, entro il 2050, gli obiettivi di de-carbonizzare del settore elettrico e industriale. **Ma la sua attuazione non dovrebbe introdurre ostacoli o ritardi all'obiettivo comunitario di muoversi verso un minore consumo di energia e un'economia più efficiente nell'uso delle risorse.** Secondo l'Agenzia Europea per l'Ambiente, la tecnologia CCS non dovrebbe, ad esempio, servire da incentivo per aumentare il numero degli impianti a combustibili fossili. ⁴⁷

Il WWF ritiene che i costi per gli impianti di cattura e stoccaggio del carbonio non possano essere sostenuti dalla collettività: l'Unione Europea sta, di fatto, finanziando impianti sperimentali che in molti casi costituiscono solo una giustificazione per procedere alla costruzione di nuove centrali, applicando il molto discutibile principio "chi inquina viene pagato per non inquinare".

In merito alla reale possibilità che la CCS possa trovare diffusione su larga scala è peraltro interessante lo studio, piuttosto critico, recentemente pubblicato sulla rivista scientifica *International Journal of Greenhouse Gas Control* ⁴⁸. In questo lavoro si evidenziano le molte incertezze dal punto di vista geologico connesse alla CCS, oltre che alla mastodontica opera infrastrutturale necessaria per catturare la CO₂ prodotta da centinaia d'impianti. Questi aspetti si traducono in pesanti incertezze sul piano economico. Tutte le considerazioni spingono gli autori a ritenere che ancora molta strada debba essere fatta sul piano della ricerca prima che la CCS possa essere applicata su scala industriale.

⁴⁷ Air pollution impacts from carbon capture and storage (CCS) - EEA Technical report, No 14/2011

⁴⁸ R. S. Middleton et al - Effects of geologic reservoir uncertainty on CO₂ transport and storage infrastructure. *International Journal of Greenhouse Gas Control* 8 (2012) 132–142

CONCLUSIONI

Rinunciare al carbone sarà un bene per tutti

In questo dossier sono state argomentate, con evidenze scientifiche, le principali motivazioni sul perché occorra rinunciare a una fonte esauribile e inquinante come il carbone, che non risolve i problemi energetici, ma aggrava quelli climatici e costituisce un evidente pericolo per la salute.

Per un paese come l'Italia, il carbone non serve a migliorare la sicurezza energetica nazionale poiché non si dispone di riserve carbonifere degne di questo nome. Il carbone non permetterebbe di ridurre la bolletta energetica, dal momento che il suo prezzo, soprattutto quello commerciato a livello internazionale, è fortemente condizionato dal costo del petrolio, la fonte necessaria per trasportarlo. Peraltro le stesse riserve di carbone, seppur maggiori rispetto a quella di altri combustibili fossili, sono comunque limitate e localizzate, aspetto che riduce la sicurezza negli approvvigionamenti e che rende i prezzi destinati inesorabilmente ad aumentare mano a mano che si riduce la disponibilità del minerale. Ma soprattutto occorre rammentare come il carbone sia il primo nemico del clima planetario a causa delle elevate emissioni di gas serra derivate dalla sua combustione. E se questo non bastasse, converrà qui rammentare come l'impiego di questa fonte di energia sia una delle principali cause d'inquinamento, con ricadute estremamente gravi per la salute delle persone.

A tutto questo si associano pesanti esternalità i cui danni economici, se correttamente conteggiati, finirebbero col mettere fuori mercato il carbone. Se già solo si attribuisse un prezzo adeguato alla CO₂ emessa, il carbone sarebbe diseconomico.

Un paese come l'Italia, peraltro con una potenza impiantistica di generazione elettrica circa doppia rispetto alle sue reali necessità, farebbe meglio a puntare su un diverso modello energetico centrato sul risparmio, l'efficienza e le fonti rinnovabili, a partire dalla generazione distribuita in piccoli impianti alimentati sempre più da fonti rinnovabili allacciate a reti intelligenti (Smartgrids). Il modello fondato su grandi centrali e lo sfruttamento dei combustibili fossili è già entrato in crisi, il tentativo di perpetuarlo attraverso impianti che usano il vecchio combustibile che promosse la rivoluzione industriale, ma ha causato (e causa tuttora) enormi problemi ambientali, è anti-storico e sottopone la collettività a rischi e costi inammissibili e duraturi (visto anche il ciclo di vita medio di una centrale, dell'ordine di 30-40 anni). La pigrizia imprenditoriale e le rendite di

posizione non possono essere premiate: la transizione verso il nuovo modello energetico e la nuova economia è iniziata.

L'Italia, con una potenza installata di oltre 106.489 MW (dato Terna per l'anno 2010), a fronte di una punta massima della domanda di 56.822 MW (raggiunto nel 2007), ha una sovra capacità di produzione di energia elettrica tale da costringere le centrali a funzionare a scartamento ridotto e, quindi, non ha davvero bisogno di investire nell'archeologia industriale, ma di trovare il proprio ruolo nell'economia del futuro, garantendo così anche la propria sicurezza energetica.