

# **Energia - la rivoluzione del XXI secolo**

Note a cura del Prof. Agostino Mathis

Luglio 2015

Come noto, la attuale crisi economica, iniziata con la crisi finanziaria del 2008 negli Stati Uniti, ha presentato un andamento molto diverso sulle due sponde dell'Atlantico. Negli Stati Uniti, dopo un netto calo del Prodotto Interno Lordo (PIL) nel 2009, con conseguente picco della disoccupazione, si è avuta negli anni successivi una graduale, anche se irregolare, ripresa, che culmina però ora con incrementi annuali del 2-3%. In Europa, invece, dopo il netto calo iniziale, l'economia è rimasta in una situazione stagnante, ad un livello che in alcuni Paesi è nettamente inferiore ai livelli pre-crisi (in Italia il PIL del 2014 è stato circa il 10% al disotto del livello del 2007).

Negli ambienti finanziari, ed anche politici, l'analisi delle cause di questa divaricazione verte solitamente sul comportamento dei governi, ed in particolare delle banche centrali, per quanto riguarda la gestione del debito pubblico (aiuti pubblici alle aziende in crisi, "quantitative easing").

In realtà, vi sono fattori anche più importanti che possono determinare il destino di una grande economia moderna: si tratta dei fattori alla base dell'"economia reale", tra i quali la disponibilità di energia sicura ed a basso prezzo costituisce un elemento essenziale. Vediamo, in particolare per il fattore "energia", le profonde differenze verificatesi tra gli USA e l'Europa nell'ultimo decennio, differenze che probabilmente sono la premessa per una rivoluzione energetica che si estenderà all'intero Pianeta e condiziona gran parte del secolo XXI.

## **La rivoluzione degli idrocarburi in Nord America**

Dall'inizio del nuovo millennio, come noto, si era avviata una fase di crescenti prezzi degli idrocarburi. L'incremento non era stato immediato come negli anni 1970, in quanto non causato da un evento politico-militare, ma dalla crescente domanda verificatasi nel corso dei primi anni 2000 da parte dei grandi Paesi in via di rapido sviluppo (Cina, India, Brasile, ecc.), e dalla speculazione finanziaria sulle materie prime.

Anche in questo caso, come negli anni 1970, il forte aumento dei prezzi (di almeno cinque volte) ha dato il via ad un potente fenomeno di retroazione, che si è poi manifestato con una efficacia e con una rapidità anche maggiori rispetto a quello degli anni 1970. Allora si trattò essenzialmente dell'esplorazione di nuove aree e del miglioramento delle tecniche di perforazione, anche in alto mare ed a grandi profondità, ma si trattava pur sempre di giacimenti "convenzionali", cioè conformazioni a lente o cupola di rocce molto porose ripiene di petrolio o metano.

Attualmente invece assistiamo al rapido sviluppo a livello industriale di tecniche radicalmente nuove (perforazioni orizzontali e fratturazione delle rocce mediante fluidi ad altissima pressione, il cosiddetto "fracking"), che permettono di estrarre enormi quantità di gas o petrolio da rocce molto più compatte (in particolare scisti argillosi, in inglese "shale", da cui si estraggono "shale gas" e "shale oil", o più in generale altre rocce compatte, da cui si estraggono "tight gas" e "tight oil", ed anche filoni di carbone, da cui si estrae "coal-bed methane", il classico "grisou"). Inoltre sono state rese

competitive tecniche, già note da tempo, per la fluidificazione di oli pesanti (“heavy oil”) o l’estrazione del petrolio dalle sabbie bituminose (“tar sands” o “oil sands”). Tutto ciò si è verificato in pochi anni, senza alcuna direttiva da parte dei governi, laddove il contesto imprenditoriale è molto vitale ed innovativo, e dove le normative favoriscono queste attività (cioè in Nord America, ed in particolare negli Stati Uniti, dove ad esempio il proprietario di un terreno è tale anche per tutto quanto esiste nel sottosuolo fino al centro della Terra).

L’attuale “boom” degli idrocarburi non-convenzionali, infatti, non è stato certo pianificato né previsto dal governo USA (che, anzi, sotto l’Amministrazione Obama mirava idealmente alle “energie rinnovabili”), ma ha le sue radici in lontani e lungimiranti programmi di ricerca condotti dal Dipartimento dell’Energia USA dopo la grave crisi petrolifera degli anni 1970, facendo collaborare i suoi migliori laboratori, come Los Alamos e Sandia, con nuove aziende innovative in grado di sperimentare sul campo le nuove tecnologie di perforazione. Si tratta di qualcosa di simile alla grande “rivoluzione agricola” avviata negli Stati Uniti a metà dello scorso secolo in stretta collaborazione tra università agronomiche ed aziende agricole, e poi estesa a (quasi) tutto il mondo, e che ora permette ai paesi sviluppati di essere abbondantemente riforniti di alimenti dal lavoro di non più di qualche per cento della loro popolazione.

Mentre i giacimenti “convenzionali” di idrocarburi si possono ritenere una eccezione della crosta terrestre (anche se per ora esplorata a questo fine solo per una frazione della sua estensione globale), i giacimenti “non-convenzionali” sfruttabili con le nuove tecniche sembrano estendersi praticamente a tutto il globo terracqueo: cioè, l’intera crosta terrestre appare impregnata di idrocarburi (secondo alcuni di origine non solo biologica ma anche geologica).

Negli Stati Uniti oggi si stima che le riserve di gas naturale siano sufficienti per sostenere la domanda per oltre un secolo. Prima della attuale crisi economico-finanziaria, nel 2008, il prezzo del gas naturale era arrivato anche a 12 dollari per milione di BTU, mentre attualmente si aggira sui 4 dollari per milione di BTU. Questo crollo del prezzo del gas, del tutto impreveduto, ha provocato una profonda rivoluzione nello scenario energetico ed industriale degli Stati Uniti, e di conseguenza del resto del mondo.

Mentre tradizionalmente negli Stati Uniti il carbone contribuiva per circa il 50% alla produzione di energia elettrica, ora tale percentuale tende al 30%. E’ praticamente cessata la costruzione di nuove centrali a carbone, anche per l’opposizione della popolazione, mentre si costruiscono molte nuove centrali a gas a ciclo combinato, di altissimo rendimento: questo fatto tra l’altro ha già permesso di ridurre di 500 milioni di tonnellate all’anno le emissioni di CO<sub>2</sub> degli Stati Uniti (tanto quanto emette l’Italia), mentre l’Europa con tutte le sue costrizioni regolamentari forse non riuscirà neanche ad ottemperare agli obiettivi che si è data per la riduzione delle emissioni (anche a seguito della “fobia antinucleare” di alcuni suoi Paesi e dell’altissimo costo del gas importato da Paesi lontani, che la costringono a bruciare sempre più carbone, guarda caso importato in misura crescente ed a basso prezzo dagli Stati Uniti!).

Il “boom” dello “shale gas” permetterà agli Stati Uniti, che già pianificavano la costruzione di molti rigassificatori per gas liquefatto da importare dal Medio Oriente o dalla Russia, di trasformarsi invece (capovolgendo la funzione di grandi impianti già in costruzione) in esportatori di gas liquefatto verso la Cina e l’India, e probabilmente anche verso l’Europa, sempre più a rischio di “embarghi” da parte dei suoi fornitori tradizionali.

Ma la rivoluzione degli idrocarburi “non-convenzionali” negli Stati Uniti riguarda anche il petrolio. Il primo grande bacino ad essere valorizzato è stato il Williston Basin, un enorme bacino sedimentario che si estende attraverso il North Dakota, il South Dakota, e il Montana in USA, e nel Saskatchewan e in parti del Manitoba in Canada.

In particolare, la “Bakken formation”, scoperta fin dal 1951 nel North Dakota, ed estesa per ben 520.000 km<sup>2</sup> (quasi due volte l'Italia), per molti decenni era ritenuta troppo costosa per essere sviluppata. Solo all'inizio degli anni 2000 la piccola Lyco Energy Company, col gigante della tecnologia petrolifera Halliburton, tentarono una combinazione di perforazione orizzontale e fratturazione idraulica in una piccola sezione della “Bakken formation” situata nel Montana: i risultati furono così promettenti che un'altra compagnia, la EOG Resources, fu indotta nel 2006 a ripetere l'esperimento nella sezione della “Bakken formation” situata nel North Dakota. Questo fu il vero inizio della “shale oil revolution”: la produzione del North Dakota esplose da circa 110.000 barili al giorno nel 2006 a oltre 530.000 barili al giorno nel dicembre 2011.

Quindi ora si stima che gli Stati Uniti, dove vi è almeno una ventina di altre formazioni come la Bakken, da soli abbiano giacimenti di “shale oil” per oltre 2000 miliardi di barili. Il Canada a sua volta ha giacimenti per 180 miliardi di barili nelle “oil sands” dell'Alberta. In confronto, le riserve mondiali di petrolio convenzionale si stimano a 1300 miliardi di barili. E' evidente l'interesse strategico di pervenire ad un utilizzo di queste nuove immense risorse petrolifere che sia sostenibile tanto dal punto di vista economico che ambientale: il Nord America infatti, tenuto anche conto delle enormi riserve di “shale gas” messe in produzione negli ultimi anni (e destinate a durare per almeno un secolo), potrebbe così finalmente rinunciare alle tragiche e costosissime iniziative militari che nell'ultimo secolo si sono ripetute per acquisire il controllo di Paesi produttori di idrocarburi.

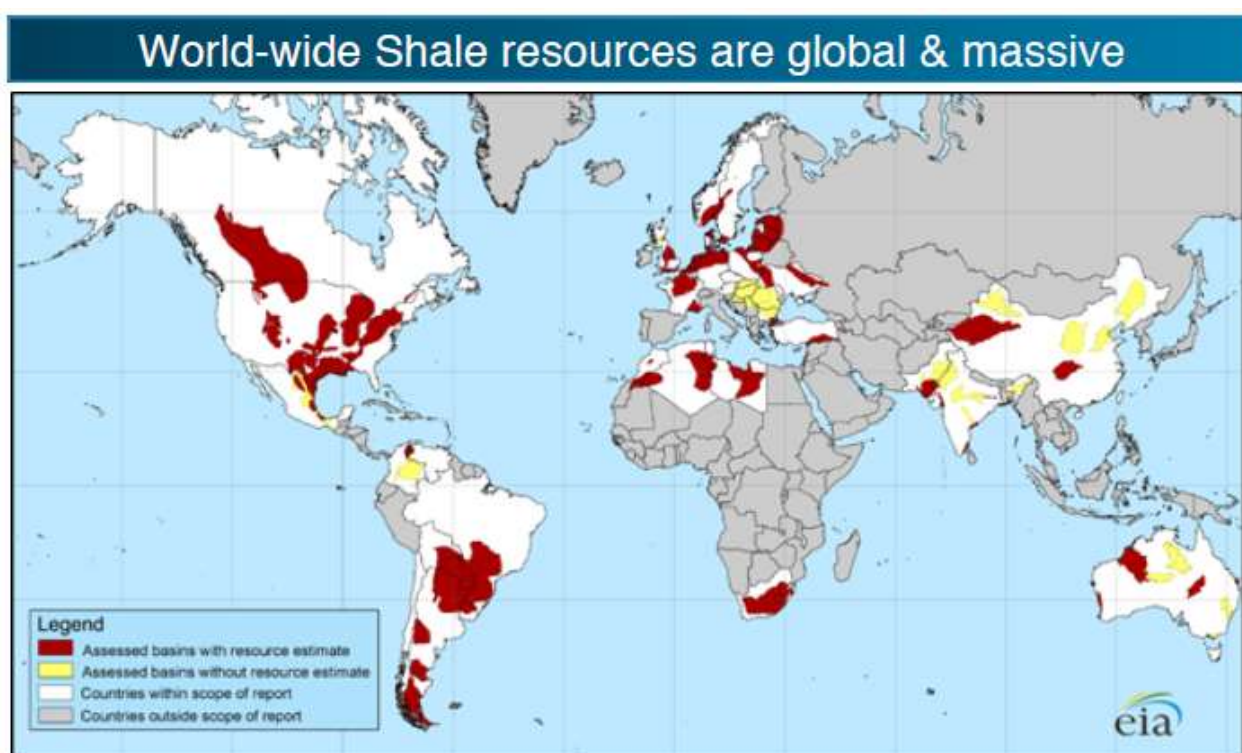
Come era facile prevedere, il crescente flusso sui mercati di petroli “non-convenzionali”, unito all'ulteriore rallentamento dell'economia mondiale, da circa un anno ha provocato una rapida flessione dei prezzi del petrolio. Un cartello come l'OPEC non è in grado di ridurre a sufficienza in modo consensuale la produzione. In particolare l'Arabia Saudita ha deciso di non ridurre la produzione, per non perdere quote di mercato, e anche al fine di rallentare lo sviluppo dei giacimenti “non-convenzionali”. Questa politica tuttavia appare ormai tardiva, anche perché la tecnologia dello “shale” appare molto flessibile e resiliente, capace di sempre nuove innovazioni se sottoposta a concorrenza: più che grandi investimenti concentrati nello spazio e nel tempo, come accadeva per i tradizionali nuovi giacimenti petroliferi (si pensi alla tormentata storia di Kashagan in Kazakistan...), qui si tratta di una specie di “coltivazione” del territorio, che può essere agevolmente accelerata o rallentata a seconda dell'andamento del mercato. Appare quindi probabile un lungo periodo di idrocarburi a basso prezzo (salvo imprevedibili eventi politico-militari): nel caso del crollo del prezzo del petrolio del 1986, i prezzi rimasero bassi per i successivi 16 anni: si era infatti creato un “mercato del compratore” (buyer's market), e ai produttori, fatti ormai gli investimenti, conveniva comunque vendere il più possibile, per coprire almeno i costi operativi e ridurre le perdite.

La nuova enorme disponibilità di idrocarburi a basso prezzo aumenta il PIL degli Stati Uniti di almeno 100 miliardi di dollari all'anno, ha ridotto il prezzo del gas di tre volte, e di conseguenza quello dell'elettricità, ha portato la benzina intorno ai tre dollari al gallone, ha creato un milione di nuovi posti di lavoro diretti, sta provocando una massiccia reindustrializzazione e migrazione di industrie energivore (petrolchimica, metallurgia, ecc.) dal resto del mondo, ed in particolare, purtroppo, dall'Europa. In alcune aree, come nel North Dakota e nel Nevada in USA, e nell'Alberta in Canada, è

in corso uno sviluppo economico rapidissimo, del tutto nuovo per quei territori. Il grande rilancio dell'industria degli idrocarburi e la discesa dei prezzi dell'energia, anche elettrica, si possono quindi ritenere alla base del minor impatto della crisi finanziaria sull'economia degli Stati Uniti e del Canada rispetto a quanto è avvenuto in Europa.

## Le nuove prospettive degli idrocarburi nel mondo

Evidentemente molti altri Paesi nel mondo vorrebbero ripetere l'esperienza americana, anche perché, come detto, gli idrocarburi “non-convenzionali” dovrebbero essere presenti praticamente dappertutto. Tuttavia non sarà facile trasferire le conoscenze e le tecnologie sviluppate in Nord America, e soprattutto reperire ed addestrare le numerose maestranze necessarie. La figura sotto riportata, fornita dalla U.S. Energy Information Administration (EIA) (e tratta da una conferenza di Carlo Rubbia ivi indicata), riporta soltanto le formazioni accertate e le risorse stimate nel mondo. Tuttavia, è praticamente certo che anche nelle aree grigie vi siano ampie formazioni di “shale” impregnate di idrocarburi. Ad esempio, prima della crisi politica dovuta ai fatti dell'Ucraina, erano già in corso trattative tra grandi compagnie americane e russe per la valorizzazione dei territori siberiani, dove si stimano giacimenti di “shale gas” e di “shale oil” anche molto superiori a quelli americani. La “Bazhenov formation” nella Siberia Occidentale si estende per 2.300.000 km<sup>2</sup> (cioè molte volte l'estensione della “Bakken formation” americana).



Da: Carlo Rubbia “Nuove tecnologie per il futuro dell'energia” Conferenza presso l'Accademia Nazionale dei Lincei – 22 gennaio 2015.

In alcuni Paesi, poi, l'alto prezzo del petrolio degli scorsi anni ha grandemente incentivato anche la prospezione di giacimenti di tipo "convenzionale", portando alla scoperta di nuove importanti aree ricche di idrocarburi. Si citano i giacimenti petroliferi al largo della costa orientale del Brasile, raggiunti mediante perforazioni a grande profondità al di sotto di strati di sale (giacimenti "pre-salt"). La stessa conformazione geologica si trova lungo le corrispondenti coste occidentali dell'Africa (che, come noto, un tempo erano adiacenti a quelle sudamericane), e promettono analoghi importanti ritrovamenti. Grandi giacimenti di gas naturale sono stati identificati al largo delle coste orientali dell'Africa, e verranno valorizzati per soddisfare la fame di gas dell'India. L'Australia invece intende investire 200 miliardi di dollari per divenire il principale fornitore di gas liquefatto al Giappone ed alla Cina. Globalmente, tra il 2008 e il 2012 gli investimenti nella esplorazione e nella produzione di idrocarburi ha raggiunto l'importo di 2000 miliardi di dollari (con ciò ridicolizzando gli investimenti per tutte le altre alternative energetiche, dalle rinnovabili al nucleare!).

Si può senz'altro affermare che la rivoluzione tecnologica ed industriale nel settore degli idrocarburi, innescata negli Stati Uniti ed in Canada dalla fiammata dei prezzi del petrolio degli anni 2000, cambierà per molti decenni futuri la geopolitica e l'economia dell'energia in tutto il mondo, e di fatto non potrà che ritardare, e di molto, la diffusione di altre opzioni energetiche, sia rinnovabili che nucleari.

## **I limiti delle fonti non-programmabili**

Le tanto esaltate "nuove fonti rinnovabili", e cioè la solare e l'eolica, producono solo energia elettrica, ed in forma intermittente e non-programmabile, e quindi non più di una frazione dei consumi elettrici, i quali a loro volta non sono più di un quarto o un quinto del consumo di energia primaria: quindi il contributo di quelle fonti al mix energetico di un Paese non potrà che restare marginale.

In proposito, è stata recentemente pubblicata da The Breakthrough Institute una analisi dal titolo "A Look at Wind and Solar", in due puntate (Rif. 1 e 2), che pone chiaramente in luce i limiti intrinseci delle fonti elettriche non-programmabili. Di fatto, si constata che la "penetrazione" (frazione di mercato soddisfatta) di una data fonte non-programmabile diviene insostenibile, anche dal punto di vista dell'economicità dell'investimento (supposto senza sussidi pubblici), se supera il "fattore di carico" (capacity factor) tipico di quella fonte (essendo il "fattore di carico" il rapporto tra l'energia effettivamente prodotta in un anno, e quella che sarebbe stata prodotta se l'impianto avesse sempre funzionato alla piena potenza nominale per tutte le 8760 ore dell'anno). Ciò è conseguenza del fatto che, quanto è minore tale fattore di carico, tanto è maggiore la probabilità che quella fonte, nei periodi di alta produttività, superi la domanda di rete, provocando prezzi negativi del kWh, o la necessità di smaltire l'energia prodotta.

Ad esempio, in Italia nel 2013 il fotovoltaico ha prodotto 21,6 TWh, cioè il 7,4% della produzione elettrica lorda totale che è stata pari a 290 TWh, con una potenza installata  $P_1 = 18,053$  GW. Ciò significa che il suo fattore di carico è stato  $f_1 = 21.600 : (18,053 \times 8760) = 13,7\%$ . L'eolico ha prodotto 14,9 TWh, cioè il 5,1% della produzione elettrica lorda totale, con una potenza installata  $P_2 = 8,561$  GW. Ciò significa che il suo fattore di carico è stato  $f_2 = 14.900 : (8,561 \times 8760) = 19,9\%$ . (Dati tratti dal Rapporto Statistico "Energia da fonti rinnovabili – Anno 2013" del Gestore dei Servizi Energetici).

Se vogliamo il fattore di carico  $f_{mix}$  dell'insieme delle due fonti non-programmabili, abbiamo:

$$f_{mix} = (f_1 P_1 + f_2 P_2) : (P_1 + P_2) = (f_1 + f_2 P_2/P_1) : (1 + P_2/P_1)$$

Ovviamente, per  $P_1 \gg P_2$ ,  $f_{mix}$  tende a  $f_1$ , mentre per  $P_1 \ll P_2$ ,  $f_{mix}$  tende a  $f_2$ .

In Italia, come visto, nel 2013 avevamo (pedice 1 per il fotovoltaico e pedice 2 per l'eolico):

$$f_1 = 0,137 \quad P_1 = 18,053 \text{ GW} \quad f_2 = 0,199 \quad P_2 = 8,561 \text{ GW}$$

da cui si ottiene:

$$f_{mix} = (0,137 \times 18,053 + 0,199 \times 8,561) : (18,053 + 8,561) = 0,157 = 15,7\%$$

Risulta quindi evidente che in Italia la presenza del fotovoltaico, con potenza installata doppia ma fattore di carico ridotto rispetto all'eolico, riduce sensibilmente il fattore di carico globale del mix delle fonti non-programmabili. In base all'analisi del documento prima citato, quindi, anche la penetrazione totale delle fonti non-programmabili non sarebbe praticamente sostenibile, senza sussidi pubblici, oltre il 15%. Ad oggi, 2015, in Italia il fotovoltaico potrebbe aver raggiunto una penetrazione dell'8%, mentre l'eolico, poco variato, una penetrazione del 5,4%: in totale il 13,4%. Senza incentivi, quindi, si potrà andare poco oltre, divenendo sempre meno conveniente vendere sul libero mercato l'energia prodotta (si pensi con quale difficoltà, già oggi, i produttori fotovoltaici del Sud Italia dovrebbero vendere la propria energia al "Prezzo unico nazionale orario" del kWh nei meriggi estivi del week-end, quando la produzione fotovoltaica spesso supera la domanda). Per l'eolico, poi, vi è una crescente opposizione non solo della popolazione, ma anche di certi ambientalisti, preoccupati per gli ecosistemi.

In pratica, l'Italia potrà fare assegnamento su fonti elettriche non-programmabili per una percentuale che, anche con incentivi, difficilmente supererà il 20% (tra fotovoltaico ed eolico). Queste fonti, poi, producono solo energia elettrica, la quale a sua volta non rappresenta più di un quarto o un quinto del consumo totale di energia primaria: quindi il loro contributo al mix energetico globale di un Paese come l'Italia non potrà che restare marginale.

I documenti di The Breakthrough Institute, prima citati, mettono poi in evidenza che i Paesi con alte penetrazioni di fonti elettriche non-programmabili (quasi tutti europei) in realtà hanno reti elettriche che fanno parte integrante di complessi di reti dotate largamente di fonti programmabili (fossile, idroelettrica, nucleare). In questo modo può essere assicurata la stabilità della rete elettrica in tutte le situazioni, sia pure previ accordi anche molto impegnativi ed onerosi con i produttori elettrici dei Paesi confinanti.

Un recente rapporto del MIT, dal titolo *"Renewables Intermittency: Operational Limits and Implications for Long-Term Energy System Models"* (Rif. 3) conferma sostanzialmente le considerazioni precedenti, e dimostra che, anche con un perfetto "back-up" da parte di impianti convenzionali, al crescere della penetrazione delle fonti non-programmabili esistono limiti tecnici che impongono la necessità di smaltire crescenti eccessi di energia rinnovabile prodotta, con un correlato danno economico. La OECD-NEA ha stimato che questi oneri aggiuntivi, per alte penetrazioni delle fonti rinnovabili non-programmabili, ne possono anche più che raddoppiarne il costo effettivo (Rif. 4).

In particolare, in Italia il parco installato di impianti fotovoltaici a fine 2014 era il terzo nel mondo, dietro a Germania e Cina e prima di Usa e Giappone. E' quanto sottolinea una nota di ANIE Rinnovabili, rilevando che il fotovoltaico italiano a fine 2014 ha toccato quota 648.183 impianti installati nel Paese, con una potenza totale di 18.325 MW, arrivando a pesare per quasi il 15% sul

totale mondiale (mentre l'Italia ha una popolazione che non arriva all'1% della popolazione mondiale!).

L'Italia quindi si trova a fronteggiare una sfida nella gestione della sua rete elettrica tra le più impegnative al mondo. Essa dispone di una notevole dotazione di impianti idroelettrici, particolarmente utili a sostenere e integrare fonti non-programmabili, anche accumulandone l'energia prodotta in eccesso rispetto alla domanda, ed importa tuttora un 15% di energia elettrica dall'estero, in gran parte di origine nucleare.

Tuttavia, è ormai chiaro che il nostro Paese a breve sarà costretto a sostenere dei "capacity payments" di miliardi di euro all'anno per tenere in piedi (fino a nazionalizzarle?) le società elettriche, convincendole a tenere in "riserva calda" (cioè coi gruppi turboalternatori rotanti a frequenza di rete, ma a potenza quasi nulla) qualcosa come 20.000 MWe, pronti a subentrare quando tramonta il sole o cessa il vento. Ovviamente quella "riserva calda" significa consumo inutile di gas o carbone, ma soprattutto pesantissimi oneri finanziari per i proprietari delle centrali (in particolare quelle a gas, progettate e costruite in gran numero nell'ultimo decennio dopo il black-out del 2003, con la prospettiva di funzionare 6000-7000 ore all'anno, mentre oggi spesso non arrivano a 2000 ore all'anno). Questi "capacity payments" andranno ad aggiungersi all'enorme sovracosto (almeno 200 miliardi di euro in vent'anni) che gli utenti stanno sostenendo per i sussidi esorbitanti assegnati negli scorsi anni alle infrastrutture fotovoltaiche ed eoliche.

## **Scenari energetici a lungo termine nel mondo**

Dopo le precedenti considerazioni, ci si può chiedere che cosa abbia originato la costosissima corsa alle nuove rinnovabili che ha caratterizzato gli ultimi decenni, in particolare in Europa. Purtroppo, l'impostazione che ha condizionato questi programmi "politicamente corretti" del settore energetico si può far risalire al famoso Brundtland Report del 1987, commissionato dalle Nazioni Unite per delineare un futuro sostenibile a livello globale. Esso fu redatto da ambientalisti e sociologi (ovviamente nati e cresciuti nella bambagia dei Paesi allora più ricchi del mondo), i quali si ritennero in diritto di affermare che, per salvaguardare il Pianeta, i Paesi poveri (almeno i 5/6 dell'Umanità) non avrebbero dovuto ripetere il cammino di sviluppo che portò alla industrializzazione ed al benessere dei Paesi ricchi, ma avrebbero dovuto perseguire un percorso a bassa intensità energetica, basata su generazione diffusa da fonti rinnovabili, mediante l'adozione di tecnologie trasferite dai Paesi ricchi.

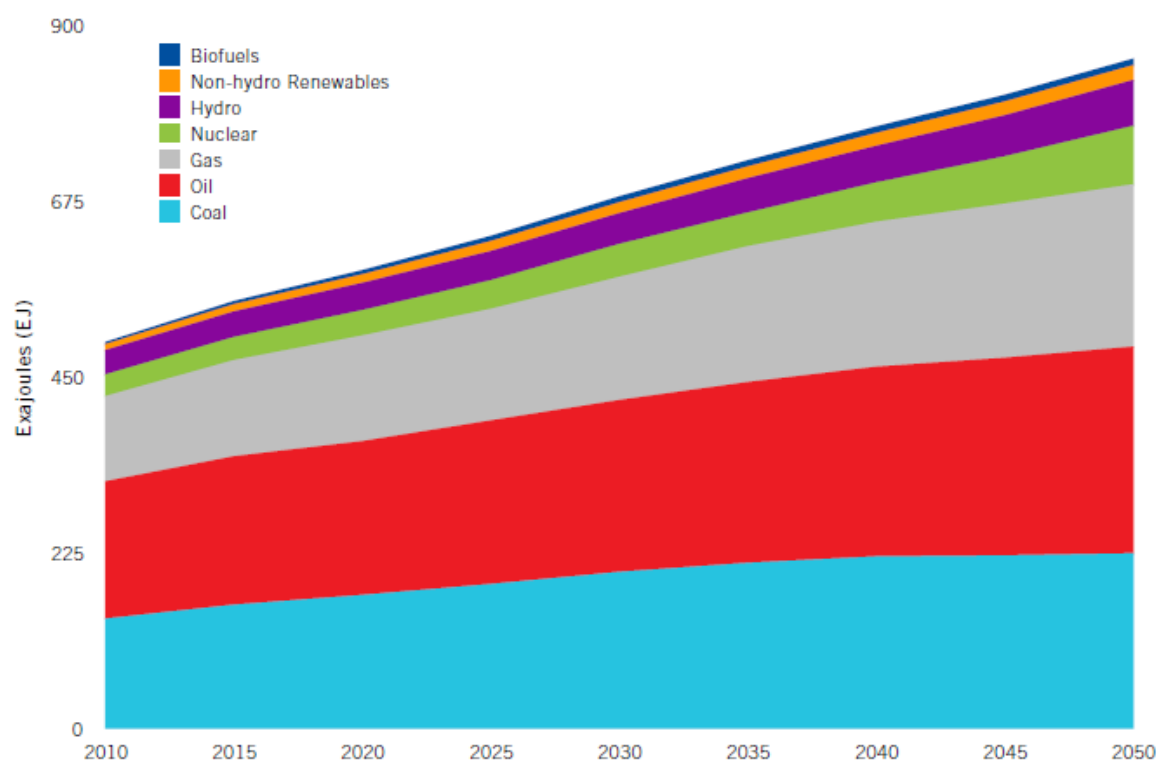
In realtà, le cose stanno andando molto diversamente: i grandi Paesi sottosviluppati, alcuni di nobile ed antichissima tradizione culturale, via via che giungono ad assimilare le tecnologie e le capacità finanziarie ed organizzative necessarie per l'industrializzazione, si avviano immediatamente su un ritmo di sviluppo anche più rapido di quello dei vecchi Paesi industriali, mirando addirittura ad una leadership mondiale in molti settori, ed in particolare in quello energetico. La disponibilità di energia, a buon mercato e possibilmente pulita, sta alla base di questo sviluppo, non certo l'austerità e gli alti costi dell'energia, auspicati dagli ambientalisti.

Esempio sintomatico è una iniziativa di Greenpeace, che ha aveva avviato un programma di solarizzazione diffusa per i villaggi indiani, con l'obiettivo di fornire un mezzo kWh a testa al giorno (un po' di luce e la ricarica dei cellulari: la cosiddetta "povertà energetica"...). Ora il nuovo governo Modi procede ad una sistematica elettrificazione delle campagne, ovviamente con le classiche reti

alimentate da centrali a carbone (e alcune poche nucleari): appena la linea arriva in un villaggio, l'armamentario solare viene abbandonato...

Si spiega quindi benissimo la seguente figura tratta dal "2014 Energy and Climate Outlook" del MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change (Rif. 5). Questa figura riguarda le previsioni per il consumo mondiale di energia primaria, e arriva al 2050. Nonostante tutti gli sforzi, le rinnovabili non-idroelettriche ed i biocarburanti porteranno un contributo praticamente trascurabile. Il nucleare crescerà regolarmente, superando anche l'idroelettrico, ma non sarà risolutivo. Resterà in uso molto carbone e moltissimo petrolio. Ma la fonte che in proporzione crescerà di più sarà il gas naturale! Queste previsioni possono destare stupore, ma in realtà sono perfettamente in linea con quanto prevedeva oltre 30 anni fa il nostro Cesare Marchetti, il quale affermava che, vista la storia secolare delle successive opzioni energetiche, il secolo XXI sarebbe stato quello del gas naturale, mentre nel secolo XXII potrebbero prevalere il nucleare a fissione e poi, forse, quello a fusione, e il solare (secondo lui, però, quest'ultimo è svantaggiato dalla bassissima densità di potenza all'origine e dalla intermittenza).

### PROJECTED GLOBAL PRIMARY ENERGY CONSUMPTION, 2010-2050



Source: MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change. "MIT Energy and Climate Outlook 2014."

In linea con questa analisi, anche il nostro Nobel Carlo Rubbia oggi ritiene che lo scenario energetico più realistico e conveniente per i prossimi decenni sia quello incentrato sul gas naturale (sia pure con provvedimenti per sequestrarne il carbonio, sui quali lui stesso è fortemente impegnato in Germania).



Segue una serie di tavole tratte da una conferenza tenuta dallo stesso Rubbia presso l'Accademia Nazionale dei Lincei il 22 gennaio 2015, dal titolo "Nuove tecnologie per il futuro dell'energia" (Rif. 6). Nelle prime due tavole viene illustrato il lavoro in corso in Germania presso lo Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS) sito nel Brandeburgo, e il Karlsruhe Institute of Technology (KIT). L'obiettivo è quello di sfruttare le immense disponibilità di gas naturale (Natural Gas: NG) disponibili sul Pianeta riducendo al massimo le emissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera.

Si noti che negli schemi di processo proposti vi è la possibilità di utilizzare le rinnovabili elettriche per produrre idrogeno mediante elettrolisi, superando l'inconveniente della loro non-programmabilità, ed anche la opportunità di utilizzare la CO<sub>2</sub> già esistente nell'atmosfera. Prodotto finale di questi processi potrebbe essere un liquido combustibile, utilizzabile anche come carburante per veicoli.

### A new method: NG without CO<sub>2</sub> emissions ?

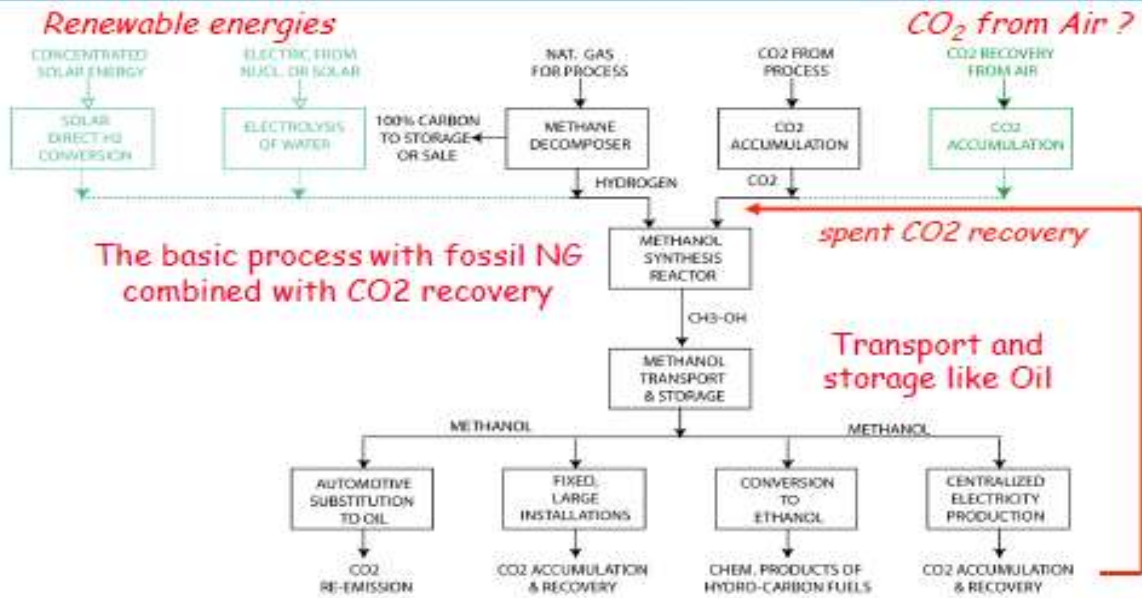
- In order to economically harvest this immense energy wealth it is essential that the effects of a progressive global warming are kept under control, curbing both the emissions of NG (CH<sub>4</sub>) and of CO<sub>2</sub>.
  - The ordinary combustion of NG is inevitably emitting CO<sub>2</sub>, although roughly at one half of what compared to Coal.
  - Long term CO<sub>2</sub> sequestration (CCS) is not elimination
- The CO<sub>2</sub> production could however be avoided with an **alternative decomposition** - at sufficiently high temperatures



- This promising and simple physical conversion process is under active investigation by us (IASS-KIT).

Da: Carlo Rubbia "Nuove tecnologie per il futuro dell'energia" Conferenza presso l'Accademia Nazionale dei Lincei – 22 gennaio 2015.

## Transforming CO<sub>2</sub> from a liability to an asset



Da: Carlo Rubbia "Nuove tecnologie per il futuro dell'energia" Conferenza presso l'Accademia Nazionale dei Lincei – 22 gennaio 2015.

Le seguenti quattro tavole, invece, forniscono uno scenario sulle prospettive energetiche che si aprirebbero all'Umanità con lo sfruttamento dei "clatrati di metano", costituiti da idrato di metano, cioè una sostanza formata da una struttura solida di molecole di acqua, che racchiude, senza legami chimici, molecole di metano. Questo composto si forma a temperature intorno allo zero °C a pressione atmosferica, ma resta stabile poi fino a circa 18 °C a più alte pressioni.

Un litro di questo idrato di metano contiene ben 170 litri di metano. I clatrati di metano costituiscono la più grande riserva di idrocarburi sulla crosta del Pianeta (dell'ordine delle 10.000 Gigatonnellate di metano, a fronte delle poche centinaia di Gigatonnellate di idrocarburi tradizionali). Si tratta di mettere a punto i metodi di estrazione dei clatrati, e poi di diffondere le prima citate tecniche di separazione dell'idrogeno dal metano, estraendone il carbonio in forma solida per essere poi altrimenti utilizzato o depositato.

## A new method: NG extraction from Clathrates

- Methane hydrate is the most abundant natural form of clathrate, a unique class of chemical substances in which molecules of one material (in this case, water) form an open solid lattice that encloses, without chemical bonding, appropriately-sized molecules of another material (in this case, methane).
- While it is stable at a temperature of up to around 0°C, at higher pressures methane clathrates remain stable up to 18 °C. One liter of methane clathrate solid would contain, on average, 168 litres of methane gas (at STP).



*"Burning ice"*

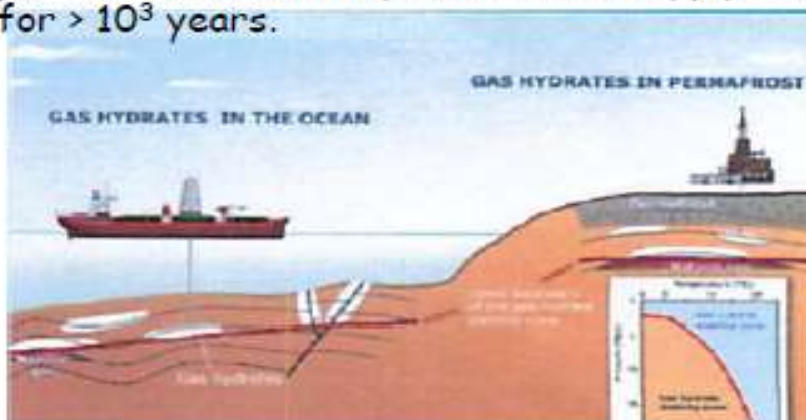
Roma\_Lecture\_Jan2015

Slide# : 60

Da: Carlo Rubbia "Nuove tecnologie per il futuro dell'energia" Conferenza presso l'Accademia Nazionale dei Lincei – 22 gennaio 2015.

## Recovery methods for clathrates

- The US Energy Information Administration estimates that methane hydrates contain more carbon than all other fossil fuels available on Earth combined.
- Methane hydrates are the largest reserve of hydrocarbons in the planetary crust. The methane hydrates in sediment considered part of U.S. territory alone could supply U.S. natural gas needs for  $> 10^3$  years.



*Oil ≈ 200 GtC  
Coal ≈ 5000 GtC  
Clathrates >12000 GtC*

Roma\_Lecture\_Jan2015

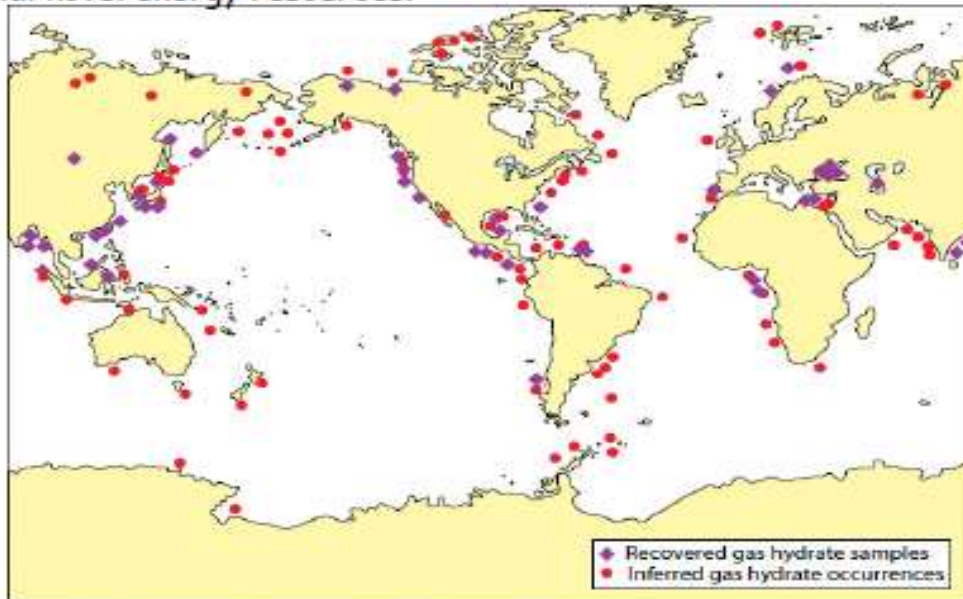
Slide# : 62

Da: Carlo Rubbia "Nuove tecnologie per il futuro dell'energia" Conferenza presso l'Accademia Nazionale dei Lincei – 22 gennaio 2015.



## Locations where clathrates have been observed

Reservoirs of methane, located globally within 2000 m of the solid surface and observed in a large number of locations are of major interest as a potential novel energy resources.



Da: Carlo Rubbia "Nuove tecnologie per il futuro dell'energia" Conferenza presso l'Accademia Nazionale dei Lincei – 22 gennaio 2015.

## Conclusion: a new age of Abundance

- One of the best available solutions to meet the rising demand in energy lies in the ability to economically develop unconventional gas resources, initially
  - (1) *coalbed methane and shale gas* and in a foreseeable future
  - (2) *methane hydrates*.
- North America, India, China, Africa and Latin America will all have access to cheap and abundant shale gas and oil.
- With both environmental sensitivities and gas consumption on the rise, the main question is how to recover these huge novel NG resources *available for millenia to come* and to economically harvest this immense energy wealth in the most efficient and effective matter and with a minimal environmental foot print.
- **IN MY VIEW:**
  - **Revolutionary but unexploited option: NG -> H<sub>2</sub> +(black carbon) with "zero" CO<sub>2</sub> & clathrates from the sea**

Da: Carlo Rubbia "Nuove tecnologie per il futuro dell'energia" Conferenza presso l'Accademia Nazionale dei Lincei – 22 gennaio 2015.

## Ma quale politica per la salvaguardia del clima?

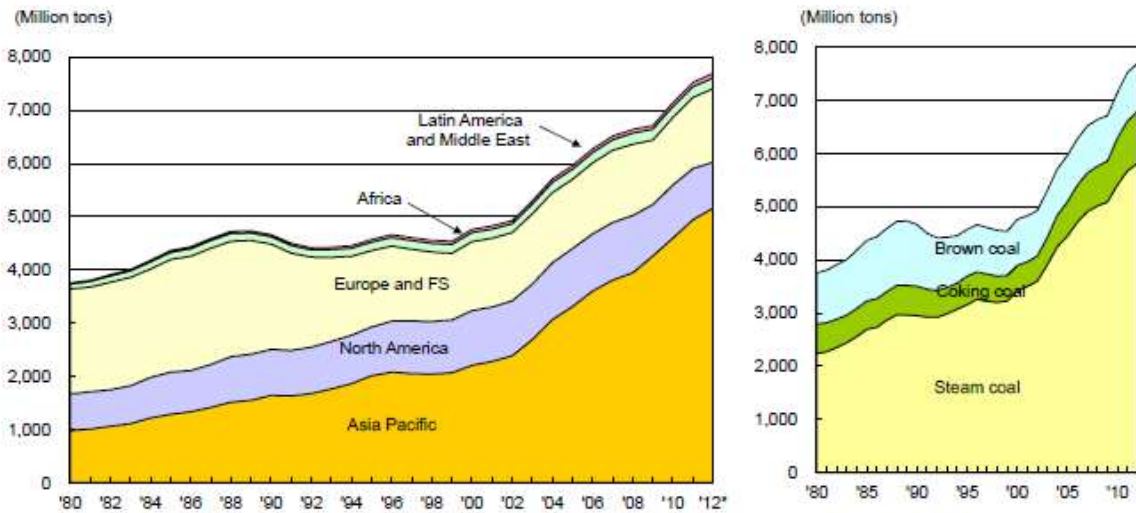
Con le prospettive energetiche prima delineate, che cosa potrà essere deciso al prossimo grande convegno sul clima previsto a Parigi alla fine di quest'anno? Come annunciato in occasione dell'accordo Cina-USA di fine 2014, per il 2030 gli USA intenderebbero ridurre sensibilmente (del 28%) le emissioni di gas-serra rispetto al 2005, e probabilmente ci riusciranno sostituendo dovunque possibile e conveniente il gas al carbone; la Cina invece al 2030 al massimo intende stabilizzare le emissioni, ma in seguito ben difficilmente riuscirà a ridurle in misura significativa, almeno finché durerà la "vita utile" delle centinaia di centrali a carbone, messe in linea nei recenti e nei prossimi anni (in attesa del nucleare...).

Se si osservano infatti i dati sulla produzione elettrica su scala mondiale dell'Agenzia Internazionale per l'Energia (IEA) (non definitivi ma comunque indicativi), nel periodo dal 2002 al 2014, quindi proprio negli anni di una crescente preoccupazione per l'impatto del settore energetico sulla stabilità del clima, il peso delle fonti fossili sul totale della produzione elettrica non solo non è calato, ma anzi è leggermente cresciuto. Il contributo di carbone, petrolio e gas è passato da 65,7% nel 2002 a 66,5% nel 2014 (in Italia siamo a 55,8%). Quello dell'idroelettrico rimane sostanzialmente invariato attorno al 16% (mentre in valori assoluti la produzione idroelettrica nello stesso arco di tempo è progredita del 48%). Per quanto riguarda le nuove fonti rinnovabili, indubbiamente l'energia elettrica da esse prodotta in valori assoluti si è quasi decuplicata; ciò nonostante, la quota di solare ed eolico insieme rappresenta soltanto il 4,2% sui quasi 24.000 TWh prodotti dalle centrali elettriche di tutto il mondo nel 2014 (il che equivale a solo circa l'1% dell'energia primaria totale consumata nel mondo...).

Resta il fatto che il carbone rimane la fonte più utilizzata per generare energia elettrica, con una quota che passa dal 39% al 41% nel periodo considerato, e un rapporto di 10 a 1 rispetto alle nuove rinnovabili. In valori assoluti poi, la produzione delle centrali a carbone è cresciuta in questi 13 anni di oltre 53%. Perde quota il petrolio (dal 7,2% al 4,4%) per effetto dell'instabilità dei paesi fornitori e delle tensioni sul prezzo. Mentre il gas guadagna un paio di punti percentuali (dal 19% al 21%).

Una rigorosa analisi del passato e del futuro del carbone viene fornita da un recentissimo lavoro dell'Institute of Energy Economics, Japan (IEEJ), dal titolo "*Long-term Trends and Outlook for Global Coal Supply and Demand*" (Rif. 7). Esso conferma che finora il consumo globale di carbone ha continuato a crescere, ed in particolare durante l'ultimo decennio. Come risulta dalla seguente figura 2-1, il maggior incremento nell'uso del carbone è avvenuto proprio per la produzione di energia elettrica (steam coal), e nei Paesi asiatici di rapida industrializzazione. Negli ultimi anni l'incremento più rapido si è avuto in Cina, ma l'incremento proseguirà prevedibilmente fino al 2040, sia pure a ritmi più lenti, con l'India che sostituirà la Cina come Paese con la maggior crescita nella domanda di carbone (v. figura 3-3).

Poi ci saranno l'America Latina, tutto il Sud-Est asiatico, il Medio Oriente e l'Africa a seguire lo sviluppo della Cina e dell'India, necessariamente basandosi sulle fonti fossili (soprattutto carbone, dove non c'è abbondanza di idrocarburi).

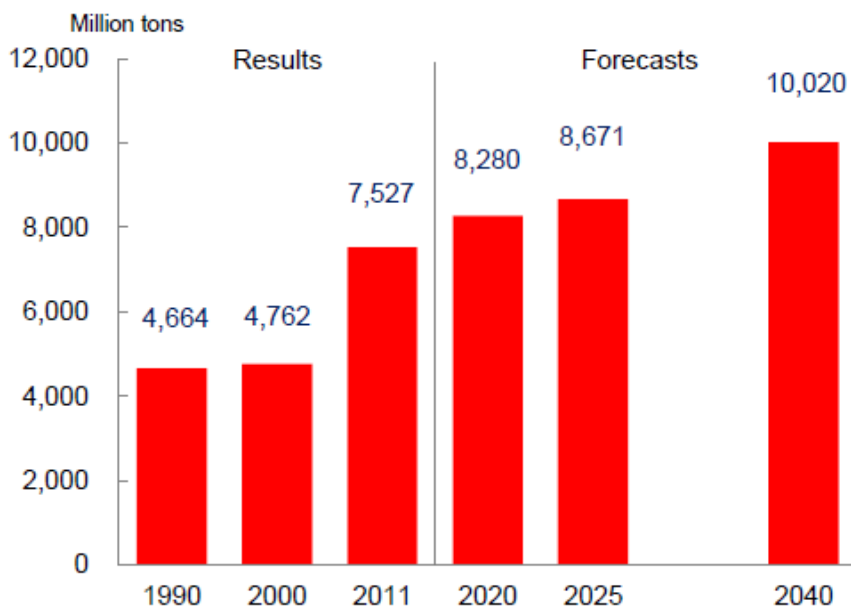


Note: Data for 2012 are estimates. Anthracite is included in steam coal.

Source: IEA, "Coal Information 2013"<sup>3)</sup>

**Figure 2-1. Global Coal Consumption (by region and coal type)**

Da: Yasuaki Kawakami, Yuhji Matsuo, Lu Zheng, Atsuo Sagawa "Long-term Trends and Outlook for Global Coal Supply and Demand" Institute of Energy Economics, Japan – June 2015. [Europe and FS -> Europe and Former Soviet Union].



Sources: Past results are from IEA<sup>1), 2)</sup>, with forecasts based on the IEEJ outlook<sup>6)</sup>.

**Figure 3-3. Global Coal Demand**

Da: Yasuaki Kawakami, Yuhji Matsuo, Lu Zheng, Atsuo Sagawa "Long-term Trends and Outlook for Global Coal Supply and Demand" Institute of Energy Economics, Japan – June 2015.

Ad esempio, per l’Africa sub-Sahariana è stato calcolato che un ipotetico stanziamento di 10 miliardi di dollari, se investito completamente in una infrastruttura basata sul gas naturale, potrebbe fornire energia elettrica a 90 milioni di persone, mentre, se investita in impianti eolici e solari, potrebbe servire poco più di 20 milioni di persone, occupando enormi territori e ponendo il problema dell’intermittenza. Si tenga conto poi che una rete capillare di gas per usi domestici permetterebbe a quei popoli di abbandonare il dannosissimo utilizzo di biomasse come sterpi, sterco, ecc.

In conclusione, ben difficilmente le decisioni politiche di convegni come il prossimo di Parigi riusciranno a modificare le tendenze generali al 2050 riportate nella precedente figura tratta dal “2014 Energy and Climate Outlook” del MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change (Rif. 5), anche per il fatto, già messo in evidenza da Cesare Marchetti molti anni fa, che nel campo dell’energia l’evoluzione del mix delle fonti richiede tempi di risposta legati alla complessità tecnologica, ai processi di decisione e di costruzione, al costo ed all’ammortamento delle infrastrutture, tempi che risultano storicamente dell’ordine degli 80-100 anni.

Volendo comunque agire al più presto possibile a salvaguardia dell’ambiente e del clima, l’opzione più realistica appare quella perseguita di fatto (inconsiamente?) dagli Stati Uniti negli ultimi anni, e cioè la sostituzione, ovunque possibile e conveniente, del gas naturale agli altri combustibili fossili (in particolare, al carbone), con una netta riduzione della emissione di gas-serra a pari energia prodotta.

## **La criticità dello scenario energetico europeo**

In Europa come al solito si sono già manifestate forti opposizioni alle nuove tecnologie di estrazione degli idrocarburi, da parte sia degli ambientalisti che della popolazione, ed in alcuni Paesi come Francia, Bulgaria e Romania la tecnologia del “fracking” è già stata formalmente vietata. Ancora una volta quindi l’Europa non sembra capace di valorizzare tempestivamente le nuove opportunità tecnologiche ed industriali, e sarà costretta a tempo indeterminato ad una dipendenza economica e strategica per soddisfare il proprio fabbisogno energetico (si tenga presente che le “nuove fonti rinnovabili”, e cioè la solare e l’eolica, come già fatto notare, producono solo energia elettrica, ed in forma intermittente, e quindi non più di una frazione dei consumi elettrici, i quali a loro volta in Europa non sono più di un quarto o un quinto del consumo di energia primaria: quindi il loro contributo al mix energetico di un Paese industrializzato non potrà che restare marginale).

Come pone in evidenza un recente rapporto del World Economic Forum (Rif. 8), l’Europa, sulla spinta di visioni ideologiche, peraltro apprezzate dall’opinione pubblica e quindi dai politici, ha intrapreso in ordine sparso negli ultimi anni enormi investimenti nelle “nuove energie rinnovabili” (vento, sole), senza tuttavia definire un piano organico ed ottimizzato tra i singoli Paesi membri. Così, mentre la Spagna dispone di circa il 70% in più di irradiazione solare rispetto alla Germania (1700 vs. 1000 kWh/m<sup>2</sup> all’anno), la Germania ha installato 33 GW di solare fotovoltaico mentre la Spagna solo 5 GW. Ambedue poi hanno installato decine di GW eolici. L’Italia poi ha installato circa 20 GW di solare fotovoltaico e 9 GW di eolico.

In totale nell’Unione Europea negli ultimi cinque anni sono stati installati 130 GW di potenza elettrica rinnovabile (oltre a 78 GW di potenza elettrica convenzionale), a fronte della dismissione di soltanto 44 GW di vecchi impianti. In seguito anche alla crisi economica ed alla crescente efficienza nell’uso dell’energia, tutto ciò ha portato ad una enorme sovracapacità di potenza elettrica installata e

ad un grave sottoutilizzo degli impianti tradizionali, ed alla conseguente crisi delle aziende che li posseggono. Si stima che questa mancanza di pianificazione ottimale del sistema elettrico sia già costata all'Unione Europea qualcosa come 100 miliardi di dollari e che altri 40 miliardi di dollari siano il costo dovuto alla carenza di adeguate interconnessioni elettriche tra i Paesi dell'Unione.

A livello dell'Unione Europea, poi, come noto, la Commissione ha recentemente annunciato una proposta di politica energetico-ambientale al 2030, che stabilirebbe una riduzione vincolante del 40% rispetto al 1990 per le emissioni di gas-serra (rispetto all'attuale 20% al 2020); non vengono invece posti obiettivi vincolanti per le energie rinnovabili a livello dei singoli Stati membri, mentre resterebbe un obiettivo al 27% per l'Unione nel suo insieme. Tuttavia, la nuova impostazione della Commissione non esclude che l'energia nucleare venga considerata quale opzione essenziale per conseguire i sempre più ambiziosi obiettivi di riduzione delle emissioni di gas-serra (peraltro, ritenuti tuttora del tutto insufficienti dagli ambientalisti...). Questa nuova apertura tiene conto evidentemente di esempi acquisiti come quelli di Francia e Svezia (che, grazie anche al nucleare, hanno di fatto annullato le emissioni di carbonio per la produzione di energia elettrica), nonché di altri Paesi che intendono mantenere ed ampliare la propria infrastruttura nucleare, come il Regno Unito, la Finlandia e molti Paesi dell'Europa dell'Est, o intraprenderne ex-novo la costruzione, come la Polonia.

Si potrebbe allora pensare di proporre una politica energetica europea integrata, in cui ciascun Paese, sulla base della propria cultura energetica e delle proprie caratteristiche ambientali, offra il proprio contributo di energia da mettere a fattore comune. Una sorta di banca europea dell'energia, in cui ogni Paese offre la propria quota di energia prodotta attraverso la fonte nazionale di elezione (per semplificare: l'Italia attraverso il solare, la Francia attraverso il nucleare, la Germania l'eolico e così via), da redistribuire a compensazione agli altri Paesi che ne fanno richiesta.

In questa prospettiva si sta effettivamente avviando, a livello dell'Unione, il dibattito sul pacchetto energia-clima e sulla costituzione di una Unione energetica europea. In proposito, il vice-presidente della Commissione e commissario all'Unione energetica, Maros Sefcovic, ha recentemente affermato: *"I prezzi devono riflettere i costi. Le nostre attuali politiche energetiche sono insostenibili in tutti i sensi e vi è la necessità urgente di riorganizzare il settore"*. L'Unione energetica, una delle priorità politiche della Commissione Juncker, dovrà trasformare il modo in cui l'Europa produce, trasporta e consuma l'energia.

## **Riferimenti**

- (1) Alex Trembath and Jesse Jenkins *"A Look at Wind and Solar - Part 1: How Far We've Come"* The Breakthrough Institute - May 26, 2015.
- (2) Alex Trembath and Jesse Jenkins *"A Look at Wind and Solar - Part 2: Is There An Upper Limit To Intermittent Renewables?"* The Breakthrough Institute - May 27, 2015.
- (3) Erik Delarue and Jennifer Morris *"Renewables Intermittency: Operational Limits and Implications for Long-Term Energy System Models"* MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change - Report No. 277 - March 2015.



- (4) *“Nuclear Energy and Renewables: System Effects in Low-carbon Electricity Systems”* OECD-NEA – Nuclear Development - 2012.
- (5) *“2014 Energy and Climate Outlook”* MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change.
- (6) Carlo Rubbia *“Nuove tecnologie per il futuro dell’energia”* Conferenza presso l’Accademia Nazionale dei Lincei – 22 gennaio 2015.
- (7) Yasuaki Kawakami, Yuhji Matsuo, Lu Zheng, Atsuo Sagawa *“Long-term Trends and Outlook for Global Coal Supply and Demand”* Institute of Energy Economics, Japan – June 2015.
- (8) *“The Future of Electricity - Attracting investment to build tomorrow’s electricity sector”* World Economic Forum - January 2015.

*Roma, 2 luglio 2015*

*Agostino Mathis*

<amathisit@yahoo.com>