

## Nucleare ed indipendenza energetica, mito e realtà

Eugenio Saraceno – ASPO Italia

Publicato su <http://www.aspoitalia.net> , 21 Dicembre 2007

Sempre più spesso leggiamo sui media che l'energia nucleare è il futuro e che può risolvere i problemi dovuti ai combustibili fossili: alti prezzi, inquinamento, emissioni di gas clima alteranti. Segue la consueta annotazione sull'Italia che ha rinunciato stoltamente a questa opportunità e che siamo ancora in tempo per rimediare costruendo nuovi reattori o riattando ciò che si può recuperare dei vecchi. Al di là dei discorsi fatti nei talk show e sui giornali in cui ci si guarda bene dal fornire dati quantitativi affidabili, per capire meglio l'impatto dell'energia nucleare su un sistema paese sarebbe utile esaminare e mettere a confronto qualche caso concreto di sistemi energetici in paesi che utilizzano o non utilizzano il nucleare. Cosa potrebbe accadere se l'Italia tornasse indietro sulla scelta di rinunciare al nucleare, quali vantaggi si otterrebbero, a fronte di quali costi? Per dare una risposta non c'è di meglio che mettere a confronto la denuclearizzata Italia con la nuclearizzata Francia. Questi due paesi hanno un numero di abitanti simile, la Francia ha un clima più rigido e dunque consideriamo che tipicamente un francese utilizzerà più energia di un italiano per il riscaldamento domestico.

### Due sistemi a confronto: consumi energetici in Francia e Italia

La Francia non è il paese con più reattori nucleari, primato che spetta agli USA, ma sicuramente è quello che copre la maggior quota di fabbisogno energetico con energia atomica; è costellata di impianti nucleari (risultano in totale ben 58 reattori per una capacità di 63 GWe installati in 19 siti) e non vi sono significativi piani di crescita, piuttosto al momento EDF sta progettando di rimpiazzare nel prossimo decennio alcuni impianti obsoleti con nuove installazioni per mantenere la capacità.

FRONTE	Milioni di Tonnellate equivalenti di petrolio	FRANCIA	ITALIA
<b>SOLIDI</b>	<b>Consumi totali</b>	<b>14,428</b>	<b>16,477</b>
	di cui settore termoelettrico	6,402	10,001
	di cui settore industriale	8,006	6,476
<b>PETROLIO</b>	<b>Consumi totali</b>	<b>92,086</b>	<b>83,169</b>
	di cui produzione nazionale	1,236	6,146
	di cui settore termoelettrico	1,653	9,642
	di cui chimica e costruzioni	12,143	9,848
	di cui industria	6,658	6,947
	di cui trasporti	48,225	42,251
	di cui domestico/servizi	18,203	9,002
	di cui agricoltura	2,655	2,593
<b>GAS</b>	<b>Consumi totali</b>	<b>40,996</b>	<b>70,651</b>
	di cui produzione nazionale	0,828	9,886
	di cui settore termoelettrico	6,291	26,402
	di cui perdite di distribuzione	0,688	0,491
	di cui feedstock chimici	1,802	0,993
	di cui industria	13,404	16,865
	di cui trasporti	0,047	0,381
	di cui domestico/servizi	20,452	26,501

Tab.1 Consumi comparativi Fr/It di combustibili fossili. Fonte: eurostat

ENERGIA ELETTRICA GWh	FRANCIA	ITALIA
produzione complessiva	575365	303699
import/export netto	-60296	49155
disp.per il consumo interno	515069	352854
di cui elettronucleare	451529	0
di cui idroelettrico	56938	42927
di cui biomasse	5081	5985
di cui rsu	3260	2620
di cui eolico	959	2338
di cui geotermico	0	5022

Tab.2 Produzione comparativa Fr/It di elettricità  
Fonte: eurostat

ENERGIA ELETTRICA GWh	FRANCIA	ITALIA
perdite di distribuzione	31825	20626
di cui industria	133894	144763
di cui trasporti	12211	9414
di cui domestico/servizi	276418	146199
servizi di centrale	25979	13064
pompaggi	6640	9319
raffinerie/altri usi energetici	28051	8947
TOTALE	515018	352332

Tab.3 Consumi comparativi Fr/It di elettricità

Esaminiamo qualche dato comparativo tra Francia e Italia; tutti i dati delle tab.1-3 sono tratti da EuroStat, la banca dati statistica dell'Unione Europea e riferiti all'anno 2005.

[http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?\\_pageid=0,1136239,0\\_45571447&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?_pageid=0,1136239,0_45571447&_dad=portal&_schema=PORTAL) Le differenze più evidenti tra i due paesi sono evidenziate in giallo. In tab.1 notiamo subito i punti deboli dei due sistemi, per l'Italia il maggiore consumo di gas, petrolio e carbone ai fini termoelettrici, per la Francia i maggiori consumi di petrolio nel settore dei trasporti e dei riscaldamenti domestici. Non ci sorprende il fatto che i cugini d'oltralpe grazie al nucleare consumino meno combustibili fossili per produrre energia elettrica, potrà stupire però che nonostante il nucleare la Francia consumi più petrolio della vicina Italia, situazione aggravata dal fatto che la produzione nazionale di idrocarburi è molto inferiore a quella già insufficiente ma non trascurabile dell'Italia. In prospettiva il divario tra i consumi petroliferi di Francia e Italia tenderà a crescere in quanto quest'ultima sta riducendo velocemente l'utilizzo di petrolio per fini termoelettrici e domestici in favore del meno inquinante metano.

Per il carbone ci si aspetterebbe una totale assenza dallo scenario francese nell'ambito termoelettrico, grazie all'atomo, ma evidentemente non è così, una quota seppur piccola è presente; e non mancano gli usi industriali, in particolare cementiero. In totale, nonostante il nucleare, il consumo francese di carbone è poco inferiore a quello italiano e c'è la possibilità che aumenti grazie al fatto che la Francia è la meno colpita dall'emission trading scheme (sempre grazie al nucleare) e potrebbe permettersi di sostituire il petrolio col carbone in alcuni usi industriali.

Sul lato del gas è ben evidente il vantaggio francese grazie all'atomo ma a voler ben interpretare i dati potremmo dire che questo vantaggio si potrebbe ridurre rapidamente; si noti infatti come gli ipertrofici consumi francesi di gasolio per autotrazione siano aggravati dal fatto che per la minore penetrazione del gas negli usi domestici molti cittadini utilizzano ancora l'antieconomico gasolio da riscaldamento, non vedendo probabilmente l'ora di passare al più economico metano. Questa situazione in Italia è stata disinnescata per tempo grazie alla combinazione di progressiva metanizzazione urbana e persistenza/abolizione del superbollo ai diesel, ciò non ha permesso ai combustibili per uso domestico di entrare in competizione con quelli da autotrazione, cosa che sta accadendo ora in Francia, con l'aggravante che sui mercati europei c'è carenza di gasolio raffinato localmente. Per questo i francesi dovranno in qualche modo aumentare le importazioni di gas benchè l'apporto dal Mare del Nord in prospettiva rischi di diminuire. Sarà giocoforza impiantare nuovi rigasificatori (in realizzazione un nuovo impianto da 7Gmc) e/o contrattare nuove forniture via pipeline dai fornitori nordafricani o russi pagando anche il pedaggio di transito ai vicini europei, potenzialmente anche all'Italia (già prenotata una quota del costruendo gasdotto medgaz dall'Algeria attraverso la Spagna). In Italia d'altra parte, dopo il boom della produzione termoelettrica da metano e la temuta scarsità di gas vi è stato un vistoso azzeramento delle nuove autorizzazioni di centrali a gas, dunque il fattore più rilevante nella crescita dei consumi

è stato disinnescato, non è pensabile un ulteriore sensibile crescita dei consumi se non dopo aver realizzato nuove infrastrutture pipeline e/o rigasificatori e stoccaggi. Nei prossimi anni presumibilmente, mentre in attesa di infrastrutture il consumo di gas italiano crescerà lentamente il divario con la Francia si attenuerà.

Da un esame della situazione della produzione elettrica in tab.2 e 3 emergono immediatamente le sostanziali differenze tra Francia, paese dotato di un surplus di energia elettrica e Italia, paese importatore. D'altra parte l'abbondanza di energia elettrica ha rallentato in Francia, più che nella già ritardataria Italia, lo sviluppo delle fonti rinnovabili, in particolare la più competitiva elettricità eolica che pure sarebbe disponibile sulla coste atlantiche, cosa che avrà un suo peso relativamente agli obiettivi di produzione da fonti rinnovabili recentemente stabiliti in sede UE. Sempre per via dell'abbondanza che non invita al risparmio sono evidenti in Tab.3 i notevoli problemi di efficienza nella distribuzione di energia elettrica e nei servizi di centrale; per la Francia rispettivamente le perdite di distribuzione e per servizi di centrale ammontano al 6,2% e 5% mentre la più efficiente Italia vanta 5,8% e 3,7%. Si notino gli abnormi consumi francesi di energia elettrica negli usi domestici ed energetici, questi sono dovuti alla minore espansione del consumo di gas grazie alla ottima disponibilità di energia elettrica. I tipici usi domestici ed energetici per la produzione di calore (stufe, fornelli elettrici) non sono tra gli usi più efficienti dell'energia elettrica nucleare, infatti ammettendo un'efficienza tipica della produzione elettrica nucleare pari a 35% e scalcolando le perdite di distribuzione e servizi pari a 11,2% ed il rendimento di trasformazione in calore pari a 90% come dedotto sopra, l'energia elettrica per alimentare la produzione di calore è stata utilizzata con una efficienza finale di 28% (28 unità di calore utilizzabile su 100 unità di calore nucleare sviluppato in centrale) per cui sarebbe stato più efficiente utilizzare una caldaia a gas metano a condensazione con efficienza superiore a 105% perfino se si trattasse di impianti di riscaldamento a pompa di calore con cop 3:1 (3 unità di calore utilizzabili per 1 unità di energia elettrica investita) in tal caso si otterrebbe una efficienza del 93%.

La Francia grazie al nucleare produce quasi l'80% della propria elettricità e dispone di un surplus pari a 60 TWh di cui una buona parte passano in Italia, direttamente o per tramite della Svizzera e in misura minore verso Spagna, GB e Germania. Si può dire dunque che il carico base della rete elettrica francese è coperto interamente dal nucleare mentre nelle ore di punta si ha una buona presenza di idroelettrico, tecnologie di generazione di punta più costose, come il turbogas sono poco diffuse, grazie anche alla maggiore massa e stabilità della rete ben interconnessa con il resto dell'Europa centrale.

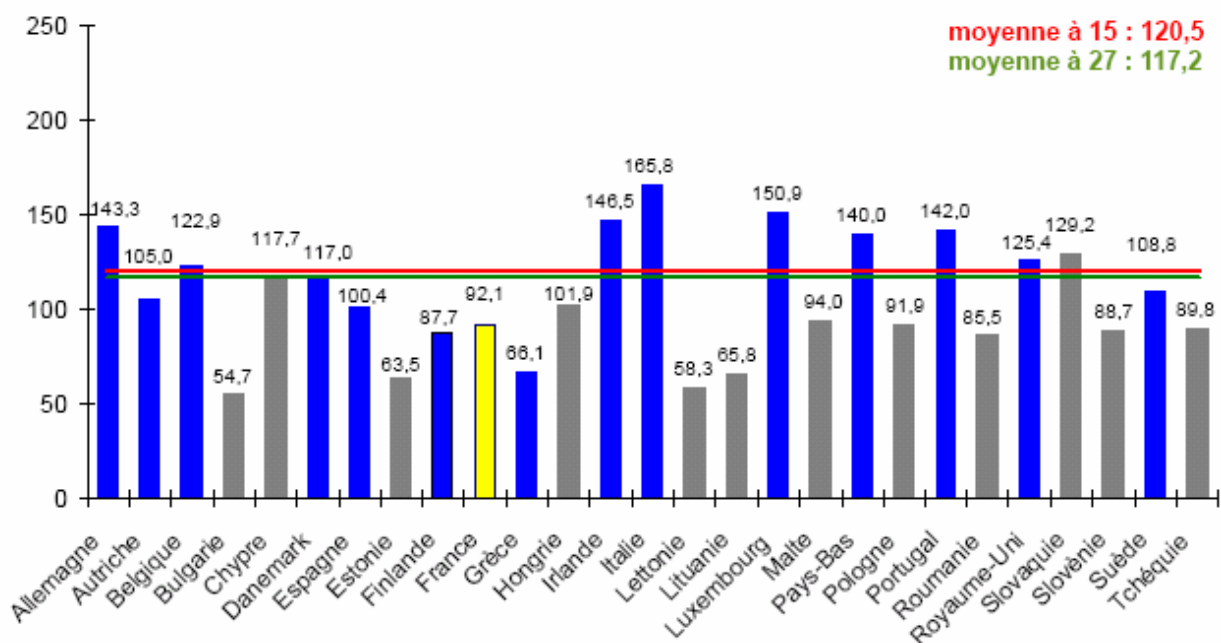


Fig.1 Prezzo medio dell'energia elettrica uso domestico escluso tasse gen.2007

Prix TTC €/MWh

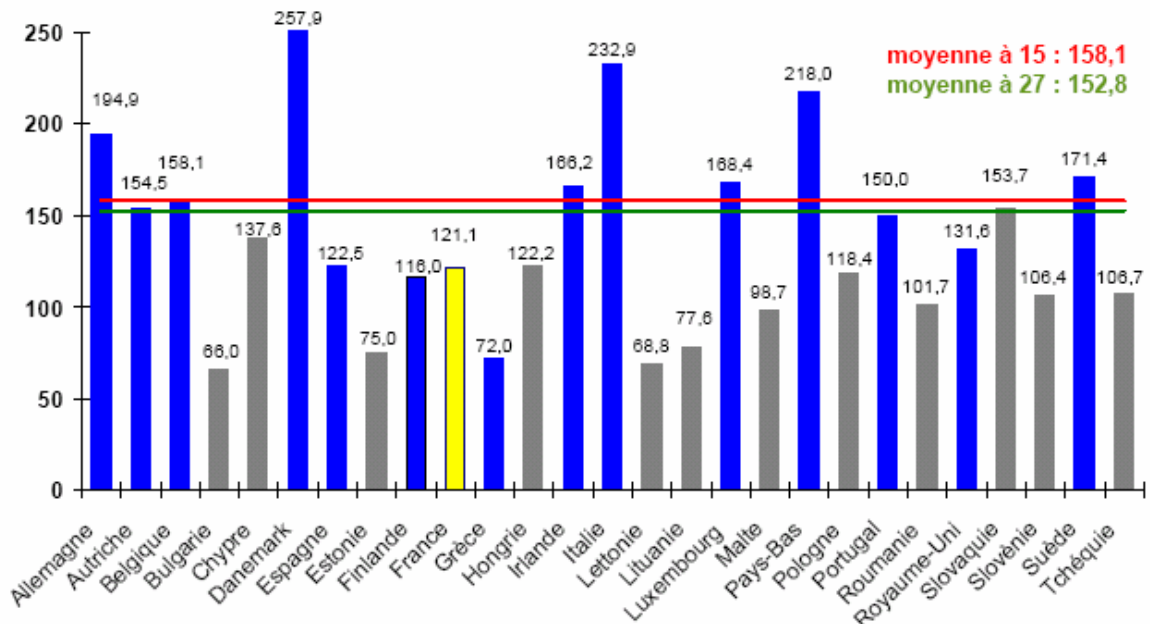


Fig.2 Prezzo medio dell'energia elettrica uso domestico incluso tasse gen.2007

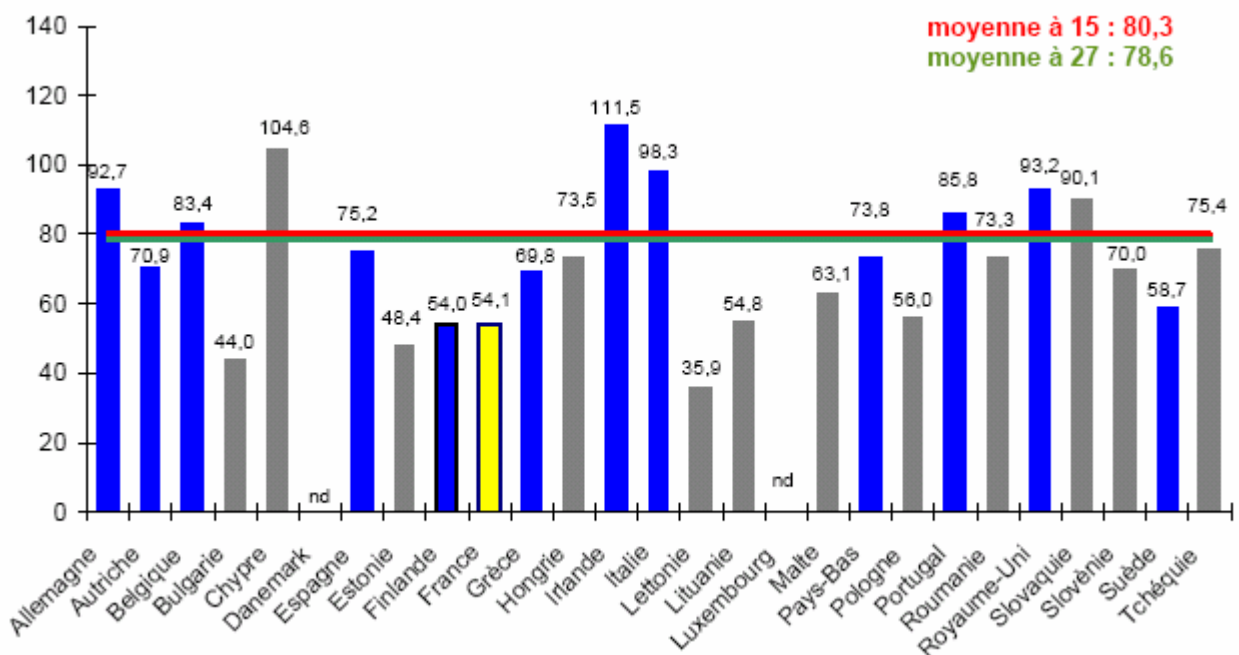


Fig.3 Prezzo medio dell'energia elettrica uso industriale escluso tasse gen.2007

## Il costo dell'energia

L'insieme dei fattori citati sembra determinare un vantaggio competitivo del sistema paese Francia: uno dei minori prezzi del kWh in UE-15 come si evince dalle figure 1-4. Dagli istogrammi emerge la sostanziale differenza tra il prezzo dell'energia elettrica in Italia e Francia, l'Italia, oltre ad essere tra le più care, sconta anche un maggior carico fiscale sull'energia elettrica, confrontando il costo dell'elettricità prima e dopo la tassazione risulta un carico fiscale complessivo del 40% circa contro il 30% francese. Si noti la situazione degli altri paesi, risulta immediatamente evidente che alcune nazioni (Germania, Belgio, Regno Unito) pur avendo buone quote di nucleare hanno comunque prezzi sopra la media europea, mentre altri come la Grecia, pur non avendone

affatto hanno prezzi sotto la media, vicini a quelli francesi; i paesi dell'ex blocco socialista sia che abbiano impianti nucleari, sia che non li abbiano presentano prezzi sotto la media e tengono bassa la media UE-27. Ciò può essere interpretato in base alle differenze economiche (minor costo del lavoro, sussidio statale alla costruzione degli impianti durante l'epoca sovietica, uso di molto carbone etc.) Per cui ha senso confrontare solo i paesi in condizioni economiche simili a Francia e Italia. Da un confronto di questo genere sembra emergere che il nucleare può abbassare i prezzi dell'energia elettrica sotto le medie europee solamente se è presente in percentuali molto alte come nel caso della Francia. I dati presenti nelle figure 1-4 ci danno anche un utile indizio sui costi reali di generazione del nucleare, argomento su cui infuria il dibattito tra sostenitori di tesi molto lontane tra loro. Premetto che effettuerò questa stima con una modalità empirica e basata su una semplificazione: data la assoluta preponderanza della produzione nucleare e idroelettrica (che è universalmente riconosciuta come la fonte in assoluto più economica) su ogni altro tipo di generazione in Francia possiamo supporre che il prezzo medio dell'energia elettrica in Francia sia un limite superiore del costo di produzione dell'energia nucleare della filiera francese, se non fosse così le società elettriche lavorerebbero in perdita, il che non vale per EDF, oppure dovrebbero ricevere in qualche forma dei sussidi dallo stato, cosa su cui torneremo a ragionare in seguito. Ora, notando da Tab.3 che i consumi francesi di energia elettrica si ripartiscono in parti circa uguali tra gli usi domestici e industriali ed usando rispettivamente i prezzi di vendita (ricavati dalle figure 1 e 3) 92 e 54 €/MWh si può calcolare che mediamente gli operatori incassano 73 €/MWh. Tale dovrebbe essere il limite massimo del costo dell'energia nucleare francese e ciò risulta in linea con quanto pubblicato da IEA nel World Energy Outlook 2005 in cui si stima un costo medio dell'energia nucleare di 60-70 €/MWh tenendo conto che nei 73 €/MWh dovrebbe esserci anche un margine di guadagno. Questo è un valore molto lontano da quanto dichiarato da alcuni fautori dell'energia nucleare secondo i quali il costo sarebbe 20-30 €/MWh. Tale discrepanza può essere spiegata dal fatto che il costo dell'energia nucleare è sostanzialmente funzione del costo dell'impianto, ad esempio nella citata pubblicazione IEA la componente variabile dovuta al costo del combustibile fissile è solamente circa 11 €/MWh e che dunque ogni installazione, ogni reattore ha un proprio peculiare costo di produzione, determinato da vari fattori quali il costo effettivo di realizzazione, la durata dei lavori (che influisce sul preammortamento), la minore o maggiore attenzione alle tematiche della sicurezza, la presenza o meno di un obbligo assicurativo sull'impianto, la vita effettiva di produzione sulla quale si può ammortizzare il costo, gli obblighi di legge riguardo le scorie e la dismissione degli impianti a fine ciclo, la possibilità di rivendere il plutonio ottenuto dal ritrattamento di queste ultime ai governi per scopi militari. Non ha senso dunque parlare di costo di produzione specifico dell'energia nucleare, se il preventivo per la costruzione di un impianto è intorno ai 1900 €/kW e la vita produttiva attesa 40 anni con 8000 ore annue di produzione a pieno carico come si evince dalle dichiarazioni su un reattore EPR recentemente ordinato dalla Finlandia, il prezzo del MWh in base alla metodologia IEA, considerando anche i costi di dismissione e trattamento scorie, risulterebbe 57€, ma se poi il costo d'impianto dovesse aumentare in corso d'opera per ragioni tecniche o ritardi e/o la produttività o la vita dell'impianto fossero inferiori, a consuntivo il costo sarebbe maggiore; questo può essere dunque calcolato solamente alla dismissione. Nell'ipotesi realistica per l'Italia, dato il consueto scenario dei ritardi e della crescita dei costi nelle grandi opere, che il costo a consuntivo per una ipotetica nuova centrale EPR clone della citata finlandese giungesse a 2500 €/kWh, e la vita operativa fosse di 35 anni (ad esempio gli standard tedeschi prevedono 32) e la produttività media su tutta la storia dell'impianto fosse intorno a 7000 ore equivalenti annue (per il parco centrali francese, come potete agevolmente calcolare dalle tab.2 e dalla potenza installata 63 GWe risulta 7150) si avrebbe un costo del kWh intorno a 85 € MWh inclusa dismissione e gestione delle scorie. Tornando al costo del kWh nucleare francese, evidentemente compreso tra il caso ottimo (se tutto procederà bene) del preventivo finlandese ed il caso realistico dell'ipotetico consuntivo per l'impianto italiano, risulta chiaro che, se i conti non sono stati truccati da sussidi governativi e/o militari, i nostri cugini d'oltralpe sono stati bravi a contenere i costi e i tempi di costruzione grazie

alla standardizzazione degli impianti, riducendo anche gli oneri delle scorie grazie al ritrattamento di queste ultime.

Per approfondire il tema del calcolo del costo del kWh per varie tipologie di generazione, incluso il nucleare si consultino gli ottimi articoli di D.Coiante in

<http://www.aspoitalia.net/images/stories/coiante/coiantecostonucleare.pdf>

<http://www.aspoitalia.net/images/stories/coiante/coiantenucleare2.pdf>

C'è da dire che in Italia, anche non avendo il nucleare sarebbe teoricamente possibile alle condizioni attuali, riducendo lo squilibrio della domanda tra ore piene e vuote, avere un prezzo industriale dell'energia elettrica in linea con la media europea, intorno agli 80 €/MWh, il nerbo della capacità di generazione è infatti il gas (70€/MWh), seguito da importazioni (40-50€/MWh), carbone (50-60€/MWh) ed idroelettrico (20-30€/MWh), tant'è che fuori delle ore di punta (8-22) il prezzo sul mercato elettrico è molto inferiore alle ore di punta, data la particolare forma del diagramma di carico italiano con grandi differenze di carico tra ore piene e vuote, man mano che avvicinandosi le ore di punta entrano in produzione gli impianti a costo di produzione maggiore il prezzo del kWh lievita in maniera significativa per alcune ore della mattina e del tardo pomeriggio aumentando molto le medie, si veda ad esempio il grafico dei prezzi giornalieri sul mercato elettrico in <http://www.mercatoelettrico.org/GmeWebInglese/Default.aspx>. Ovviamente come sempre in Italia esiste il trucco, se i poveri piccoli consumatori devono pagare il prezzo pieno a molti utilizzatori energivori industriali basta interrompere o ridurre l'assorbimento di energia elettrica per alcune ore al giorno su processi non a ciclo continuo, ad esempio macine, e farle poi girare al massimo nelle ore vuote per conseguire importanti risparmi sul prezzo del kWh. Altro utile accorgimento, limitatamente ad imprese posizionate nel Nord Italia è quello di stipulare contratti bilaterali con produttori esteri (con la liberalizzazione si può) ed acquistare ad esempio direttamente in Francia o Svizzera energia nucleare all'ingrosso a 50 €/MWh. Dovrebbe essere chiaro a questo punto come interpretare meglio l'anomalia dei prezzi italiani. Paradossalmente, per quanto detto sui costi dell'energia nucleare, chi può approvvigionarsi di energia dall'estero a quel prezzo ha minori rischi economici di chi se la produce in casa.

Prix TTC €/MWh

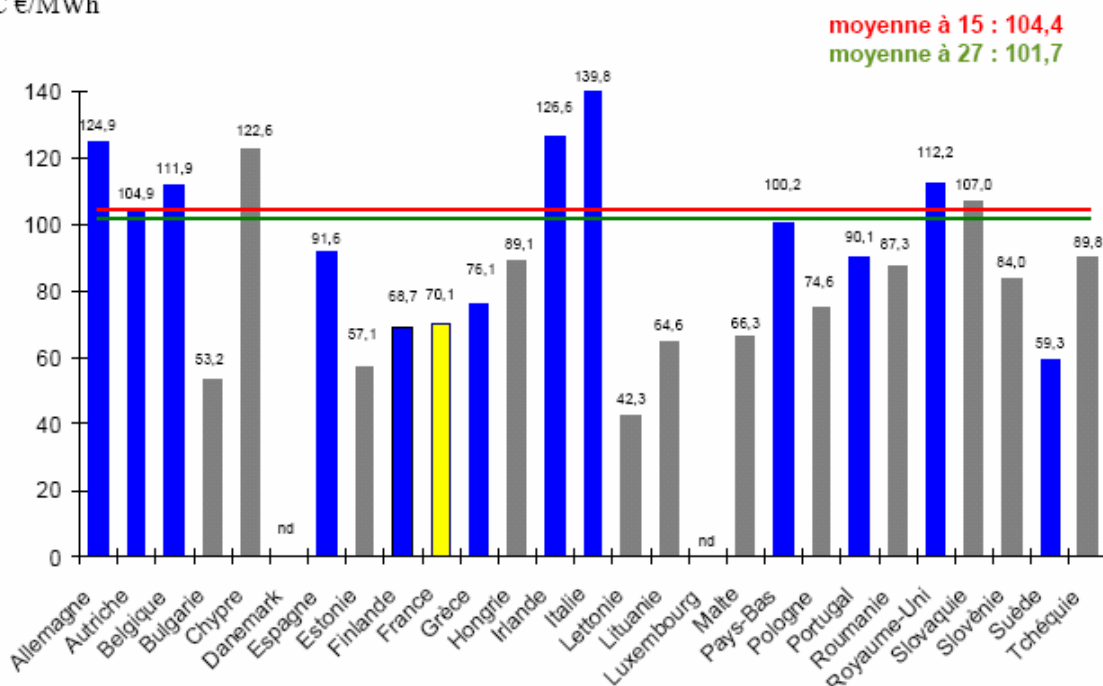


Fig.4 Prezzo medio dell'energia elettrica uso industriale incluso tasse gen.2007



Prix HTT €/MWh

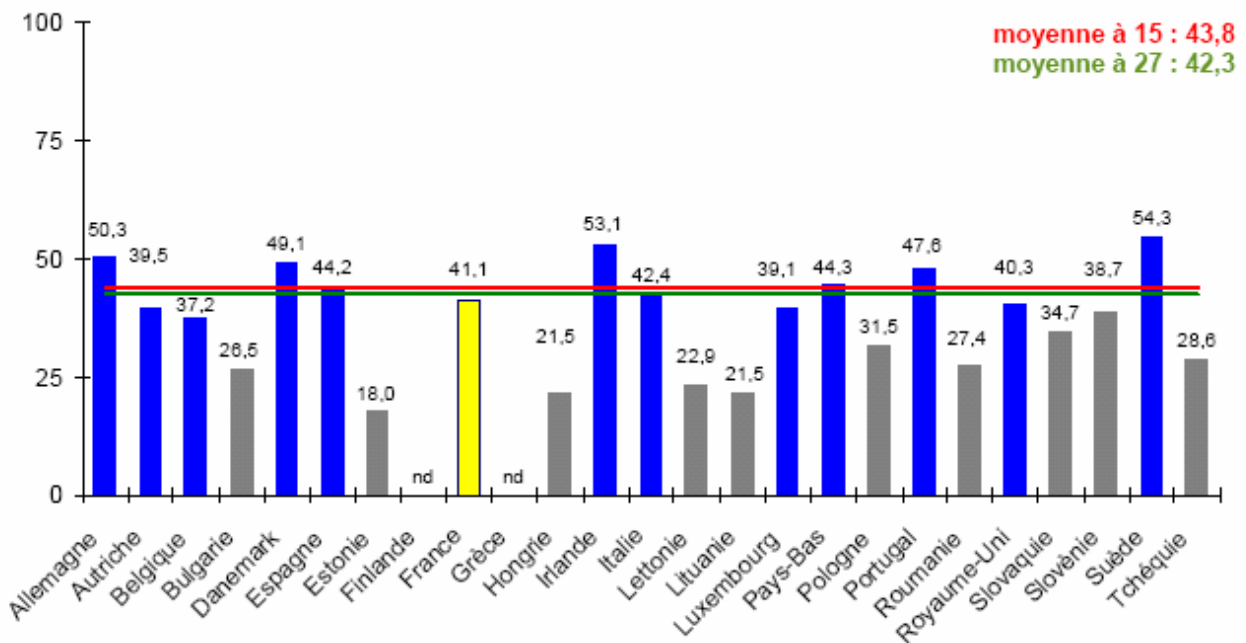


Fig.5 Prezzo medio del gas usato domestico escluso tasse gen.2007

Prix TTC €/MWh

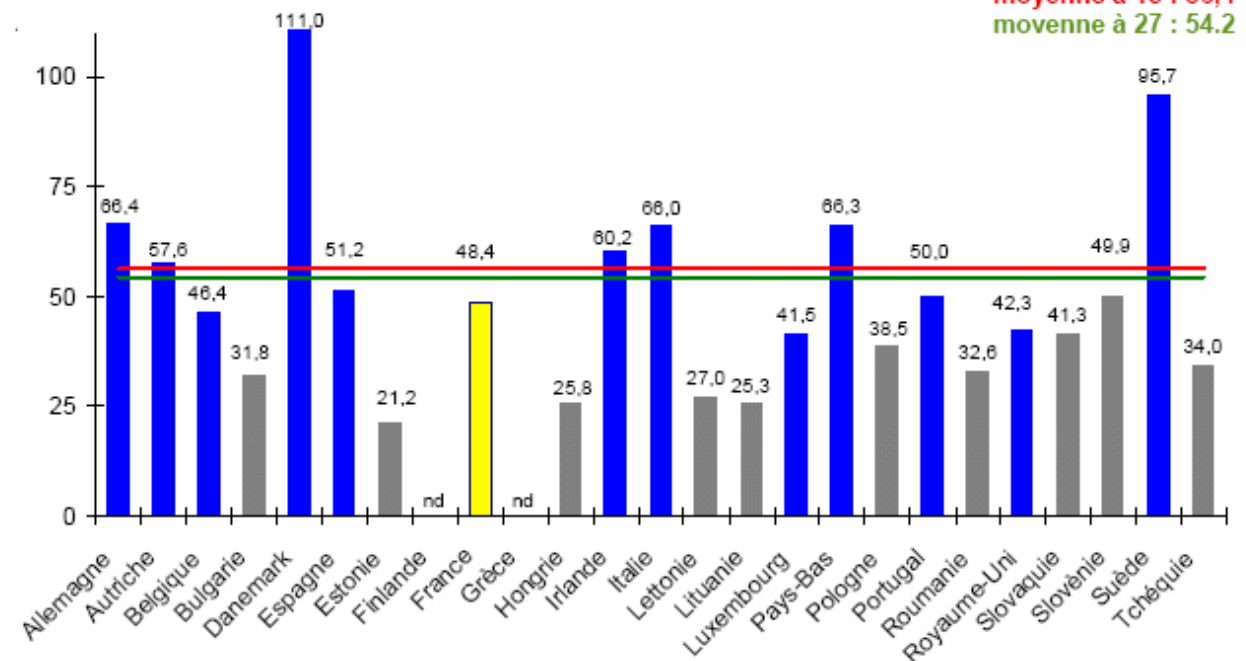


Fig.6 Prezzo medio del gas usato domestico incluso tasse gen.2007

Nelle figure 5-8 si ha la situazione relativa ai prezzi medi del gas; si noti che in questo settore il vantaggio della Francia è minimo, i prezzi del gas sono tra i più bassi d'europa, ma è un fatto che anche l'Italia sia assolutamente in linea con le medie europee, in particolare per gli usi industriali, per i quali gioca anche la minore tassazione, stavolta a favore degli utilizzatori italiani, mentre per gli usi domestici è esattamente il contrario, grazie ad una tassazione particolarmente favorevole in Francia. Si può dire che la presenza del nucleare in Francia non influisca sui prezzi del gas, per due ragioni: la prima è che nella produzione termoelettrica il nucleare non può mai scalzare completamente il ruolo del gas, in quanto la produzione elettronucleare copre sostanzialmente i

carichi di base, anche nelle ore vuote, a minor prezzo del kWh mentre quella da gas copre le ore di punta e risulta tanto più indispensabile per la stabilità ed il bilanciamento della rete quanto più surplus di energia elettronucleare vi è; dunque la Francia è “costretta” ad esportare quote della sua produzione elettronucleare non flessibile a basso prezzo ed a produrre comunque una certa quota di elettricità “flessibile” da gas, tale quota è in aumento man mano che i consumi aumentano e la produzione idroelettrica (l’altra fonte “flessibile” ma che cresce lentamente) non è in grado di coprire il fabbisogno di punta. L’altra ragione è dovuta al basso prezzo del gas per uso domestico che rende di dubbia convenienza l’utilizzo di energia elettrica per il riscaldamento, come detto in precedenza.

Prix HTT €/MWh

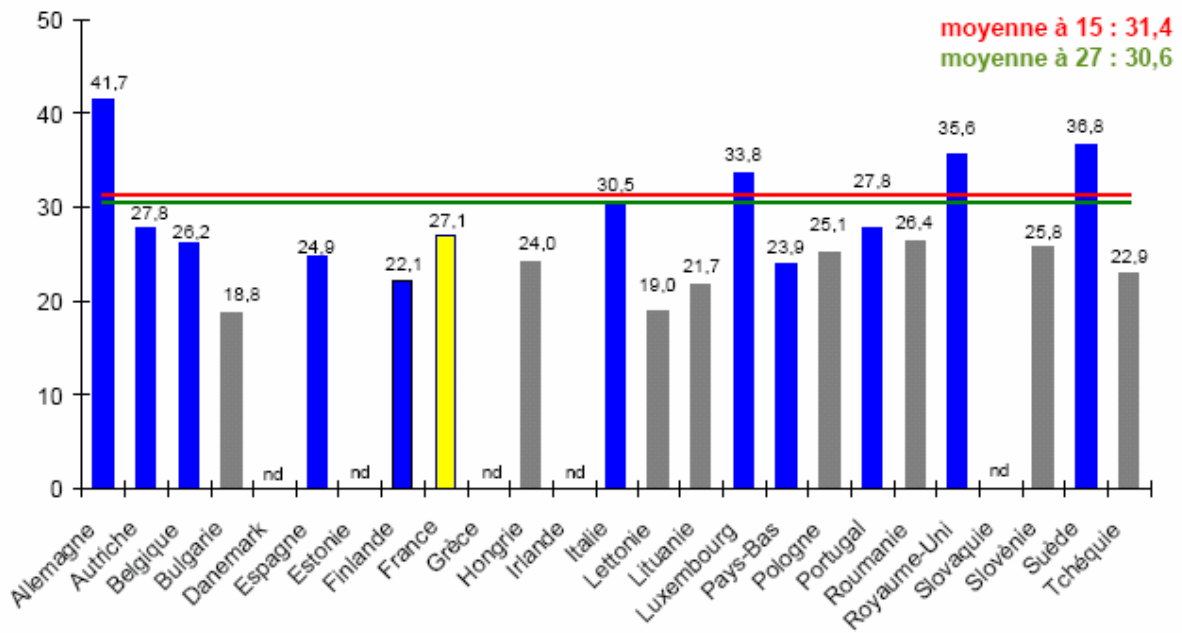


Fig.7 Prezzo medio del gas uso industriale escluso tasse gen.2007

Prix TTC €/MWh

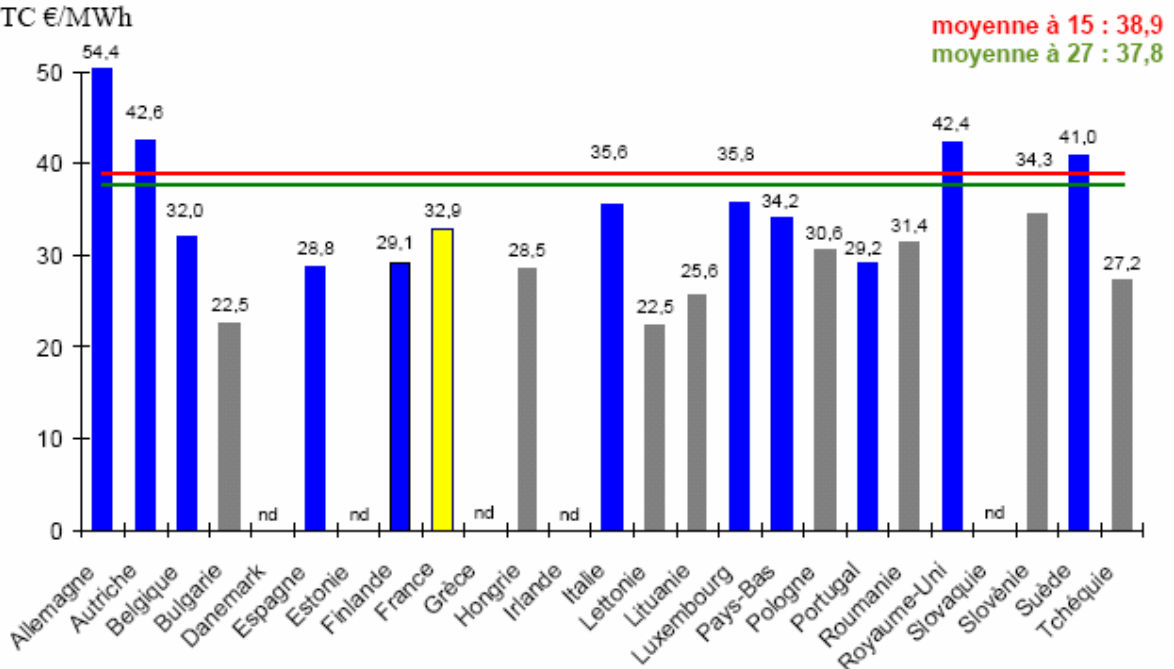


Fig.8 Prezzo medio del gas uso industriale escluso tasse gen.2007



Infine, sul prezzo dei carburanti da autotrazione, l'influenza dell'energia nucleare non ha alcun effetto benefico, basti dare uno sguardo ai prezzi alla pompa, ad esempio sul sito preposto dal governo francese per il monitoraggio dei prezzi:

<http://www.prix-carburants.gouv.fr/index.php?module=dbgestion&action=search>

Una tipica ricerca sul prezzo dei carburanti in Francia nella rappresentativa regione di Parigi ci dice che in questo periodo i prezzi del gasolio vanno dai 1.34 euro/l in particolari zone o sulle autostrade a più ragionevoli 1,16 presso gli ipermercati della grande distribuzione che riforniscono di carburante i clienti a prezzo di costo purchè si fermino a fare la spesa (sulla quale recuperano abbondantemente gli spiccioli risparmiati sul pieno). Non molto diverso dunque dalla situazione italiana, quindi nell'ambito dei trasporti su gomma la presenza del nucleare non migliora la situazione per i consumatori francesi.

## **Il mito dell'indipendenza energetica**

Non si commette, dunque, un'inesattezza nel dire che la Francia al momento è esposta al pari dell'Italia alle turbolenze sui mercati del petrolio ed in prospettiva nonostante il nucleare la sua situazione potrebbe peggiorare, anche se non come quella dell'Italia, per quanto detto sopra. Dallo specifico punto di vista della bolletta energetica, sempre da Eurostat [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?\\_pageid=0,1136217,0\\_45571467&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?_pageid=0,1136217,0_45571467&_dad=portal&_schema=PORTAL) si evincono gli importi delle "bollette energetiche" nazionali di Italia e Francia, ovvero del disavanzo della bilancia commerciale dovuto all'importazione di prodotti energetici. Ebbene a conferma di quanto analizzato sulla base dei dati dei consumi di combustibili fossili nel 2005 il disavanzo commerciale francese nel settore energetico, nonostante il nucleare, è praticamente uguale a quello italiano, infatti i francesi come abbiamo visto importano più petrolio degli italiani anche se importano molto meno gas e, tenendo conto che i prodotti petroliferi costano per unità di energia più del gas naturale si ha un inaspettato testa a testa tra i 38,5 mld di euro spesi per le importazioni nette in Italia e i 37,5 mld di euro spesi per lo stesso scopo dai francesi. Per contro nell'anno successivo la situazione dell'Italia peggiora di più di quella della Francia, scontando le fiammate in particolare dei prezzi del gas avvenute in quell'anno; nel 2006 il disavanzo italiano è di 50 mld, quello francese di 44,2 a dimostrazione che la presenza del nucleare, anche se di per se non conferisce l'indipendenza energetica poiché di grandi quantità di gas, petrolio e carbone nella pur ipernuclearizzata Francia non si può comunque fare a meno per quanto detto in precedenza, aiuta certamente a ridurre l'impatto della crescita dei prezzi degli idrocarburi. In altre parole se l'Italia piange la Francia non ride, l'aumento dei costi per l'importazione del petrolio colpisce duramente anche lei.

Cosa dire delle prospettive del nucleare? Secondo l'operatore francese EDF [www.edf.com](http://www.edf.com), ai consumi attuali, la disponibilità di uranio è assicurata per 60 anni e gli approvvigionamenti sono garantiti grazie alla forza geopolitica della Francia, la quale può vantare un operatore come AREVA che gestisce tutto il ciclo del combustibile, dall'estrazione dello yellowcake in paesi alleati ed affidabili come Canada ed Australia o influenzabili a piacimento del governo francese come il Niger, alla produzione delle barre di combustibile, al ritrattamento del combustibile esausto nell'impianto di La Hague, dove si accumulano sotto stretta sorveglianza in depositi temporanei le scorie irrecoverabili del ritrattamento. Non è stato ancora realizzato infatti un sito definitivo per lo stoccaggio, e dunque nei costi del kWh nucleare francese sono considerati i costi di ritrattamento e dismissione delle centrali e dei rifiuti contaminati a radioattività breve (<30 anni), ma non quelli di stoccaggio definitivo. Un altro costo che potrebbe essere nascosto è quello per la sicurezza, sia per quanto riguarda i costi finanziari in caso di incidente che quelli di sicurezza per i siti e la prevenzione dei problemi. La filiera nucleare francese è sotto lo stretto controllo dello stato ed è strettamente connessa con le attività militari relative all'arsenale atomico, non si può essere sicuri che il vero prezzo del kWh nucleare sia quello in borsa elettrica, i cittadini francesi potrebbero pagare (sotto forma di costi militari) nelle tasse, il cui livello è uno dei più alti al mondo, quello che i consumatori di energia elettrica risparmiano grazie al nucleare. Un indizio di questo è dato

dall'alto livello di spese militari della Francia, 2,6% del PIL rispetto al 1,5 della Germania o del 1,8 dell'Italia, rispetto a quest'ultima la Francia spende circa 23 mld di \$ in più all'anno; livelli simili si riscontrano anche per altri paesi detentori di arsenali nucleari. Dal comportamento sempre aggressivo ed arrogante delle grandi potenze atomiche sembra che un massiccio utilizzo di nucleare civile permetta con gran dispendio di costruire un arsenale atomico con il quale, sfruttando il deterrente, assicurarsi rispetto internazionale e stabili forniture di indispensabile petrolio ed altre materie prime strategiche; il basso costo del kWh è una ricaduta economicamente positiva di programmi governativi che non sono esattamente pensati per far risparmiare i contribuenti.

L'idea del nucleare, propugnata da alcuni sedicenti esperti, come fonte di indipendenza energetica è dunque un mito, anche in un paese come la Francia, che grazie al basso prezzo dell'energia nucleare ed alla propria influenza geopolitica, ha vissuto con molta leggerezza l'aumento dei consumi e degli sprechi energetici anche di prodotti petroliferi. Il nucleare non si può sostituire completamente agli idrocarburi se non attuando drastiche soluzioni di efficienza energetica come l'adozione in grande stile del trasporto mediante veicoli elettrici e l'utilizzo generalizzato di sonde geotermiche per il riscaldamento/raffrescamento. Queste soluzioni, insieme al sempre conveniente risparmio energetico, potrebbero permettere di utilizzare in modo efficiente l'energia elettrica nucleare al posto degli altrimenti insostituibili idrocarburi per quasi tutti gli usi finali, lasciando a gas e petrolio un ruolo nell'unico settore dove è veramente arduo se non impossibile sostituirli; la chimica.

Se non si arriva a questo l'uso del nucleare è ben lungi dal conferire l'indipendenza energetica completa e si riduce ad una lista di vantaggi/svantaggi: minor costo del kWh rispetto agli idrocarburi (agli attuali prezzi) e minori emissioni contro produzione di scorie radioattive millenarie (di cui non si sa bene cosa fare se non lasciare il problema ai posteri) e rischio di incidenti, riduzione della volatilità dei prezzi energetici contro costi militari e di sicurezza sempre maggiori. E' sostanzialmente, visto che anche l'uranio, a meno di importanti e ad oggi ancora non prevedibili evoluzioni tecnologiche nei reattori e nelle tecniche estrattive, in prospettiva si esaurirà entro alcuni decenni, più che una scelta di indipendenza energetica una scelta di indipendenza politica.

## **Se l'Italia ci ripensasse**

A questo punto siamo in grado di fare alcune ipotesi su un possibile ritorno dell'Italia allo sfruttamento del nucleare. Sarebbe dunque una scelta politica, infatti tra i politici questa ipotesi trova numerosi fautori. Se questa fazione vincesses la cosa passerebbe ai tecnici che potrebbero fare un ragionamento realistico in due fasi: coprire rapidamente con produzione elettronucleare il carico base non già coperto da rinnovabili e carbone; con ciò (e solo a patto che la copertura del carico base sia completa) ci si può attendere di riallineare i prezzi dell'energia elettrica alle medie europee ma non certo risolvere il problema del prezzo degli idrocarburi in tutti gli altri usi come dimostra il caso francese. In una seconda fase, allo scopo di portare il prezzo del kWh ai livelli francesi si potrebbe pensare di estendere la produzione baseload a basso costo fluente/carbone/nucleare + import estero a percentuali intorno al 70% dovendo anche risolvere il problema dei surplus nelle ore vuote; ad esempio esportare verso il Nordafrica o i Balcani. Ancora si potrebbero attuare politiche per stabilizzare il consumo di energia elettrica tra giorno e notte come l'adozione della mobilità elettrica per cui la ricarica delle batterie sarebbe conveniente nelle ore vuote, in particolare notte e festivi. Anche l'adozione del riscaldamento/raffrescamento a sonde geotermiche, con accumulo tampone e funzionamento "intelligente" guidato da un software che accende e spegne l'impianto in base al carico della rete in zona ed al prezzo istantaneo sul mercato elettrico sarebbe utile allo scopo.

Dal punto di vista quantitativo per sviluppare la prima fase, stando ai consumi ed alla curva di carico attuale si dovrebbero mettere rapidamente in cantiere almeno 10 GW, ad esempio 6-8 reattori da 1,2-1,5 GWe (la taglia grande è indispensabile per ovviare allo spinoso problema della disponibilità dei siti) dando la priorità ad installazioni nel centro sud, la zona della rete elettrica

che più soffre per la mancanza di potenza installata localmente. La seconda fase dovrebbe vedere l'installazione di altrettanti reattori per raggiungere un minimo di 20 GWe (145 TWh annui con la media francese di 7200 ore di funzionamento annue) totali su 15-16 reattori distribuiti su almeno 4-5 siti distribuiti su tutto il territorio, almeno uno per ogni macro regione elettrica, Nord, Centro Nord, Centro Sud, Sud. Considerando, in base a quanto detto in precedenza, un costo d'impianto di 2000-2500 euro/kWh, un tempo di pianificazione e progetto di 2-3 anni ed un tempo di costruzione tra i 5 e i 10 anni l'investimento totale necessario per portare a termine le due fasi sarebbe di almeno 40-50 mld di euro distribuiti su circa 20 anni per avere un costo del MWh intorno ai 70-85€. Questo è un insieme di parametri ottimistico, si suppone che non vi siano ritardi nelle autorizzazioni, opposizioni nella scelta dei siti, varianti al progetto e conseguenti aumenti di spesa. E' un conto ottimistico se consideriamo il caso della centrale di Caorso, l'ultima entrata in esercizio in Italia, i cui lavori iniziarono nel 1970 (la fase di pianificazione e progetto mosse i primi passi nel 1965) e l'entrata in esercizio era prevista per il 1975, i lavori furono rallentati di circa un anno a causa di ritardi nelle autorizzazioni e ad una serie di scioperi che funestarono gli anni 1972 e 1974. Alla fine del 1975 sia l'isola convenzionale che quella nucleare erano in pratica ultimate, ma fu necessario attuare una variante a causa di problemi rilevati alla piscina di soppressione; ciò tra modifiche al progetto e richiesta di nuove autorizzazioni comportò ulteriori ritardi e solo a fine 1977 il combustibile poté essere caricato per iniziare le prove di potenza nell'anno successivo. Queste si protrassero per ulteriori due anni poichè misero in evidenza la necessità di effettuare alcune modifiche e riottenere le necessarie autorizzazioni finchè all'inizio del 1980 la centrale entrò in esercizio.

Non si vede come investimento del genere, con tali livelli di incertezza possa essere appetibile per un privato, se non vi sono garanzie assicurative e di sicurezza da parte dello stato, anche per quanto riguarda il problema delle scorie per le quali si ipotizza la sistemazione in depositi temporanei fino al compimento di un deposito permanente riguardo cui recenti accadimenti sembrerebbero porre la realizzazione al di là da venire. Ancor meglio pensare immediatamente al ritrattamento sul modello francese di La Hague, in tal caso il problema delle scorie e degli approvvigionamenti sarebbero di minore entità. Una buona pratica per procedere con il programma nucleare sarebbe quella di scegliere una filiera affidabile e collaudata e standardizzare gli impianti, sul modello operativo sviluppato dalla Framatome francese, così da ottenere consistenti risparmi economici e di tempo sulla realizzazione degli impianti. Il problema del reperimento dei siti, vista la situazione territoriale italiana e le vicende pregresse, potrebbe essere il più difficile da risolvere; in ogni caso il numero di siti ipotizzati coincide con il numero di siti già esistenti e contaminati ancora da smantellare, probabilmente la scelta di effettuare le installazioni previste su questi stessi siti coordinandola con la dismissione di quanto già presente potrebbe consentire una minore opposizione sul territorio ed anche di riutilizzare parte delle strutture (sottostazioni elettriche, servizi, sezioni convenzionali etc.) eventualmente ancora recuperabili. In caso di manifesta impossibilità di effettuare gli impianti sul territorio nazionale un possibile ripiego sarebbe installarli lungo le coste adriatiche dei balcani collegandole alla penisola con elettrodotti sottomarini in continua. Ciò necessiterebbe per ragioni di sicurezza l'esistenza di una forte influenza geopolitica dell'Italia su tali paesi. Non sarebbe nemmeno un'eresia, dal punto di vista strategico, qualora si decidesse di affidarsi in grande stile al nucleare ragionare sulla opportunità di dotare il paese di un deterrente atomico, poichè come abbiamo visto il vantaggio economico è maggiormente evidente quando l'energia atomica è disponibile in grandi quantità e quando allo sforzo civile si affianca quello della difesa. Un deterrente atomico permetterebbe altresì di sicurizzare meglio i nuovi obiettivi sensibili che si vengono a creare e le forniture di combustibile fissile che dovranno giungere anche da paesi potenzialmente ostili oppure da aree di produzione in cui la concorrenza tra compratori di materiale fissile si fa serrata.

## Prospettive del nucleare

Cosa succedrebbe se molti paesi, come ipotizzato sopra per l'Italia, decidessero di dare il via ad una massiccia installazione di nuovi impianti, raddoppiando ad esempio dagli attuali 367 GW installati nel mondo a 700 GW? Stando a quanto dice EDF sulla durata di 60 anni delle riserve accertate di uranio, ci si può attendere problemi di scarsità ben prima che i nuovi impianti siano giunti alla fine del proprio ciclo di vita che può superare i 30 anni. La stima di EDF ben si accorda con quanto riportato da Energy Watch Group <http://www.energywatchgroup.org>, si veda infatti la fig.9 tratta da [http://www.energywatchgroup.org/fileadmin/global/pdf/EWG\\_Uraniumreport\\_12-2006.pdf](http://www.energywatchgroup.org/fileadmin/global/pdf/EWG_Uraniumreport_12-2006.pdf) e tenendo conto dell'attuale consumo di uranio pari a 67kt annue si evince facilmente che agli attuali tassi di consumo le riserve ragionevolmente assicurate RAR colorate in toni di rosso (in altre parole riserve che sono certamente estraibili) basterebbero circa 50 anni, considerando anche le riserve inferred (probabili) colorate in toni d'azzurro si giungerebbe fino a 60-70 anni. Non vengono qui raffigurate riserve non ancora individuate, tuttavia è poco probabile che nel futuro vengano individuati nuovi importanti giacimenti, tali da poter variare di molto le durate ipotizzate per le riserve e comunque non è possibile alcuna previsione sicura in base alla quale fare dei piani certi di sviluppo del nucleare.

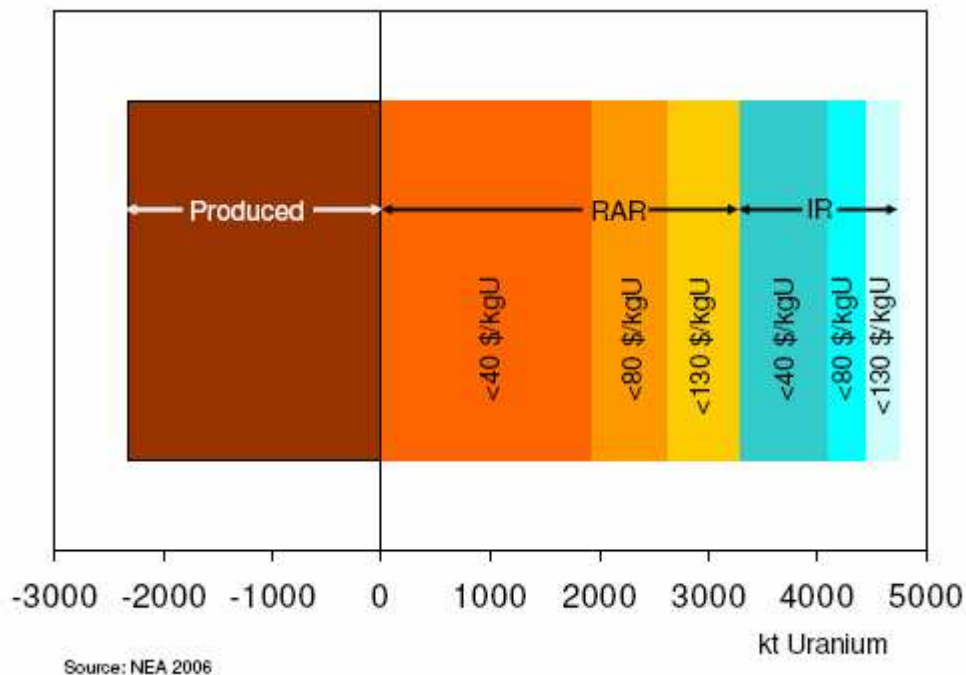


Fig.9: Quantità uranio estraibili in funzione dei costi di estrazione del minerale (risorse certe e probabili)

Si può certamente estrarre uranio da siti con concentrazioni ancora inferiori a quelle ritenute economicamente sfruttabili ad oggi senza inficiare troppo il costo del kWh nucleare, ma esiste un limite termodinamico, non si può investire nel procurarsi il combustibile più energia di quella che si può ottenere poi alle sbarre della centrale fissionandolo nel reattore. Tale limite inferiore è individuato da Energy Watch Group per giacimenti di uranio in cui la concentrazione del minerale sia 0,02-0,01%, altri propongono valori inferiori. Si tenga conto che i depositi minerari attualmente sfruttati hanno in maggioranza concentrazioni inferiori a 0,1%

Per queste ragioni molti paesi, tra cui gli stessi francesi stanno ricercando tecnologie nucleari di prossima generazione, che permetterebbero di estendere di molto la durata delle riserve di materiale fissile, i reattori autofertilizzanti o l'utilizzo del torio; tali reattori sono ancora allo stadio di prototipi e costituiscono una minima parte del totale installato.

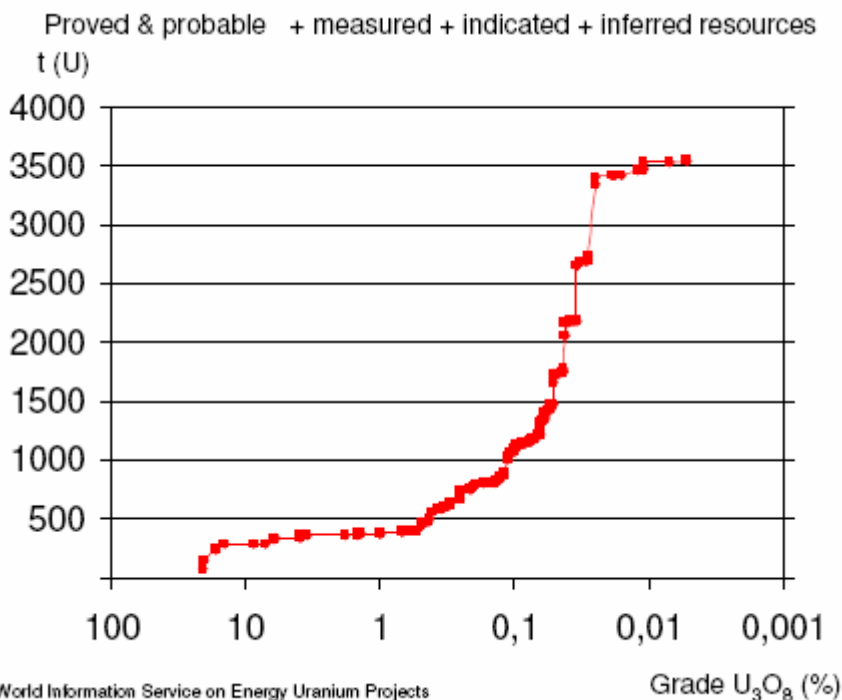


Fig.10: Quantità di ossido di uranio estraibili in funzione della concentrazione del minerale

Se oggi dunque volessimo commissionare ad uno dei grandi costruttori mondiali, Westinghouse, Siemens, Framatome, Rosatom un impianto nucleare commerciale non troveremmo certo uno di questi innovativi reattori nella loro offerta. Più probabilmente ci rifilerebbero un onesto ed ordinario reattore di III generazione, ad esempio un EPR, come quello in costruzione in Finlandia o quello previsto in Francia per rimpiazzare un reattore che sarà a breve decommissionato. Secondo EDF le evoluzioni commercialmente sfruttabili del reattore sperimentale autofertilizzante SuperPhenix entreranno in servizio dopo il 2040, giusto in tempo per porre rimedio all'esaurimento delle riserve di uranio oggi conosciute ed economicamente sfruttabili, ma nei prossimi 30 anni cosa altro si potrà fare se non impianti ordinari e con il dubbio che potrebbe non esserci combustibile sufficiente, l'autofertilizzante ha anche bisogno di alcuni anni di funzionamento prima di raggiungere la soglia che gli permette di autoalimentarsi, potrebbero dunque arrivare troppo tardi. In una tale situazione il ragionamento sul deterrente atomico, sopra ventilato diverrebbe di gran moda, in particolare col sorgere di numerosi impianti di ritrattamento mediante i quali è possibile recuperare plutonio che potrebbe potenzialmente essere impiegato in testate. Andrebbe anche citata la possibilità di estrarre uranio minerale dall'acqua di mare dove è presente in grandissime quantità, anche se in concentrazioni bassissime. Non è possibile negare a priori che un tale processo sia fattibile, vi sono anche state delle sperimentazioni in merito per cui si è riusciti ad ottenere modeste quantità di uranio utile, tuttavia allo stato attuale delle ricerche non è possibile nemmeno essere sicuri che tali sperimentazioni evolvano in impianti commerciali di estrazione su larga scala. Per rendersi conto dei problemi implicati in una simile ricerca si veda <http://aspoitalia.blogspot.com/2007/12/si-pu-estrarre-uranio-dallacqua-di-mare.html#links>.

Infine consideriamo per concludere due ulteriori ostacoli allo scenario dei 700 GW: il raddoppio della produzione di scorie e la riduzione del margine di sicurezza per quel che concerne la possibilità di un incidente severo su un impianto (funzione del numero di reattori) aumenterebbe dall'attuale tasso di un potenziale incidente grave ogni 200 anni (in base alla sommatoria sul numero dei reattori esistenti della stima della probabilità annua 1/10000 che avvenga un evento catastrofico su un singolo reattore) a uno ogni 100 circa, nel caso il raddoppio della potenza avvenga raddoppiando il numero dei reattori.

## **Risorse bibliografiche e web:**

### **Pubblicazioni:**

A.Spena – Fondamenti di Energetica VOL. I – CEDAM

### **Articoli correlati:**

<http://www.aspoitalia.net/images/stories/coiante/coiantecostonucleare.pdf>

<http://www.aspoitalia.net/images/stories/coiante/coiantenucleare2.pdf>

<http://aspoitalia.blogspot.com/2007/12/si-pu-estrarre-uranio-dallacqua-di-mare.html#links>

### **Istituzioni internazionali:**

<http://www.iea.org/>

[http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?\\_pageid=0,1136239,0\\_45571447&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?_pageid=0,1136239,0_45571447&_dad=portal&_schema=PORTAL)

### **Combustibili fissili e risorse minerarie:**

<http://www.world-nuclear.org/info/uprod.html>

[http://www.uxc.com/review/uxc\\_Prices.aspx](http://www.uxc.com/review/uxc_Prices.aspx)

[http://www.energywatchgroup.org/fileadmin/global/pdf/EWG\\_Uraniumreport\\_12-2006.pdf](http://www.energywatchgroup.org/fileadmin/global/pdf/EWG_Uraniumreport_12-2006.pdf)

### **Ciclo del combustibile e ritrattamento scorie:**

[www.aveva.com](http://www.aveva.com)

### **Gestori di rete:**

[www.terna.it](http://www.terna.it)

<http://www.mercatoelettrico.org/GmeWebInglese/Default.aspx>

<http://www.rte-france.com/>

### **Operatori e istituzioni settore energia:**

[www.edf.com](http://www.edf.com)

[www.autorita.energia.it/](http://www.autorita.energia.it/)

<http://www.gazdefrance.com/>

[www.snamretegas.it](http://www.snamretegas.it)