

Il nucleare nel mondo: ed in Italia?

Ed ora dopo Fukushima ?

Alessandro Clerici

Presidente gruppo di lavoro WEC
"Risorse Energetiche e tecnologie"

Indice

- 1) Premessa
- 2) La nascita e lo sviluppo negli anni del nucleare
- 3) La situazione del nucleare al 10/3/2011
- 4) Le centrali esistenti, l'estensione della loro vita e l'aumento della loro potenza
- 5) Le nuove centrali nucleari, loro costi e prospettive future
- 6) L'uranio, la sua disponibilità e i suoi costi
- 7) Opinione pubblica – Scorie
- 8) I costi di produzione del kWh
- 9) Considerazioni finali e "l'Italia e il nucleare"

1) Premessa

- L'energia è sempre più importante per lo sviluppo socio-economico dell'umanità.
- Popolazione mondiale 6,7 miliardi (300.000 nati/giorno). Negli ultimi 10 anni:
popolazione +12%; energia primaria +20%; elettricità +30%
- 1,6 miliardi di persone senza elettricità.
- L'energia elettrica prevista per il 2030 è 1,8 volte quella del 2007 .Assorbirà il 44% delle risorse energetiche (36% nel 2007). La produzione di elettricità è causa del 40% della produzione di CO₂ da attività umane che contribuiscono però per meno del 5% alla totale CO₂ nell'atmosfera.

- In Cina nel periodo 2006 – 2010 sono stati messi in servizio ~ 300 MW/giorno di nuove centrali (100 GW/anno pari alla totale potenza installata in Italia in 130 anni) delle quali l'80% a carbone; le emissioni annuali di CO₂ da solo queste centrali sono 2,2 Gt.
- L'Europa emette globalmente 4 Gt di CO₂/anno (14%). Il target Europeo del 20% di riduzione nel 2020 (0,8 Gt/anno) è meno del 2% delle totali emissioni previste nel 2020.

PROBLEMA ENERGIA / AMBIENTE E' GLOBALE

TUTTI DEVONO CONTRIBUIRE

Produzione Energia Elettrica nel 2008

Elaborazioni dati da Terna -WEC - Enerdata

	Mondo ~19000 TWh (~4700 GW)	Europa 27 ~3200 TWh (~800 GW)	Italia (*) ~300 TWh (~100 GW)
Carbone	~40%	~30%	~16%
Gas	~17%	~21%	~53%
Idro	~17%	~9%	~15%
Nucleare	~14%	~30%	-
Prodotti petroliferi	~7%	~4%	~10%
Eolico	~1,3%	~4%	~2% (°)
Fotovoltaico	~0,08%	~0,2%	~0,1% (°°)
Altri	~4%	~2%	~4,2% (°)

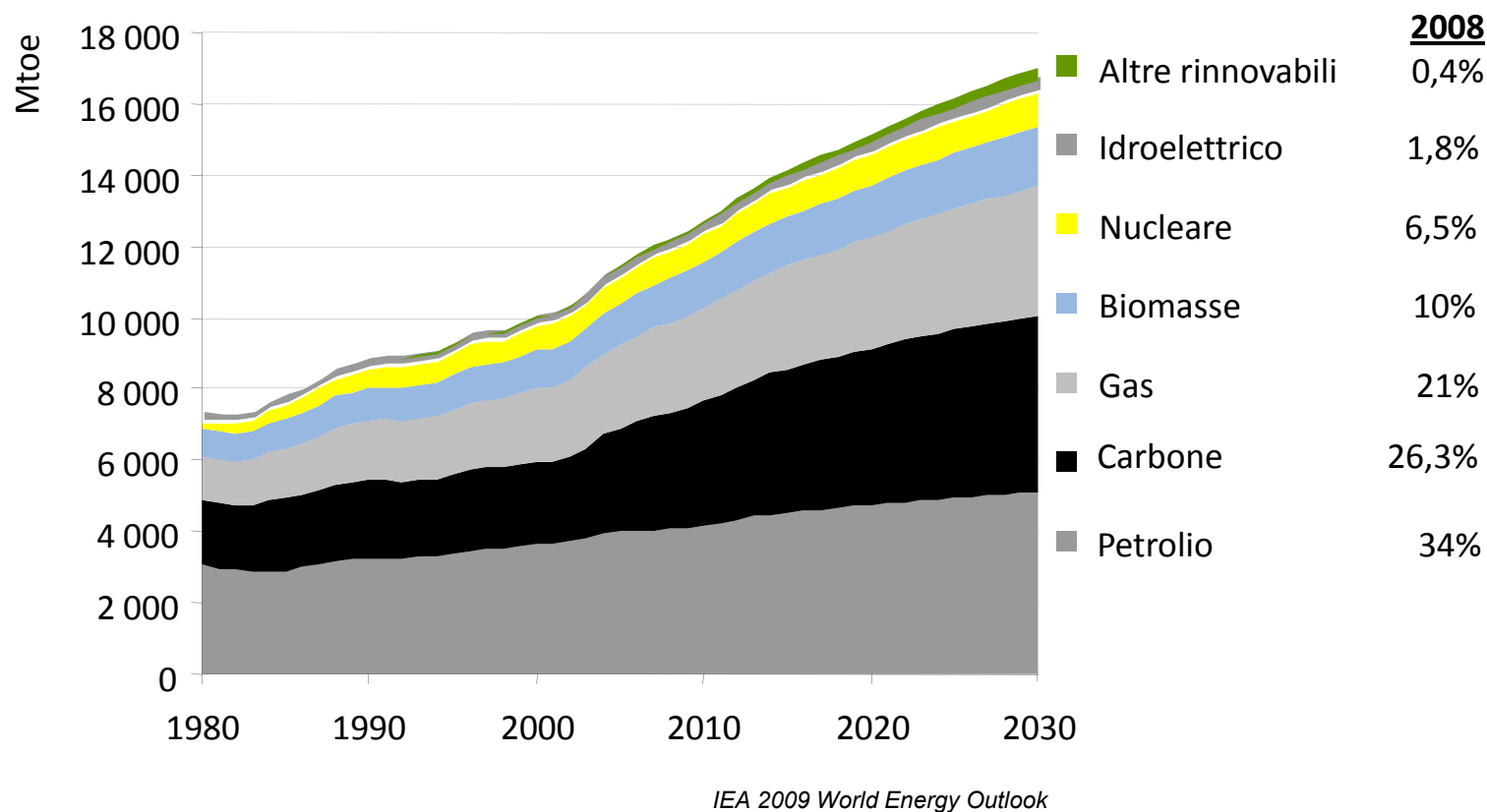
(*) L'Italia ha importato circa il 13% di energia elettrica da aggiungere alla produzione locale

(°) Biomasse 2,3 % (delle quali 60% RSU) e Geotermia 1,7%

(°°) Saliti a ~ 3% per il 2011 con il "boom" del 2010 per il fotovoltaico

Italia: ~ 80% da combustibili fossili
Mondo: ~ 66% da combustibili fossili
EU 27: ~ 55% da combustibili fossili

La richiesta mondiale di energia primaria nello scenario di riferimento (BAU) 2008: ~ 12.000 MTEP



La domanda a livello mondiale aumenterà del 45% tra oggi ed il 2030 – un tasso medio di aumento dell' 1.6%/anno – dove il carbone incide ben oltre un terzo dell'incremento totale

2) La nascita e lo sviluppo negli anni del nucleare

- ❑ La prima centrale nucleare mondiale (Obninsk) da 5 MW è entrata in servizio in Russia nel 1954, seguita nel 1956 dal reattore da 60 MW di Calder Hall in Inghilterra e nel 1957 dai 60 MW a Shippingport negli Stati Uniti.

- ❑ 3 grandi periodi di sviluppo:
 - *dal 1954 al 1975*: si è passati da 0 GW a 75 GW (media di **circa 3.500 MW all'anno** di nuova potenza entrata in servizio);
 - *dal 1976 al 1988*, periodo di grande espansione del nucleare, si è passati da 75 GW a 300 GW (media di **17.000 MW all'anno** di nuova potenza nucleare con picchi di 35.000 MW/anno);
 - *dal 1989 al 2010*: si è passati da 300 GW a 374 GW (+24% con **circa 3.500 MW all'anno** di nuova potenza disponibile sia con nuovi impianti sia con "up - grading" di impianti esistenti).

- E' interessante notare come **l'energia prodotta** dalle centrali nucleari negli stessi periodi si sia sviluppata come segue:
 - **1954-1975: da 0 a 400 TWh;**
 - **1976-1988: da 400 a 1.800 TWh;**
 - **1989-2010: da 1800 a 2.600 TWh (+44% rispetto a +24% di potenza).**

- Nel terzo periodo, l'incremento da nuove centrali è avvenuto fondamentalmente in Asia.

- **Nel terzo periodo, pur in presenza di una sostanziale saturazione della potenza disponibile, si è avuto un continuo notevole incremento dell'energia prodotta;** ciò è dovuto ad una progressiva diminuzione dell'indisponibilità non programmata e programmata.

- **Ciò dimostra** come le **centrali nucleari** appartengano ad una **tecnologia matura e affidabile**, pur sempre perfezionabile.

3) La situazione al 10/3/2011

Reattori nucleari in servizio o in costruzione nel mondo al 10/03/2011							
Nazione	Impianti in esercizio (1)		Impianti in costruzione		Energia elettrica da nucleare nel 2009		Uranio nel 2009
	N. unità	Totale MW(e)	N. unità	Totale MW(e)	TWh	% totale	ton
USA	104	100.747	1	1.165	809,00	20.17	18.867
Francia	58	63.130	1	1.600	418,03	75.17	10.569
Giappone	54	46.821	2	2.650	240,05	28.89	8.388
Russia	32	22.693	11	9.153	152,01	17.82	3.537
Germania	17	20.490	0	0	140,09	26.12	3.398
Corea del Sud	21	18.698	5	5.560	144,03	34.79	3.444
Ucraina	15	13.107	2	1.900	84,03	48.59	1.977
Canada	18	12.569	0	0	88,06	14.83	1.670
Gran Bretagna	19	10.137	0	0	52,05	17.92	2.059
Cina	13	10.058	27	27.230	65,03	1.89	2.010
Svezia	10	9.298	0	0	61,03	37.40	1.395
Spagna	8	7.514	0	0	56,04	17.49	1.383
Belgio	7	5.926	0	0	43,04	51.65	1.002
Taiwan	6	4.982	2	2.600	39,30	20.70	831
India	20	4.391	5	3.564	13,02	2.16	961
Repubblica Ceca	6	3.678	0	0	25,00	33.77	610
Svizzera	5	3.263	0	0	26,03	39.50	531
Finlandia	4	2.716	1	1.600	22,00	32.87	446
Bulgaria	2	1.906	2	1.906	14,07	35.90	260
Ungheria	4	1.889	0	0	14,00	42.98	274
Sud Africa	2	1.800	0	0	12,07	4.84	303
Brasile	2	1.884	1	1245	14,00	2.93	308
Slovacchia	4	1.816	2	782	15,05	53.50	251
Messico	2	1.300	0	0	9,04	4.80	242
Romania	2	1.300	0	0	7,01	20.62	174
Argentina	2	935	1	692	6,08	6.95	122
Slovenia	1	666	0	0	6,00	37.80	137
Olanda	1	487	0	0	3,09	3.70	97
Pakistan	2	425	1	300	1,07	2.74	65
Armenia	1	375	0	0	2,03	44.95	51
Iran	0	0	1	915	0,00	0.00	143
TOTALE	442	375.001	65	62.862	2.581,35		65.505 (*)

(1) + 4 reattori in riabilitazione per 2.530 MW

(*) ~ 25 tU/TWh = 29,5 t U₃O₈/TWh

Elaborazione di A. Clerici su fonte IAEA

Reattori in servizio o in costruzione per continente al 10/03/2011				
	In esercizio (1)		In costruzione (2)	
	N.	MW	N.	MW
Europa	195	170.016	19	16.941
Nord America	124	114.616	1	1.165
Asia	117	85.750	43	42.819
Sud America	4	2.819	2	1.937
Africa	2	1.800	0	0
TOTALE	442	375.001	65	62.862
Elaborazione A. Clerici su fonte IAEA				

(1) Per la maggior parte dei reattori in esercizio estensione della vita di circa 20 anni.

(2) Principali paesi con reattori in costruzione: Cina n° 27 reattori – Russia 11 – India 5 – Sud Corea 5 – n° 2 reattori per Giappone, Slovakia, Bulgaria, Taiwan, Ukraina e n° 1 reattore per Argentina, Brasile, Finlandia, Francia, Iran, Pakistan, USA.

- ❑ I primi 10 paesi per entità del nucleare installato producono oltre l'85% della totale energia nucleare generata annualmente (circa 2.600 TWh pari a ~14% della energia elettrica globale prodotta a livello mondiale da tutte le fonti primarie).
- ❑ Gli Stati Uniti sono la nazione con il massimo numero di reattori (104) e la massima potenza installata (100,7 GW) seguiti dalla Francia (58 reattori per totali 63 GW) la quale ha il 75% di energia elettrica dal nucleare.
- ❑ I due paesi, Stati Uniti e Francia, producono oltre il 47% dell'energia nucleare mondiale.

Reattori in servizio per tipologia

Tipologia	N° di unità		Totale MW (e)	
BWR	~21%	92	~ 22%	83829
FBR	~ 0%	1	~ 0%	560
GCR	~ 4%	18	~ 2%	8949
LWGR	~ 3%	15	~ 3%	10219
PHWR	~ 10%	47	~ 6%	23042
PWR	~ 62%	269	~ 67%	248374
Totale:	100%	442	100%	374973

Elaborazione A. Clerici su fonte IAEA

- In Europa i reattori PWR sono in grande maggioranza e hanno una quota del 77% contro il 10% di reattori BWR ed il 7% di reattori LWGR (*Light Water Cooled Graphite Moderated Reactors*) presenti in Russia e Lituania; reattori raffreddati a gas (AGR e GCR) hanno una quota del 6%, concentrata in Inghilterra.

Reattori in costruzione per tipologia

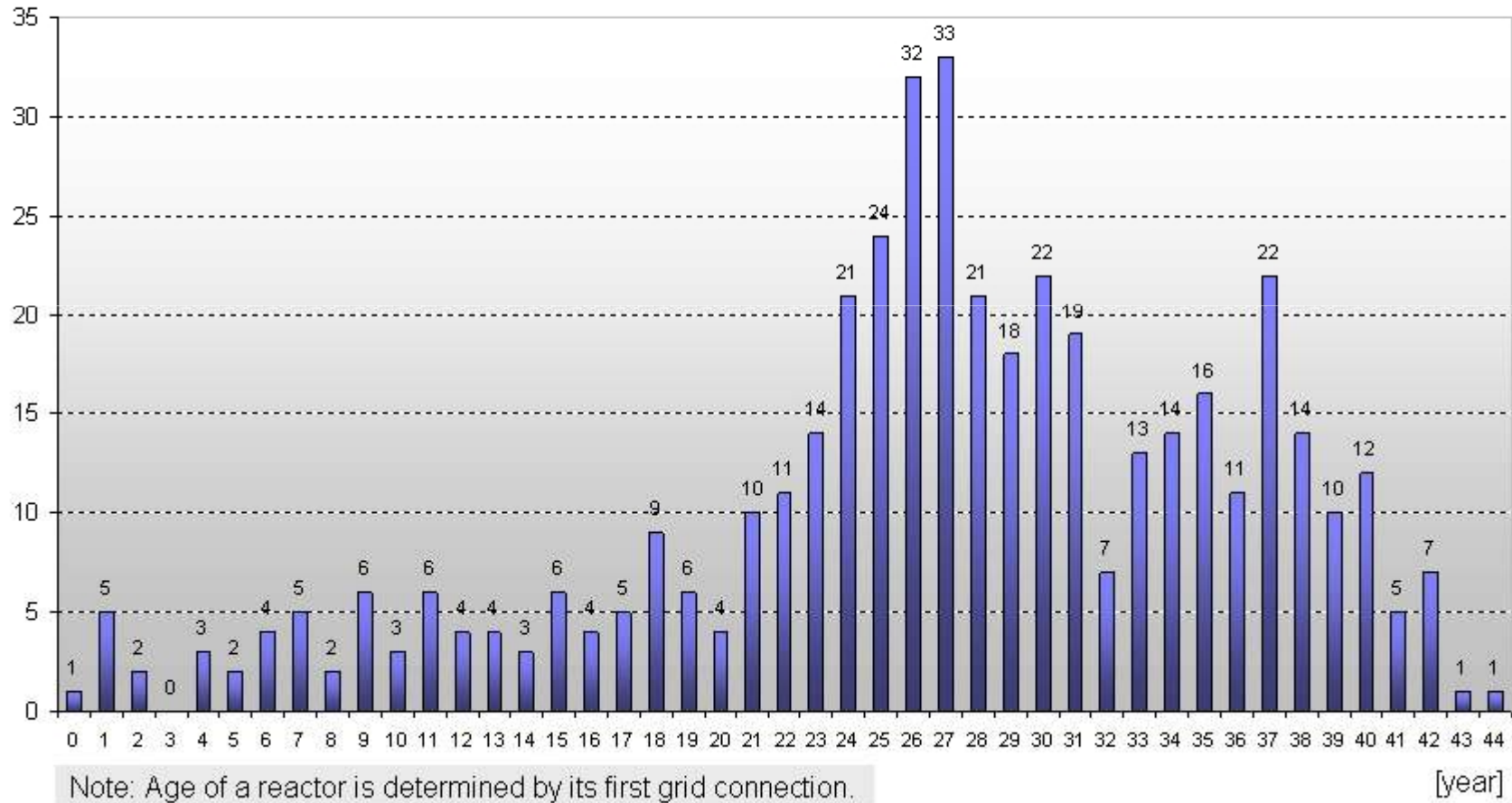
Tipologia	N° di unità		Totale MW (e)	
BWR	~ 6,5%	4	~ 9%	5250
FBR	~ 3%	2	~ 2%	1274
LWGR	~ 1,5%	1	~ 1%	915
PHWR	~ 6%	3	~ 3%	1952
PWR	~ 83%	55	~ 85%	53471
Totale:	100%	65	100%	62862

Elaborazione A. Clerici su fonte IAEA

4) Le centrali esistenti, l'estensione della loro vita e l'aumento della loro potenza

Number of Operating Reactors by Age

Fonte: IAEA – 31/1/2011



- Le centrali nucleari esistenti sono state per la massima parte autorizzate originariamente per un funzionamento fino a 40 anni. Sulla base delle periodiche verifiche di sicurezza è stato appurato che per la maggior parte di esse si potrebbe estendere la vita utile fino a 50 / 60 anni.
- A livello mondiale, il 75% dei reattori ha più di 20 anni di vita; la situazione è tuttavia molto differente nelle varie aree geografiche e le 2 più critiche per "vecchiaia" delle centrali sono Europa Occidentale e Nord America.

- In Europa e in Nord America, risultando ammortate la quasi totalità delle centrali in funzione, il costo di produzione si riduce ai costi di:
 - O&M (*Operation and Maintenance*) + Assicurazioni 4 - 7 €/MWh
 - Combustibile 3,7 - 9 €/MWh (con uranio da 75 a 300 \$/kg)
 - “*decommissioning*” e *management* delle scorie (2 - 4 €/MWh)

Il costo è inferiore ai 20 €/MWh e quindi altamente competitivo (prezzo medio ora di Borsa Elettrica in Italia 60 - 70 €/MWh)

- Un'estensione della vita delle centrali nucleari, previi adeguati controlli, sarebbe un fattore di stabilità per i prezzi dell'energia elettrica, per la sicurezza degli approvvigionamenti e porterebbe sostanziali contributi (difficilmente sostituibili) alla riduzione delle emissioni.

- ❑ Negli Stati Uniti oltre 60 reattori hanno già avuto l'estensione a 60 anni; oltre l'85% dei reattori saranno operanti per altri 20 anni rispetto alle iniziali licenze.
- ❑ Per l'Europa sono state definite o in definizione estensione della vita delle centrali in Francia, Olanda, Finlandia, Bulgaria, Repubblica Ceca, Romania, Slovenia, Svezia e Svizzera.

In Belgio e Spagna la situazione non è definita a livello generale ma è stata decisa l'estensione della vita delle prime centrali.

In Germania, era stata modificata la legge precedente e decisa l'estensione della vita dei reattori al di là del 2021 prima previsto. Ma per Fukushima ora sospende l'estensione della vita e chiude le 7 centrali più vecchie entrate in servizio prima del 1980.

5) Nuove centrali nucleari, loro costi e prospettive future

- Occorre notare che il **possibile ricorso all'energia nucleare** e il suo tasso di penetrazione dipenderà da quattro principali fattori:
 1. **l'accettazione** da parte **del pubblico**;
 2. **la risposta ai problemi ambientali**;
 3. **la sua economicità rispetto ad altre alternative**, internalizzando nei costi di ogni alternativa sia gli impatti ambientali sia i costi indiretti sul globale sistema elettrico di generazione e trasmissione, sia i costi di mancata sicurezza di approvvigionamento;
 4. **l'impatto della non proliferazione e della sicurezza** endogena ed esogena delle centrali e del ciclo del combustibile.

- La tecnologia che sta imponendosi sul mercato delle centrali nucleari è quella dei nuovi reattori (3° generazione) di “larga taglia” (potenza elettrica per reattore superiore ai 1.000 MW elettrici).

Tale tecnologia permette di ottenere riduzioni del costo dell'investimento al kW e dei costi di O&M per kWh prodotto (effetto scala).

- I principali reattori disponibili sul mercato sono:
 - reattori "boiling water" (ABWR di GE, Hitachi ed ora anche Toshiba da ~1.400 MW; SWR di Areva da 1.000 MW e EBSR 1200 MW GE); Areva ha in sviluppo un aumento di potenza a 1250 MW del suo SWR;
 - reattori "pressurised water" (EPR di Areva da ~1.650 MW, AP 1.000 da ~1.150 MW di Westinghouse e V V ER da 1.000 o da 1.200 MW di AEP Russia ed accordo Rosatom Siemens);
 - il reattore canadese Candu da circa 700 MW è in fase di upgrading a 1000 MW.

- Dall'inizio 2008 Mitsubishi ha proposto negli Stati Uniti il reattore US – APWR da 1700 MW (evoluzione della tecnologia Westinghouse) ed i Sud Coreani stanno realizzando con il reattore AP 1400, 8 impianti in Corea e 4 negli Emirati.

- Tali reattori hanno una vita progettata per 60 anni, una disponibilità superiore al 90%, rifornimento del combustibile e management del "core" ogni 15 - 24 mesi; a tali caratteristiche si aggiunge una bassissima probabilità di danni al "core" che in ogni caso non producono conseguenze esterne e la capacità di resistere all'impatto di un grosso aereo.
- Se definite tutte le autorizzazioni e procedure, i tempi di costruzione (dal getto iniziale di calcestruzzo alla connessione alla rete) sono di circa 4 - 6 anni (4 per Cina).

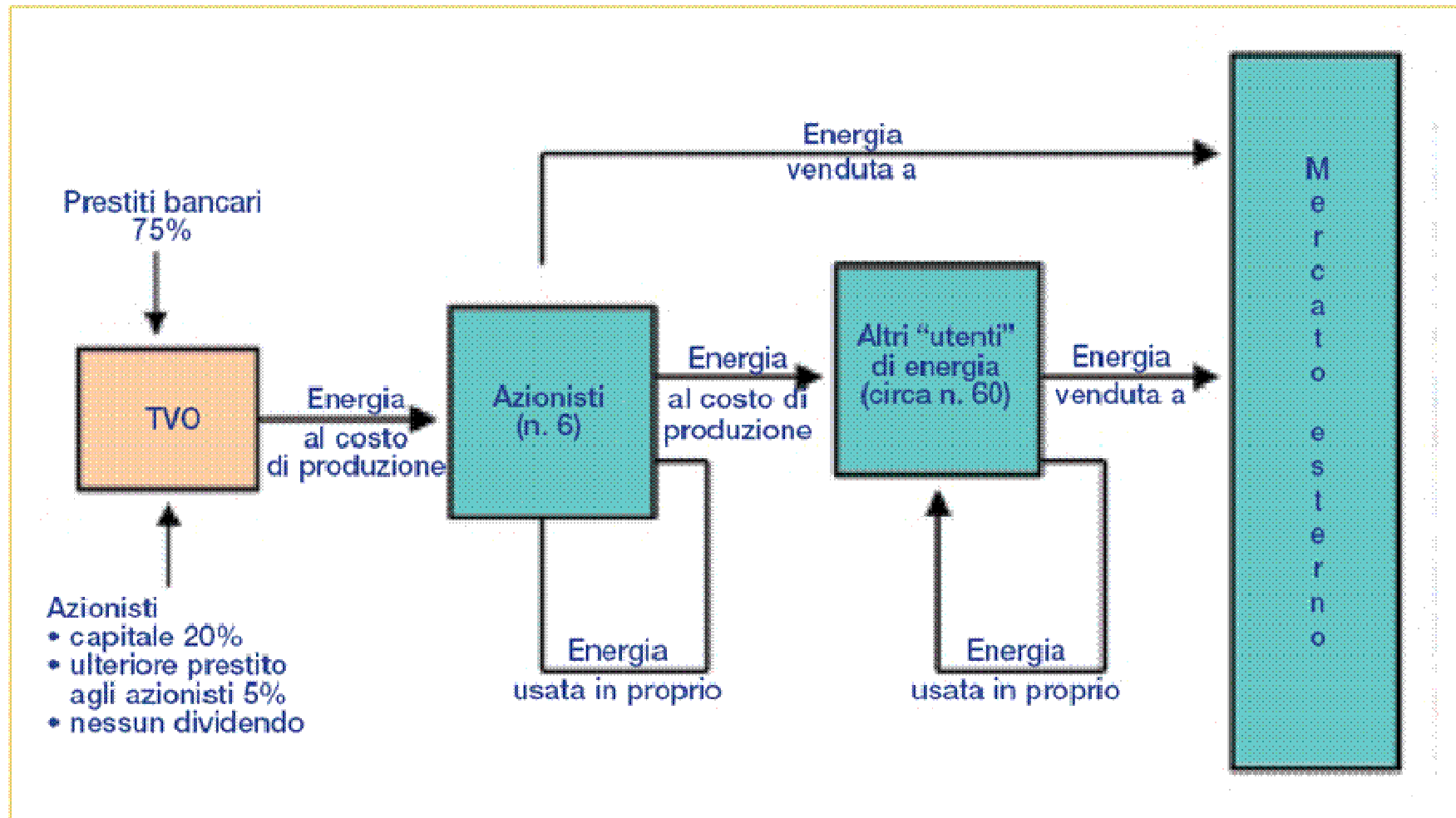
- Per quanto riguarda **il costo di nuove centrali nucleari** (il cosiddetto **“overnight cost” = OVN**, corrispondente alla somma dei valori dei possibili vari contratti per la realizzazione della centrale) **dipende:**
 - dai **costi locali**;
 - dal **numero di unità per ogni sito**;
 - dal **numero totale di centrali ordinate**.

- A causa dell'**escalation dei prezzi** delle materie prime (acciaio, cemento, rame, ecc.) e della forte domanda, i prezzi noti sono **ben superiori ai 2000 €/kW iniziali relativi sia al progetto Francese (Flamanville) e Finlandese (Olkiluoto 3)**, entrambi con 1 nuovo reattore EPR per sito con altri 2 reattori già in funzione. EdF ha comunicato che i **costi di Flamanville superano i 2500 €/kW**.
- **Le analisi in corso in Finlandia** da parte di 3 gruppi di investitori **che stanno proponendo la 6° centrale nucleare**, ed in parte confermate da indiscrezioni sugli ultimi ordini negli Stati Uniti, portano a **valori anche oltre i 3.000 €/kW ed intorno ai 3500 €/kW per reattori in un nuovo sito**.

- Essendo le centrali nucleari “capital intensive”, chiaramente la quota del costo del kWh prodotto relativa all’investimento risulta la preponderante.

Tale quota è influenzata fortemente dall’entità e dal costo del denaro ottenuto in prestito e dal valore dell’Internal Rate of Return (IRR) che l’investitore vuole avere; costo del denaro ed IRR sono influenzati fondamentalmente da rischi di mercato, rischi di cambio legislazione, rischi tecnologici.

L'approccio TVO per Olkiluoto 3



- ❑ Con tale schema e con i rischi sopra citati praticamente nulli, i finlandesi sono riusciti ad ottenere dalle banche prestiti fino a 40 anni ad un tasso intorno al 5% e per una quota fino all'80% del valore totale della centrale. Ciò porta a ~23 €/MWh il costo attribuibile all'investimento anche con un costo di impianto di ~3.000 €/kW (+ 50% rispetto a costo previsto inizialmente per Olkiluoto 3).

- **Le conclusioni del WEC per future centrali in Europa** danno un costo del kWh, esclusa la quota di capitale:
 - **O&M** (~ 6 - 9 €/MWh)
 - **Combustibile prima della produzione di elettricità** (4,5 - 9 €/MWh con uranio da 75 a 300 \$/kg)
 - **"Fuel cycle"** (waste management temporaneo + riprocessamento + deposito finale): 1 - 4 €/MWh;
 - **Decommissioning** (con costi differiti di almeno 60 anni, non contribuisce sostanzialmente al costo totale del kWh anche se il costo effettivo di decommissioning ha valori alti fino ed oltre 1.000 \$/kW in funzione del tipo e dimensione della centrale): costo previsto è 0,5 -1 €/MWh.

In totale 11,5 - 23 €/MWh

- Il **totale costo di produzione** includendo gli oneri di capitale, O&M, combustibile e suo ciclo (incluso "cimitero finale") e decommissioning risulta:
 - per ordine di un solo reattore,
 - 40-45 €/MWh e nel solo caso dell'approccio Finlandese
 - 60-75 €/MWh per IRR più elevata
 - per ordini di più centrali con più unità per sito,
 - tra 50 e 60 €/MWh.

- Per un confronto con i costi di produzione da altre tecnologie si rimanda a dopo.

Reattori pianificati e addizionali proposti nel mondo al 01/01/2010									
Paese	Impianti pianificati (1)		Impianti addizionali in considerazione (2)		Paese	Impianti pianificati (1)		Impianti addizionali in considerazione (2)	
	N. Unità	Tot. MW(e)	N. Unità	Tot. MW(e)		N. Unità	Tot. MW(e)	N. Unità	Tot. MW(e)
Argentina	2	767	1	740	Olanda	0	0	1	1.000
Armenia	1	1.060	0	0	Corea del Nord	1	950	0	0
Bangladesh	0	0	2	2.000	Corea del Sud	6	8.190	0	0
Bielorussia	2	2.000	2	2.000	Lituania	0	0	2	3.400
Brasile	1	1.245	4	4.000	Messico	0	0	2	2.000
Bulgaria	2	1.900	0	0	Pakistan	2	600	2	2.000
Canada (3)	4	4.400	3	3.800	Polonia	0	0	6	6.000
Cina	37	38.860	120	120.000	Romania	2	1.310	1	655
Repubblica Ceca	0	0	2	3.400	Russia	8	8.000	37	36.680
Egitto	1	1.000	1	1.000	Slovakia	0	0	1	1.200
Finlandia	0	0	1	1.000	Slovenia	0	0	1	1.000
Francia (4)	1	1.630	1	1.630	Sud Africa (5)	3	3.565	20	18.000
Ungheria	0	0	2	2.000	Svizzera	0	0	3	4.000
India	23	21.500	15	20.000	Thailandia	2	2.000	4	4.000
Indonesia	2	2.000	4	4.000	Turchia	2	2.400	1	1.200
Iran	2	1.900	1	300	Ucraina	2	1.900	20	27.000
Israele	0	0	1	1.200	Emirati Arabi Uniti (6)	4	5.600	10	14.400
Italia	0	0	8	13.000	Gran Bretagna	4	6.600	6	9.600
Giappone	13	17.915	1	1.300	Stati Uniti	11	13.800	19	25.000
Kazakistan	2	600	2	600	Vietnam	2	2.000	8	8.000
Elaborazione da A. Clerici su fonte WNA					TOTALE	142	153.692	315	347.105

(1) Approvati con fondi già definiti o in definizione; in gran parte previsti in servizio entro 8 - 10 anni

(2) Chiara proposta senza però impegni definitivi

(3) Il piano nucleare dell'Ontario è stato cancellato nel luglio 2009

(4) Non considerando il piano di sostituzione dei reattori esistenti a fine della loro vita

(5) Decisione del board di Eskom -Sud Africa di posporre il piano a seguito della crisi ma con possibilità di 4.000 MW in funzione nel 2018

(6) Gli Emirati Arabi hanno recentemente ordinato 4 reattori ai Sud Coreani

- La *Cina* prevede in servizio per il 2030 circa 180.000 MW di nucleare, l'*India* 21.000 MW nel 2020 e 63.000 nel 2030, il *Giappone* ha confermato di mantenere anche oltre il 2030 una quota del nucleare fra il 30 e 40% con 13 nuovi reattori pianificati, la *Corea del Sud* ha in programma altri 8000 MW oltre agli attuali 8000 MW in costruzione. Negli *Stati Uniti* l'Energy Act del 2005 del Governo Bush ha portato a richieste d'interesse e/o di autorizzazione per 33 reattori per 45.000 MW ed il Governo di Obama ha fornito le prime garanzie di credito per 2 reattori che dovrebbero entrare in servizio nel 2016. A fine 2009 erano presenti 16 richieste di licenze per totali 24 reattori. Lo "shale gas" sta cambiando gli scenari con ritardi per il nucleare.

- Per quanto riguarda l'Europa, la *Russia* ha in programma 40.000 MW di nuove centrali da qui al 2030, l'*Inghilterra* vede 4 reattori EPR per 6400 MW proposti da EdF che si aggiungono a quelli da 6000 MW della joint venture EON-RWE nota come "Horizon Nuclear Power" ed ai 3.600 MW proposti da Iberdrola con GdF. La *Lituania* in collaborazione con *Estonia, Lettonia e Polonia* sta esaminando la realizzazione di 2 reattori da 1.600 MW e la *Romania* sta definendo la realizzazione dei Gruppi 3 e 4 di Cernovada da 700 MW ciascuno. In *Bulgaria* è in fase di riesame l'assetto societario per 2 reattori da 1.000 MW e la *Repubblica Ceca* ha iniziato le procedure per 2 nuove centrali mentre la *Repubblica Slovacca* ha in programma di completare per il 2013 con ENEL 2 reattori da 400 MW ciascuno.

- E' interessante notare come gli *Emirati Arabi*, pur con enormi risorse di idrocarburi, abbiano recentemente ordinato ai Sud Coreani 4 reattori da 1.400 MW ciascuno. La *Turchia* ha concluso in questi giorni un accordo con la Russia per 4 gruppi da 1.200 MW ciascuno e sta concludendo un altro accordo con i Coreani.
- Chiaramente specie in Europa **occorrerà verificare l'effetto della crisi finanziaria ed economica su tali programmi**, visto il calo dei consumi specie industriali e **l'effetto Fukushima**.

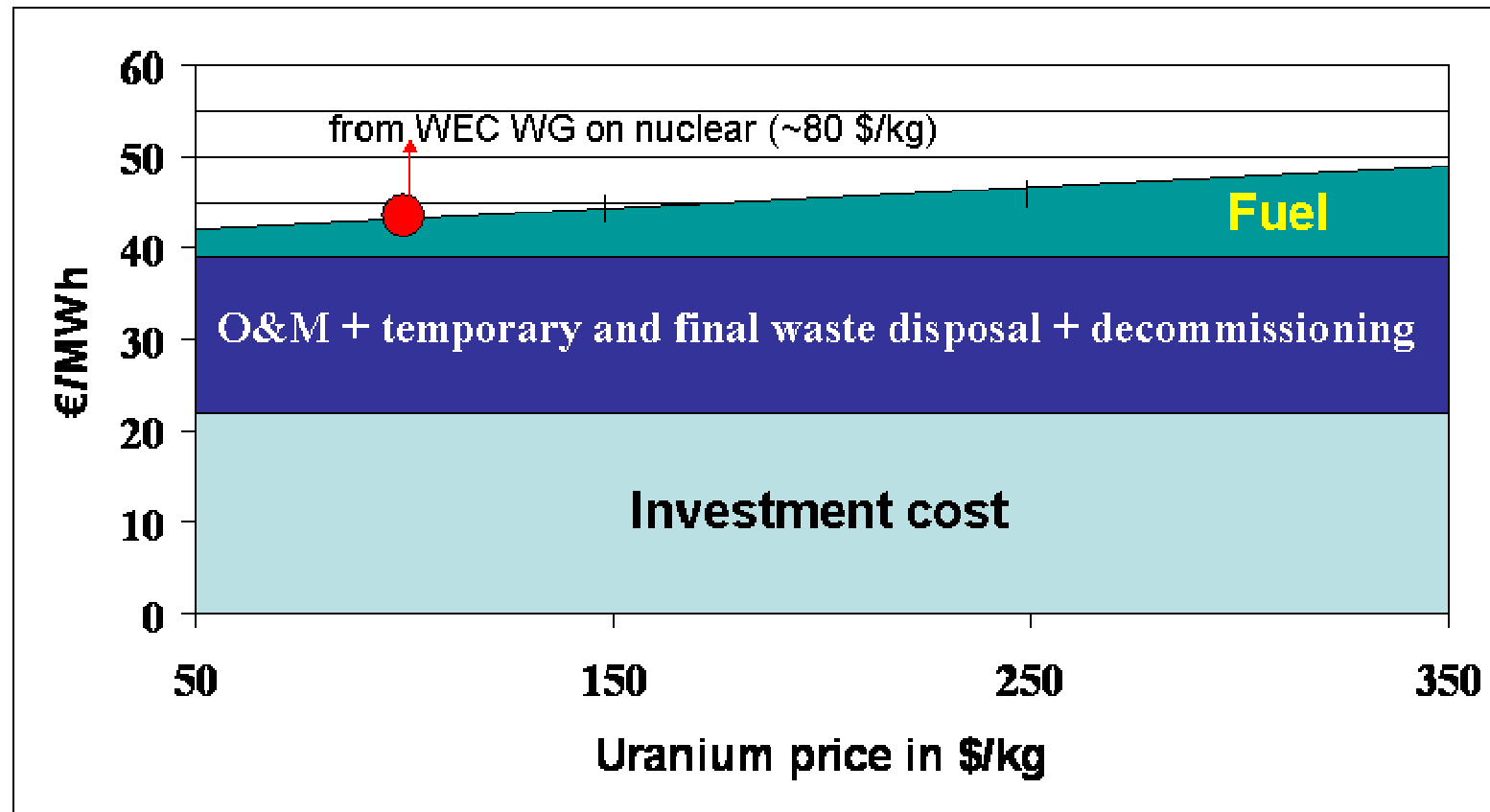
6) L'uranio, la sua disponibilità e i suoi costi.

- ❑ Il consumo globale mondiale di uranio è ~65.000 t/anno; circa il 50% proviene da vari anni dallo smantellamento di arsenali militari;
- ❑ Ciò ha causato una volatilità del prezzo dell'uranio che è passato dai 100 \$/kg nel 1979 a ~20 \$/kg nel 2001 / 2002 ed a ~300 \$/kg nei primi mesi del 2007 per ritornare ora a valori prossimi a 150 €/kg;
- ❑ Ma il prezzo dell'uranio incide marginalmente sui costi del kWh nucleare. Passando da 75 a 300 \$/kg, il costo del kWh passa da 45 a 50 €/MWh;

Per il ciclo combinato a gas, passando il petrolio da 40 \$/barile a 160, il costo del kWh passa da 55 a 150 €/MWh, includendo i costi di CO₂ e certificati verdi (con 1 € = 1,4 \$).

Full cost del kWh prodotto da future centrali nucleari in funzione del prezzo dell'uranio

(8100 h/anno: prestito elevato e bassa IRR – “Finnish approach”)



- ❑ Per quanto riguarda le riserve di **Uranio**, l'ultimo Red Book della IAEA prevede che con le tecnologie di oggi dei reattori (costruiti ed in costruzione) ci siano **100 anni di vita con gli attuali consumi e con le riserve accertate di Uranio estraibile a meno di 130 \$/kg**; con tutte le riserve convenzionali di Uranio si salirebbe a 300 anni e considerando riserve non convenzionali (fosfati) a 700 anni.
- ❑ Con i reattori della **quarta generazione** (fast-breeder reactors), prevedibili in servizio con taglie commerciali tra circa 30 - 40 anni, i **consumi sarebbero ridotti di oltre 50 volte**.
- ❑ **Per le risorse identificate i primi 10 paesi contribuiscono per oltre il 90%** e sono: Australia (25%), Kazakistan (18%), Canada (10%), Stati Uniti (7,6%), Sud Africa (7,6%), Namibia (6,2%), Brasile (6,1%), Niger (5%), Russia (3,8%) ed Uzbekistan (2,5%).

7) Opinione pubblica - Scorie

- ❑ La percezione del rischio da parte del pubblico era meno influenzata negli ultimi tempi dal problema di gravi incidenti e più concentrata sul problema delle scorie.
- ❑ In sondaggi condotti in Svizzera, Slovacchia e Stati Uniti, la popolazione residente vicino a centrali nucleari è meno ostile di quella che vive lontano dalle centrali stesse.
- ❑ Il caso più eclatante di cambiamento di opinione rispetto al nucleare è quello della Svezia che nel 1980 (6 anni prima di Chernobyl!) aveva deciso di chiudere tutte le centrali nucleari entro il 2010. Ora oltre l'85% della popolazione non vuole chiudere le centrali ma vuole estenderne la vita e la potenza disponibile. A seguito Giappone, "sostituiamo le più vecchie".
- ❑ 2 regioni in Svezia si sono contese la localizzazione del "cimitero" finale delle scorie.

□ Relativamente alle **scorie ad alta radioattività** (SNF = Spent Nuclear Fuel), dopo l'iniziale stoccaggio presso le centrali, esistono **3 approcci**:

- **riprocessamento** (Francia, Inghilterra, Russia, Giappone);
- **temporaneo stoccaggio** in siti provvisori **in attesa degli sviluppi tecnologici** e della scelta di un sito definitivo;
- **stoccaggio in un sito definitivo** (Canada, Finlandia, Svezia e Stati Uniti).

P.S.: gli Stati Uniti stanno ora pensando al riprocessamento per ridurre i volumi dei "cimiteri finali". Hanno aumentato ad 80 anni la possibilità di tenere le scorie in piscina presso le centrali.

- ❑ Per il diretto stoccaggio di HLW (high level waste – scorie a lungo decadimento) da SNF (Spent Nuclear Fuel) occorrono $\sim 2 \text{ m}^3$ per tonnellata con la tecnologia svedese di involucri di rame e $\sim 0,5 \text{ m}^3$ per tonnellata con il processo francese di vetrificazione.
- ❑ Per lo stoccaggio con la tecnologia svedese (massimo dei volumi), **il totale volume delle scorie HL prodotte per 60 anni da eventuali 13.000 MW nucleare in Italia (tali da dare nel 2030 il 25% - 30% di energia elettrica dal nucleare) sarebbe inferiore a quello di un cubo di 20m di lato.**
- ❑ **Nuove posizioni di alcuni paesi (Russia e Kazakistan) disposti a fornire combustibile e ritirare le scorie.**

8) I costi di produzione del kWh

Costo del kWh da nuove centrali di base con le tecnologie attuali: WACC = 9%

	Costo (€/kW) ⁽¹⁾	Ore annuali di utilizzo (h)	Costo kWh (€/MWh)					CO2 ^(°°)	Totale
			capitale + tasse	combustibile (°)	O&M+ altri ^(°°)	Totale senza CO2			
Gas CC	600 - 800	(4500 - 6500)	10 - 19	40 - 110	4 - 6	54 -135	9.5 - 19	63,5 - 154	
Carbone	1300 - 1700	(6000 - 7500)	16,5 - 26,5	16 - 48	9 - 13	41,5 - 87,5	19 - 38	60,5 - 125,5	
Nucleare	2500 ⁽²⁾ - 3500	(7600 - 8000)	36 - 53,5	4,5 - 9	7,5 - 14	(48) ⁽²⁾ 57-76,5	-	(48) ⁽²⁾ 57-76,5	
CC (S) ^(°°°°)	2200 - 2900	(6000 - 7500)	28 - 45	22 - 64	10 - 14	60 - 123	2 - 4	62 - 127	

Elaborazioni da A. Clerici

(1) Campo dei costi di un sito produttivo senza oneri finanziari

(2) Solo per ordini di più centrali con più unità per sito, non applicabile in Italia dove il range potrebbe essere da 3000 a 3500 secondo i dati ad oggi aggiornati da [1]

(°) Gas 0.200 € - 0.570 €/m³ - Carbone 50 - 150 €/t - Uranio 100 - 300 €/kg

(°°) Per il nucleare è incluso lo smantellamento della centrale e lo stoccaggio finale delle scorie

(°°°) CO2: 25 - 50 €/t

(°°°°) Carbon Capture and Storage (cattura della CO2 da centrali a carbone) senza considerare costi di trasporto e stoccaggio CO2; cattura di CO2 al 90%

Costo del kWh prodotto da attuali centrali eoliche e solari con un WACC = 9%

	Costo (€/kW) ⁽¹⁾	Ore annuali di utilizzo (h)	Costi (€/MWh)		
			capitale + tasse	O&M+ altri ⁽²⁾	Totale
Eolico ⁽³⁾ on shore	1600 - 2000	(1600 - 2000)	87 - 134	20 - 30	107 - 164
FV	3000 ⁽⁴⁾ - 4500 ⁽⁵⁾	(1000 - 1400)	228 - 432	30 - 50	258 - 482
CSP ⁽⁶⁾	5000 - 7000	(2000 - 2700)	197 - 374	15 -30	212- 404

Elaborazioni da A. Clerici

(1) Campo dei costi per l'investitore di un sito produttivo con collegamento alla rete e senza oneri finanziari, inclusi i costi del "developer"

(2) Non sono inclusi i costi addizionali al sistema elettrico (potenza di riserva, costi di bilanciamento, ecc). Per "produzione distribuita" a bassa tensione occorrono ragionamenti particolari per possibile "grid parity".

(3) Solo grossi impianti collegati su alta tensione

(4) Per grossi impianti superiori ad 1 MW

(5) Per piccoli impianti collegati in bassa tensione

(6) Concentrated solar power - Solare termodinamico

9) Considerazioni finali e “l’Italia e il nucleare”

- ❑ L'Italia per le materie prime energetiche ha attualmente una dipendenza dall'estero dell'86%, tendente a superare il 95% nel 2020; ha inoltre alti costi per la produzione di energia elettrica dovuti al mix "particolare" accennato all'inizio.
- ❑ In Europa é impossibile raggiungere gli obiettivi di lungo periodo per le emissioni della CO₂ ed avere sicurezza degli approvvigionamenti con le sole rinnovabili, considerando anche la sostituzione delle vecchie centrali di base.

- ❑ L'efficienza energetica e l'opzione nucleare non possono essere trascurate con il nucleare fondamentale per entità delle riduzioni conseguibili e costi "globali".
- ❑ Discorsi limitati alla sola Europa per limitare le emissioni sono forvianti ed **occorre dare priorità ad un approccio politico per portare intorno al tavolo di Kyoto Cina, India, USA** e gli altri maggiori contributori alle emissioni, rispetto ad un approccio con forti penalizzazioni delle industrie e dei consumatori europei.

- ❑ Considerando i lunghi cicli di vita delle infrastrutture energetiche e gli sviluppi tecnologici, **tutte le risorse energetiche e tutte le tecnologie debbono essere considerate; nessuna deve essere demonizzata o idolatrata.** Ogni tecnologia dovrà trovare la propria nicchia in funzione dei suoi costi reali, includendo le esternalità.
- ❑ **Nucleare e rinnovabili non sono in contrapposizione:** il nucleare (come gas e carbone) fornisce l'indispensabile energia di base programmabile mentre le rinnovabili sono "aleatorie" (danno energia quando c'è vento o sole) e necessitano quindi di adeguata "riserva" dalle altre fonti.

- ❑ Le rinnovabili risultano ancora non competitive e specie il fotovoltaico.
- ❑ Gli incentivi peseranno secondo l'Autorità per oltre 8 miliardi di Euro nell'anno 2020 e per 15- 20 anni con incremento di oltre il 25% delle bollette per alcune industrie e con effetto sull'inflazione.
- ❑ Occorrerà coniugare lo sviluppo della tecnologia con i sovra costi alle nostre imprese.

E nell'ambito di una politica di incentivazione chiara e di medio / lungo periodo per dare certezza sia alle industrie fornitrici e sia agli investitori.

- Ritengo in Italia si debba portare avanti, con adeguato consenso, un piano nucleare in un libero mercato e senza sussidi. Gli interventi dello stato debbono essere limitati a:
 - garantire i siti e tempestive autorizzazioni;
 - coprire rischi da grandi incidenti per la quota eccedente un valore da definirsi in accordo con normative europee;
 - gestire “cimiteri finali” delle scorie, realizzati tuttavia con gli accantonamenti degli operatori, che non possono però assumersi liabilities secolari;
 - garantire rischi di cambio di legislazione;
 - gestire il controllo della sicurezza e della salute.

- Il Governo Berlusconi ha inserito il nucleare nel suo programma con l'intenzione di iniziare entro la scadenza del mandato (2013), la costruzione della prima centrale e sono stati emanati decreti legislativi nel 2009 e nel 2010.
- Prima di Fukushima e anche nell'ipotesi che sia già funzionante la prevista e non ancora operante Agenzia Nucleare, supponendo i vari decreti attuativi escano nei tempi prefissati dall'ultimo decreto e non ci siano intoppi, **occorrono per un investitore almeno 36 mesi dalla richiesta di un sito per avere la certificazione del sito stesso seguita poi dall'autorizzazione alla costruzione ed all'esercizio della centrale.**

- ❑ Chiaramente solo dopo tale autorizzazione sarebbe stato possibile chiudere il project financing per gruppi che valgono 4 - 5 miliardi di Euro ciascuno e passare gli ordini per la costruzione che prevede circa 5 - 6 anni.
- ❑ Il nucleare non va visto nell'ottica del 2020 ma in un'ottica di medio lungo periodo ed un accordo bipartisan risulta fondamentale per l'accettabilità ed il consenso della popolazione e per gli enti finanziatori.

- Considerando i lunghissimi cicli di vita nel settore energetico e quindi la necessità di scenari sul medio lungo termine i costi del kWh dal nucleare risultano molto interessanti.
- Il nucleare, data anche la sua potenzialità (1000 MW di potenza installata producono 8 TWh/anno di elettricità senza CO₂ mentre con l'eolico on-shore nel migliore dei casi se ne produrrebbero in Italia 2 e con il solare fotovoltaico 1,4), risulta un'opzione interessante per ridurre le emissioni di CO₂ come entità e dal punto di vista economico.

- **Altri vantaggi** riguardano:
 - la **sicurezza degli approvvigionamenti**, la **non volatilità dei prezzi** dell'energia
 - la **ricaduta su un'industria Italiana** che, opportunamente qualificata a lavorare in garanzia di qualità, potrebbe contribuire fino ad un 75% del valore di una centrale di 5 miliardi con forniture per ingegneria di dettaglio, opere civili, sistemi e componenti termo - elettromeccanici ed installazioni.

- ❑ Il nucleare va visto quindi non solo in un'ottica di costo dell'energia elettrica ma di politica industriale che porterebbe a sostituire costi all'estero di materie prime energetiche (vedi gas) con lavoro e forniture italiane alle quali verrebbe aperto anche l'interessante mercato estero.
- ❑ Altro punto da considerare è la contribuzione dell'Italia con sue centrali nucleari alla eliminazione delle 120.000 testate nucleari che possono essere eliminate solo utilizzandole come combustibile per centrali nucleari.

- ❑ A parte "l'accettabilità", il rischio per il nucleare in Italia era ed è quello della finanziabilità, legata a stabilità politica e legislativa ed alla tempistica delle autorizzazioni; e questo significa "accettabilità" non solo a livello "statistico" e nazionale ma a livello regionale e locale.
- ❑ In ogni caso per il successo di un eventuale piano energetico in Italia e nucleare in particolare è essenziale la massima trasparenza ed informare i cittadini in maniera capillare, responsabile, *bipartisan*, focalizzandosi sui problemi dell'energia e dell'ambiente e non sul solo nucleare.
- ❑ Proprio questa fase, purtroppo, non è mai iniziata.

- ❑ Occorreva, una corretta e trasparente **informazione**, **veicolata da enti e figure credibili**, con **chiare capacità di comunicazione**, portando le persone a **ragionare su dati, fatti e costi** (inclusi quelli ambientali). E' questo il problema di fondo.
- ❑ Quello che sta capitando in Giappone alla centrale nucleare di **Fukushima** è chiaramente **eccezionale e grave e non si conosce ancora "la fine della storia"**, ma bisogna **aspettare** di avere dati ed informazioni certe prima **di esprimere giudizi definitivi sul nucleare.**

- Per la propria indipendenza e sicurezza energetica, il Giappone, terra di terremoti, ha avuto il coraggio e forse la temerarietà di sfidare la "natura" realizzando una serie di ben 55 reattori, imponendo regole di sicurezza "notevoli" e ritenute adeguate; la natura sembra però essersi vendicata con un terremoto di straordinaria ed eccezionale potenza che ha causato un successivo impressionante ed imprevisto tsunami con l'acqua che ha invaso e distrutto villaggi e città ed anche centrali elettriche e stabilimenti e con un'onda a Fukushima di ben oltre 3 volte i 5 metri "massimi prevedibili".

- ❑ Non esprimo giudizi o previsioni fino a che non avrò dati, fatti e numeri “super partes” dalla International Atomic Energy Agency. Fino a quel momento qualunque giudizio è una illazione che può peccare di catastrofismo come di eccessivo ottimismo sulla capacità umana di vincere un evento estremo. Chiaramente tale evento ha forti ripercussioni sull'opinione pubblica mondiale ed in Italia dove il nucleare andava e va spiegato con una adeguata e trasparente comunicazione su energia ed ambiente.

- ❑ L'energia nucleare si è rivelata sicura in pratica sino ad ora se uno trascura il fatto di Chernobyl, che era un reattore sbagliato come progetto, gestito da gente a dir poco inesperta ed incosciente che aveva tolto i controlli al reattore, il quale non aveva nemmeno un edificio con strutture tali da contenere le emissioni, e inoltre vi è stato un enorme ritardo nell'informare ed intervenire sulla popolazione vicina, cosa ben diversa da quanto pare si stia verificando in Giappone.

- ❑ Chiaramente fatti come **Chernobyl** o quello presente in **Giappone** hanno un **notevole impatto sull'opinione pubblica** che induce od indurrà i politici a strumentalizzare la situazione per accaparrarsi "voti" o dimostrare che la propria industria nucleare "nazionale" è sicura rispetto ad altre. In ogni caso lo spettro del "grave incidente" che era caduto in secondo piano rispetto a quello dei "cimiteri" delle scorie dopo 25 anni da Chernobyl **avrà una notevole rinascita.**

- L'Italia che ha chiuso il nucleare sotto l'emotività di Chernobyl si trova ora di fronte ad un referendum contro la ripartenza di un piano nucleare sotto l'emozione del grave incidente in Giappone e senza avere effettuato una capillare ed adeguata informazione superpartes; mi auguro si possa avere in un prossimo futuro un contraddittorio sereno e civile basato su dati e fatti e sulla situazione Italiana e non su una mera contrapposizione di ideologie e si riesca ad evitare a breve di dover fare una scelta emotiva con serie conseguenze future per il nostro paese. Un periodo di ripensamento risulta inevitabile per un'eventuale "ripartenza" con un approccio adeguato, strutturato ed indispensabilmente bipartisan e con corretto coinvolgimento della popolazione.

- In conclusione **nessuna fonte energetica** deve essere **idolatrata o demonizzata**. **Il nucleare, come le fonti fossili**, che continueranno per vario tempo a fornire l'indispensabile energia elettrica di base e/o programmabile (verosimilmente emettendo meno CO₂ grazie alle tecnologie), **daranno l'indispensabile riserva alle aleatorie rinnovabili, permettendo di avere in modo affidabile l'energia richiesta per uno sviluppo sempre più sostenibile.**

Grazie per l'ascolto