



Centro
Italiano
Sostenibilità
Energia

tecnologia nucleare
**COMBUSTIBILE RICAVABILE DA
TESTATE NUCLEARI IN DISARMO**

Flavio Parozzi, Franco Polidoro

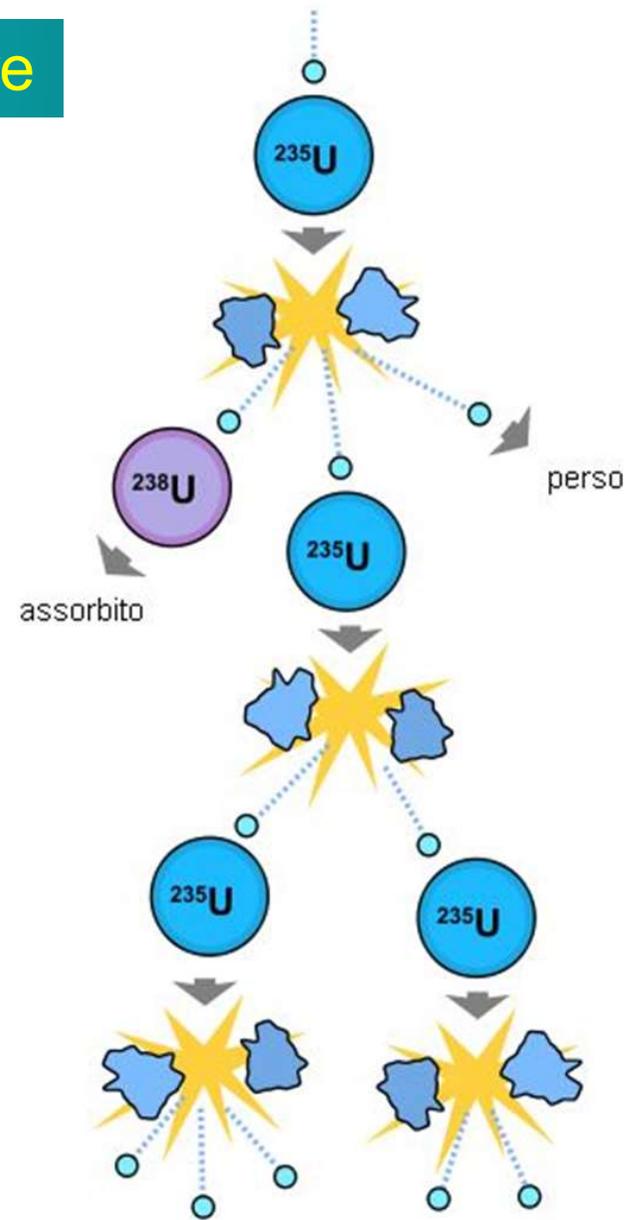
CISE2007, Milano



Seminario
PROGETTO DI PACIFICAZIONE DELL'AREA COREANA
Sacro Convento di San Francesco
Assisi, 28 ottobre 2017

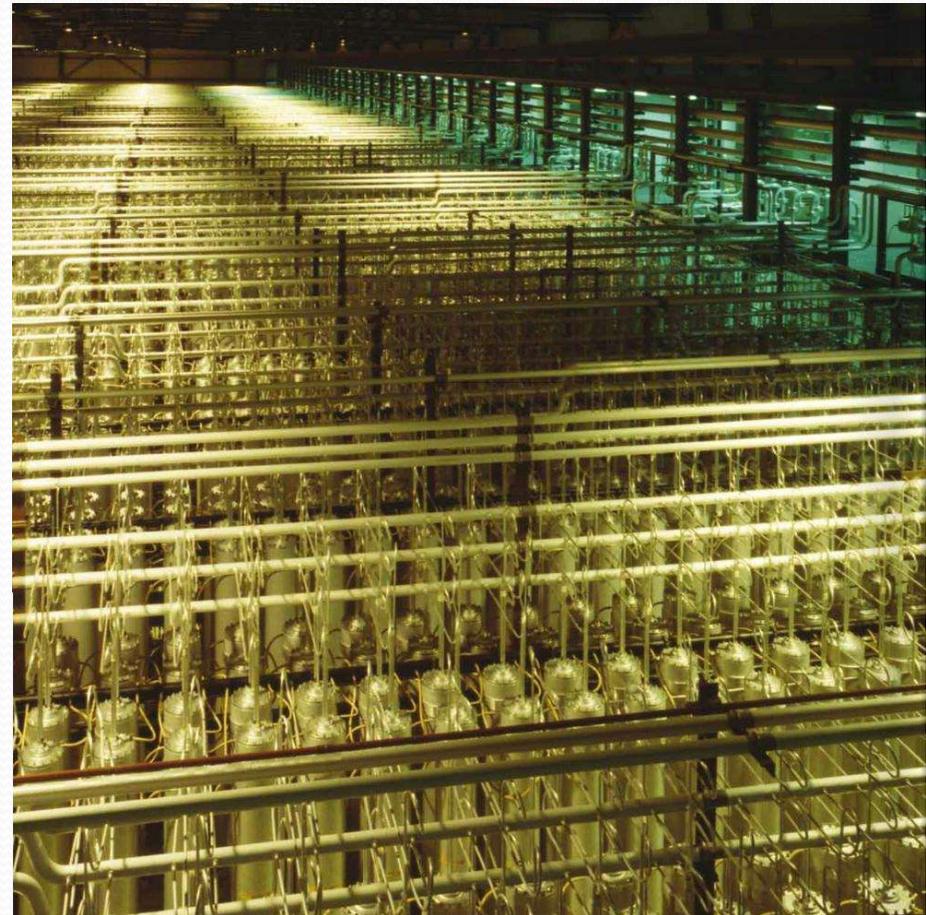
la reazione di fissione nucleare

- l'unico nucleo atomico presente in natura che può dar luogo ad una reazione di fissione «a catena» è l'isotopo 235 dell'uranio, che è solamente lo 0.7% di questo elemento (la rimanenza è l'isotopo 238)
- la reazione a catena è possibile anche con isotopi prodotti artificialmente come il plutonio-239



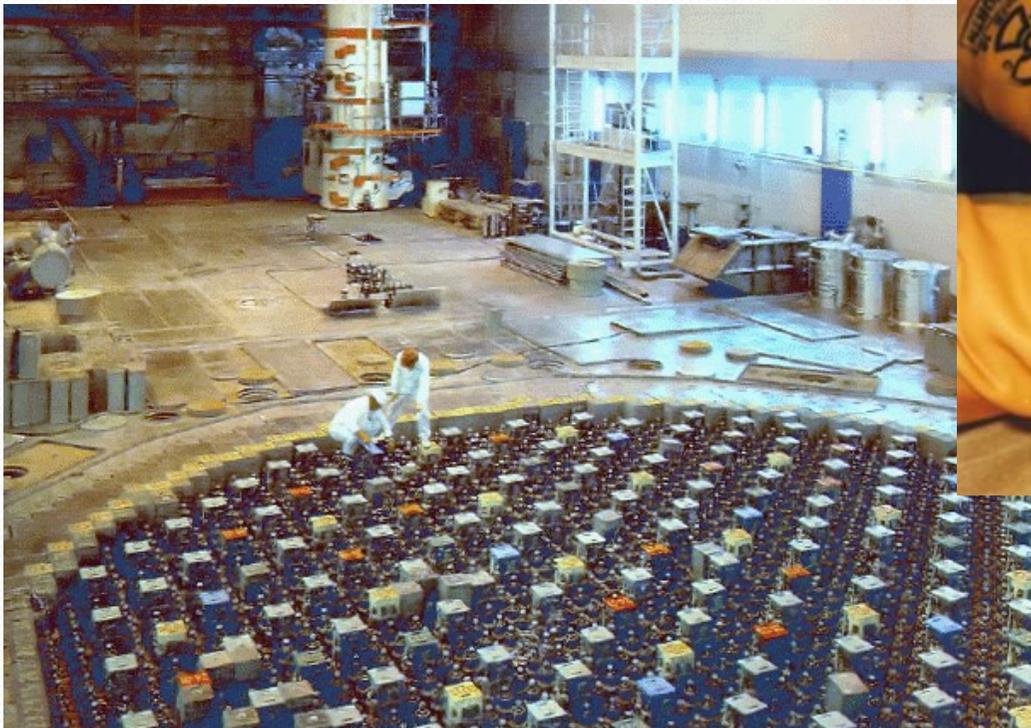
l'esplosivo delle bombe

- per produrre uranio ad alto contenuto di isotopo 235 (arricchimento) impiegabile a fini militari sono necessari impianti molto complessi e costosi (es. speciali centrifughe in serie)



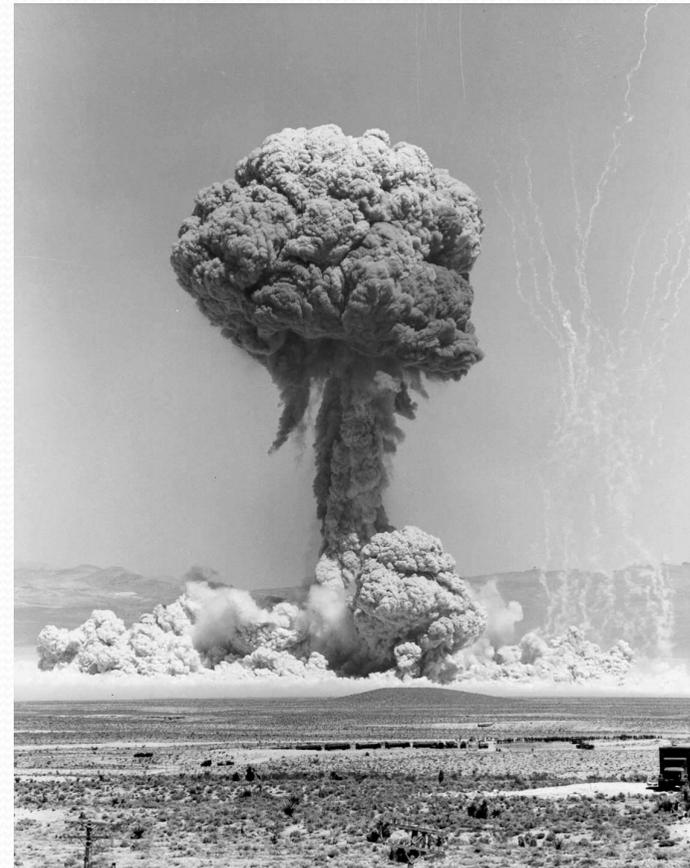
l'esplosivo delle bombe

- per generare il plutonio adatto alla fabbricazione di testate è invece necessario ricorrere a specifici reattori gestiti in ambito militare dai paesi dotati di armi atomiche



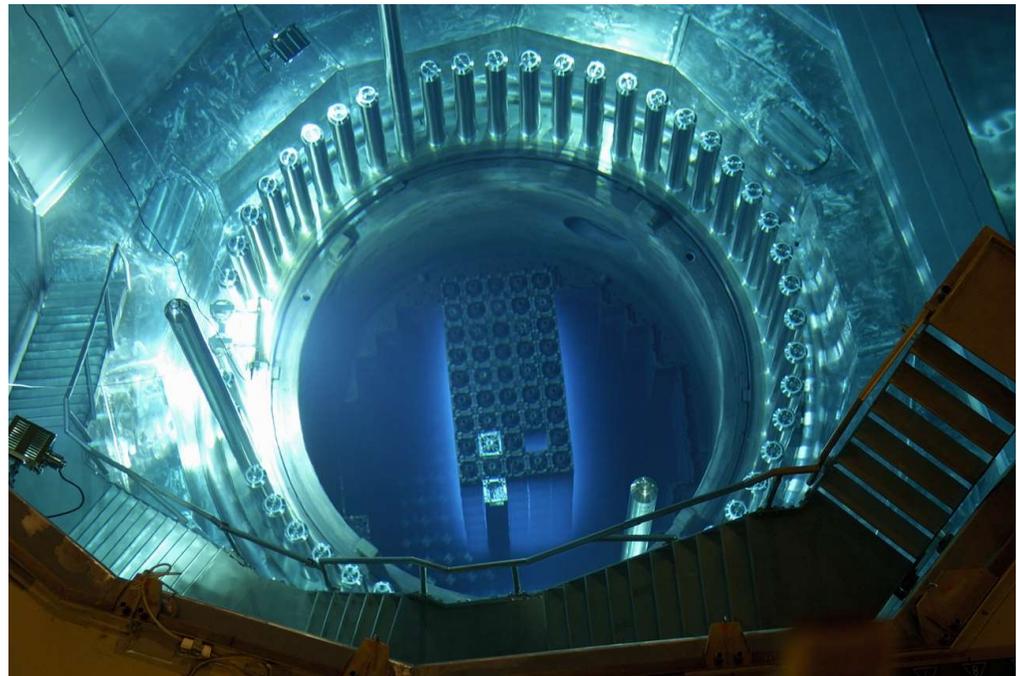
l'esplosivo delle bombe

- fissione di uranio altamente arricchito in isotopo 235
- fissione di plutonio-239
- fusione di isotopi di idrogeno innescata dalla fissione di uranio o plutonio

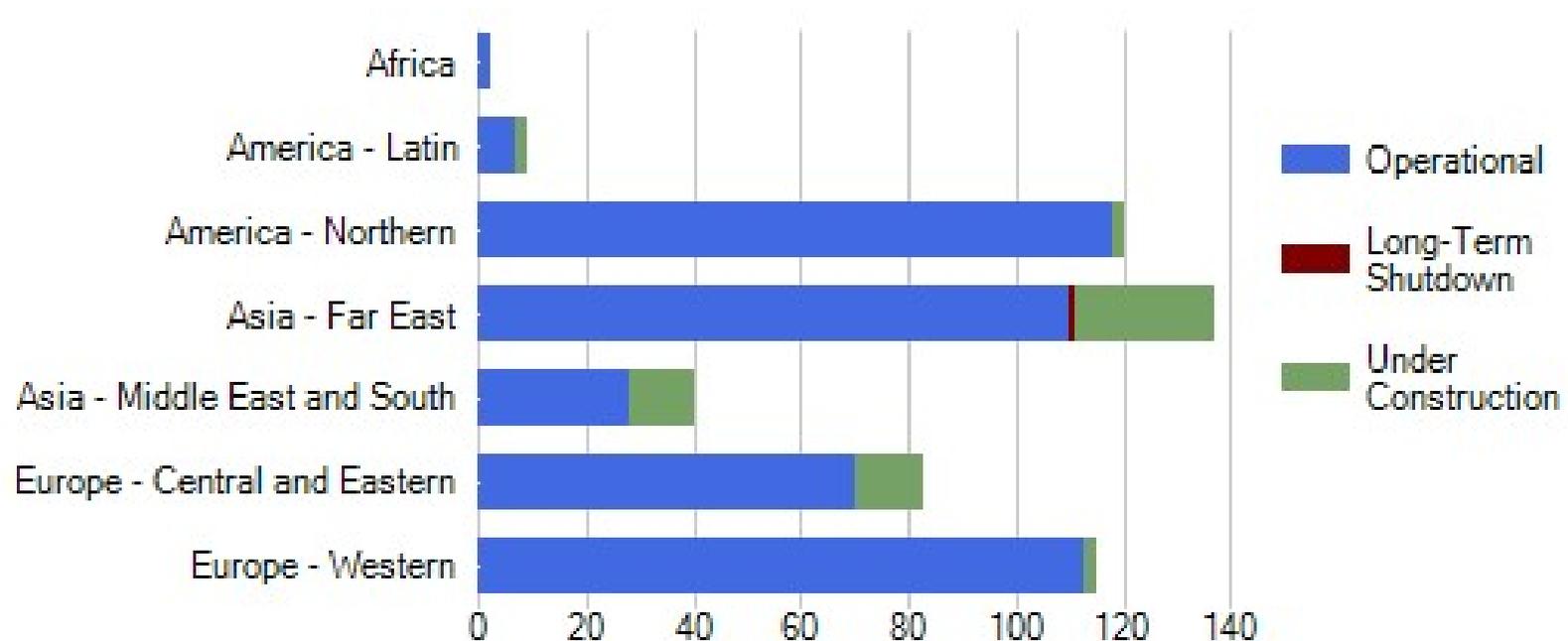


i reattori nucleari per la generazione elettrica

- negli attuali reattori commerciali il combustibile è solitamente costituito da uranio in forma di ossido (UO_2)
- negli ultimi anni è stato sperimentato con successo anche l'uso dell'ossido di plutonio (PuO_2)
- le centrali ben si prestano quindi per distruggere gli esplosivi nucleari ricavandone energia



i reattori nucleari per la generazione elettrica



nel mondo sono in esercizio 448 reattori e 57 sono in costruzione

nuclear fuel da testate nucleari in disarmo

- l'uranio-235 proveniente dallo smantellamento può essere diluito con uranio a basso arricchimento, fabbricando così del combustibile adatto alle centrali di generazione elettrica
- l'uranio così diluito non può essere facilmente utilizzato per nuove bombe se non riattivando il costoso e complicato processo di arricchimento
- anche il plutonio impiegato nelle testate può essere reso inutilizzabile a scopi militari, attraverso tecnologie più complesse, ma comunque già collaudate

L'analisi qui presentata vuole essere una prima stima dell'energia elettrica ricavabile dalla distruzione di un dato numero di testate caricate con uranio altamente arricchito

stima dell'energia ricavabile da testate caricate con uranio altamente arricchito (HEU)

- lotto di testate in disarmo: 4000
- HEU/testata: 20-25 kg al 90-93% di U^{235} (centinaia di kt TNT)
1 kt TNT = $4.184e12$ Joule

questi parametri indicano

- un *lower bound* di 80 ton di HEU al 90%
(72 ton di U^{235} + 8 ton di U^{238})
- un *upper bound* di 100 ton di HEU al 93%
(93 ton di U^{235} + 7 ton di U^{238})

dati di riferimento:

TradeTech (2011). Uranium Primer-Russian Highly Enriched Uranium (HEU) Agreement. Denver Tech Center, Englewood, CO (USA). www.uranium.info

Civiltà dell'Amore (2017). Dati di Progetto Conversione Nucleare in Korea.

stima dell'energia ricavabile ...

- secondo il presente studio, questo quantitativo consentirebbe la fabbricazione di una trentina di «cariche» di combustibile per reattori da 1000 MWe
- l'energia elettrica ricavabile in totale risulta dell'ordine dei 700-800 TWh, assumendo una *performance* del combustibile minimale (burn-up di circa 27 GWd/t) con un tipico arricchimento del 4%
- 900 TWh possono ritenersi un target ragionevole, o superabile, con prestazioni ottenibili nei nuovi tipi di impianto

stima dell'energia ricavabile ...

sono anche state verificate tre possibili diluizioni dell'HEU con uranio a bassa concentrazione di isotopo 235:

- con uranio naturale (in cui l'isotopo U^{235} è lo 0.72%)
- con uranio residuo del processo di arricchimento (0.2% di U^{235})
- con uranio recuperato dal ritrattamento del combustibile «usato» (1.2% di U^{235})



combustibile producibile con diversi gradi di arricchimento finale per le tre ipotesi di diluizione (tonnellate di UO_2)

ARRICCHIMENTO UO_2 (%)	CASO DILUIZIONE CON U NATURALE (0.72% DI U^{235})	CASO DILUIZIONE CON URANIO ALLO 0.2% DI U^{235}	CASO DILUIZIONE CON URANIO AL 1.2% DI U^{235}
5.0	1900 – 2400	1600 – 2200	2100 – 2700
	1990- 2490	1730 – 2230	2230 - 2880
4.5	1800 – 2800	1900 – 2400	2400 – 3200
	2210 - 2860	1920 - 2480	2480 - 3200
4.0	2500 – 3200	2100 – 2800	2900 – 3700
	2490 - 3210	2160 - 2790	2790 - 3600
3.5	2900 – 3800	2400 – 3200	3500 – 4500
	2840 - 3670	2470 - 3190	3180 - 4120

benché le tre soluzioni appaiano ragionevoli e percorribili, quella più attraente (ma solo sul piano della quantità di combustibile prodotto) risulta ovviamente quella ottenibile dalla diluizione con l'uranio scaricato dal processo di ritrattamento, se praticato

Arr. %	U ²³⁵ bruciabile (kg/t)	E termica (GWh/t)	Energia elettrica (GWh/t)	Energia elettrica producibile (TWh)
5	38	883,7	300,5	631,0 - 811,3
		864,5	293,9	665,9 - 847,2
4,5	33	767,4	260,9	626,2 - 835,0
		750,7	255,1	632,7 - 817,2
4	28	651,2	221,4	642,1 - 819,2
		637,0	216,6	604,3 - 780,5
3,5	23	534,9	181,9	636,5 - 818,4
		523,2	177,9	565,1 - 732,7

conclusioni

- l'analisi permette di confermare che, smantellando 4000 testate nucleari all'uranio altamente arricchito, è possibile produrre circa 3000 tonnellate di combustibile arricchito al 4% per impiego in centrali commerciali
- l'energia elettrica producibile con reattori convenzionali è dell'ordine dei 700-800 TWh
- può raggiungere realisticamente, o superare, i 900 TWh con tecnologie del combustibile già disponibili
- l'eliminazione del plutonio-239 è più delicata perché la sua diluizione deve avvenire con altri isotopi non disponibili in natura, che sono radioattivi e tali da ostacolare l'impiego nella fabbricazione di bombe



Centro
Italiano
Sostenibilità
Energia

www.cise2007.eu



grazie per l'attenzione!