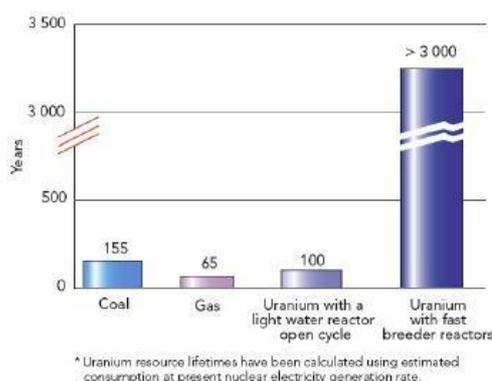


Le risorse di uranio. Cronaca di una notte di mezza estate

Mi svegliai madido di sudore nel pieno della notte, tormentato da un vago senso di inquietudine fisica e mentale. Seduto sul bordo del letto diedi la colpa di quel malessere al caldo afoso dei primi giorni d'agosto e alla splendida ma indigesta peperonata che avevo irresponsabilmente divorato prima di coricarmi. La sentivo ferma lì, al centro dello stomaco, rifiutarsi caparbiamente di prendere la strada obbligata della digestione. Decisi di alzarmi e fare quattro passi per la casa, sapevo perfettamente cosa fare per dissolvere l'ingorgo gastrointestinale, ma mi rifiutavo ostinatamente di applicare l'infallibile cura. Uscii sul balcone, l'aria fresca della notte mi diede un po' di sollievo. Nel silenzio rotto solo dal latrato lontano di un cane guardai in alto il disco giallo oro della luna che illuminava quello spicchio di cielo di una luce discreta. In quei giorni ricorreva l'anniversario del primo allunaggio. "Quanti soldi buttati via", pensai ancora una volta di quell'avventura ormai lontana, sperando ardentemente che avesse avuto ragione il vecchio contadino amico di mio padre, che scetticamente collocava nel deserto della California la messinscena dello sbarco. Tornai in casa, ormai non avevo più sonno, per ingannare il tempo accesi la luce azzurrina del computer e iniziai svogliatamente a leggere l'ultimo [rapporto energetico](#) dell'Enea. Saltellavo da un capitolo all'altro, tra preoccupate analisi economico-ambientali e improbabili scenari futuri di abbondanza energetica, quando il mio sguardo si soffermò su un grafico e su alcune parole di granitica certezza: "Le riserve accertate di uranio sono sufficienti ad alimentare la domanda per almeno cento anni...". Sobbalzai letteralmente dalla sedia mentre una parte dei peperoni si convinceva finalmente a prendere in considerazione l'effetto della legge di gravità. Ne avevamo tante volte discusso tra gli "adoratori del picco", come un ingenuo pennivendolo aveva una volta definito la nostra associazione scientifica, ed eravamo convinti che il prezioso minerale necessario ad alimentare le centrali nucleari fosse ormai agli sgoccioli. C'era qualcosa di marcio in quella storia e mi decisi con piglio poliziesco ad "aprire un'indagine". Ormai mi sentivo un epigone del Commissario Montalbano: mi era "smorcato un pititto" e avevo fatto indigestione, come lui avrei risolto tra le quattro mura domestiche durante una notte insonne un caso complicato, c'era la terrazza, mancava solo il mare.

Figura 3.3 - Stima delle riserve di uranio calcolata in base all'attuale tasso di generazione elettronucleare



Quel numero rassicurante, 100 anni, mi ronzava nel cervello. Cominciai ad affrontare il caso leggendo gli autori del grafico, che mostrava con dei cilindretti colorati la presunta residua abbondanza di alcuni combustibili fossili e dell'uranio: si trattava di NEA e IAEA, cioè l'Agenzia

per l'Energia Nucleare e l'Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica. "Uhm, dei tipetti poco raccomandabili", pensai ricordando uno [scritto](#) di Marco (Pagani) che svelava alcune loro previsioni sbagliate sulla reale consistenza delle riserve di uranio francesi. Per un attimo mi soffermai divertito su un facile gioco di parole: Pagani contro Paganetto (Presidente dell'Enea), poi mi concentrai sul titolo del grafico: "Stima delle riserve di uranio calcolata in base all'attuale tasso di generazione elettronucleare". Repressi a stento una sonora risata che avrebbe certamente svegliato tutto l'isolato. "Questi nuclearisti sono proprio dei birichini", osservai perplesso, "pretenderebbero di espandere enormemente la produzione mondiale di energia nucleare e poi calcolano la disponibilità di uranio minerale sulla base della produzione energetica attuale!". Avevo scoperto il primo errore in quel

magico numero 100: se anche fosse stato corretto, si sarebbe dovuto diminuirlo di molto per soddisfare un ipotetico aumento della produzione energetica nucleare. “Sì, sono proprio dei birbantelli”, continuai ormai preso nella parte, “nell’interrogatorio mi dovranno poi spiegare perché ostentano preoccupazione per un imminente picco del petrolio e non considerano lo stesso modello di esaurimento della risorsa nel caso dell’uranio”. Ma decisi di rimandare questo aspetto dell’indagine. Ora dovevo fare due conti.

Presi un foglietto di carta e scrissi a caratteri cubitali “YELLOW CAKE”, il nome della preziosa roccia dai cui giacimenti si ottiene l’ossido di uranio, elemento di base per la preparazione dell’uranio arricchito, con cui si confezionano le barre di combustibile delle centrali nucleari. “Torta gialla”, meditai, “ma sconsigliabile da mangiare”. Il pensiero di qualcosa di commestibile mi produsse immediatamente un acuto e insopportabile senso di nausea. Sapevo che quando si lavora con i numeri bisogna essere lucidi e non potevo rinviare più a lungo la soluzione dei miei problemi digestivi. Mi alzai dirigendomi in cucina, aprii il frigorifero. All’interno, circondato dalla luce giallognola, il nero intenso della Coca Cola si stagliava nitidamente. Odiavo quella bibita, in quel liquido nerastro intravedevo la quintessenza del più assurdo e inutile spreco di risorse delle società consumistiche contemporanee. Però, imperscrutabilmente, quell’orrendo miscuglio aveva in me lo strano potere di distruggere qualsiasi ostruzione digestiva e non potevo far altro che venire a compromessi con le mie profonde convinzioni. Riempii il bicchiere, trangugiai senza fiatare dopo aver sibillato “Yankee, go home”. Un sordo gorgoglio squassò immediatamente il mio petto e il peperone yankee fu disintegrato senza pietà, lasciandomi per qualche istante con un beato senso di appagamento. “Bene”, potevo continuare.

Table 13.12: Total World Uranium Resources (tonnes U as of 1 January 2005)

Resource category by cost of production	< \$40/kg	< \$80/kg	< \$130/kg	Total*
Reasonably assured	1 947 000	2 643 000	3 297 000	
Inferred	799 000	1 161 000	1 446 000	
Prognosticated	n.a.	1 700 000	2 519 000	
Speculative	n.a.	n.a.	4 557 000	
Total	2 746 000	5 504 000	11 819 000	14 798 000

*Total across all categories includes 2 979 000 tonnes U of speculative resources with no recovery cost estimate assigned.
Source: NEA/IAEA (2006).

Scaricai da internet l’ultimo [rapporto](#) disponibile della IEA (Agenzia Energetica Internazionale) “World Energy Outlook 2006” e dopo qualche minuto di ricerca, trovai la tabella che mi serviva: “Risorse totali di Uranio mondiali”, fonte: proprio quei mattacchioni del NEA/IAEA. In essa le risorse di uranio venivano

suddivise per costo di estrazione, 40 \$/Kg, 80 \$/Kg, 130 \$/Kg e catalogate in “ragionevolmente accertate (cioè le riserve provate), inferite, pronosticate e speculative”. Sapevo che da sei tonnellate di Uranio naturale si ricava una tonnellata di Uranio arricchito, ma non ricordavo quanta energia si può ottenere da una tonnellata di Uranio arricchito. Dopo una ricerca infruttuosa stavo quasi decidendomi di ritornare a letto per recuperare qualche ora di sonno, visto che era già **Domenica** e non sarei andato a lavorare..., improvvisamente mi si accese la tradizionale lampadina sulla testa. Come avevo fatto a non pensarci, **Domenico** (Coiante) aveva scritto qualcosa sull’argomento. Scartabellai tra le cartelle virtuali e trovai quello che mi serviva: da 1 t di Uranio arricchito si ricavano 720 GWh termici, da cui, con la consueta efficienza di trasformazione dei bollitori nucleari del 33%, si ottengono 238 GWh elettrici. Nel WEO 2006 trovai rapidamente la produzione annuale di energia elettronucleare nel mondo, 2.742.000 GWh e così ricavai il consumo annuale di uranio arricchito nel mondo: 11521 t. Avevo ora tutti gli elementi per calcolare la durata delle risorse uranifere mondiali, nell’ipotesi autolesionistica dei nuclearisti, di produzione elettronucleare pari a quella attuale e costante nel tempo. Con un costo di estrazione inferiore ai 40 \$/kg delle riserve provate mi venivano circa 27 anni, sotto gli 80 \$/kg circa 37 anni, per costi di estrazione inferiori ai 130 \$/kg, la durata aumentava a circa 47 anni. Meno della metà dell’ipotesi secolare.

Mi alzai dalla sedia, avevo bisogno di allentare la tensione accumulata. A questo punto delle indagini, immancabilmente l'investigatore accende una sigaretta, ma io per fortuna avevo smesso da quasi due lustri. Uscii di nuovo sul balcone a prendere il fresco, il silenzio ovattato della notte inoltrata era ancora più assordante. Guardai nuovamente la buia volta celeste e mi fece uno strano effetto pensare che mentre tutti dormivano l'universo fosse in veloce e incessante movimento. A volte crediamo di essere fermi, ma in realtà ruotiamo a velocità sostenuta intorno al centro della Terra e insieme ad essa intorno al Sole, insieme al sistema solare intorno al centro della galassia, che a sua volta, viaggia vertiginosamente sospinta dalla continua espansione dell'Universo causata dalla grande esplosione iniziale. Le miriadi di stelle che vedevo lassù erano il frutto della costruzione incessante, nel processo di fusione nucleare, di atomi sempre più complessi e il numero di massa dell'uranio così alto, 235, stava proprio a dimostrare la sua relativa scarsità. Dovevo tornare alla mia indagine.

Cercai subito il "Red Book", lo studio del NEA da cui era stato tratto il grafico delle presunte risorse uranifere, scartai uno scritto in cinese che sicuramente non faceva al mio caso, ma trovai poco dopo quello che cercavo. Trattenni un'imprecazione, purtroppo il documento non era scaricabile, ma non mi persi d'animo. Proseguendo la navigazione incrociai un [sito](#) di nuclearisti nostrani che citava le conclusioni dell'ultimo "libro rosso", da cui trassi le informazioni che cercavo. C'era scritto: "Sulla base di nuovi calcoli, si stima che è possibile estrarre a meno di 130 dollari/kg circa 5,5 milioni tonnellate (rispetto ai 4,7 milioni stimati nel 2005), tale aumento è dovuto sia alla scoperta di nuovi giacimenti sia alla riconsiderazione di giacimenti che finora non erano valutati economicamente interessanti". Il quadro era finalmente più chiaro: guardando di nuovo la tabella delle risorse capii che il NEA considerava nel potenziale estrattivo, oltre alle risorse ragionevolmente accertate anche quelle inferite.

A questo punto avevo bisogno dell'aiuto degli amici adoratori del picco dell'Energy Watch Group, che avevano elaborato uno [studio](#) molto serio e approfondito sull'argomento. Ma prima, rifeci i calcoli della durata a produzione energetica costante delle risorse accertate più quelle inferite, comunque non si arrivava ai cento anni: 67 anni per il valore della tabella 2005, 79 per l'ulteriore stima in aumento del 2006. Avevo individuato un secondo errore, solo apparentemente marginale.

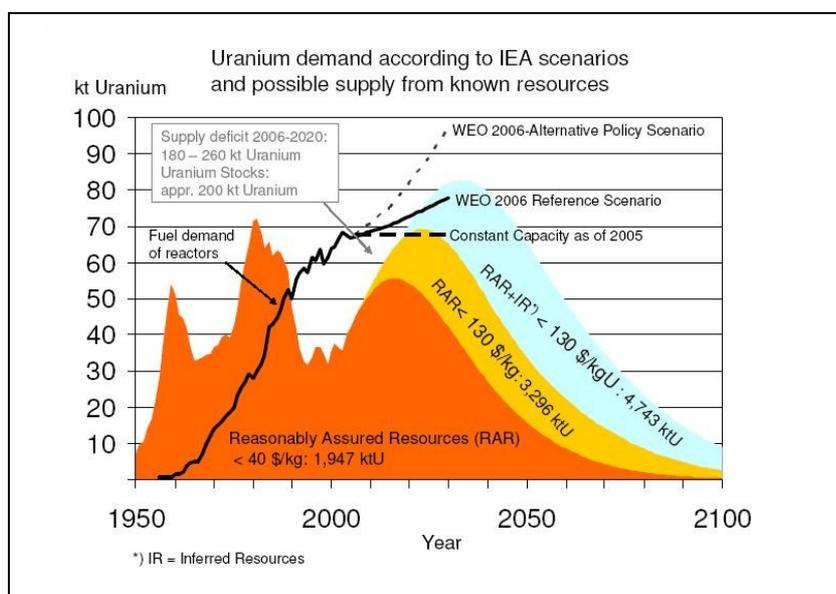
La lettura del rapporto EWG riservò altre interessanti e gustose sorprese. Innanzitutto, scoprii che, comunemente, solo le risorse ragionevolmente accertate di uranio (RAR) con costi di estrazione inferiori ai 40 \$/Kg o agli 80 \$/Kg, sono comparabili alle riserve provate di petrolio. Le altre, RAR tra 80 \$/Kg e 130 \$/Kg e risorse inferite (IR), non sono certe ma solo probabili o possibili. "D'altra parte", pensai, "con un prezzo di mercato dell'Ossido di Uranio di circa 100 \$/Kg, come si fa a considerare attualmente tra le risorse sfruttabili quelle con costi di estrazione fino a 130 \$/Kg?"

Ma il bello doveva ancora venire. Qualche pagina dopo scoprii una sorprendente tabella del NEA che decisi immediatamente di mettere agli atti. Gli stessi proponenti della tesi abbondantista dei cent'anni, consideravano altamente attendibili solo le RAR, mentre le IR erano valutate con un basso grado di attendibilità. Evidentemente, ciò non gli impediva di inserirle completamente e ottimisticamente nel calcolo della durata delle risorse estraibili! Mi ero imbattuto in una terza incrinatura nella loro valutazione sulla durata delle risorse mondiali di uranio.

Costo estrazione uranio	<\$40/Kg	<\$80/Kg	<\$130/Kg	<\$130/Kg Red Book 2006
Risorse ragionevolmente accertate (fonte Red Book 2005 NEA)	1947000	2643000	3297000	
Risorse inferite (fonte Red Book 2005 NEA)	799000	1161000	1446000	
Totale 2+3	2746000	3804000	4743000	5500000
Anni produzione energetica attuale costante con risorse 2	27	37	47	
Anni produzione energetica attuale costante con risorse 4	39	54	68	79
Anni produzione energetica Reference Scenario WEO 2006 con risorse 2	25	34	42	
Anni produzione energetica Reference Scenario WEO 2006 con risorse 4	35	48	59	67
Anni produzione energetica Alternative Policy Scenario WEO 2006 con risorse 2	23	30	36	
Anni produzione energetica Alternative Policy Scenario WEO 2006 con risorse 4	31	41	49	55

Ma, come tutti i giocatori professionisti, mi ero riservato la carta migliore nel finale. Avevo ormai scoperto che la stima dei cento anni era poco credibile. Anche nelle ipotesi più che ottimistiche dei proponenti, la durata era in effetti di circa 80 anni; inoltre questo tempo

si sarebbe ridotto sensibilmente se non si fossero prese in considerazione accanto alle riserve provate una parte delle risorse stimate con basso grado di attendibilità e, soprattutto, se non si fosse assunta una produzione energetica nucleare costante nei prossimi anni. Per comodità, sintetizzai in una tabella le varie ipotesi di esaurimento della risorsa a partire dai dati NEA, mettendo in evidenza col verde speranza gli anni residui dell'ipotesi ultra ottimistica e in rosso la soluzione che ritenevo più probabile. Sapevo però di aver eseguito un'esercitazione puramente teorica. Come per i combustibili fossili, anche le risorse minerarie non si esauriscono allo stesso modo del vino in una botte stagionata, da cui attingere liberamente a nostro piacimento fino all'ultima goccia. In genere, raggiunta una produzione massima detta picco, vincoli estrattivi di carattere tecnico, geologico ed economico, determinano un calo graduale della risorsa disponibile. Mi mancava ancora qualcosa, cioè un'analisi più profonda della reale dinamica di esaurimento della risorsa uranio, di cui la previsione del NEA rappresentava solo una banale semplificazione. Mi accorse in aiuto il bello e colorato grafico di sintesi dello studio EWG.



Quel grafico, che descriveva la domanda storica di uranio nel mondo, aveva un fascino particolare per quel senso di familiare che mi ispirava. Correva infatti quasi perfettamente in parallelo alla mia vita e alla mia memoria, e mi appariva come un piccolo e stilizzato trattato di storia. Su quelle curve vedevo scorrere rapidamente davanti ai miei occhi immagini e ricordi ormai dimenticati: l'inizio della guerra fredda con la proliferazione nucleare, Krusciov che sbatte violentemente la scarpa sui

banchi dell'ONU, la Baia dei Porci e il rischio concreto di conflitto nucleare, l'assassinio di Kennedy la cui mia dettagliata descrizione aveva stupito il maestro delle elementari, l'invasione della Cecoslovacchia e il suicidio di Jan Palach, la prima crisi petrolifera e le domeniche a piedi, la speranza energetica nel nucleare civile fino a Chernobyl, il sole che ride e nucleare no grazie, il picco dell'equilibrio del terrore, fino a Gorbaciev e alla caduta del muro di Berlino.

Dopo, la produzione mineraria di uranio era crollata drasticamente, mentre la domanda per usi civili era cresciuta velocemente utilizzando in parte proprio il materiale fissile proveniente dallo smantellamento dell'arsenale nucleare. Questa modalità di approvvigionamento delle centrali era facilmente leggibile nella voragine esistente tra la curva della domanda dei reattori nucleari e quella della produzione mineraria. Attualmente, infatti, la domanda mondiale di uranio di 67.000 tonnellate all'anno, viene soddisfatta solo per 42.000 tonnellate (circa il 63%) da nuova produzione mineraria, le altre 25.000 tonnellate (circa il 37%), sono ricavate dagli stoccaggi accumulati prima del 1980. Ma quanto potranno durare questi stoccaggi? Secondo EWG appena dieci anni, e se nel frattempo la produzione mineraria non verrà sensibilmente incrementata, ci saranno seri problemi ad alimentare le centrali nucleari esistenti, figurarsi quelle da costruirsi. Il grafico metteva a confronto poi gli scenari estrattivi del NEA/IAEA e quelli energetici dell'IEA, individuando un picco estrattivo e successivo declino della produzione intorno al 2015 per le RAR con costi di estrazione sotto i 40 \$/kg, intorno al 2025 per quelle sotto i 130 \$/kg, intorno al 2035 per l'ipotesi ottimistica di RAR più IR con costi di estrazione sotto i 130 \$/kg. Lo scenario di espansione produttiva di energia nucleare "minimo" prospettato dall'IEA intersecava la curva della produzione di uranio quasi in corrispondenza del picco dell'ipotesi estrattiva più ottimistica, mai nello scenario

“massimo”. Considerando questa situazione e i tempi almeno decennali di costruzione di una centrale nucleare, il rapporto concludeva domandandosi come sarebbe stato possibile programmare ragionevolmente investimenti di quella portata. “Già, cari birbanti”, mormorai tra i denti, “come è possibile se non aumentando ogni anno come fate voi le potenzialità estrattive?”

C'erano altri spunti critici interessanti nel rapporto dell'EWG, tra cui un'analisi dettagliata sulla percentuale di uranio contenuta nei giacimenti mondiali, elemento cruciale per determinare la convenienza energetica ed economica dell'estrazione, ma ritenevo di aver chiuso l'indagine ed ero soddisfatto. Avrei dovuto confutare anche l'ipotesi, contenuta nel grafico originario, di produzione uranifera millenaria garantita dai reattori **autofertilizzanti**, ma non avevo molta dimestichezza con i racconti di fantascienza.

Fuori si intravedevano le prime luci dell'alba. Feci una doccia, mi rivestii rapidamente cercando di non fare rumore, scesi in strada e cominciai a camminare a passo svelto assorto nei miei pensieri. Dopo qualche minuto riuscii a trovare un bar già aperto nonostante l'ora. Mi sedetti e ordinai un caffè ristretto, annusando con piacere il gustoso aroma che si diffondeva nell'aria. Nel tavolino accanto c'erano due corpulenti camionisti che discutevano animatamente. “Ma come si fa ad andare avanti con questi costi del gasolio che hanno ripreso a crescere? Se continua così saremo costretti tutti a chiudere”. E l'altro, ammiccando, “Non ti preoccupare, ci penserà Berlusconi con il suo bel programma di centrali nucleari”. Buttai giù il caffè e chiusi gli occhi. Quest'anno avevo riposato poco e, per una serie di problemi personali, non avevo potuto concedermi nemmeno una vacanza. Mi domandai preoccupato come avrei fatto ad arrivare alla fine dell'anno in buona salute. “Mah”, dissi ad alta voce, “ci penserà Berlusconi”.