



Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie,
l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

Rapporto di sintesi su risorse e domanda mondiali di uranio con riferimenti alla situazione nazionale

F. Vettriano

Report RdS/2011/165

RAPPORTO DI SINTESI SU RISORSE E DOMANDA MONDIALI DI URANIO CON RIFERIMENTI
ALLA SITUAZIONE NAZIONALE

F. Vettrai - ENEA

Settembre 2011

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Area: Governo, Gestione e sviluppo del sistema elettrico nazionale

Progetto: Nuovo nucleare da fissione: collaborazioni internazionali e sviluppo competenze in
materia nucleare

Responsabile Progetto: Paride Meloni, ENEA

Titolo

Rapporto di sintesi su risorse e domanda mondiali di uranio con riferimenti alla situazione nazionale

F. Vettrai, ENEA-Bologna

Descrittori

Tipologia del documento: Rapporto Tecnico
Collocazione contrattuale: Accordo di Programma ENEA-MSE
Argomenti trattati: Energia Nucleare, Ciclo combustibile

Sommario

Nel presente rapporto viene riportato il quadro sintetico dello stato delle risorse-domanda di uranio a livello mondiale, che costituisce l'oggetto del Joint NEA-IAEA Uranium Group al quale l'ENEA partecipa.

Nel RedBook 2011, in corso di elaborazione da parte dello Uranium Group, la situazione italiana appare essenzialmente "demand-side", in riferimento all'ipotizzato parco nucleare da 13 GWe al 2030, in prospettiva pre-Fukushima, essendo l'attività di exploration&mining nazionale ferma a fine anni '80 del secolo scorso, ove l'ammontare di risorse totali di uranio veniva stimata pari a circa 6100 tU-naturale.


Note

Lavoro riferito alla linea progettuale LP1-F dell'AdP ENEA-MSE PAR 2008-09, "Nuovo Nucleare da Fissione", Deliverable LP1.F1 (parte "Rapporto di sintesi risorse e domanda mondiali di uranio, con evidenziata la situazione nazionale")

Copia n.

In carico a:

2			NOME			
			FIRMA			
1			NOME			
			FIRMA			
0	EMISSIONE	14.9.2011	NOME	F. VETTRAI	M. SEPIELLI	P. MELONI
			FIRMA			
REV.	DESCRIZIONE	DATA		REDAZIONE	CONVALIDA	APPROVAZIONE

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	NNFISS – LP1- 022	0	L	2	34

AdP ENEA-MSE PAR 2008-09

Nuovo Nucleare da Fissione

LP1-F “Studi di Scenario, valutazioni economiche e partecipazione IAEA-NEA Uranium Group”

Rapporto di sintesi su risorse e domanda mondiali di uranio con riferimenti alla situazione nazionale

Nel presente rapporto viene riportato il quadro sintetico dello stato delle risorse-domanda di uranio a livello mondiale, che costituisce l'oggetto del Joint NEA-IAEA Uranium Group al quale l'ENEA partecipa. Nel RedBook 2011, in corso di elaborazione da parte dello Uranium Group, la situazione italiana appare essenzialmente “demand-side”, in riferimento all'ipotizzato parco nucleare da 13 GWe al 2030, in prospettiva pre-Fukushima, essendo l'attività di exploration&mining nazionale ferma a fine anni '80 del secolo scorso, ove l'ammontare di risorse totali di uranio veniva stimata pari a circa 6100 tU-naturale.

F. Vettrano, ENEA-Bologna

Settembre, 2011

INDICE

EXECUTIVE SUMMARY	4
1 INTRODUZIONE	6
2 IAEA-NEA URANIUM GROUP	8
3 IL RED BOOK.....	9
4 RISORSE, PRODUZIONE E DOMANDA MONDIALE DI URANIO	11
5 DOMANDA E APPROVIGIONAMENTI DI URANIO IN EU	20
6 SITUAZIONE E PROSPETTIVE NAZIONALI PER L'URANIO.....	24
7 AGGIORNAMENTI E PROSPETTIVE SU PRODUZIONE E DOMANDA MONDIALE DI URANIO	27
8 CONCLUSIONI.....	30
RIFERIMENTI	31
APPENDICE	32

EXECUTIVE SUMMARY

Le previsioni al 2035, prima degli eventi di Fukushima, stimavano per l'energia nucleare una crescita a livello mondiale tra 500 e 785 GWe netti. Di conseguenza anche per la richiesta di uranio relativa alla flotta mondiale di reattori veniva prevista una crescita consistente. Come già osservato in passato, l'incremento degli investimenti nell'esplorazione ha prodotto scoperte importanti di nuovi giacimenti e l'identificazione di nuove risorse. Viene previsto che, se le condizioni del mercato mondiale dell'uranio miglioreranno ulteriormente, nuove esplorazioni potranno essere intraprese con la prospettiva di identificazione di nuove risorse di interesse economico.

Le risorse totali identificate di uranio "*identified resources (RAR + Inferred)*" che ammontano a circa **6 Milioni di tU**, come riportato nel rapporto NEA-IAEA "The 2009 Redbook", saranno sufficienti per circa 100 anni al tasso di consumo annuo attuale, relativo al parco mondiale reattori di 373 GWe funzionanti in *ciclo aperto* (senza ritrattamento e riciclo del combustibile irraggiato), oppure circa 50 anni se si ipotizza il raddoppio della potenza totale installata rispetto al livello attuale.

Le risorse totali identificate sono complementate dalle *total Undiscovered Resources (Prognosticated Resources & Speculative Resources)* che al gennaio 2009 ammontano a più di 10 Milioni di tU.

Nella terminologia del Redbook, le *RAR + Inferred* insieme alle *Prognosticated Resources & Speculative Resources*, vengono chiamate **Conventional Resources**, che totalizzano circa **16 Milioni di tU**.

Le risorse non-convenzionali "*Unconventional Resources*" che sono quelle ottenute come sottoprodotto dall'estrazione di alcuni minerali (es. fosfati), sono stimati ammontare a circa **22 Milioni tU** (di cui circa 7.5 Milioni appartengono al solo Marocco) e non sono incluse nelle risorse convenzionali. Parimenti, non sono prese in considerazione nel computo totale delle risorse quelle potenziali derivanti dall'uranio nell'acqua di mare (circa 4 Miliardi di tU).

Va anche tenuto presente che al crescere della domanda di uranio con l'espandersi del parco mondiale reattori, molto prevedibilmente anche gli investimenti per l'esplorazione e coltivazione delle miniere (exploration and mining) tenderà a crescere come verificatosi in maniera consistente nel periodo 2007-08 (raddoppio in due anni), e questo a sua volta comporterà molto verosimilmente un'espansione delle risorse identificate.

La produzione mondiale di uranio ha registrato un trend di crescita tra il 2006 e 2010 passando da circa 40000 a 54000 tU/anno, a fronte di una domanda globale che rimane nel periodo sotto la soglia di 60000 tU/anno.

L'Unione Europea è l'area mondiale con la più grande concentrazione di centrali nucleari (143 reattori) per una potenza di 131GWe. Il settore dell'uranio nel 2010 nella EU, secondo i dati della European Supply Agency, si caratterizza per un totale delle forniture di uranio alle utilities della EU-27, pari a 17.566 tU naturale, circa il 30% della domanda mondiale dell'anno. La provenienza dell'uranio naturale, per lo più sotto contratti long-term, appare molto diversificata e sostenuta principalmente da Russia, Kazakhstan, Australia, Niger,

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	NNFISS – LP1- 022	0	L	5	34

Canada e Sud Africa-Namibia. Il prezzo medio long-term è stato di 62 €/kg U₃O₈ (11% di aumento), con il prezzo medio spot attorno a 79 €/kgU, anch'esso in aumento.

Nel RedBook 2011, in corso di elaborazione da parte dello Uranium Group, la *situazione italiana* appare essenzialmente “demand-side”, in riferimento all'ipotizzato parco nucleare da 13 GWe capace di fornire il 25% della domanda elettrica al 2030, in prospettiva pre-Fukushima, essendo l'attività di exploration&mining nazionale ferma a fine anni '80 del secolo scorso, ove l'ammontare di risorse totali di uranio veniva stimata pari a circa 6100 tU-naturale.

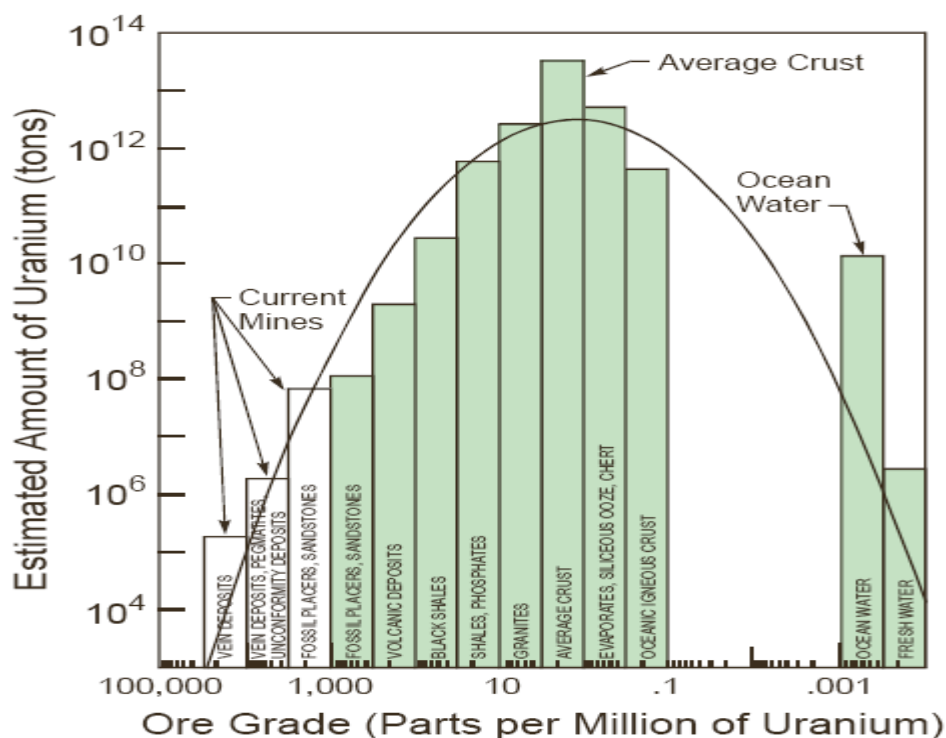
In accordo al timing ipotizzato per l'installazione del parco reattori nazionale, viene stimato che il primo approvvigionamento di uranio di circa 1100 t si renderebbe necessario per il 2020, per aumentare a circa 25000 t di inventario totale al 2035 e con un consumo a regime pari a circa 1530 tU-naturale/anno.

Mentre lo stato del “supply and demand” viene considerato dal punto di vista delle tecnologie attuali, è da tener presente che l'introduzione delle nuove tecnologie sia per i reattori che per il ciclo combustibile (closed fuel cycle fast reactors) si tradurrà in un incremento drastico della disponibilità a lungo termine dell'uranio con possibilità di estendere la stessa a livello di migliaia di anni.

1. INTRODUZIONE

L'uranio è un metallo pesante, leggermente radioattivo che è molto diffuso sulla crosta terrestre (Fig. 1). La sua abbondanza è circa 500 volte superiore a quella dell'oro ed è quasi comune come lo stagno. E' presente nella maggioranza delle rocce e del suolo nonché nei fiumi e nell'acqua di mare. E', per esempio, presente nel granito, che rappresenta il 60% della crosta terrestre, in concentrazioni di 4 ppm (parti per milione). Nei depositi fosfatici si possono raggiungere i 400 ppm (0.04%), mentre in quelli carboniferi si arriva ai 100 ppm (0,01%). Esiste comunque nel mondo un numero di aree ove la concentrazione di uranio nel suolo è sufficientemente alta (dallo 0.1% fino all'ordine del 20% e più come nelle riserve dell'Athabasca Basin del Canada, le più ricche al mondo) tale che la sua estrazione per l'uso come combustibile nucleare è economicamente fattibile. Queste concentrazioni sono definite minerali.

Fig. 1 – Distribuzione dell'uranio nella crosta terrestre



In occasione della presentazione dell'edizione 2005 del *Red Book* "Uranium 2005: Resources, Production and Demand – joint OECD-NEA and IAEA Ed.", nel giugno 2006 presso l'OECD a Parigi, il vice-direttore generale della IAEA Yuri Sokolov in risposta alle considerazioni del direttore generale della OECD-NEA Louis Echavarry che poneva la questione "c'è abbastanza uranio nel mondo per soddisfare i bisogni di energia e le preoccupazioni di security energetica?", affermava, "The short answer is: yes, there is enough uranium".

Dall'edizione più recente del Red Book, quella del 2009, il trend appare confermato dalla cifra delle risorse totali identificate "Identified Resources" (RAR + Inferred), che ammontano

a circa 6 Milioni di tonnellate di uranio, sufficienti per circa 100 anni al tasso di consumo attuale.


Le risorse uranifere vengono suddivise in tre tipologie di categorie. La prima distingue le *risorse convenzionali*, ove l’uranio è il prodotto principale delle operazioni di estrazione, dalle *non-convenzionali*, ove l’uranio viene estratto come sottoprodotto dell’estrazione di altri materiali; la seconda è basata sul livello di confidenza che le risorse esistono in funzione di quanto lavoro di esplorazione vien fatto, distinguendo tra risorse identificate, e risorse “non scoperte” (pronosticate e speculative); la terza tipologia è basata sul costo di estrazione.

Nella terminologia del Redbook (Fig. 2), le *Conventional Resources* sono distinte in *Identified Resources (Reasonably Assured Resources + Inferred)* e *Undiscovered Resources (Prognosticated Resources & Speculative Resources)*.

Fig. 2 – NEA/IAEA Classification Scheme for Uranium Resources

		IDENTIFIED RESOURCES		UNDISCOVERED RESOURCES	
Decreasing economic attractiveness	Recoverable at costs	<USD 40/kgU	REASONABLY ASSURED RESOURCES	INFERRED RESOURCES	PROGNOSTICATED RESOURCES
	USD 40-80/kgU	REASONABLY ASSURED RESOURCES	INFERRED RESOURCES	PROGNOSTICATED RESOURCES	SPECULATIVE RESOURCES
	USD 80-130/kgU	REASONABLY ASSURED RESOURCES	INFERRED RESOURCES	PROGNOSTICATED RESOURCES	
	USD 130-260/kgU	REASONABLY ASSURED RESOURCES	INFERRED RESOURCES	PROGNOSTICATED RESOURCES	
Decreasing confidence in estimates					

Dal Redbook 2009 le risorse convenzionali totali “*Conventional Resources*” assommano a circa 16 Milioni tU, di cui 6 Milioni tU per la parte *Identified Resources* e circa 10 Milioni di tU per la parte *Undiscovered Resources*. Le risorse non-convenzionali “*Unconventional Resources*”, che, come detto, sono sottoprodotto dall’estrazione di alcuni minerali (es. fosfati), sono stimati ammontare a circa 22 Milioni tU (di cui circa 7.5 Milioni appartengono al solo Marocco). Tra queste risorse non è contemplato l’uranio nell’acqua di mare (tenore di circa 3 ppb) corrispondenti a circa 4 Miliardi tU totali.

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	NNFISS – LP1- 022	0	L	8	34

Le previsioni al 2035, prima degli eventi di Fukushima, stimavano per l'energia nucleare una crescita a livello mondiale tra 500 e 785 GWe netti, con conseguente crescita significativa della richiesta di uranio relativa. Come già osservato in passato, l'incremento degli investimenti nell'esplorazione ha prodotto scoperte importanti di nuovi giacimenti e l'identificazione di nuove risorse. In accordo all'esperienza, al crescere della domanda con l'espandersi del parco mondiale reattori, molto prevedibilmente anche gli investimenti per l'esplorazione e coltivazione delle miniere (exploration and mining) tenderà a crescere, come verificatosi in maniera consistente nel periodo 2007-08 (raddoppio in due anni).

Lo stato del "supply and demand" dell'uranio viene considerato dal punto di vista delle tecnologie attuali, ma non va dimenticato che l'introduzione delle nuove, future tecnologie, sia per i reattori che per il ciclo combustibile (*closed fuel cycle and fast reactors*), si tradurrà in un incremento drastico della disponibilità a lungo termine dell'uranio con possibilità di estendere la stessa a livello di migliaia di anni.

2. IAEA-NEA Uranium Group


Il *joint NEA-IAEA Uranium Group* è stato istituito per iniziativa congiunta di OECD-Nuclear Energy Agency (NEA) and International Atomic Energy Agency (IAEA) allo scopo di coordinare e monitorare le risorse mondiali di uranio e le relative problematiche in senso lato.

I Membri dello Uranium Group sono nominate dai rispettivi governi. Questi includono esperti da agenzie governative e da organizzazioni industriali e di ricerca con interesse nella geologia, coltivazione delle miniere e processamento dei materiali, nonché in altri aspetti correlati alle risorse, domanda e economia dell'uranio. La membership italiana nel Group è rappresentata da ENEA.

Gli obiettivi generali del Uranium Group sono:

- coordinare la preparazione della valutazione periodica delle risorse mondiali di uranio naturali;
- esaminare la relazione tra capacità di rifornimento e proiezioni della domanda di uranio naturale;
- rafforzare lo scambio di informazioni nel campo delle risorse uranifere, le tecnologie per l'esplorazione e produzione, in collaborazione con i Paesi Membri e con le altre organizzazioni appropriate;
- raccomandare a NEA e IAEA azioni che possono essere intraprese per assicurare la disponibilità di uranio nel lungo termine per lo sviluppo dell'energia nucleare.

L'area di attività principale del Group è la produzione del Red Book, a cadenza biennale, oltre ad altri temi di interesse come le pratiche di protezione ambientale nell'industria estrattiva dell'uranio. Il Group pone attenzione a tutti gli sviluppi che possono avere impatto sull'industria dell'uranio.

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	NNFISS – LP1- 022	0	L	9	34

3. IL RED BOOK


“*Uranium Resources, Production and Demand*”, conosciuto familiarmente anche con il nome di “Red Book”, è una pubblicazione biennale prodotta congiuntamente da NEA e IAEA quale compito principale del Uranium Group. Il primo rapporto risale al 1965 e da allora sono state pubblicate 23 edizioni. Attualmente lo Uranium Group sta lavorando alla preparazione della 24-ma edizione, il Red Book 2011 la cui pubblicazione è attesa per il 2012. Unica pubblicazione sponsorizzata dai governi, che traccia l’andamento e lo sviluppo mondiale delle risorse uranifere, produzione e domanda, il Red Book è una sorgente completa ed autorevole di dati statistici e informazione.

Basato sulle informazioni compilate da 40 Paesi, inclusi i maggiori produttori e consumatori di uranio, il Red Book è un riferimento in materia, riconosciuto a livello mondiale.

Il rapporto fa una review completa e aggiornata delle risorse e domanda mondiale di uranio insieme ai dati riguardanti l’esplorazione globale dell’uranio, risorse, produzione e domanda. Esso fornisce informazioni nuove e sostanziali dai maggiori centri di produzione dell’uranio nel mondo, e dai paesi che stanno sviluppando centri di produzione per la prima volta. Il rapporto include anche le proiezioni della capacità elettronucleare e le richieste di uranio relative ai reattori, insieme ad un’analisi sulle questioni riguardanti risorse e domanda nel lungo termine.

I risultati dell’ultima edizione, il Red Book 2009, pubblicata nel 2010, mostra che c’è nel mondo abbastanza uranio, la cui esistenza è accertata, capace di rifornire la flotta mondiale dei reattori nucleari per almeno un secolo, al tasso di consumo attuale. Le risorse di uranio, produzione e domanda, sono tutte in crescita come pure gli sforzi di esplorazione cresciuti anch’essi negli ultimi anni, in linea con l’espansione attesa dell’energia nucleare nel prossimo futuro. Sono cresciute le risorse totali identificate ed in parallelo anche i costi di produzione hanno seguito lo stesso trend. E’ rimarchevole che le spese di esplorazione e sviluppo delle miniere a livello mondiale siano più che raddoppiate rispetto al Red Book 2007, nonostante il declino dei prezzi di mercato a cominciare da metà dell’anno 2007.

Le risorse di uranio presentate nel Red Book 2009, che riflettono la situazione al primo Gennaio 2009, mostrano che le risorse totali identificate ammontano a 6 306 300 tU, con un aumento del 15% circa rispetto al 2007, considerando anche quelle riportate nella categoria high-cost (<USD 260/kgU ossia <USD 100/lbU₃O₈) reintrodotta per la prima volta dagli anni 1980. Questa categoria high-cost è stata utilizzata nell’edizione 2009 in risposta ai prezzi di mercato dell’uranio generalmente cresciuti negli ultimi anni, nonostante l’inversione di tendenza dalla metà 2007, alle attese di crescita della domanda in funzione della pianificazione e costruzione di nuove centrali nucleari, e agli accresciuti costi di sfruttamento delle miniere. Sebbene le risorse totali identificate siano cresciute nel complesso, è stata registrata una riduzione significativa nella categoria risorse low-cost a causa dell’aumento dei costi di mining.

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	NNFISS – LP1- 022	0	L	10	34

Ai tassi di consumo 2008, le risorse totali identificate sono sufficienti ad alimentare il parco nucleare mondiale attuale per oltre 100 anni.

Fino agli eventi di Fukushima del Marzo 2011, vi era accordo tra un crescente numero di governi che l'energia nucleare è in grado di produrre elettricità base-load, a prezzi competitivi, essenzialmente priva di emissioni di gas serra, che unitamente al ruolo di importante supporto alla security energetica, vede aumentare le prospettive di crescita della capacità di generazione elettronucleare, nonostante le incertezze sulle dimensioni della stessa.

Secondo le proiezioni di potenza da installare al 2035, la capacità nucleare mondiale viene prevista crescere tra 500 e 785 GWe netti. In parallelo, anche le richieste uranifere dai reattori sono previste crescere. Come osservato in passato, gli accresciuti investimenti nell'esplorazione si sono tradotti in importanti scoperte e identificazione di nuove risorse. Si prevede che, se le condizioni di mercato miglioreranno ulteriormente, altre esplorazioni suscettibili di portare all'identificazione di risorse aggiuntive di interesse economico, saranno stimolate.

Anche in caso di scenario high-growth al 2035, meno della metà delle risorse identificate descritte nel Red Book 2009 verrebbero consumate. Rimane, tuttavia, aperta la sfida di sviluppare le attività di estrazione in maniera tempestiva e ambientalmente sostenibile col crescere della domanda di uranio. Il rispetto della futura domanda di uranio, nei tempi richiesti, rende necessario lo sviluppo di un mercato forte (prezzi attraenti) per il settore.

Le previsioni attuali della capacità delle miniere uranifere potrebbero soddisfare le richieste secondo le proiezioni high-case della domanda mondiale di uranio fino al 2020. Tuttavia, tenendo conto dell'impegno e durata necessari per l'aumento della produzione presso le miniere esistenti, e quelle in corso di apertura, è inverosimile che tutti gli aumenti di produzione procedano come previsto. Di conseguenza, risorse secondarie di uranio (quello già in precedenza estratto) continueranno ad essere richieste e complementate, per quanto possibile, dai risparmi di uranio conseguiti attraverso l'abbassamento del tenore nelle code di arricchimento (tails assays) e con sviluppi nella tecnologia del ciclo combustibile, compresi i combustibili MOX che riciclano il plutonio.

Mentre lo stato del "supply and demand" viene considerato dal punto di vista delle tecnologie attuali, è da tener presente che l'introduzione delle nuove tecnologie sia per i reattori che per il ciclo combustibile si tradurrà in un incremento drastico della disponibilità a lungo termine dell'uranio, con possibilità di estendere, ragionevolmente, la stessa a livello di migliaia di anni.

La Figura 3 illustra la distribuzione globale delle *Risorse Identificate* tra i 14 paesi che sono tra i maggiori produttori di uranio oppure hanno in corso piani rilevanti di crescita della capacità nucleare.

Fig. 3. Global Distribution of Identified Resources (<USD 130/kgU) - Redbook 2009



Dal grafico si evince come l'uranio sia una risorsa molto diffusa a livello planetario. Nel loro insieme, i 14 Paesi riportati nel grafico rappresentano il 97% delle risorse globali identificate nella categoria di costo in figura (il restante 3% è distribuito tra altri 19 Paesi). La distribuzione diffusa delle risorse uranifere è un importante aspetto geografico dell'energia nucleare nella prospettiva della security degli approvvigionamenti energetici.

4. RISORSE, PRODUZIONE E DOMANDA MONDIALE DI URANIO

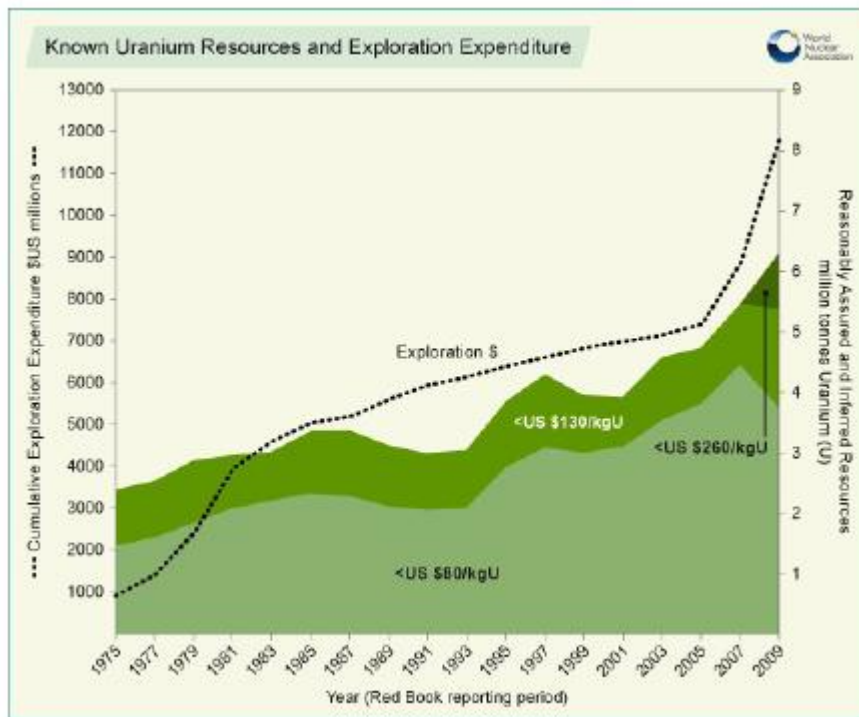
Come detto sopra, il quadro completo relativo al *supply* (risorse, esplorazione e produzione) e *domanda* di uranio è riportato nel Red Book 2009 citato, che oltre ai dati aggiornati riporta anche una review degli aspetti fondamentali del mercato dell'uranio insieme ai dati statistici dell'industria del settore al Gennaio 2009. Il report contiene, inoltre, i dati di proiezione sulla crescita della capacità nucleare insieme alla domanda di uranio al 2035, e la discussione delle problematiche relative alle risorse e domanda di uranio nel lungo termine.

Esplorazione

Le spese per l'esplorazione e lo sviluppo di miniere a livello mondiale hanno totalizzato la cifra di circa 1.641 Miliardi USD nel biennio 2007-08, un incremento del 133% rispetto alle cifre del 2006, nonostante i prezzi di mercato in declino dal 2007. La maggior parte dei maggiori paesi produttori hanno riportato spese in crescita, riferite al progredire degli sforzi di investimento mirati all'identificazione di nuove risorse e alla messa in produzione di nuovi centri. La maggior parte delle attività esplorative globali rimangono concentrate nelle aree

con potenzialità di ospitare depositi relativi a non conformità di arenarie e adatti al sistema di estrazione ad umido ISL (*In Situ Leaching*, detto anche *in situ recovery* o *ISR*), principalmente in prossimità di risorse note e impianti di produzione esistenti. Tuttavia, i prezzi in generale più elevati a partire dal 2003, a confronto delle due decadi precedenti, hanno stimolato le esplorazioni cosiddette “grass roots” (preliminari), oltre alla crescita delle esplorazioni in regioni note avere buone potenzialità sulla base di lavori precedenti. Circa l’80% delle spese di esplorazione e sviluppo nel 2008 sono state destinate alle attività domestiche. Le spese per esplorazioni e sviluppi all’estero, sebbene riportati solo da Cina, Francia, Giappone e Federazione Russa, sono scese a 324.3 Milioni USD nel 2008 dai precedenti 352.5 Milioni USD del 2007, pur rimanendo significativamente al di sopra dei 19.2 Milioni USD riportati nel 2003. L’esplorazione domestica e lo sviluppo delle spese sono previste declinare pur rimanendo, tuttavia, robuste nel corso del 2009 fino a raggiungere la cifra di 1.342 miliardi USD.

Fig. 4. Spese di esplorazione e risorse nel mondo



Risorse¹

Le Total Identified Resources (Reasonably Assured & Inferred) al 1 Gennaio 2009, Figure 5-7, sono leggermente diminuite a 5 404 000 tonnellate di uranio metallico (tU) nella categoria <USD 130/kgU (<USD 50/lb U₃O₈), una diminuzione del 1.2% comparata al 1 Gennaio 2007, ma in aumento a 6 306 300 tU nella re-introdotta categoria “high-cost” <USD 260/kgU (corrispondente a <USD 100/lb U₃O₈), aumento del 15.5% a confronto del totale risorse 2007 riportate nella categoria di costo <USD 130/kgU.

La categoria high-cost di <USD 260/kgU è stata introdotta in questa edizione in risposta ad entrambi gli aumenti di costo registrati rispettivamente per il prezzo di mercato dell'uranio e i costi di mining dal 2003.

Sebbene le Risorse Identificate totali siano aumentate in generale, vi è stata una riduzione significativa nelle risorse low-cost principalmente a causa della crescita dei costi di mining, precisamente 73% di riduzione per le risorse con costo <USD 40/kgU e 16% per le risorse con costo <USD 80/kgU. Sebbene una parte degli aumenti globali nella nuova categoria high-cost si riferisca a nuove scoperte, la maggior parte risulta dalla rivalutazione di Risorse Identificate in precedenza. Come già anticipato, al tasso di consumo 2008, le Risorse Identificate sono sufficienti a rifornire il parco mondiale dei reattori per oltre 100 anni.

Le Total Undiscovered Resources (Prognosticated Resources & Speculative Resources) al gennaio 2009 ammontavano a più di 10.4 Milioni tU (Figura 8), con leggero declino rispetto ai 10.5 Milioni tU riportate nel 2007. Va rilevato, tuttavia, che alcuni paesi, ivi inclusi i maggiori produttori con grandi inventari di risorse identificate di uranio, non riportano le risorse in questa categoria. Le cifre relative alle risorse di uranio riportate nel Red Book fotografano la situazione al 1 Gennaio 2009, ma va tenuto presente che le cifre sono dinamiche e seguono il corso dei prezzi delle materie prime. L'aumento generale delle Risorse Identificate dal 2007 al 2009, comprendente la reintrodotta categoria high-cost, equivalente a più di 13 anni di richiesta uranifera a livelli 2009, dimostra come i prezzi dell'uranio esercitano un impatto sul totale risorse e che nuove risorse possono essere velocemente identificate con appropriati incentivi di mercato.

Condizioni favorevoli di mercato sono suscettibili di stimolare l'esplorazione e, come in passato, gli aumentati sforzi esplorativi porteranno all'identificazione di risorse aggiuntive attraverso lo sforzo intensificato sui depositi esistenti e alla scoperta di nuovi depositi di interesse economico. Per esempio, gli sforzi recenti in Australia hanno portato alla scoperta di un certo numero di nuovi depositi con evidenze potenzialmente significative: Double 8 (Western Australia), Beverley North and Blackbush (South Australia), Ranger 3 Deeps, Thunderball, N147 and Crystal Creek (Northern Territory). Gli sforzi continuati in Canada hanno portato a scoperte high-grade nell' Athabasca Basin, come Centennial, Shea Creek, Wheeler River e Roughrider.

-
1. Uranium Resources are classified by a scheme (based on geological certainty and costs of production) developed to combine resource estimates from a number of different countries into harmonised global figures. "**Identified Resources**" (*RAR* and *Inferred*) refer to uranium deposits delineated by sufficient direct measurement to conduct prefeasibility and sometimes feasibility studies. For Reasonably Assured Resources (*RAR*), high confidence in estimates of grade and tonnage are generally compatible with mining decision making standards. *Inferred Resources* are not defined with such a high a degree of confidence and generally require further direct measurement prior to making a decision to mine. "**Undiscovered Resources**" (*Prognosticated* and *Speculative*) refer to resources that are expected to occur based on geological knowledge of previously discovered deposits and regional geological mapping. *Prognosticated Resources* refer to those expected to occur in known uranium provinces, generally supported by some direct evidence. *Speculative Resources* refer to those expected to occur in geological provinces that may host uranium deposits. Both *Prognosticated* and *Speculative Resources* require significant amounts of exploration before their existence can be confirmed and grades and tonnages can be defined. More detailed description about Terminology is reported in Appendix 3 of 2009 Redbook.

Fig. 5 - Identified Resources (RAR + Inferred)
(recoverable resources as of 1 January 2009, tonnes U, rounded to nearest 100 tonnes)

COUNTRY	Cost Ranges			
	<USD 40/Kg U	<USD 80/Kg U	<USD 130/Kg U	<USD 260/Kg U
Algeria (a) (b) (c)	0*	0*	19 500	19 500
Argentina	0	11 400	19 100	19 100
Australia	NA	1 612 000	1 673 000	1 679 000
Brazil	139 900	231 300	278 700	278 700
Canada	366 700	447 400	485 300	544 700
Central African Republic (a) (b) (c)	0*	0*	12 000	12 000
Chile (c)	0	0	0*	1 500
China (c)	67 400	150 000	171 400	171 400
Congo, Dem. Rep. of (a) (b) (c)	0	0*	0*	2 700
Czech Republic	0	500	500	500
Denmark (b) (c)	0	0	0	85 600*
Egypt	0	0	0	1 900
Finland (b) (c)	0	0	1 100	1 100
France	0	0	100	9 100
Gabon (a) (b)	0	0	4 800	5 800
Germany (b) (c)	0	0	0	7 000
Greece (a) (b)	0*	0*	0*	7 000
Hungary	0	0	0	8 600
India (c) (d)	0	0	80 200	80 200
Indonesia (b) (c)	0*	0*	4 800	6 000
Iran, Islamic Republic of	0	0	0*	2 200
Italy (a) (b)	0	0	4 800	6 100
Japan (b)	0	0*	6 600	6 600
Jordan (a) (c)	0*	111 800	111 800	111 800
Kazakhstan (c)	44 400	475 500	651 800	832 000
Malawi*	0	8 100	15 000*	15 000
Mexico (a) (b) (c)	0	0	0*	1 800
Mongolia (b) (c)	0	41 800	49 300	49 300
Namibia (a) (c)*	0	2 000	284 200	284 200
Niger (a) (c)*	17 000	73 400	272 900	275 500
Peru (c)	0	0	2 700	2 700
Portugal (a) (b)	0	4 500	7 000	7 000
Romania (a)	0	0	6 700	6 700
Russian Federation	0	158 100	480 300	566 300
Slovakia*	0	0	0	10 200
Slovenia (a) (b) (c)	0	0*	9 200	9 200
Somalia (a) (b) (c)	0	0*	0*	7 600
South Africa (b) (f)	153 300	232 900	295 600	295 600
Spain (b)	0	2 500	11 300	11 300
Sweden (a) (b)	0	0	10 000	10 000
Tanzania (c)	0	0	0	28 400*
Turkey (b) (c)	0	0*	7 300	7 300
Ukraine (c)	5 700	53 500	105 000	223 600
United States	0	39 000	207 400	472 100
Uzbekistan (a) (c) (e)	0	86 200*	114 600*	114 600*
Vietnam (a) (b) (c)	0	0*	0*	6 400
Zimbabwe (a) (b) (c)	0	0*	0*	1 400
Total (g)	796 400	3 741 900	5 404 000	6 306 300

NA Data not available.

* Secretariat estimate.

(a) Not reported in 2009 responses, data from previous Red Book

(b) Assessment not made within the last five years.

(c) *In situ* resources were adjusted by the Secretariat to estimate recoverable resources using recovery factors provided by countries or estimated by the Secretariat according to the expected production method.

(d) Cost data not provided, therefore resources are reported in the < USD 130/kgU category.

(e) Data from previous Red Book, reduced by past production.

(f) Resource estimates do not account for production.

(g) Totals related to costs <USD 40/kgU and <USD 80/kgU are higher than reported because certain countries do not report low-cost resources. Totals may not equal sum of components due to independent rounding.

Fig. 6 - Distribution of Reasonably Assured Resources (RAR) among countries with major resources

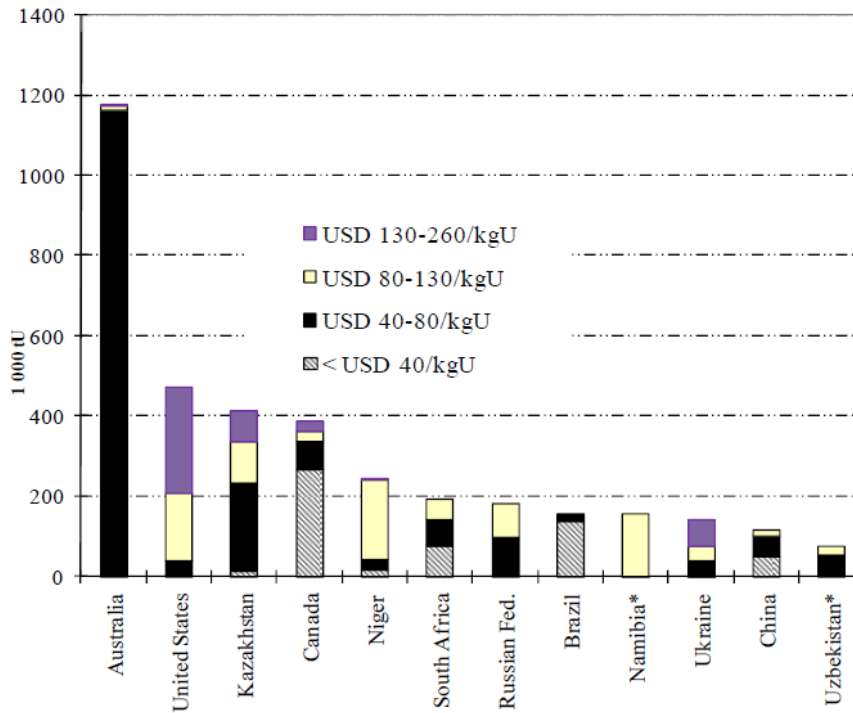


Fig. 7 - Distribution of Inferred Resources among countries with major resources

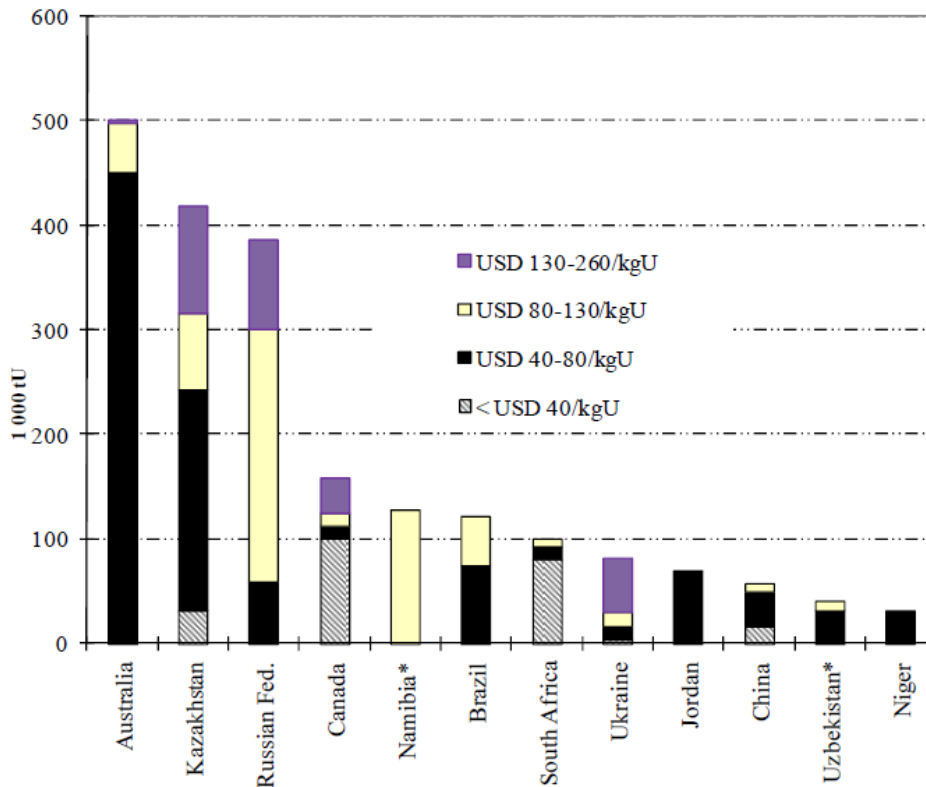


Fig. 8 - Undiscovered Resources*
(in 1 000 tonnes U, as of 1 January 2009)

COUNTRY	Prognosticated Resources			Speculative Resources			
	Cost ranges			Cost ranges			
	< USD 80/kgU	< USD 130/kgU	< USD 260/kgU	< USD 130/kgU	< USD 260/kgU	Cost range unassigned	Total
Argentina	NA	1.4	1.4	NA	NA	NA	NA
Brazil	300.0	300.0	300.0	NA	NA	500.0	500.0
Bulgaria	NA	NA	25.0	NA	NA	NA	NA
Canada	50.0	150.0	150.0	700.0	700.0	0.0	700.0
Chile (a)	NA	1.5	1.5	NA	NA	3.2	3.2
China (a)	3.6	3.6	3.6	4.1	4.1	0.0	4.1
Colombia (a)	NA	11.0	11.0	217.0	217.0	0.0	217.0
Czech Republic	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	179.0	179.0
Denmark (a)	0.0	0.0	0.0	50.0	50.0	10.0	60.0
Germany	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	74.0	74.0
Greece (a)	6.0	6.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Hungary	0.0	18.4	18.4	NA	NA	NA	NA
India (a)	NA	NA	63.6*	NA	NA	17.0	17.0
Indonesia (a)	NA	NA	NA	16.1	16.1	0.0	16.1
Iran, Islamic Rep. of	0.0	4.2	4.2	NA	14.0	NA	14.0
Italy (a)	NA	NA	NA	NA	NA	10.0	10.0
Jordan (a)	67.8	84.8	84.8	84.8	84.8	NA	84.8
Kazakhstan	321.6	498.5	500.0	270.5	300.0	NA	300.0
Mexico (a)	NA	3.0	3.0	NA	NA	10.0	10.0
Mongolia (a)	0.0	0.0	0.0	1 390.0	1 390.0	NA	1 390.0
Niger (a)	14.5	24.6	24.6	NA	NA	NA	NA
Peru	6.6	6.6	6.6	19.7	19.7	NA	19.7
Portugal	1.0	1.5	1.5	NA	NA	NA	NA
Romania (a)	NA	3.0	3.0	3.0	3.0	NA	3.0
Russian Federation	NA	182.0	182.0	NA	NA	633.0	633.0
Slovenia	0.0	1.1	1.1	NA	NA	NA	NA
South Africa	34.9	110.3	110.3	NA	NA	1 112.9	1 112.9
Ukraine	NA	15.3	15.3	NA	120.0	135.0	255.0
United States	839.0	1 273.0	1 273.0	858.0	858.0	482.0	1 340.0
Uzbekistan (a)	56.3	85.0	85.0	0.0	0.0	134.7	134.7
Venezuela (a)	NA	NA	NA	0.0	0.0	163.0	163.0
Vietnam (a)	0.0	7.9	7.9	100.0	100.0	130.0	230.0
Zambia (a)	0.0	22.0	22.0	NA	NA	NA	NA
Zimbabwe (a)	0.0	0.0	0.0	25.0	25.0	0.0	25.0
Total (reported by countries)**	1 701.5	2 814.8	2 905.0	3 738.2	3 901.7	3 593.8	7 495.5


Undiscovered resources are reported as *in situ* resources. NA Data not available.

* Secretariat estimate in cost category.

** Totals may not equal sum of components due to independent rounding.

(a) Not reported in 2009 responses, data from previous Red Book.

Le risorse non-convenzionali “*Unconventional Resources*“, sottoprodotto dall'estrazione di minerali principali (es. fosfati), sono stimate ammontare a circa 22 Milioni tU (di cui circa 7.5 Milioni appartengono al solo Marocco), già riportate nel Red Book 2005. Su questi valori esistono tuttavia incertezze che richiedono stime accurate per definire con maggior precisione le dimensioni di tali risorse, soprattutto la loro accessibilità economica in considerazione del fatto che la variabile fondamentale che ne decide il reale sfruttamento sono i prezzi di mercato dell'uranio.

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	NNFISS – LP1- 022	0	L	17	34

Produzione


La produzione di uranio nel 2008 ha totalizzato la cifra di 43 880 tU, un 6% di aumento rispetto alle 41 244 tU prodotte nel 2007 e 11% di aumento dalle 39 617 tU prodotte nel 2006. Come nel 2006, i dati nel 2008 sono stati riportati da un totale di 20 paesi. Gli aumenti della produzione globale tra il 2006 e 2008 sono stati pilotati principalmente dall'importante aumento registrato in Kazakhstan (61%). Incrementi più modesti sono stati registrati in Australia, Brazil, Namibia e Russian Federation. Riduzioni di produzione sono state, invece, registrate in un certo numero di paesi, sempre tra il 2006 e 2008, compresi Canada, Niger e USA, a causa di una combinazione di *ore grades* (tenori nel minerale) più bassi del previsto, difficoltà tecniche e lavori di preparazione per l'ampliamento delle miniere.

Le estrazioni sotterranee assommano a circa il 32% della produzione globale nel 2008; l'estrazione con metodo ISL registra il 30% (in crescita rapida d'importanza, principalmente a causa dell'accresciuta capacità in Kazakhstan); estrazione *open pit mining* (a cielo aperto), 27%; con recupero di co-prodotti e sottoprodotti dall'estrazione di rame e oro, più altri metodi non convenzionali che coprono la maggior parte del rimanente 11%. La produzione globale di uranio nel 2009 era attesa aumentare del 16% a circa 51 000 tU, con inizio di produzione atteso in Malawi e continuazione della crescita prevista in Kazakhstan (il più alto aumento di produzione – più del 60% dal 2008 al 2009 - è atteso verificarsi ancora una volta in questo paese).

Aspetti ambientali nella produzione di uranio

Sebbene il focus del Red Book rimangano le risorse, produzione e domanda dell'uranio, gli aspetti ambientali legati al ciclo di produzione dell'uranio sono anch'essi inclusi in alcuni Country Reports contenuti nel rapporto. Gli sforzi possono essere generalmente divisi in due aree. La prima riguarda il lavoro di remediation in conseguenza delle pratiche di estrazione attualmente non più a norma, che riguardano la legacy di un certo numero di siti di miniera in vari paesi (Brazil, Bulgaria, Canada, the Czech Republic, Germany, Hungary, Kazakhstan, Poland, Slovenia, Spain, Ukraine and the United States). Il rapporto include gli aggiornamenti per alcune di queste attività. Queste esperienze costituiscono un importante pro-memoria delle conseguenze derivanti da pratiche passate che bisogna continuare ad evitare negli anni a venire, soprattutto nella prospettiva di un'espansione della produzione di uranio a paesi che non hanno precedenti esperienze nel campo.

La seconda area riguarda gli sforzi per assicurare che le operazioni in corso vengono condotte in modo da proteggere le persone e l'ambiente e tali da evitare la creazione di ulteriori eredità dalle nuove attività di mining dell'uranio. Le informazioni riportate in alcuni dei National Reports includono note sugli aspetti cruciali dello sviluppo delle moderne miniere d'uranio, quali il processo di valutazione ambientale prima dell'apertura o espansione della miniera (Australia, Canada), programmi di monitoraggio alle miniere attualmente in esercizio (Kazakhstan), gli sforzi per ridurre i consumi d'acqua (Namibia) e l'istituzione di nuovi, più limitativi criteri di protezione dalla radioattività ambientale (Cina). Viene illustrato come l'estrazione dell'uranio porta benefici alle comunità locali e come l'uso degli introiti derivanti dal regime di fiscalità sulle attività estrattive, unitamente allo sforzo

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	NNFISS – LP1- 022	0	L	18	34

diretto delle società minerarie, può contribuire a migliorare lo standard di vita delle comunità locali, nelle vicinanze dei siti operativi (Kazakhstan, Namibia).

Le società minerarie continuano ad ottenere la certificazione di qualità internazionalmente riconosciuta ISO 14001 relativamente agli standard sulla gestione e protezione ambientale (tali acquisizioni sono già messe in atto in Namibia e Niger).

Informazioni aggiuntive su queste due aree relative alle problematiche ambientali della produzione di uranio, sono riportate nelle due pubblicazioni congiunte NEA/IAEA Uranium Group: *Environmental Remediation of Uranium Production Facilities*, Paris, OECD, 2002 e *Environmental Activities in Uranium Mining and Milling*, Paris, OECD, 1999.

Domanda di uranio

A fine 2008, 438 reattori nucleari commerciali risultavano connessi alla rete elettrica nel mondo con una capacità netta di generazione pari a 373 GWe e comportanti una richiesta di circa 59000 tU come risultante dall'inventario globale degli acquisti di uranio. Le acquisizioni di uranio sono diminuite negli ultimi anni a causa dell'aumento dei costi che hanno spinto le utilities a specificare valori più bassi delle code di arricchimento (presso gli impianti di fornitura del servizio arricchimento), al fine di ridurre il consumo di uranio naturale. Al 2035 la capacità nucleare mondiale è prevista aumentare fino a raggiungere un livello tra 511 GWe (low case) e 782 GWe (high case) con un incremento che va dal 37% al 110% rispetto alla situazione al 2009. Di conseguenza, alla stessa data, le richieste di uranio per i reattori sono previste crescere a livelli compresi tra 87000 e 138000 tU.

Le proiezioni di capacità nucleare variano considerevolmente da regione a regione. La regione East Asia è attesa sperimentare l'incremento maggiore che al 2035, potrebbe raggiungere un livello compreso tra 120 e 167 GWe di nuova capacità, corrispondente ad un incremento percentuale compreso tra 150% e oltre 210% rispetto al 2009. La capacità nucleare dei paesi europei non-UE già consistente, è attesa crescere in maniera considerevole (tra il 75% e 170%). Le altre regioni attese vedere uno sviluppo del nucleare sono il Medio-Oriente e l'Asia del Sud; il Centro e Sud America; l'Africa e l'Asia del Sud-est.

La capacità nucleare e le richieste uranifere in Nord America presentano ampie variazioni, da una riduzione del 30% ad una crescita di oltre il 40% e nella EU, da una riduzione del 10% ad un incremento di circa il 20%.

Tuttavia, vi sono incertezze in queste proiezioni essendo in corso il dibattito sul ruolo che l'energia nucleare sarà chiamata a svolgere per far fronte alle future necessità energetiche. I fattori che influenzeranno la futura capacità nucleare vanno dalle proiezioni sulla domanda elettrica base-load, il rischio di proliferazione, l'accettazione pubblica nei confronti dell'energia nucleare e delle strategie proposte per la gestione dei wastes, insieme alla competitività economica e alle capacità di riuscire a finanziare i progetti nucleari capital intensive, e non ultimo il costo del combustibile, comparato per le diverse tecnologie di generazione elettrica. Le preoccupazioni verso la sicurezza a lungo termine negli approvvigionamenti dei combustibili fossili ed il grado di beneficio legato all'uso dell'energia nucleare nel perseguire gli obiettivi di riduzione dei gas serra, potrebbero contribuire ad una crescita ancora maggiore delle previsioni della domanda di uranio.

Rapporto risorse e domanda

Nel 2008, la produzione mondiale di uranio (44000 tU) ha rappresentato circa il 74% delle richieste mondiali ammontate a circa 59000 tU, con il restante coperto attraverso il rifornimento da uranio già estratto in precedenza, le cosiddette *secondary sources*, comprendenti anche i surplus dei governi e gli stock commerciali, ossia l'uranio a basso arricchimento (LEU) prodotto attraverso la diluizione dell'uranio altamente arricchito (HEU) proveniente dallo smantellamento delle armi nucleari, il ri-arricchimento delle code di uranio depleto e il ritrattamento del combustibile esaurito (riciclo del plutonio nei combustibili MOX). Lo sviluppo dell'attività mineraria dell'uranio ha risposto ai segnali del mercato caratterizzato da prezzi e domanda in rialzo. Secondo le previsioni attuali, le capacità di produzione primaria dell'uranio, comprendente i centri di produzione esistenti, commissionati, pianificati e previsti, sarebbero in grado di soddisfare le previsioni di richiesta mondiale fino al 2028 (Scenario high-case) e quelle fino al 2035 (Scenario low-case).

Oltre questa data, affinché la produzione possa far fronte al rifornimento di combustibile per tutti i reattori nel corso dell'intero ciclo di vita operativo, inclusi i reattori che entreranno in esercizio entro il 2035, sarà necessario identificare nuove risorse e sarà necessario anche che nuove miniere, insieme all'espansione di quelle esistenti, vengano attivate in maniera tempestiva. Se la domanda di uranio seguirà le previsioni di crescita previste della capacità nucleare, i prezzi dell'uranio si adegueranno al trend di crescita, stimolando in tal modo investimenti aggiuntivi nella capacità di produzione. Tuttavia, si richiede che i prezzi dell'uranio debbano raggiungere livelli sufficientemente alti per il finanziamento di queste attività, specialmente nella prospettiva di prezzi di produzione crescenti. Anche le *secondary sources* continueranno ad essere richieste, con l'apporto quanto più possibile del risparmio di uranio conseguito attraverso livelli di specificità di tenori più bassi per le code di arricchimento e lo sviluppo della tecnologia del ciclo combustibile. Nonostante, le informazioni sulle *secondary sources* siano incomplete, queste sono previste generalmente in declino in termini di importanza di mercato, particolarmente dopo il 2013. Un apporto significativo rimane costituito, tuttavia, dall'uranio estratto in passato (inclusi gli stock militari), ed appare verosimile che parte di questo materiale possa confluire nel mercato in maniera opportunamente controllata. Con il ridursi del *secondary supply* nei prossimi anni, le richieste di uranio dai reattori dovranno essere progressivamente coperte direttamente dalla produzione da miniera.

L'introduzione di cicli alternativi del combustibile, ove sviluppati e implementati con successo, potrebbe esercitare un impatto rilevante sul mercato, ma appare prematuro affermare quale sarà, sia il grado di competitività di queste tecnologie che quello della loro implementazione diffusa. Quello che appare chiaro è la necessità di un robusto mercato dell'uranio per stimolare lo sviluppo puntuale delle capacità di produzione e per aumentare le Risorse Identificate. A causa dei lunghi tempi di attesa richiesti per l'identificazione di nuove risorse e per portare le stesse in produzione (tipicamente 10 anni o più), la rete globale relativamente sparsa delle uranium mine facilities e le incertezze geopolitiche in alcuni paesi produttori importanti, il mercato dovrà fornire un incentivo per la continuità delle attività di esplorazione e sviluppo dell'attività di mining, allo scopo di evitare potenziali scarsità nell'approvvigionamento.

5. DOMANDA E APPROVVIGIONAMENTI DI URANIO IN EU

L'Unione Europea è l'area mondiale con la più grande concentrazione di centrali nucleari con 143 reattori per una potenza di 131GWe. Gli sviluppi principali che secondo i dati ESA (European Supply Agency) dell'Euratom, hanno caratterizzato il mercato dell'uranio nel 2010 sono:

- il totale delle forniture di uranio (17.566 tU) alle utilities della EU-27 sono risultate minori del combustibile caricato in reattore equivalenti a 18.122 tU (naturale);
- le forniture di uranio naturale sotto contratti long-term alle utilities europee hanno rappresentato il 95.9 % del totale delle forniture;
- il prezzo medio long-term è stato di 61.68 €/kg U₃O₈ (11% di aumento), con il prezzo medio spot pari a 79.48 €/kgU (in aumento del 2%) e il MAC-3 (3-year moving average ESA index) pari a 78.11 € /kgU (23% di aumento).

Le stime future per l'arricchimento espresso in SWU (Separation Work Units) e per l'uranio naturale (NatU) sono risultate maggiori della richiesta aggregata del 2009. Si ritiene che ciò abbia rispecchiato l'interesse politico verso il nucleare nel corso del 2010. Nei grafici che seguono (Fig. 9-11), sono riportati nell'ordine:

- Confronto tra U naturale equivalente nel combustibile caricato nei reattori europei e U naturale fornito alle utilities;
- Valori recenti degli indici medi ESA (European Supply Agency)
- Richiesta netta dei reattori e richiesta di U naturale e servizi di arricchimento (SWU)

Fig. 9 - Natural U feed in the fuel loaded and natural U delivered to EU-27 utilities
 (Fonte ESA, 46-th Uranium Group Meeting , Vienna, June 2011)

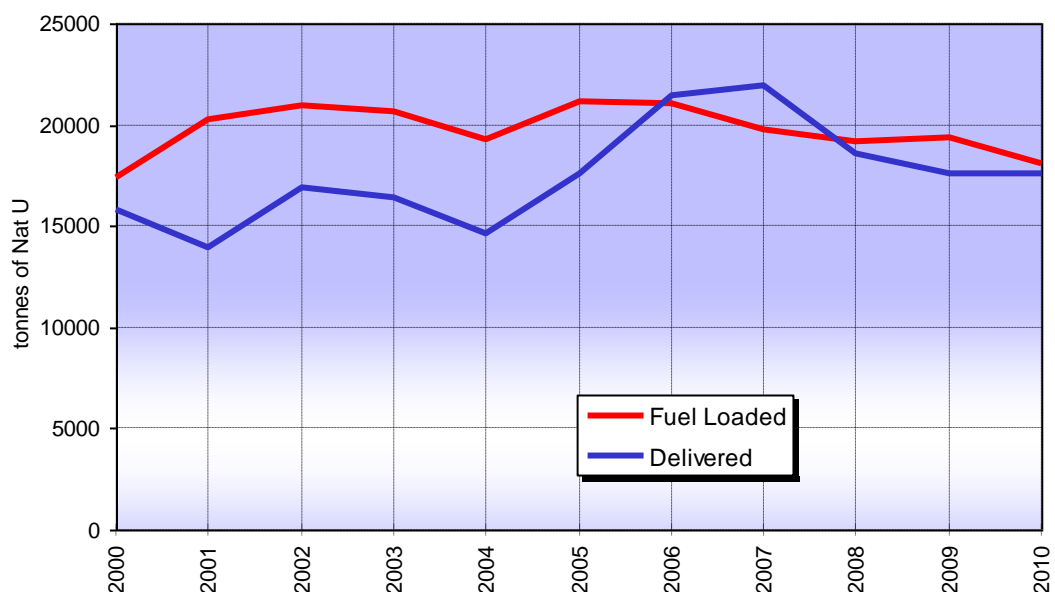


Fig. 10 - Recent values of ESA average price indices
(Fonte ESA, 46-th Uranium Group Meeting , Vienna, June 2011)

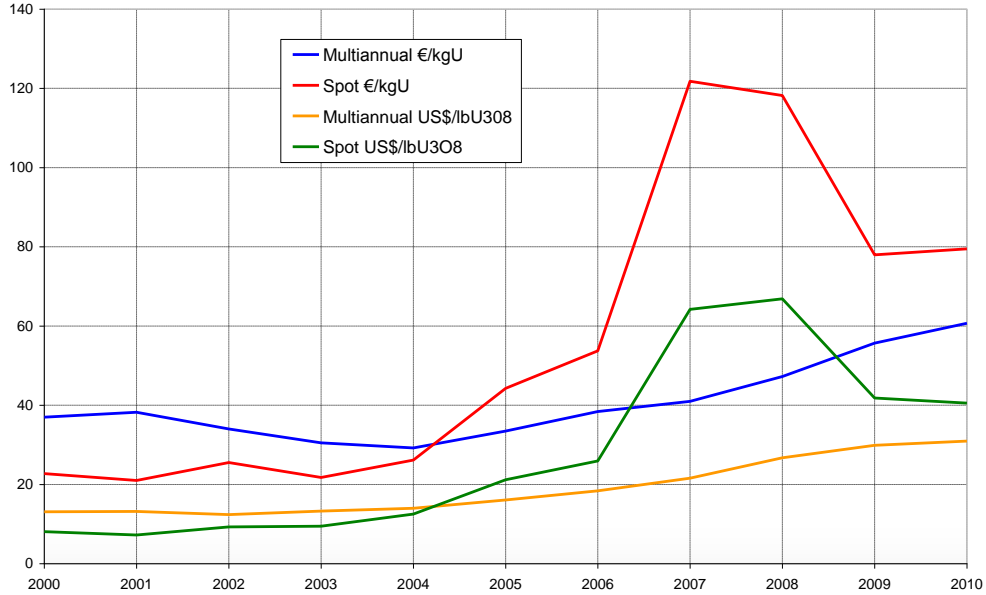
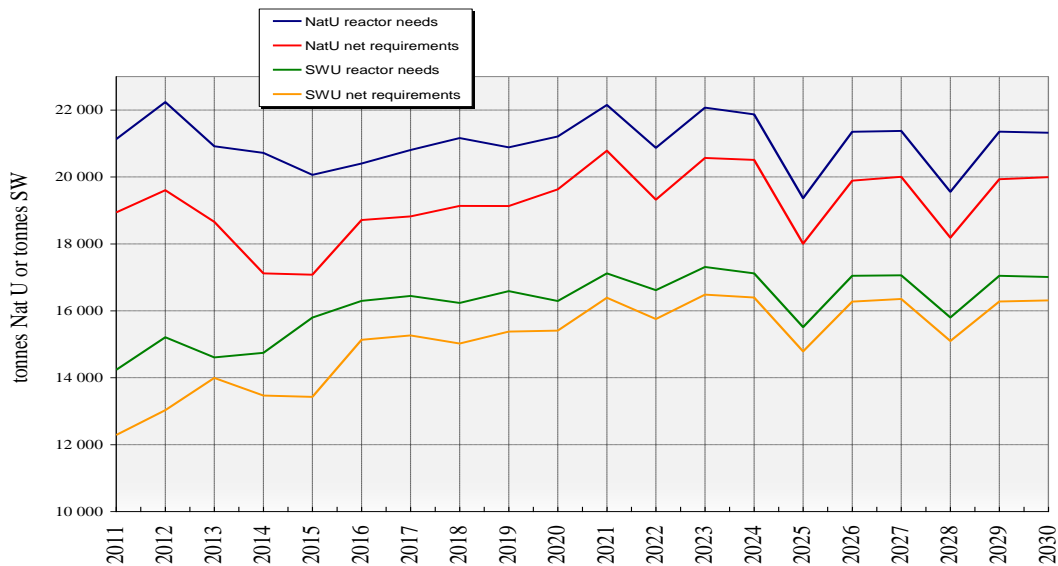


Fig. 11 - Reactor needs and net requirements for uranium and separative work (EU-27)
(Fonte ESA, 46-th Uranium Group Meeting , Vienna, June 2011)



Policy di diversificazione dell'ESA

Nel 2010 la fornitura dell'uranio naturale ai Paesi della EU è proseguita attraverso sorgenti diversificate:

- All'incirca due terzi dei servizi di arricchimento (SWU) sono stati forniti dai due grandi arricchitori europei AREVA/EURODIF e URENCO.
- La società americana USEC ha fornito il 7% del totale dei servizi di arricchimento necessari nella EU.
- La società russa TENEX/TVEL ha fornito il 33% dell'uranio arricchito consegnato alla EU. La fornitura dei servizi di arricchimento russi è effettuata in parte (7%) attraverso i contratti cosiddetti "grandfathered" ossia al di fuori del quadro ESA, e in parte attraverso quelli ordinari (26%) per un totale di 33% delle richieste EU.

Nella Figura 12 seguente è riportato il quadro sintetico dei servizi di arricchimento alla EU nel 2010, mentre nelle Figure 13-15 sono riportati in sequenza:

- l'origine delle forniture di uranio naturale alla EU;
- l'inventario totale posseduto dalle utilities europee nel periodo 2005-10;
- il tasso di copertura delle richieste di uranio naturale nel decennio in corso fino al 2020.

Fig. 12 - SWU supply to EU utilities in 2010
(Fonte ESA, 46-th Uranium Group Meeting , Vienna, June 2011)

Enricher	2010 (tSWU)	2009 (tSWU)	Share in 2010 %	Share in 2009 %	Change over 2009 %
EURODIF+URE NCO	8785	7833	59.3	65.8	12.2
TENEX	4896	3619	33.0	30.4	35.3
USEC	1047	195	7.0	1.60	436.9
other	127	258	0.9	2.2	-50.9
TOTAL	14855	1190 5			24.8

Fig. 13 - Origins of natural uranium delivered to EU-27 utilities in 2010
(Fonte ESA, 46-th Uranium Group Meeting , Vienna, June 2011)

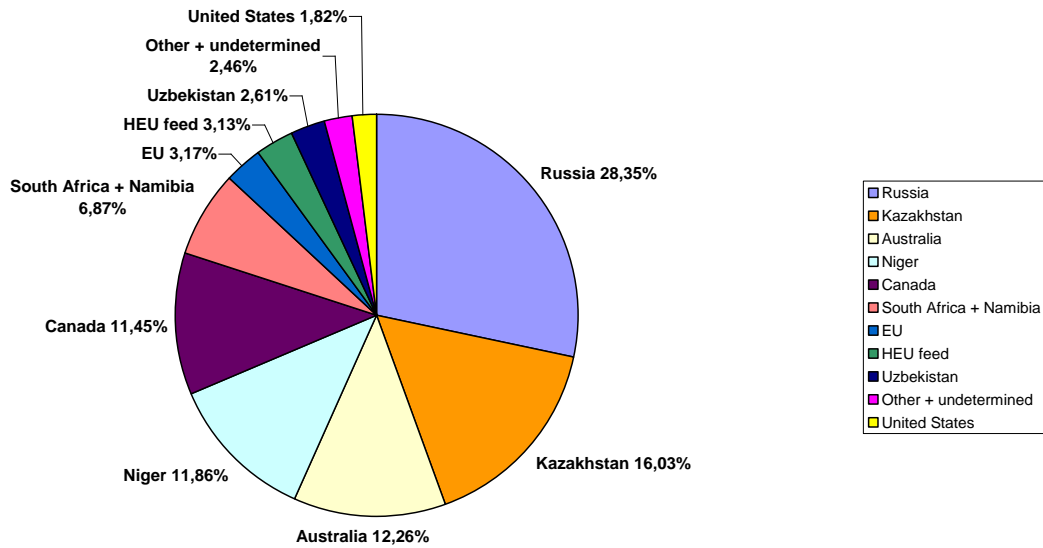


Fig. 14 - Total inventory owned by the EU utilities at the end of year, 2005-2010 (EU-27)
(Fonte ESA, 46-th Uranium Group Meeting , Vienna, June 2011)

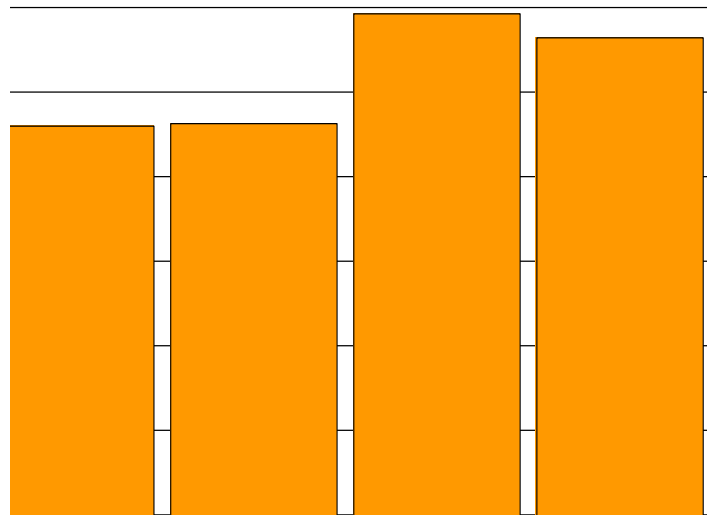
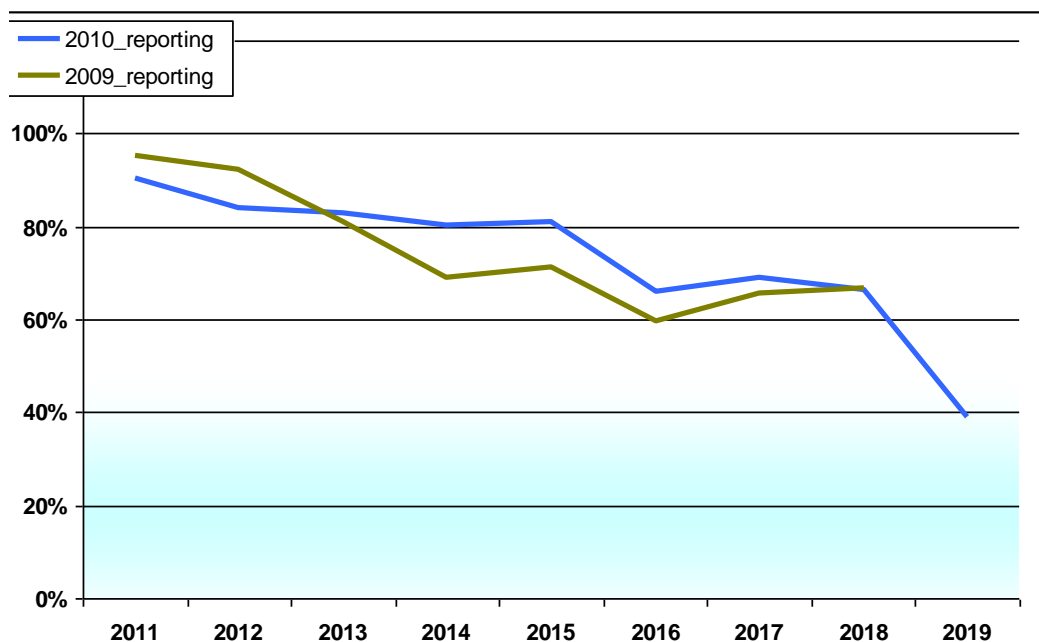


Fig. 15 - Natural uranium coverage rate for the EU utilities
 (Fonte ESA, 46-th Uranium Group Meeting , Vienna, June 2011)



6. SITUAZIONE E PROSPETTIVE NAZIONALI PER L'URANIO

Nonostante il Governo italiano, prima di Fukushima, avesse varato nel corso degli anni 2008- 2010, la serie dei provvedimenti legislativi fondamentali per la riapertura dell'opzione nucleare nel paese, nessuna azione relativa alla policy sull'uranio era stata intrapresa.

Ragionevolmente questo sarebbe stato uno degli aspetti prioritari del programma, su cui porre attenzione quanto prima possibile, una volta definita la localizzazione delle nuove centrali. Molto verosimilmente, l'attenzione in materia di necessità di uranio avrebbe dovuto portare a definire il posizionamento strategico del Paese nei confronti dei potenziali fornitori attraverso contratti long-term e/o la creazione di accordi per la compartecipazione a imprese per l'esplorazione ed estrazione all'estero. In tale quadro sarebbe rientrata, verosimilmente, anche l'attenzione verso le limitate risorse domestiche la cui esplorazione e valutazione è ferma grosso modo a metà degli anni '80 del secolo scorso.

Era ed è, tuttavia, inverosimile attendersi nel breve termine decisioni riguardanti il mining&milling delle 6100 tonnellate di uranio nazionale, ricadenti sotto la categoria *RAR+Inferred* (<260 USD/kgU3O8), localizzate per lo più nella catena prealpina dell'alta Lombardia. Questo dovrebbe valere anche per le iniziative rivolte verso l'estero.

Appare realistico, invece, pensare che l'approvvigionamento dell'uranio naturale necessario al funzionamento del parco nucleare nazionale, si andrà a collocare nel lato

domanda “*demand side*” del mercato internazionale dell’uranio, se e quando il programma nucleare nazionale si metterà ad avanzare concretamente.

Queste sono le ragionevoli posizioni che ENEA ha espresso in sede di IAEA-NEA Uranium Group ai fini della preparazione del Redbook 2011, per il quale sono state fornite (Red Book Questionnaire 2011) le stime delle potenziali richieste di uranio per il funzionamento dell’ipotizzato parco nucleare italiano. Le richieste sono stimate in riferimento all’obiettivo di base del 25% di generazione elettrica al 2030, ossia circa 13 GWe installati a tale data (*reference case*).

Le stime per i dati in questione sono riportati nelle Figure 16 e 17 che seguono:

Fig. 16 – Scenario capacità nucleare Italia al 2035

Installed Nuclear Generating Capacity to 2035 (MWe net)

2020		2025		2030		2035	
<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>
1600	1600	6400	6400	12800	12800	12800	12800

In accordo al timing ipotizzato per l’installazione del parco reattori, il primo approvvigionamento di uranio di circa 1100 t si renderebbe necessario per il 2020, per aumentare a circa 25000 t di inventario totale al 2035.

Fig. 17 - Scenario di domanda di uranio Italia al 2035

Uranium requirements to 2035 (tonnes U)

2020		2025		2030		2035	
<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>
1082	1082	7511	7511	17251	17251	24891	24891

(*) figures are cumulated amounts at end of the reference year in the table. Estimations are based on the following assumptions:

- 12.8 GWe net online by 2030 and later on, whose 1.6 GWe net online by 2020 and 6.4 GWe net online by 2025
- Fuel Burnup: 60 GWd/t UO₂; fuel enrichment : 4.1 % U-235, tails assay: 0.3 % U-235; Efficiency: 34.2 %; Capacity factor: 0.9; Core fuel loading (EPR): 117 tU (133 t UO₂); UO₂/U=1.135

Un reattore EPR da 1600 MWe, come quelli ipotizzati per il parco nucleare italiano, richiederebbe, in accordo ai dati della Figura 17 di sopra, all’incirca 24 t/anno di combustibile fresco UO₂, pari a circa 21 t di uranio metallico arricchito al 4.1%, corrispondenti a circa 191 t di uranio naturale. A regime il parco EPR di 12.8 GWe di potenza totale, richiederebbe circa 1530 t/anno di uranio naturale. La massa di uranio in gioco è di dimensioni tali da giustificare, al di là del necessario acquisto all’estero della materia prima e dei servizi di arricchimento, la presa in considerazione della soluzione domestica almeno per la fabbricazione,

impresa quest'ultima ad alta tecnologia ma realisticamente alla portata delle capacità nazionali, grazie anche alla passata esperienza esercitata fino alla fine degli anni '80 del secolo scorso.

Come mostrato nelle Figure 16-17 di sopra, il rifornimento di uranio comincerebbe ad essere necessario dal 2020 quando il primo reattore EPR, secondo lo scenario ipotizzato per il parco nazionale, entrerebbe in funzione. L'inventario di uranio totale richiesto nel transitorio dal 2020 al 2030 è il risultato della somma della massa di combustibile necessario per il caricamento iniziale dei reattori (core loadings) più il consumo annuo riferito alle varie unità che entrano in esercizio secondo il calendario ipotizzato nel corso della decade.

L'unico stock di uranio di pertinenza nazionale, al momento attuale, è quello relativo al combustibile esaurito dalle vecchie centrali, inviato all'estero per il ritrattamento nel contesto del programma nazionale di decommissioning gestito dalla società SOGIN. Trattasi di 1641 t di uranio metallico contenuto nel combustibile esaurito inviato in parte a Sellafield (UK) e in parte a La Hague (Francia).


Nella Figura 18 che segue è riportato un breve commento, estratto dal contributo al 46-th Uranium Group Meeting tenutosi a Saskatoon (Canada) nell'agosto 2010, relativo alle prospettive di Uranium Policy nazionale.

Fig. 18 - Some updates dealing with national uranium policy
(45-th Uranium Group Meeting, Saskatoon, Canada, Aug. 2010)

Brief Update on Nuclear Energy Programme Italy (cont.ed)



- **Not yet considered actions for a national revival of U exploration and mining (though Nuclear Fuel Cycle and Fuel Fabrication Facilities are pointed out as important items in the national nuclear strategy).**
- **A possible reactivation of a uranium mining/exploration programme most reasonably would restart from a re-assessment of national deposits mostly located up north in the region of the Italian Alps towards Switzerland and estimated, at the end of the eighties, to total some 6100 tU of RAR+Inferred @ <260 USD/kgU.**
- **Most attractive is the Novazza deposit (Orobian Alps in the Bergamo province) with a 1.3% U content and estimated to hold at least 1300 tU.**
- **In 2006 the Australian company METEX tried to start its "Novazza Uranium Project" but the initiative did not make progress due to issues with local communities and Lombardy region.**
- **The perspective for a national engagement in the uranium mining/exploration is tightly linked to the progress of the national nuclear plan which is lately suffering some priority derating as a consequence of current instability issues affecting the Government Alliance.**

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	NNFISS – LP1- 022	0	L	27	34

7. AGGIORNAMENTI E PROSPETTIVE SU PRODUZIONE E DOMANDA MONDIALE DI URANIO

Nel 2010, la produzione mondiale di uranio è aumentata del 6% rispetto al 2009 raggiungendo la cifra di 53 660 t di uranio. Alla stessa data la capacità totale di arricchimento viene stimata essere pari a circa 60 000 tSWU (corrispondenti alla richiesta annuale di circa 600 reattori LWR da 1000 MWe).

La forte domanda di uranio combinata con l'accresciuto interesse degli investitori finanziari e la relativa contrazione della produzione da parte di vari produttori, sono state le principali ragioni per le tensioni registrate sul prezzo spot dell'uranio naturale tra il 2007 e 2008. I dati appena citati si riferiscono all'inizio del 2011, ed è abbastanza certo che gli stessi siano destinati a risentire l'effetto delle decisioni politiche sull'utilizzo dell'energia nucleare nel mondo, in conseguenza dei danni prodotti alla centrale Fukushima Daichi dal terremoto-maremoto che ha colpito la costa nord-orientale del Giappone nel Marzo di quest'anno.

In effetti i risultati della prima metà del 2011 riportati (Ag. 2011) dalle due società canadesi Cameco (primo produttore mondiale di uranio e proprietaria delle due più ricche miniere al mondo, Mac Arthur e Cygar Lake) e Denison, mostrano già una propensione al rallentamento per la domanda e servizi mondiali dell'uranio. Le stime anticipate da Cameco sono per la riduzione di circa il 3% delle precedenti proiezioni sulla domanda mondiale di uranio nel decennio in corso. Permane, tuttavia, la stima globale di crescita nel periodo con l'attesa entrata in funzione di 85 nuovi reattori da 1 GWe contro i 90 previsti in precedenza. Sul fronte delle nuove risorse, una importante notizia riguarda la Namibia, ove la società Extract Resources Ltd's ha accresciuto ultimamente le riserve di uranio della miniera di Husab di circa il 40%.

La proiezione della domanda mondiale di uranio (Low and High case) al 2035, secondo le ultime stime dello Uranium Group, è riportata nella Figura 19 seguente.

Alcuni altri dati aggiornati, relativi alla domanda e produzione mondiale di uranio, di origine Areva, presentati all'ultimo Uranium Group meeting dello scorso giugno a Vienna, come :

- quantitativo di uranio naturale nel combustibile caricato annualmente nei reattori delle varie aree geografiche mondiali, con andamento piuttosto piatto nella decade fino al 2010 e confrontato con il trend di produzione;
- distribuzione della produzione di uranio nel corso degli ultimi dieci anni nelle varie aree geografiche del mondo;
- nuovo scenario di domanda mondiale di uranio al 2030;
- domanda di uranio della Cina nel periodo 2010-2020 attesa superare il livello degli USA.

sono riportati nelle Figure 20-23 che seguono.

Fig. 19 - Extended Supply-Demand analysis to calculate all U required for lifetimes of all reactors expected to be built in high case projection (NEA-IAEA U-Group)

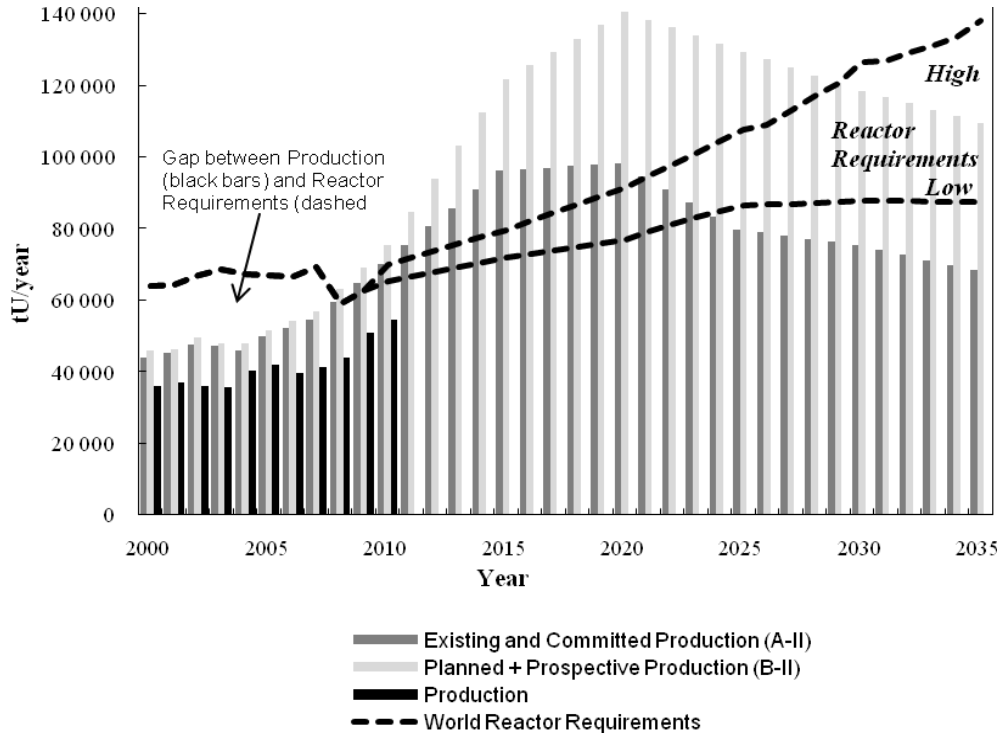


Fig. 20 - Uranio nel combustibile caricato annualmente nei reattori delle varie aree geografiche mondiali

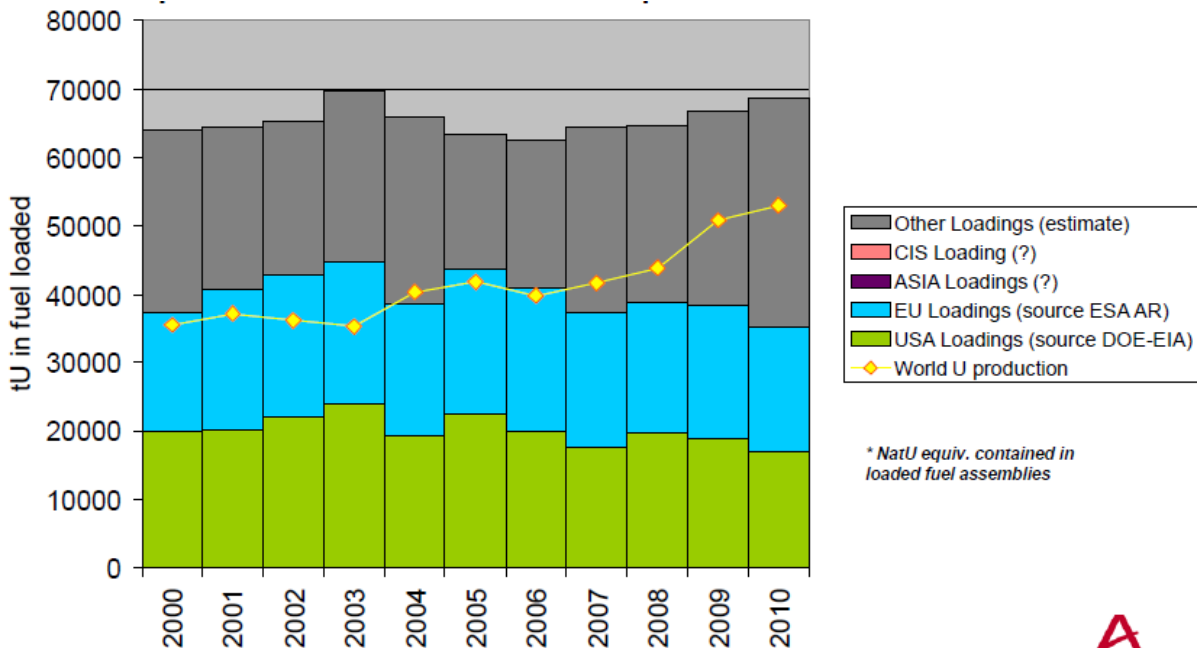
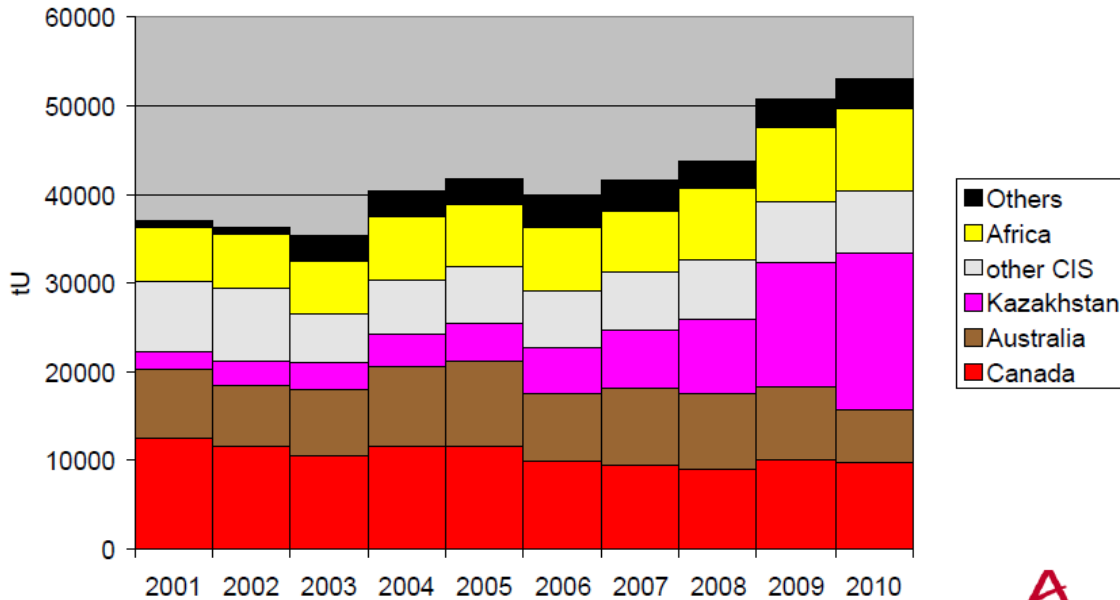


Fig. 21 - distribuzione della produzione di uranio nel corso degli ultimi dieci anni nelle varie aree geografiche del mondo

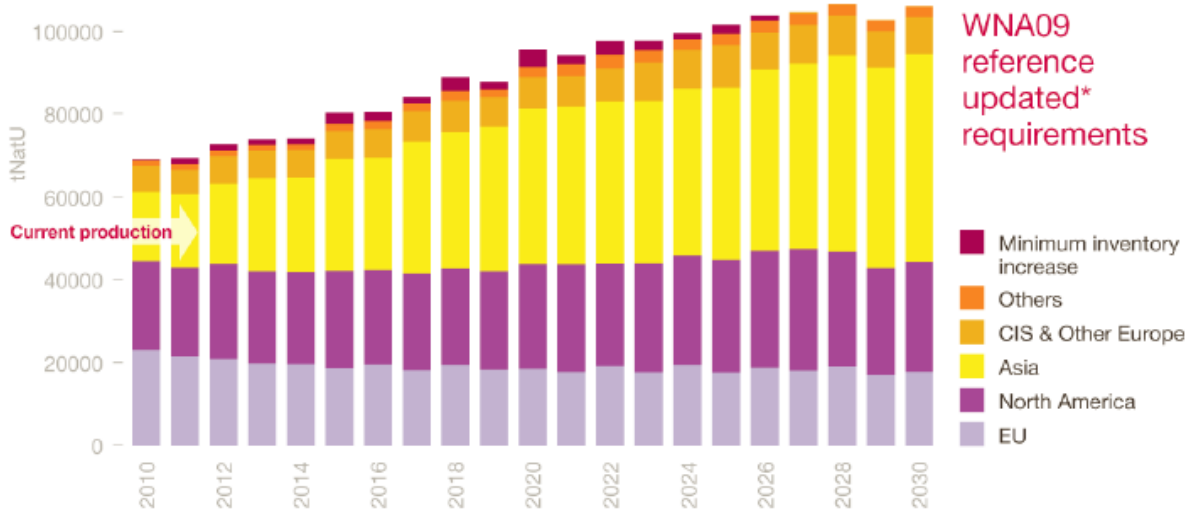


U Group Meeting – Vienna- June 2011 – Georges Capus, AREVA

s.6



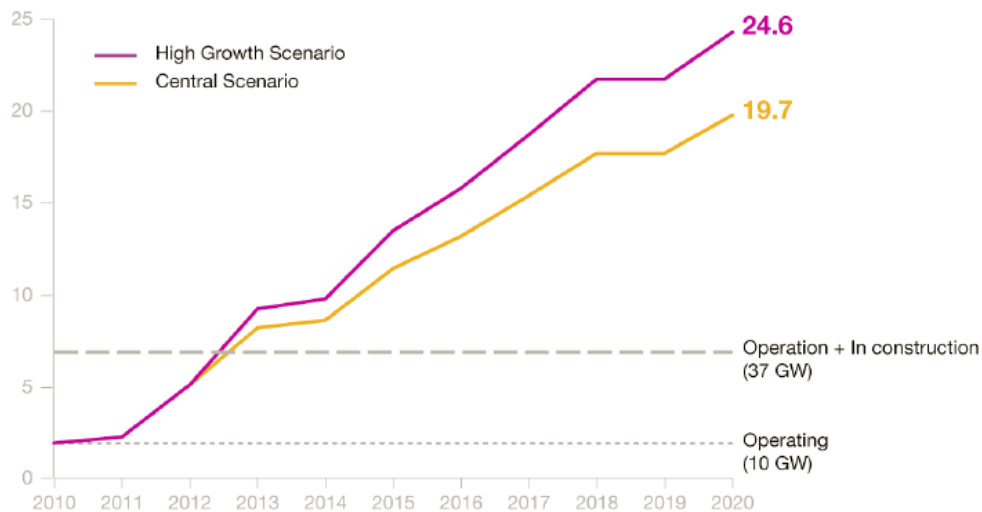
Fig. 22 - New Scenario for world uranium demand (Capus_ WNFC-Chicago, Ap. 2011)



* Japan adjustment for 1 decade, EU slowdown (Germany...), no new build for most newcomers + China increased to 16000 in 2020

Fig. 23 - China's U requirements expected higher than US by 2020 (Capus_WNFC-Chicago, Ap. 2011)

China uranium reactors requirements (2010-20, ktU)




Assumption : uranium requirements two years before reactor loading, tails assay 0.20 %
Source: AREVA-developed scenarios based on public announcements

8. CONCLUSIONI

Nonostante il recente declino originato dalla crisi economica e finanziaria globale, la domanda mondiale di elettricità è attesa continuare a crescere in maniera significativa nel corso dei prossimi decenni per sostenere la crescita economica e far fronte alla domanda aggiuntiva proveniente dall'aumento della popolazione mondiale. Il riconoscimento da parte di molti governi che l'energia nucleare può fornire l'elettricità di base (base-load) a prezzi competitivi e priva di emissioni di gas serra, unito al ruolo che il nucleare può giocare nel rafforzare la sicurezza degli approvvigionamenti energetici, rafforza la prospettiva di crescita della capacità di generazione nucleare, per quanto la dimensione di tale crescita rimanga incerta, anche in conseguenza dei ripensamenti indotti dagli eventi di Fukushima causati dal terremoto-maremoto del Marzo 2011 in Giappone.

Indipendentemente dal ruolo futuro che il nucleare potrà svolgere nel soddisfare la crescita della domanda elettrica, le risorse di uranio risultano al momento attuale più che adeguate a soddisfare le richieste previste. Anche nel caso dello *Scenario high-case* al 2035, si registrerebbe un consumo di meno della metà delle risorse identificate nel Red Book.

La distribuzione geopolitica delle risorse e della produzione riduce significativamente il rischio di perturbazioni violente come quelle possibili nel caso di petrolio e gas. I due

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	NNFISS – LP1- 022	0	L	31	34


maggiori detentori di risorse e produttori attuali sono Canada e Australia, entrambi paesi appartenenti all'OECD, che rappresentano circa il 40% delle risorse conosciute e il 30 % della produzione mondiale.

Gli eventuali rischi alla sicurezza degli approvvigionamenti potrebbero venire non dalla limitatezza delle risorse o dall'instabilità politica, ma dai possibili ritardi nel passare dalla scoperta dei giacimenti alla loro messa in produzione, particolarmente nel caso di domanda con crescere rapida.

Tuttavia, rimane la sfida di dover sviluppare una gestione ambientalmente sostenibile, soprattutto delle pratiche del mining, per poter rendere disponibili quantitativi crescenti di uranio a soddisfare la domanda in modo tempestivo. In tale prospettiva, l'altra variabile fondamentale è lo sviluppo di un mercato robusto e competitivo delle risorse uranifere per corrispondere al meglio alle previsioni della domanda.

RIFERIMENTI

- [1] *Uranium 2009: Resources, Production and Demand*, published by the OECD Nuclear Energy Agency (NEA) and the International Atomic Energy Agency (IAEA), May 2010
- [2] ESA (Euratom Supply Agency) 2010 Report, June 2011
- [3] F. Vettrano: "Some Updates on the Nuclear Energy Programme in Italy and related Uranium Supply Outlook" 46-th NEA/IAEA Uranium Group Meeting, Vienna, June 14-16, 2011
- [4] F. Vettrano: "Some Updates on the Nuclear Energy Programme in Italy and related Uranium Supply Features" 45-th NEA/IAEA UGM, Saskatoon, CANADA, Aug. 19-20, 2010

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	NNFISS – LP1- 022	0	L	32	34

APPENDICE

GLOSSARY OF DEFINITIONS AND TERMINOLOGY (*Red Book 2009*)

UNITS

Metric units are used in all tabulations and statements. Resources and production quantities are expressed in terms of tonnes (t) contained uranium (U) rather than uranium oxide (U₃O₈).

1 short ton U₃O₈ = 0.769 tU

1 percent U₃O₈ = 0.848 percent U

1 USD/lb U₃O₈ = USD 2.6/kg U

1 tonne = 1 metric ton

RESOURCE TERMINOLOGY

Resource estimates are divided into separate categories reflecting different levels of confidence in the quantities reported. The resources are further separated into categories based on the cost of production.

a) Definitions of resource categories

Uranium resources are broadly classified as either conventional or unconventional. Conventional resources are those that have an established history of production where uranium is a primary product, co-product or an important by-product (e.g., from the mining of copper and gold). Very low-grade resources or those from which uranium is only recoverable as a minor by-product are considered unconventional resources.

Conventional resources are further divided, according to different confidence levels of occurrence, into four categories. A correlation is established between these resource categories and those used in selected national resource classification systems.

Reasonably Assured Resources (RAR) refers to uranium that occurs in known mineral deposits of delineated size, grade and configuration such that the quantities which could be recovered within the given production cost ranges with currently proven mining and processing technology, can be specified. Estimates of tonnage and grade are based on specific sample data and measurements of the deposits and on knowledge of deposit characteristics. Reasonably Assured Resources have a high assurance of existence. Unless otherwise noted, RAR are expressed in terms of quantities of uranium recoverable from mineable ore (see Recoverable Resources).

Inferred Resources (IR) refers to uranium, in addition to RAR, that is inferred to occur based on direct geological evidence, in extensions of well-explored deposits, or in deposits in which geological continuity has been established but where specific data, including measurements of the deposits, and knowledge of the deposit's characteristics, are considered to be inadequate to classify the resource as RAR. Estimates of tonnage, grade and cost of further delineation and recovery are based on such sampling as is available and on knowledge of the deposit characteristics as determined in the best known parts of the deposit or in similar deposits. Less reliance can be placed on the estimates in this category than on those for RAR. Unless otherwise noted, Inferred Resources are expressed in terms of quantities of uranium recoverable from mineable ore (see Recoverable Resources).

Prognosticated Resources (PR) refers to uranium, in addition to Inferred Resources, that is expected to occur in deposits for which the evidence is mainly indirect and which are believed to exist in well-defined geological trends or areas of mineralisation with known deposits. Estimates of

tonnage, grade and cost of discovery, delineation and recovery are based primarily on knowledge of deposit characteristics in known deposits within the respective trends or areas and on such sampling, geological, geophysical or geochemical evidence as may be available. Less reliance can be placed on the estimates in this category than on those for Inferred Resources. Prognosticated Resources are normally expressed in terms of uranium contained in mineable ore, i.e., *in situ* quantities.

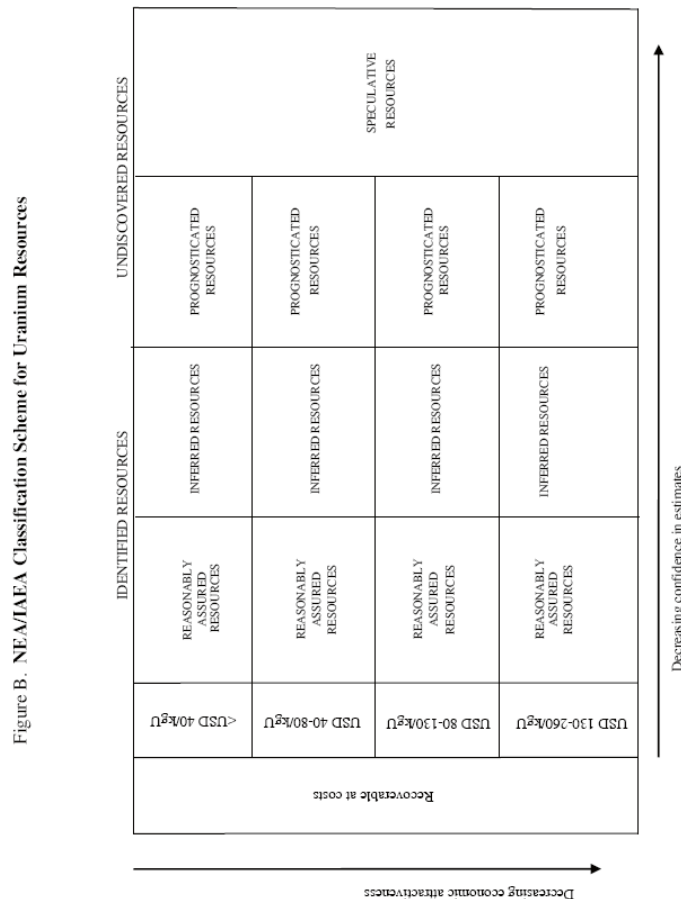
Speculative Resources (SR) refers to uranium, in addition to Prognosticated Resources, that is thought to exist, mostly on the basis of indirect evidence and geological extrapolations, in deposits discoverable with existing exploration techniques. The location of deposits envisaged in this category could generally be specified only as being somewhere within a given region or geological trend. As the term implies, the existence and size of such resources are speculative. SR are normally expressed in terms of uranium contained in mineable ore, i.e., *in situ* quantities.


b) Cost categories

The cost categories, in United States dollars (USD), used in this report are defined as: <USD 40/kgU, <USD 80/kgU, <USD 130/kgU, and <USD 260/kgU. All resource categories are defined in terms of costs of uranium recovered at the ore processing plant.

c) Relationship between resource categories

Figure B illustrates the inter-relationship between the different resource categories. The horizontal axis expresses the level of assurance about the actual existence of a given tonnage based on varying degrees of geologic knowledge while the vertical axis expresses the economic feasibility of exploitation by the division into cost categories.



 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	NNFISS – LP1- 022	0	L	34	34

d) Recoverable resources

RAR and IR estimates are expressed in terms of recoverable tonnes of uranium, i.e. quantities of uranium recoverable from mineable ore, as opposed to quantities contained in mineable ore, or quantities *in situ*, i.e., not taking into account mining and milling losses. Therefore both expected mining and ore processing losses have been deducted in most cases. If a country reports its resources as *in situ* and the country does not provide a recovery factor, the Secretariat assigns a recovery factor to those resources based on geology and projected mining and processing methods to determine recoverable resources.

SECONDARY SOURCES OF URANIUM TERMINOLOGY

a) Mixed oxide fuel (MOX): MOX is the abbreviation for a fuel for nuclear power plants that consists of a mixture of uranium oxide and plutonium oxide. Current practice is to use a mixture of depleted uranium oxide and plutonium oxide.

b) Depleted uranium: Uranium where the ²³⁵U assay is below the naturally occurring 0.7110%. (Natural uranium is a mixture of three isotopes, uranium 238 – accounting for 99.2836%, uranium 235 – 0.7110%, and uranium 234 – 0.0054%). Depleted uranium is a by-product of the enrichment process, where enriched uranium is produced from initial natural uranium feed material.