

# **Megatons per lo Sviluppo**

***Studio di Fattibilità tecnico-economica  
del Programma di conversione delle armi nucleari  
in progetti nei Paesi in via di sviluppo.***

**AGGIORNAMENTO 2008**

**Gruppo di Enti (GdE) per lo Studio di aggiornamento “Conversione Nucleare e Sviluppo”:**

## **ADVISOR:**

Prof. Bernard Vieillard-Baron, Segretario Generale SFEN (Société Française d'Energie Nucléaire)

## **ANSALDO NUCLEARE S.p.A.**

Ing. Roberto Adinolfi, Ing. Alberto Negrini

## **COMITATO PER UNA CIVILTÀ DELL'AMORE**

Dr. Paolo de Magistris, Ing. Giuseppe Rotunno

## **ESPERTI del COMITATO**

Ing. Vanio Ortenzi –Dirigente APAT

Prof. Francesco Marinelli – Univ. di Roma, La Sapienza

## **FLAEI-CISL**

Dr. Carlo De Masi, Dr. Maurizio Bernassola, Dr. Massimo Saotta

## **SOGIN**

Ing. Paolo Allievi, Ing. Gianfranco Genco, Ing. Antonio Ganci, Ing. Roberto Nardini, p.i. Aldo Fanfarillo, Ing. Elisabetta Mancini, p.i. Massimo Meddi

## **UNIVERSITA' CATTOLICA, Milano**

Dipartimento di Economia Internazionale – Prof.ssa Simona Beretta

## **UNIVERSITA' “La Sapienza” di Roma**

Dipartimento di Ingegneria Nucleare –Prof. Antonio Naviglio

## **YOUNG GENERATION OF ENS**

Ing. Enrico Mainardi

## Indice

<b>1.</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>pag. 3</b>
<b>2.</b>	<b>TESTATE NUCLEARI IN DISARMO</b>	<b>pag. 3</b>
<b>3.</b>	<b>CONVERSIONE NUCLEARE E SVILUPPO</b>	<b>pag. 4</b>
<b>4.</b>	<b>SVILUPPO NEL MONDO: EFFETTO LEVA SUGLI AIUTI E PROGETTI IN CAMPO ENERGETICO CON FONTI RINNOVABILI NEI PAESI POVERI</b>	<b>pag. 5</b>
<b>5.</b>	<b>RISULTATI GLOBALI RAGGIUNGIBILI</b>	<b>pag. 6</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>pag. 7</b>
<b>7.</b>	<b>ALLEGATI:</b>	
<b>A</b>	<b>IL MERCATO DEL COMBUSTIBILE NUCLEARE – ANALISI ANSALDO NUCLEARE</b>	
<b>B</b>	<b>URANIO RITRATTATO E PLUTONIO NELLA CONVERSIONE NUCLEARE SOGIN</b>	
<b>C</b>	<b>CO2 E SALVAGUARDIA AMBIENTALE ESPERTO DEL COMITATO - ING. V. ORTENZI</b>	
<b>D</b>	<b>ASPETTI SOCIALI ED OCCUPAZIONALI FLAEI CISL</b>	
<b>E</b>	<b>CONSIDERAZIONI ECONOMICHE SULLA FATTIBILITA' DEL PROGETTO UNIVERSITA CATT. DI MILANO DIP. ECONOMIA INTERNAZIONALE</b>	
<b>F</b>	<b>PROGETTI DI SVILUPPO AD ESEMPIO IN CONGO COMITATO E SOGIN</b>	

## 1. INTRODUZIONE.

Il presente documento rappresenta l'aggiornamento degli Studi fatti sin dal 1989 sul Programma "Conversione delle armi nucleari in progetti di sviluppo nel Sud del mondo" e che sono stati presentati in particolare al Convegno italiano "Impegna l'Europa per la Pace" tenutosi a Roma l'11 novembre 2004 ed al Convegno Internazionale di Assisi del 13 Aprile 2007.

Premesso che ad oggi i quantitativi di testate nucleari ancora da convertire sono stimati essere circa 40.000 unità ed i corrispondenti quantitativi di uranio militare altamente arricchito (High Enriched Uranium – HEU) di circa 1000 ton, si può auspicare che si possa promuovere un nuovo Accordo, tra le potenze nucleari, di conversione di HEU in combustibile nucleare per scopi pacifici di almeno **200** tonnellate di HEU (derivanti da **8.000** testate nucleari in disarmo) da convertire in 10 anni, sulla scia del Programma "Megatons to Megawatts", in atto tra USA e Russia.

In particolare viene ribadito che in tale nuovo accordo si possa considerare come diluente dell'HEU l'impiego, oltre che di uranio naturale o depleto o debolmente arricchito, anche dell'uranio risultante dal riprocessamento del combustibile irraggiato,.

Tale impiego può da un lato eliminare uranio riprocessato e dall'altro rendere più economico il processo di conversione dell'HEU per produrre combustibile per centrali nucleari.

Il presente aggiornamento conferma la validità economica dell'uso di uranio al **3,6%**, proveniente dalla conversione di HEU diluito anche con uranio di riprocessamento, con arricchimento meno de l'1%, nei confronti di quello proveniente dall'arricchimento dell'uranio naturale di miniera.

L'aggiornamento tiene conto dei nuovi valori di alcuni parametri economici che sono alla base del predetto studio di fattibilità quali ad esempio:

- l'aumento del costo dell'uranio naturale;
- l'aumento del costo del lavoro di arricchimento; e della produzione del combustibile nucleare

Da tale aggiornamento è scaturito un maggiore *dividendo economico*, da poter destinare alla realizzazione di progetti energetici/infrastrutturali nei Paesi in via di sviluppo.

## 2. TESTATE NUCLEARI IN DISARMO

La tecnologia nucleare è nata in campo militare e questa origine non ha giovato al suo sviluppo nelle applicazioni a scopo pacifico specialmente in quelle nazioni ove tale origine ha dato modo di essere posizionata in cattiva luce nei confronti della opinione pubblica.

Dal punto di vista tecnico questa origine è comune a altre tecnologie che sono state sviluppate durante periodi di guerra e che poi hanno trovato applicazioni utilissime nell'impiego pacifico.

L'energia nucleare fa il suo esordio con le esplosioni alla fine dell'ultimo periodo bellico mondiale, ma subito dopo il suo utilizzo si divide in due filoni nettamente distinti che poco hanno a che vedere l'uno con l'altro. Un filone continua ad essere sviluppato nel campo militare ed un secondo trova largo impiego nell'utilizzo pacifico della grande quantità di energia che si trova disponibile nel minerale Uranio. Si vuole ricordare, come aneddoto, che in una enciclopedia della tecnica edita all'inizio del 1900, sotto la voce Uranio era scritto: nessuna applicazione.

E' comunque un dato di fatto che l'utilizzo dell'Uranio nel campo energetico permette di avere a disposizione una grande quantità di energia concentrata in una quantità di materiale molto ridotta. Si ha a disposizione un materiale contenente una densità energetica di gran lunga superiore alle risorse energetiche di tipo tradizionale; l'Uranio fissile ha un contenuto energetico di circa 2 milioni di volte superiore a quello del petrolio.

Il filone sviluppato nel campo militare ha portato alla realizzazione di ordigni bellici molto potenti che hanno proliferato durante il periodo della Guerra fredda con la costruzione di migliaia di esemplari. Alla fine il numero totale delle testate nucleari è stato stimato pari a circa 60.000 unità con una quantità di Uranio ad alto arricchimento (HEU) stimato in circa 1.500 tonnellate. Ora la quasi totalità sono dichiarate in disarmo dagli USA e dalla Russia dopo gli Accordi di disarmo avviati l'8 dicembre 1987.

L'arricchimento dell'uranio militare è superiore al 90% mentre l'arricchimento di quello utilizzato nel campo civile non supera, per i reattori più diffusi, il 4,5%. Questa differenza evidenzia subito che si tratta di due materiali completamente diversi, ma evidenzia anche che la conversione del HEU per scopi pacifici renderebbe disponibile una grande quantità di energia in quanto è possibile diluire il materiale bellico per passare da un arricchimento superiore al 90% a quello utilizzabile per reattori di produzione elettrica inferiore al 5%.

In teoria dalle 1500 tonnellate di HEU si potrebbero ricavare 45.000 tonnellate di uranio utilizzabile a scopi pacifici ed equivalenti a circa **3 miliardi** di tonnellate di petrolio (3.000 MTep).

Tenendo presente che il consumo mondiale annuo di energia elettrica è pari a circa **1,5 miliardi** di tonnellate equivalenti di petrolio, il quantitativo energetico contenuto in tutte le testate esistenti sarebbe sufficiente a soddisfare il fabbisogno energetico elettrico di tutti i popoli della terra per **2 anni**.

Alla luce delle considerazioni precedenti è stato attuato, da parte di USA e Russia, il Programma "*Megatons to Megawatts*" e dopo la presentazione nel 1992 della prima ricerca avviata in Italia da noi con il compianto Edoardo Amaldi, che insieme ad Enrico Fermi faceva parte del gruppo "di Via Panisperna" a Roma nella scoperta della energia nucleare.

Il Programma "*Megatons to Megawatts*" costituisce il principale punto di riferimento per il presente *Studio di fattibilità tecnico-economica di Conversione delle Armi Nucleari in Progetti di Sviluppo nel Sud del mondo*, oggetto del presente Convegno.

La conversione dell'uranio militare in combustibile nucleare può avvenire diluendo, sotto forma gassosa, l'Uranio altamente arricchito (HEU) con uranio debolmente arricchito (1,5%), con uranio depleto (0,3%), con uranio naturale (0,7%) e anche con uranio riprocessato (meno di 1%).

### **3. CONVERSIONE NUCLEARE E SVILUPPO**

Il presente studio si ispira, in particolare per gli aspetti economici, al Programma "*Megatons to Megawatts*", attuato tra USA e Russia.

In particolare si è pensato di attuare un *Programma di Conversione delle Armi Nucleari in Progetti di Sviluppo nel Sud del mondo*, attraverso un accordo internazionale che coinvolga le potenze nucleari e l'ONU, e che utilizzi anche uranio riprocessato come diluente dell'HEU.

Il quantitativo totale di HEU, quanto minimo utile alle attuali previsioni di mercato, a cui si fa riferimento è di circa **200 ton**, pari allo smantellamento di circa 8.000 testate nucleari, con una produttività di circa **20 ton/anno** di HEU corrispondenti a circa **620 ton/anno** di uranio convertito al 3.6% (valore medio assunto), per un periodo di 10 anni.

Tale quantitativo di 620 ton/anno sarebbe quello necessario al ricambio del combustibile esaurito annualmente in centrali elettronucleari che utilizzano elementi di combustibile con tale arricchimento.

Nel caso che 620 ton/anno di uranio, esaurito nelle centrali elettronucleari europee, fossero rimpiazzate da uranio derivante dal normale arricchimento dell'uranio naturale di miniera, il prevedibile prezzo di mercato livellizzato in 10 anni (2007-2016) sarebbe di circa **2000\$/kgU<sub>3,6%</sub>**.

Se per contro lo stesso quantitativo di uranio esaurito fosse rimpiazzato da uranio derivante dalla conversione delle armi nucleari, il prevedibile costo, in virtù degli accordi internazionali da stipulare, sarebbe ben inferiore a **2000 \$/kgU<sub>3,6%</sub>**.

Sulla base dei nostri studi di aggiornamento tale valore costituirebbe un risparmio (rispetto al prezzo di mercato di cui sopra) per un totale minimo di **400M\$/anno**, potenzialmente da destinare, come **dividendo economico**, ai progetti di sviluppo .

Qualora, il su citato quantitativo di uranio di 620 ton/anno fosse rimpiazzato da uranio derivante dalla conversione delle armi nucleari, utilizzando come diluente uranio riprocessato, in attuazione del programma come anche valutato nel presente studio, il risparmio sarebbe almeno analogo rispetto a quello ottenuto dalla diluizione di HEU con uranio naturale di cui sopra per un totale di oltre **400 M\$/anno**, potenzialmente da destinare, come **dividendo economico**, ai progetti di sviluppo.

Quindi l'utilizzo dell'uranio da riprocessamento, come diluente di quello proveniente dalle testate nucleari, renderebbe disponibili ulteriori risorse a causa dell'eliminazione dei costi dei depositi di tali scorie nucleari.

#### **4. SVILUPPO NEL MONDO: EFFETTO LEVA SUGLI AIUTI E PROGETTI IN CAMPO ENERGETICO CON FONTI RINNOVABILI NEI PAESI POVERI**

Lo sviluppo socio-economico, indotto dalla conversione nucleare nei paesi che impiegano l'energia nucleare e inoltre indotto dal suo dividendo economico da investire nelle aree di bisogno del pianeta, può assumere diversi connotati.

Infatti va innanzitutto considerato che la conversione nucleare in atto di testate nucleari russe, nell'ambito dell'accordo Usa-Russia "Megatons to Megawatts" del 1993 e aggiornato nel 2002, porta un beneficio dell'ordine di circa 12 miliardi di USD lordi complessivamente in 20 anni.

Il presente Aggiornamento valuta quanto sviluppo si può promuovere sia nei paesi che impiegano tale energia nucleare sia in aree di bisogno nel mondo tramite progetti sostenuti dal dividendo economico risultante dalla conversione di un nuovo quantitativo di uranio militare (circa 200 ton di HEU) utilizzando le capacità tecnologiche internazionali.

Tale effetto sullo sviluppo sarebbe ancora più rilevante se venisse applicato ove possibile come intervento integrativo per generare "un'effetto leva" per programmi di sviluppo da completare.

Si potrebbe dare la precedenza ai progetti energetici con fonti rinnovabili sia per sfruttare le risorse locali più presenti nei paesi poveri sia per avviare un modello di sviluppo più ecologicamente compatibile sia a livello locale che più generale e planetario a beneficio di tutta l'umanità'.

Il dividendo economico della conversione delle armi nucleari ammonta, come già detto a conclusione dell'attuale aggiornamento dello Studio, a almeno 400 milioni di USD all'anno per 10 anni consecutivi, da impiegare innanzitutto in piccoli progetti stante la dimostrata maggiore efficacia dei medesimi nello sviluppo di aree molto povere, secondo quanto già adottato nel Programma di conversione e sviluppo lanciato da Assisi dagli scienziati e dai responsabili riuniti nel Summit internazionale per la Pace nel 2002.

Si farà riferimento prevalentemente agli interventi con microprogetti e realizzazioni puntuali effettuati dalle ONG in quanto, rispetto alle organizzazioni governative, sono in grado di favorire un maggior coinvolgimento delle popolazioni nel processo del loro sviluppo.

I microprogetti per sviluppo socio-economico delle popolazioni povere, sono mirati a realizzazioni per villaggi o piccole comunità, in forma compiuta, tali da offrire la soluzione ai bisogni primari di quelle popolazioni.

I microprogetti possono essere di vario tipo come qui schematizzato.

#### 4.1 Energetici

- Packages fotovoltaici,
- minihydro per elettricità ed irrigazione,
- impianti eolici per elettricità e per sollevamento acqua da pozzi,
- impianti da biomasse,
- diesel.

#### 4.2 Infrastrutturali

- Ospedali,
- Scuole,
- Acqua potabile,
- Vie di comunicazione (strade ,porti, etc.),
- Telecomunicazioni.

#### 4.3 Microimprese

Esse possono essere microcooperative che realizzano in proprio attività lavorative o microprogetti utilizzando microcrediti derivanti dal dividendo economico, secondo le esigenze del mercato locale.

Si fa presente che il dividendo economico, derivante dalla conversione nucleare, può allargare il complesso degli interventi che già altre organizzazioni sostengono nelle aree di sviluppo.

Una esemplificazione eseguita dal nostro Studio ha fatto riferimento ai progetti realizzati nel 2002 da tutte le ONG dell'Italia, le quali hanno promosso opere mirate alle caratteristiche locali, mediante microprogetti del tipo sopra citato.

L'impegno economico complessivo sostenuto da tali ONG è stato di circa 180 milioni di euro attraverso 1525 interventi di sviluppo attuati in tutto il mondo (e di circa 60 milioni di euro nell'Africa).

Tale cifra corrisponde a circa la metà del **Dividendo economico** di **400 M\$/anno** (vedi cap.5), il quale come sopra detto deriva dalla conversione nucleare di 20 ton di uranio militare all'anno, per un periodo di 10 anni, proveniente dallo smantellamento di sole 8000 testate nucleari.

In particolare in Allegato F sono analizzati i progetti che possono essere finanziati in tante nazioni come la Repubblica Democratica del Congo con l'utile netto della conversione di testate nucleari.

## 5. RISULTATI GLOBALI RAGGIUNGIBILI

Complessivamente da tale nuova iniziativa di disarmo e sviluppo, grazie al contributo politico dell'ONU con la sua preposta Agenzia ed al contributo operativo del Consorzio Industriale al processo della conversione nucleare e dello sviluppo si otterrebbero risultati molto significativi per la sicurezza e la pace nel mondo ed in particolare:

- l'eliminazione di **8.000** testate nucleari e quindi la loro riduzione presso i magazzini militari, riducendone l'onere corrispondente e commercializzando il risultante combustibile;
- l'eliminazione di circa **1 miliardo di tonnellate di CO<sub>2</sub>** e tonnellate di "scorie nucleari" costituite dall'uranio presso gli impianti di ritrattamento del combustibile nucleare esaurito, qualora quest'ultimo fosse il diluente di HEU da disarmo;
- la realizzazione di anche **MIGLIAIA DI microprogetti di sviluppo** a livello internazionale, grazie esclusivamente al dividendo economico della conversione delle testate nucleari **di OLTRE 400 M\$/anno e per 10 anni.**

Tali risultati porterebbero direttamente alla riduzione in assoluto del rischio di esplosioni di armi nucleari per qualunque causa e con positive conseguenze sul piano socio-economico del pianeta. Inoltre, con l'eliminazione di notevoli quantitativi di "scorie nucleari" dall'Europa e dal mondo si concorrerebbe efficacemente alla salvaguardia del creato anche per le generazioni future.

Infine con tale processo si innescherebbe significativamente un nuovo sviluppo per decine di milioni di persone in Africa, in Asia ed America latina.

## **6. CONCLUSIONI**

Lo Studio Italiano in conclusione conferma ancora una volta che è fattibile tutta l'operazione di riduzione degli armamenti nucleari e del conseguente incremento di benessere nel mondo.

In più lo Studio dimostra che il processo di disarmo nucleare e sviluppo sarà molto favorito da un intervento eticamente forte dei Paesi nucleari e ad alta tecnologia.

Tale iniziativa per lo sviluppo favorirebbe anche la soluzione del problema del trasferimento di tecnologie avanzate ai Paesi emergenti, come ad esempio la tecnologia nucleare pacifica.

Anche la UE, in questo periodo, si sta facendo promotrice a livello internazionale di tale tema così delicato e importante per la pace e la sicurezza nel mondo.

Lo Studio italiano rafforzerebbe anche tale iniziativa intrapresa a livello internazionale ed offre valido supporto tecnico-economico per l'eliminazione del fissile risultante anche dal ritrattamento dell'uranio esaurito delle centrali elettro-nucleari, riducendo il rischio di minaccia nucleare.

Si potrebbe così consolidare il processo civile e pacifico dell'uso dell'energia nucleare nel mondo, nei nuovi scenari di fabbisogni energetici globali.

Si rafforzerebbe così in definitiva un maggiore sviluppo nei paesi emergenti e tendenzialmente si ridurrebbero le ragioni che portano alla insicurezza e alla instabilità dei popoli.

Con il presente Studio tecnico ed economico ancora una volta l'Italia, saldamente insieme all'Europa e alle Potenze nucleari, si augura di poter offrire alla comunità internazionale, nella scia della sua tradizione storica millenaria, un contributo di civiltà per un nuovo sviluppo e una più stabile pace nel mondo.

## **ALLEGATO A**

### **IL MERCATO DEL COMBUSTIBILE NUCLEARE - ANALISI**

## A.1 RISORSE DI URANIO, PRODUZIONE E MERCATO

Le forniture di uranio vengono classificate in due principali categorie<sup>[1]</sup>: forniture primarie e secondarie. Le forniture primarie includono tutto l'uranio derivante dalle attività di estrazione dalle miniere di minerali uraniferi e dalla loro lavorazione. Le forniture secondarie generalmente includono uranio ad alto arricchimento (HEU), riserve di uranio naturale e a basso arricchimento (LEU), combustibile ad ossidi misti (MOX), uranio proveniente da riprocessamento (RepU) e uranio ri-arricchito mediante ulteriore impoverimento delle code.

Si valuta che le forniture secondarie possano coprire il 40% della domanda a condizione che vengano immesse sul mercato in maniera programmata e sistematica. Entro il 2025 ci si aspetta che questo contributo scenda a circa il 5% della domanda e che continui a diminuire fino al 2050. Le forniture secondarie potranno contribuire tra l'11% e l'8% alla domanda cumulativa di uranio fino al 2050, in un'ipotesi di domanda media e alta rispettivamente.

Il mondo<sup>[2]</sup> ha riserve convenzionali accertate di uranio pari a 2 milioni e mezzo di tonnellate a costi inferiori a 80 US\$/kgU, che rappresentano circa 40 anni di domanda agli attuali tassi di consumo e con le attuali tecnologie di reattori nucleari. Ulteriori risorse conosciute, allo stesso livello di prezzo, sono stimate in circa 850.000 tonnellate (corrispondenti a 15 anni di domanda) e sono principalmente localizzate in Australia, Kazakistan, Uzbekistan e Canada. Le riserve accertate mondiali di uranio sono dunque stimabili tra i 3,4 e i 3,8 milioni di tonnellate, equivalenti all'incirca a 55 anni della domanda di uranio ai consumi attuali.

Per quanto riguarda l'Unione Europea (UE), le riserve di uranio naturale dei paesi membri ammontano a circa il 2% (52.000 tonnellate) delle riserve mondiali, ma l'attività estrattiva è stata quasi totalmente abbandonata negli ultimi anni. Ciò in quanto, avvicinandosi molte miniere all'esaurimento, l'estrazione di uranio in Europa era diventata costosa rispetto ai prezzi mondiali ed inoltre, ampie riserve di combustibile nucleare si erano ultimamente accumulate nel mondo negli ultimi anni. Riguardo le riserve primarie, queste potrebbero in linea di principio incrementarsi, anche se a prezzi più elevati, qualora si sfruttino riserve non convenzionali atte a garantire la copertura della domanda nel lungo periodo. Tuttavia, prezzi più alti per l'uranio primario avrebbero un piccolo impatto sul costo unitario dell'elettricità prodotta, in quanto incidenti limitatamente sui costi complessivi di produzione.

Il ritrattamento del combustibile nucleare esaurito potrebbe essere inoltre considerato come ulteriore contributo all'ammontare delle riserve primarie: una volta separati dai prodotti di fissione, sia l'uranio residuo che il plutonio possono essere infatti recuperati per fabbricare nuovo combustibile per gli impianti nucleari.

Ed infine, anche il materiale ottenuto dallo smantellamento degli armamenti nucleari dovrebbe essere conteggiato come importante fonte secondaria di combustibile nucleare.

I prezzi correnti per le riserve convenzionali accertate di uranio, secondo il mercato dei contratti a pronti (così come rilevato da gruppi aziendali e/o consulenti quali RWE Nukem, TradeTech o Ux Consulting), dopo un marcato incremento fino a quasi 140 US\$/lbU<sub>3</sub>O<sub>8</sub> a metà 2007, sono crollati subito dopo in meno di un mese a circa 90 US\$/lbU<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, per poi scendere ancora, sebbene ad un livello ancora alto, intorno agli attuali 70 US\$/lbU<sub>3</sub>O<sub>8</sub> (182 USD/kgU), e cioè più o meno allo stesso livello del primo trimestre 2007.

Si sottolinea come il cosiddetto "spot price"<sup>1</sup> dell'uranio apparirebbe essersi incrementato di almeno dieci volte dal 2001, mentre un fattore tre sarebbe invece applicabile secondo i contratti a breve termine registrati da Euratom.

---

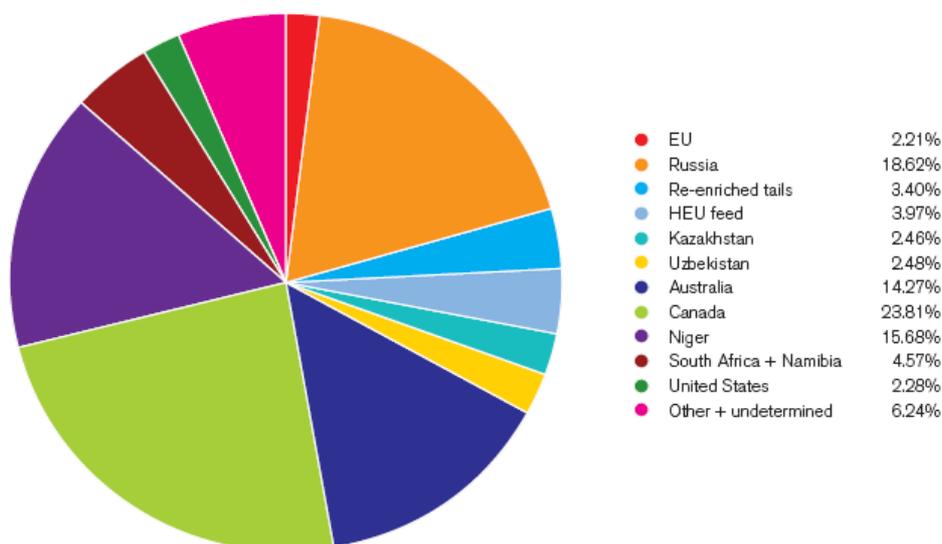
<sup>1</sup> e cioè i prezzi dell'uranio primario osservati sul breve periodo da alcune compagnie e agenzie di consulenza, che differiscono sostanzialmente da quelli "spot" riportati dalla Euratom Supply Agency (ESA), che di fatto si riferiscono a contratti per singole forniture o a forniture per un massimo di 12 mesi, senza considerare alcun limite tra la stipulazione del contratto e la fornitura effettiva.

Diversamente conteggiato, il sensibile aumento del prezzo dell'uranio ha comunque incoraggiato nuove iniziative ed investimenti in attività di esplorazione.

L'approvvigionamento della materia prima in uranio è la sola parte del ciclo del combustibile nucleare per il quale la UE non è autosufficiente: con l'attuale tecnologia dei reattori nucleari e con il "ciclo di combustibile aperto", l'UE dipende da forniture esterne di uranio per il 90÷95% delle sue necessità. L'industria nucleare europea detiene tuttavia la capacità di gestire l'intero ciclo del combustibile. La produzione interna di uranio primario nel 2006 ha superato il 2% della richiesta UE, per la maggior parte quasi tutta dalla Repubblica Ceca, mentre l'ammontare del ri-arricchimento di uranio impoverito proveniente dalle code del processo di arricchimento è stato di 700 tU e quello di provenienza da materiale alto arricchito (HEU) di 850 tU.

La politica dell'Agenzia di Euratom per le Forniture di Uranio (Euratom Supply Agency, ESA) è quella di far fronte alle necessità dei paesi membri garantendo, essenzialmente tramite l'autorizzazione di contratti di fornitura, che ci sia un elevato numero diversificato di fonti di approvvigionamento e che vengano evitate dipendenze eccessive da singole regioni geografiche (vedasi Figura A.1-1<sup>[3]</sup>, con Canada, Russia, Niger e Australia i maggiori fornitori di uranio naturale della UE).

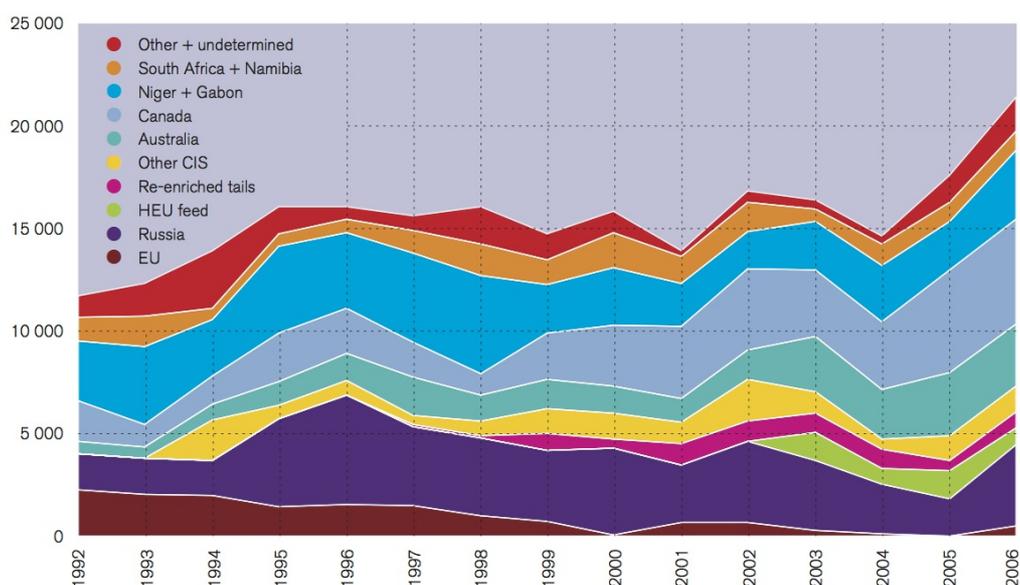
I produttori elettronucleari europei normalmente mantengono riserve di combustibile che coprono alcuni anni di funzionamento degli impianti, in quanto il combustibile di uranio si immagazzina agevolmente a basso costo. Pertanto, oltre ad essere le forniture di uranio più diversificate geograficamente rispetto a petrolio e gas naturale, le ulteriori fasi del ciclo del combustibile nucleare sono, una volta garantiti gli approvvigionamenti, largamente domestiche, cosicché le risorse di uranio importate, e sottoposte altresì a riciclaggio, divengono prettamente domestiche.



**Figura A.1-1** – Origine dell'uranio utilizzato nel 2006 dai produttori elettro-nucleari UE.

Questo è importante poiché con solo l'8% della popolazione mondiale, l'UE consuma il 18 ÷ 19% dell'energia mondiale e il 35% dell'uranio mondiale: l'energia nucleare nella UE costituisce di fatto circa il 23% della potenza elettrica installata e circa il 32% della produzione elettrica da 152 reattori sparsi tra 15 Paesi Membri. Ciò ne fa la più grande fonte di elettricità a bassa emissione di CO<sub>2</sub> nella UE, contribuendo agli obiettivi di politica energetica europea.

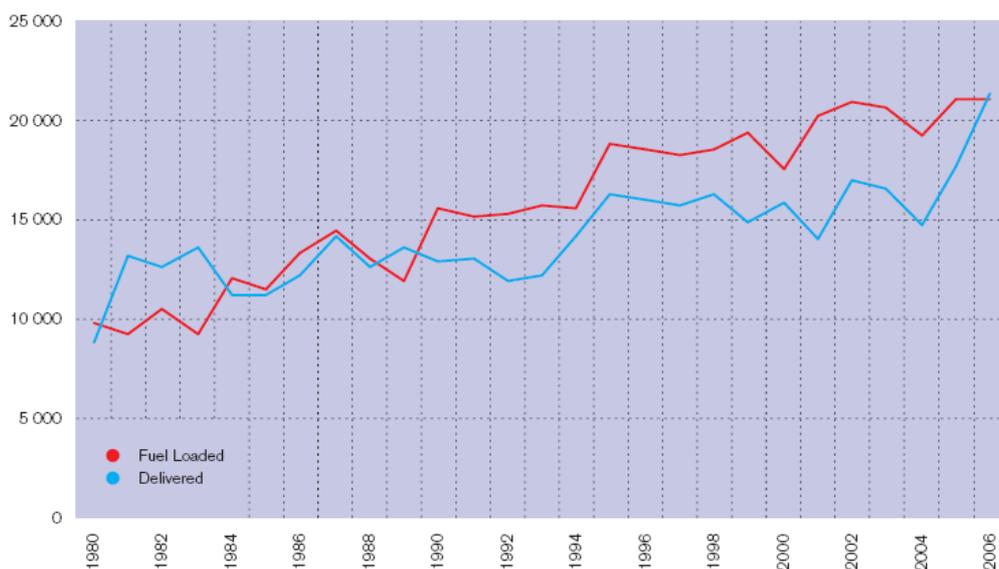
Le salvaguardie poste in atto dall'Euratom conferiscono inoltre alla UE una innegabile credibilità al fine di assicurare la non proliferazione dei materiali nucleari. La Figura A.1-2<sup>[3]</sup> illustra l'andamento degli approvvigionamenti di uranio, per Paese di origine, da parte dei produttori elettro-nucleari europei.



**Figura A.1-2** – Origine delle forniture di uranio (tU) agli elettro-produttori UE nel 1992–2006.

**Situazione al 2006** – Confermando la tendenza del 2005<sup>[4]</sup> di rinnovato interesse a livello mondiale nella costruzione di nuovi impianti nucleari in risposta ai prezzi crescenti dei combustibili fossili e alle preoccupazioni sui cambiamenti climatici dopo l'entrata in vigore del Protocollo di Kyoto all'inizio del 2005, durante il 2006<sup>[3]</sup> l'interesse in nuova capacità produttiva nucleare ha continuato a crescere in modo preponderante a livello mondiale. L'attenzione per la sicurezza degli approvvigionamenti energetici si è mantenuta alta tra i politici, con le forniture di petrolio e gas naturale al primo posto, ma considerando la garanzia degli approvvigionamenti di combustibile nucleare non meno importante, visto che l'energia nucleare fornisce circa un terzo di elettricità nella UE.

Mentre le forniture di uranio naturale alle compagnie elettronucleari della UE sono state stabili nel 2005, per la prima volta nel 2006, dopo molti anni, sono risultate leggermente in eccesso rispetto al combustibile caricato nei reattori (Figura A.1-3).



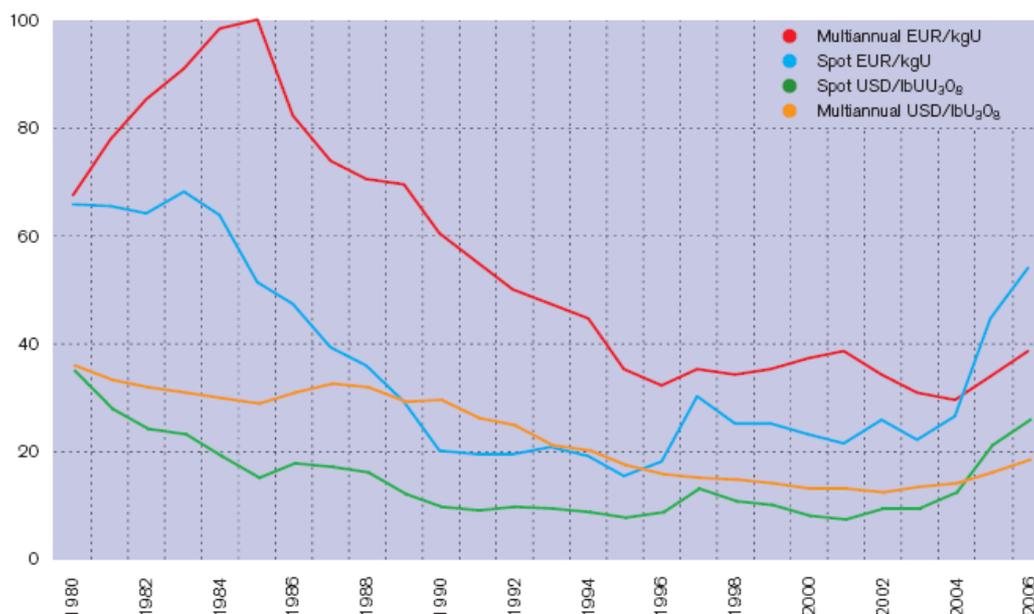
**Figura A.1-3** – Uranio naturale contenuto nel combustibile caricato nei reattori e uranio naturale fornito agli elettro-produttori nucleari tramite contratti d'acquisto (tU).

Scorte di uranio appaiono dunque ricostituirsi in risposta alle preoccupazioni di garanzia degli approvvigionamenti e ai prezzi in crescita, in linea con la politica di diversificazione delle compagnie UE.

Durante il 2006, le spedizioni di uranio naturale alle compagnie europee (EU-25) sono state infatti pari a 21 400 tU, leggermente superiori a quelle (equivalenti) caricati nei reattori (21 000 tU): dal momento che per molti anni in passato i quantitativi utilizzati avevano ecceduto le forniture, la riduzione delle scorte parrebbe ora essersi arrestata, per trasformarsi persino in un accumulo in alcuni casi.

Le riserve globali di uranio sono sufficienti per un'importante espansione dell'industria, ma ragionevoli scorte sono necessarie per compensare possibili limitazioni di fornitura nel tempo necessario a supportare la realizzazione degli investimenti presenti e il numero limitato di operatori nel campo del ciclo del combustibile nucleare.

I prezzi di mercato dell'uranio sono cresciuti sensibilmente, sia per il mercato a pronti che per i nuovi contratti a lungo termine, mentre l'incremento dei prezzi pagati sotto contratti esistenti è stato più contenuto, come mostrato in Figura A.1-4 (15% di aumento per contratti a lungo termine, come per il 2005 rispetto al 2004, e 21% per contratti a pronti nel 2006).



**Figura A.1-4** – Prezzi medi dell'uranio naturale (fonte Euratom<sup>[3]</sup>) fornito secondo contratti a pronti e multi-annuali nel periodo 1980–2006 (EUR / kgU and USD / lbU<sub>3</sub>O<sub>8</sub>).

I prezzi riportati dall'ESA sono quelli pagati dai produttori elettronucleari in base a contratti di acquisto che includono anche l'equivalente in uranio naturale per acquisti di uranio arricchito. Le stime ESA si basano su dati affidabili facenti riferimento a contratti dove l'uranio naturale è comprato separatamente o è disponibile una stima affidabile della sua componente di costo nel prezzo di acquisto.

I prezzi medi basati sui contratti originali convertiti utilizzando i tassi di cambio medi annuali della ECB (EUR/USD=1,26 nel 2006 vs. 1,24 nel 2005) sono stati stimati per forniture basate su contratti multiannuali a **EUR 38,41/kgU** (48,4USD/kgU) nel 2006 vs. 33,56 EUR / kgU nel 2005 (USD 18,55 / lbU<sub>3</sub>O<sub>8</sub> nel 2006 e USD 16,06 / lbU<sub>3</sub>O<sub>8</sub> nel 2005).

I prezzi medi per contratti a pronti nel 2006 sono stati pari a **EUR 53,73/kgU** vs. EUR 44,27 / kgU nel 2005 (25,95 USD / lbU<sub>3</sub>O<sub>8</sub> nel 2006 e 21,19 USD / lbU<sub>3</sub>O<sub>8</sub> nel 2005): tali valori sono evidentemente più bassi rispetto a quelli riportati per il mercato "spot" sul breve periodo

da compagnie di fornitura o di consulenza. Secondo l'ESA, i contratti "spot" sono infatti quelli afferenti una singola fornitura o a piccole forniture per un massimo di 12 mesi, cosicché i prezzi per il mercato a pronti dell'ESA differiscono sostanzialmente da quelli pubblicati da altre fonti (come RWE Nukem, TradeTech o Ux Consulting). Ciò lo si può spiegare principalmente in termini di differenti tempistiche considerate, potendosi ancora conteggiare nelle stime ESA, che non contemplano alcun limite di tempo tra la stipula del contratto e la spedizione del materiale, contratti a pronti di anni precedenti.

Ad ogni modo, poiché i quantitativi di uranio forniti mediante contratti a pronti rappresentano meno dell'8% del totale (il che è in linea con la media storica – pari al 5% nel 2005), questo indicatore di prezzo è considerato meno rappresentativo dei reali prezzi di mercato dell'uranio.

Difformemente dal 2005, che segnò per due anni consecutivi un certo incremento, la produzione globale di uranio è diminuita nel 2006 rispetto al 2005 (principalmente a causa di problemi tecnici e climatici), anche se nuove miniere di uranio sono entrate in produzione o sono in procinto di farlo. Pur tuttavia si rende necessario un incremento di produzione primaria di uranio in quanto il consumo continua ad eccedere in modo sostanziale la produzione mineraria e i prezzi elevati hanno portato ad un incremento nelle attività di prospezione ed estrazione con la programmazione di diverse espansioni di miniere esistenti e l'apertura di nuove miniere, il che dovrebbe consentire a coprire il divario tra domanda e offerta nel periodo 2010 ÷ 2015, ma nel breve termine il mercato dell'uranio continuerà ad essere teso.

Il Canada ha mantenuto nel 2006 con 5 100 tU (2% in più del 2005), la sua posizione prominente di fornitore di uranio naturale ai produttori elettronucleari della UE (come appare da Figura A.1-1) e, mentre anche l'Australia ha mantenuto il suo livello precedente di forniture (3 050 tU nel 2006 vs. 3 000 tU in 2005), le forniture dal Niger si sono incrementate a 3 350 tU (all'incirca del 40%, dalle 2 400 tU del 2005).

Secondo i gestori elettronucleari della UE, le forniture di uranio naturale dalla Russia ammonterebbero a quasi 4 000 tU, ma tale dato, secondo ESA, sarebbe superiore alla produzione di uranio naturale della Russia: poiché diversi gestori UE acquistano uranio arricchito, o persino elementi di combustibile completi dalla Russia, è possibile che queste stime includano uranio estratto da altri Paesi (e.g. Kazakhstan, Ukraine and Uzbekistan), con parti derivanti dal maggior contributo del più basso arricchimento residuo delle code di uranio impoverito generate dai processi di arricchimento utilizzati dall'industria russa, per mezzo dei quali verrebbe "creato" più uranio.

Acquisti dal Kazakhstan sono rimasti relativamente bassi, ma ci si aspetta che possano incrementarsi negli anni a venire attraverso varie joint ventures.

Quasi tutta la produzione interna di uranio (2% della domanda UE) è provenuta dalla Repubblica Ceca che, grazie al favorevole mercato al rialzo, ha deciso di estendere la vita produttiva della miniera di Rožna senza alcun limite di tempo (era stata precedentemente limitata al 2008). Anche la Romania risulta avere qualche attività mineraria, ma in grado di coprire solamente il suo fabbisogno interno.

Per ciò che attiene le attività di prospezione, alcuni Paesi UE (come Finlandia, Ungheria, Portogallo, Repubblica Slovacca, Spagna e Svezia) potrebbero avere prospettive relativamente buone per future produzioni, ma poste al di là di molti anni e molto probabilmente di piccola scala, se poste nel contesto globale, comunque utili alla sicurezza di approvvigionamenti della UE.

Le fonti secondarie di uranio continuano ad avere un peso molto ampio sul mercato e, anche se ci si aspetta che la fonte primaria si incrementi sostanzialmente nel periodo 2010 ÷ 2015, l'eventuale riduzione della fonte secondaria e ritardi nello sviluppo di nuove attività estrattive possono concorrere a rendere il mercato dell'uranio piuttosto difficoltoso nei prossimi anni.

Nella UE il contributo in uranio naturale equivalente di provenienza dal ri-arricchimento delle code di depleto, si è incrementato nel 2006 da 500 a 700 tU, mentre quello di provenienza da materiale alto-arricchito è diminuito (da 1 400 a 850 tU).

Il mercato di conversione e relativi prezzi si sono mantenuti stabili nel 2006, con capacità di conversione tra Europa e Stati Uniti ancora sbilanciati; una maggiore capacità di conversione è verosimilmente necessaria in Europa, specialmente alla luce delle nuove capacità di arricchimento in fase di installazione.

ESA ha stimato mediamente il prezzo di conversione nel 2006 intorno a **EUR 6,37/kgU** (USD 8,00/kgU).

Il mercato della fabbricazione del combustibile nucleare è anch'esso rimasto relativamente stabile nel 2006, ma con possibili ri-allocazioni tra i produttori a seguito della vendita di Westinghouse da parte di British Nuclear Fuels a Toshiba e a possibili ridefinizioni di alleanze all'interno del raggruppamento Global Nuclear Fuels tra GE e Hitachi.

Come già nel 2005, nel 2006 l'attenzione si è concentrata sulla transizione tecnologica, da diffusione gassosa a ultra-centrifugazione, del mercato di arricchimento dell'uranio sia in Francia che negli Stati Uniti (con particolare riguardo alla costruzione dell'impianto di Georges Besse II a Tricastin e l'espansione degli impianti Urenco in Europa e la nuova installazione in New Mexico).

La domanda per servizi di arricchimento è prevista incrementarsi per lo sfruttamento più elevato delle code (alcuni produttori ora scendono fino allo **0,20%** di arricchimento residuo delle code) causato dall'incremento di prezzo dell'uranio naturale che, anche a causa dei maggiori costi dell'elettricità (importante elemento di costo per compagnie che come AREVA/Eurodif e USEC utilizzano la diffusione gassosa come tecnologia di arricchimento), ha contribuito a far salire i prezzi di arricchimento. Questi sono infatti saliti del 20% nel 2006, e cioè da USD 112÷113/SWU all'inizio dell'anno a **135 USD/SWU** a fine anno: per quanto significativo questo incremento è molto inferiore al raddoppio dei prezzi dell'uranio.

Il rapporto annuale ESA 2006 favorevolmente rimarca la volontà degli elettroproduttori nucleari europei a ricostituire scorte di combustibile in risposta alle preoccupazioni di sicurezza delle forniture e di prezzi crescenti (Figura A.1-3). La realizzazione di una politica di diversificazione rimane infatti vitale per la garanzia nel lungo termine delle forniture all'industria elettronucleare dell'Unione Europea e il monitoraggio del mercato dell'ESA per le forniture di uranio naturale e arricchito assicura che gli elettroproduttori europei facciano affidamento su fornitori diversificati senza divenire eccessivamente dipendenti da una singola fonte.

D'altra parte, le risorse globali di uranio sono considerate più che adeguate a far fronte ai fabbisogni previsti, ciò secondo, almeno, la più recente edizione della guida mondiale di riferimento sulle risorse di uranio<sup>5</sup>, cioè il *"Libro Rosso"* preparato congiuntamente dall'OCSE e dalla AIEA, che è basato su informazioni ufficiali fornite da 43 paesi. Il documento stima che le quantità totali di uranio stimate (definite come "risorse ragionevolmente accertate e dedotte", *RAR & Inferred*), che possono essere estratte ad un costo inferiore ai 130 US\$/kgU, siano pari a circa 4,7 milioni di tonnellate (delle quali 3,8 MtU nella categoria di costo inferiore agli 80 US\$/kgU). Sulla base dell'energia elettrica generata da fonte nucleare nel 2004, una tale quantità di uranio sarebbe sufficiente per 85 anni (la tecnologia dei reattori veloci allungherebbe questo periodo fino a più di 2500 anni).

**Produzione di Uranio** – Dopo alcuni anni di modesto incremento, nel 2006 la produzione complessiva di uranio primario è diminuita, nonostante l'incentivo di prezzi costantemente crescenti: ciò è stato dovuto a cause contingenti come eventi climatici ed estrazione di minerale di minor qualità da alcune miniere. Dati preliminari<sup>[3]</sup> indicano che nel 2006 la produzione mondiale di uranio è ammontata all'incirca a 39 567 tU (vedasi Tabella A.1-1),

con una riduzione del 5% rispetto al 2005 (41 722 tU, mentre era stata pari a 40 475 tU nel 2004, e quindi anche di un 2% inferiore rispetto a quella di due anni fa).

	Production in 2006 (tonnes uranium)	Share in 2006 (%)	Production in 2005 (tonnes uranium)	Change over 2005 (%)
Canada	9 862	24.9	11 628	-15.2
Australia	7 602	19.2	9 516	-20.1
Kazakhstan	5 283	13.4	4 329	+22.0
Niger	3 431	7.4	3 093	+10.9
Russia	3 300	8.7	3 325	-0.8
Namibia	3 067	7.8	3 148	-2.6
Uzbekistan	2 260	5.7	2 300	-1.7
USA	1 618	4.1	1 020	+58.6
Ukraine	800	2.0	800	0.0
China	769	1.9	769	0.0
South Africa	534	1.3	674	-20.8
Czech Republic	360	0.9	400	-10.0
Others	681	1.7	719	-5.3
<b>Total</b>	<b>39 567</b>	<b>100.0</b>	<b>41 722</b>	<b>-5.2</b>

**Tabella A.1-1 – Produzione di uranio naturale nel 2006 rispetto al 2005.**

Il maggior produttore rimane il Canada con 9 862 tU, sebbene con una significativa diminuzione del 15% rispetto al 2005 (a causa di problemi nella miniera di Cigar Lake). La produzione complessiva dell'Australia nel 2006 è stata di 7 602 tU, anche qui con una marcata riduzione pari al 20%. Per contro, la produzione in Kazakhstan si è incrementata di circa il 22%, e questo Paese mantiene saldamente ora la terza posizione davanti a Russia, Namibia and Niger. La produzione negli Stati Uniti si è incrementata del 59%, sebbene a bassi livelli.

Dopo un consistente incremento nel periodo recente <sup>[5]</sup> (con un incremento del 13% nel 2004 rispetto al 2003), la produzione globale di uranio si è dunque ridotta nel 2006 dopo moderati incrementi nel 2005. La produzione di uranio nel 2004 (~ 40 ktU) si era infatti incrementata del 12% rispetto alle circa 36ktU del 2002 (dati riferiti a 19 paesi). Mentre la Spagna aveva infatti cessato la produzione, significativi aumenti si erano registrati tra il 2002 e il 2004 in Australia, Kazakhstan, e Namibia, mentre modesti aumenti si erano avuti in Brasile, Niger, Federazione Russa e Uzbekistan, con diminuzioni di produzione nella Repubblica Ceca e in Sud Africa.

Il 39% della produzione globale del 2004 è stata fornita da miniere sotterranee, il 28% da miniere a cielo aperto, il 20% dalla lisciviazione *in-situ*, la maggior parte del rimanente 13% da attività di recupero da minerale di rame e oro e altri metodi non convenzionali.

Attività volte a riportare in produzione miniere si sono avute in Francia, Germania e Ungheria tra il 2002 e il 2004. Ci vorranno diversi anni prima che nuove miniere o sostanziali espansioni possano essere portate in produzione, ma un incremento di produzione è atteso negli anni a venire; ad ogni modo, qualche nuova attività estrattiva si è concretizzata nel 2006 <sup>[3]</sup>, incrementando così il numero di possibili fornitori di uranio nel mercato.

**Impatto ambientale della produzione di uranio –** Molti Rapporti Nazionali documentano la gestione nel lungo termine delle code e dei rifiuti prodotti nelle zone di estrazione, le attività di risanamento ambientale nei punti di produzione, gli studi di monitoraggio delle attività in essere e delle aree in cui vengono gestiti i rifiuti, come pure informazioni sui procedimenti di valutazione dell'impatto ambientale. In tali rapporti sono anche descritte attività legate allo smantellamento e al recupero dei siti non più attivi e alla valutazione della perdita di posti di lavoro in paesi nei quali l'estrazione dell'uranio è stata abbandonata, come pure informazioni sullo sviluppo di strategie di conservazione dell'acqua nelle aree di miniera.

## A.2 PROSPETTIVE A BREVE-MEDIO TERMINE

**Tendenze di sviluppo dell'energia nucleare nella UE** – Nel Libro Verde<sup>[2]</sup> della UE, viene riconosciuto il vantaggio all'energia nucleare di emissioni molto limitate di gas serra.. Mantenere l'attuale quota di energia nucleare nella generazione dell'energia elettrica manterrebbe le emissioni di CO<sub>2</sub> in questo settore grosso modo al valore del 1990, ma richiederebbe la costruzione di circa 100 GWe (pari a 70 reattori) entro il 2025 per sostituire i reattori giunti a fine vita e per far fronte all'aumento della domanda. Mantenere gli impianti nucleari esistenti in funzione per il loro normale servizio di un periodo di 40 anni senza costruirne di nuovi porterebbe a superare il livello di emissioni del 1990 del 4%. Se gli impianti nucleari esistenti fossero messi progressivamente fuori servizio e sostituiti con impianti convenzionali, diventerebbe impossibile raggiungere gli obiettivi di Kyoto.

Tecnicamente, l'energia nucleare potrebbe fornire una fonte di elettricità non-fossile in grado di coprire una parte significativa della riduzione nella produzione di energia elettrica che ne deriverebbe se la generazione da fonti fossili dovesse essere drasticamente ridotta in risposta agli accordi di Kyoto.

Tuttavia, il tempo di costruzione di un impianto nucleare è significativamente più lungo di quello degli impianti a combustibile fossile e la liberalizzazione dei mercati dell'elettricità insieme all'opposizione dell'opinione pubblica e politica all'energia nucleare (in larga parte legata a preoccupazioni sulla salute e la sicurezza) sono fattori vincolanti. L'estensione della vita operativa degli impianti esistenti è una possibilità al momento considerata, tenuto conto della tempistica dettata dagli impegni di Kyoto.

Mentre fino al 2005 alcuni stati membri della UE<sup>[4]</sup> (Italia, Svezia, Germania e Belgio) avevano deciso per un progressivo abbandono dell'energia nucleare, altri (Francia, Gran Bretagna, Finlandia, Romania e, probabilmente, Bulgaria) mantenevano tuttavia l'energia nucleare come opzione chiave per il futuro. Guardando oltre il 2010, i tempi lunghi necessari allo sviluppo di nuove tecnologie energetiche implicano che è essenziale continuare le ricerche di lungo periodo, in parte per trovare soluzione al problema della gestione dei rifiuti radioattivi e, in parte, per trasmettere le conoscenze sul nucleare alle future generazioni.

E in effetti, una nuova autorizzazione è stata data nel 2006 nella UE per costruire un nuovo impianto in Francia<sup>(1)</sup>, mentre in Finlandia il nuovo EPR in fase di costruzione dovrebbe divenire operativo solo alla fine del 2010÷2011 e studi per un sesto reattore sono già in fase di discussione.

I governi dei tre Stati Baltici e la Polonia hanno concluso un nuovo accordo nel marzo 2007 per costruire congiuntamente un nuovo impianto nucleare in Lituania (forse un EPR da 1600 MW<sub>e</sub>) e collegare le reti elettriche tra la Polonia e la Lituania al fine di permettere di esportare potenza elettrica dalla centrale di Ignalina.

In Olanda è stata estesa la vita operativa del reattore di Borssele fino alla fine del 2033, mentre in Germania, dopo la chiusura del reattore di Obrigheim nel 2005, non è stata presa alcuna chiara decisione per estendere la vita degli altri NPPs tedeschi. In Spagna è stato chiuso il reattore più vecchio del paese, Jose Cabrera di 160 MW<sub>e</sub>, dopo 38 anni di funzionamento.

Nella Repubblica Slovacca, la compagnia italiana Enel, che ora detiene una quota di maggioranza nella Slovenské elektrárne, si è impegnata a portare a termine le unità 3 e 4 del sito di Mochovce. La tedesca E.ON ha considerato la costruzione di un nuovo NPP nel sito esistente di Bohunice, in quanto il Governo Slovacco sta considerando energie alternative per compensare la perdita di capacità produttiva derivata dalla chiusura del reattore di Bohunice 1 alla fine del 2006 e da quella programmata di Bohunice 2 a fine 2008.

---

<sup>1</sup> un EPR da 1600 MW<sub>e</sub> nel sito di Flamanville in Normandia (la costruzione è iniziata agli inizi del 2007 e il reattore dovrebbe divenire operativo alla fine del 2011).

Molti altri Paesi Membri stanno attivamente discutendo la possibilità di costruire nuovi reattori nucleari al fine di innalzare la sicurezza delle loro forniture di energia e ridurre l'emissione di gas serra. Il Regno Unito dovrebbe perlomeno sostituire la perdita di produzione di energia nucleare derivante dalla chiusura di vecchi impianti, altrimenti non sarebbe in grado di soddisfare alcuno degli obiettivi sui cambiamenti climatici, o quelli sulla garanzia degli approvvigionamenti energetici, dal momento che quattro reattori Magnox da 420 MW<sub>e</sub> sono stati chiusi alla fine del 2006.

La Bulgaria e la Romania, che sono entrate a far parte della UE dal 1 gennaio 2007, hanno entrambi attivi programmi di produzione elettronucleare: la Bulgaria con quattro LWR operativi, la Romania con due reattori Candu e la costruzione di una terza e quarta unità nel sito di Cernavoda al vaglio dell'Autorità energetica rumena. Dopo la chiusura dei reattori di Kozloduy (unità 3 e 4) alla fine del 2006, la Bulgaria ha in programma il completamento dell'impianto di Belene con due unità da 1000 MW<sub>e</sub> di terza generazione.

Riguardo la Croazia e la Turchia, candidate per l'adesione alla UE, la prima condivide l'impianto di Krško con la Slovenia, mentre nella seconda una bozza di legge prevede la costruzione di un impianto con tre unità per 5 000 MW<sub>e</sub> di capacità complessiva entro il 2020.

***Domanda di combustibile nucleare, pianificazione di nuova capacità produttiva e attività di esplorazione –***

Rispetto agli anni precedenti con pochi piani concreti per costruire nuovi reattori nucleari<sup>[3]</sup>, le previsioni di domanda hanno mostrato nel 2006 un maggior potenziale di crescita, sebbene parte dell'incremento sia dovuto all'espansione della UE a nuovi Paesi Membri (essendo stata decisa la costruzione di nuovi reattori in Bulgaria e Romania, oltre a Finlandia, Francia, Slovacchia e Lituania). Ad ogni modo, per molti Paesi Membri della UE, la situazione non è chiara riguardo la quota di produzione nucleare nella loro ripartizione energetica.

A livello mondiale, piani per la costruzione di nuovi reattori sono ancora marcatamente concentrati in Asia: Cina, India, Giappone, Sud Corea e Russia hanno programmi che prevedono l'accrescimento della quota nucleare nel loro mix energetico. Numerosi altri Paesi (Ucraina, Brasile, Messico) hanno annunciato la loro intenzione di considerare l'energia nucleare come una potenziale fonte di energia o di incrementarne il contributo. Gli Stati Uniti hanno continuato ad incrementare il loro numero potenziale di nuovi reattori (intorno a 30 ora, dai 12 ÷ 20 di un anno fa) secondo i piani di 11 compagnie, joint ventures o consorzi di elettroproduttori), ma senza alcuna sicura decisione da parte di alcun gestore elettrico statunitense fino ad ora. Il governo statunitense aveva da parte sua facilitato l'iniziativa per la costruzione di nuovi reattori mediante incentivi fiscali e lo snellimento delle procedure di licensing da parte della US NRC (per mezzo di licenze combinate di costruzione e gestione operativa). Nel frattempo, potenziamenti ed estensione della vita degli impianti hanno continuato a contribuire all'innalzamento della capacità produttiva elettronucleare degli Stati Uniti.

Nel 2005 la Russia aveva espresso un ambizioso programma<sup>[4]</sup> relativo alla costruzione di 40 GW<sub>e</sub> di nuova capacità produttiva nucleare entro il 2030, incrementando così la quota nucleare nella generazione di energia elettrica al 25%. Una tale espansione richiede un incremento degli investimenti sia nelle attività di prospezione delle risorse di uranio in Russia che nel settore dell'elettroproduzione.

Le riserve di uranio non sono viste<sup>[3]</sup> come un fattore per sé limitante per un aumento della produzione, ma piuttosto lo sono i tempi lunghi tra l'attività esplorativa e la messa in servizio di nuove miniere (~ 10 anni), dal momento che risorse accertate esistono per un sostanziale incremento o per sostenere l'attuale tasso di consumo per decenni, ed una più mirata attività esplorativa dovrebbe poter incrementare ancor più le risorse disponibili nel tempo. Per

contro, aspetti normativi, nonché problematiche di ordine tecnico e geologico rendono difficile incrementare la produzione di uranio nel breve termine, con limitazioni di peso variabile tra i vari paesi.

Limitati investimenti in attività di esplorazione di uranio sono stati fatti durante gli ultimi 20 anni di bassi prezzi<sup>[4]</sup> e oggi, dopo un aumento del 40% nel 2004 rispetto al 2002, l'attività globale di esplorazione ha continuato ad aumentare in modo significativo nel 2005 e 2006 con centinaia di imprese attive nel mondo (per la maggior parte in Canada e Australia, ed anche in Africa) con alcune piccole nuove miniere entrate in produzione. Anche alcuni Paesi dell'Unione Europea (Finlandia, Ungheria, Portogallo, Repubblica Slovacca, Spagna e Svezia) sono attivi nell'esplorazione di nuove miniere, ma con possibili produzioni di piccola entità e comunque dilazionate di molti anni nel tempo.

La più grande miniera al mondo (in Australia) ha annunciato piani per triplicare la capacità produttiva fino a 15.000 tU/anno nel 2013. La Russia ha annunciato piani per nuovi investimenti in esplorazione e produzione di uranio allo scopo di far fronte alle proprie esigenze interne e all'atteso aumento delle esportazioni di combustibile nucleare (la produzione attuale è di circa 3300 tU/anno mentre il fabbisogno potenziale sarebbe di circa 10000 tonnellate annue). L'ambizioso programma<sup>[4]</sup> del Kazakistan di aumentare la sua produzione di uranio da circa 4300 tU nel 2005 a 6000 tU nel 2007, e fino a 15000 tU nel 2015, pare mantenere il passo, con una produzione di un 5000 tU nel 2006 (pari ad un incremento del 22% rispetto al 2005) e a tal fine KazAtomProm ha concluso accordi di collaborazione con aziende europee, nord-americane, russe, giapponesi, cinesi e sud-coreane.

Pertanto, il maggior potenziale di espansione continua ad essere in Kazakistan, Canada e Australia, sebbene le prospettive produttive di breve termine siano compromesse per il Canada dopo l'inondazione della miniera di Cigar Lake occorsa nell'ottobre 2006, la cui entrata in produzione, attesa iniziare nel 2007 con fino a 7000 tU/anno (pari al 17% della produzione primaria globale), è stata postposta al 2010. D'altra parte, dibattito politico e opposizioni sono anche molto attivi in Australia, limitando la possibilità di un rapido incremento di produzione della miniera di Olympic Dam da 4000 tU/anno a 15000 tU/anno, ancora in fase di studio e non atteso prima del 2013.

Diversi Paesi africani, specialmente Namibia, Niger e Sud Africa posseggono anche la potenzialità di incrementare la loro produzione piuttosto rapidamente. Negli Stati Uniti diverse piccole miniere sono programmate per gli anni a venire, ma con quantità destinate a restare modeste. La produzione di uranio come sottoprodotto dell'estrazione dei fosfati è tornato nuovamente d'interesse.

La produzione globale di uranio è prevista incrementarsi in misura sostanziale nel periodo 2010 ÷ 15, ma la possibile riduzione delle fonti secondarie di fornitura e gli usuali ritardi nello sviluppo di nuove attività estrattive renderanno presumibilmente difficile la situazione di mercato nei prossimi anni.

Le spese mondiali di esplorazione sono aumentate parallelamente al rafforzamento del mercato e la maggior parte dei principali paesi produttori ha dichiarato aumenti significativi nelle spese di esplorazione. Globalmente, le attività di esplorazione restano concentrate in aree correlate a possibili strati di discordanza e in depositi di arenaria soggetti a lisciviazione in situ, principalmente nelle vicinanze di risorse note. Tuttavia, i prezzi crescenti dell'uranio stanno anche stimolando esplorazioni di base in nuove aree come pure attività di esplorazione in regioni nelle quali attività passate hanno mostrato un buon potenziale di produzione. Circa il 50% delle spese di esplorazione nel 2004 (circa 133 milioni di US\$) si riferiscono ad attività domestiche, mentre le spese di esplorazione non domestiche (70 milioni di US\$ nel 2004) dichiarate da Australia, Canada, Francia e Svizzera sono salite di oltre quattro volte rispetto ai valori del 2002. Per il 2005 era prevista una spesa totale di esplorazione (domestica e non) di oltre 195 milioni di US\$.

Pertanto, per ciò che attiene l'aumento degli investimenti, un nuovo elemento che ha avuto impatto sui prezzi dell'uranio nel 2005 è stato l'emergere di fondi di investimento indirizzati

all'acquisto di quantitativi di uranio. I loro acquisti hanno avuto un effetto significativo sui prezzi del mercato "spot" che sono saliti dai 21 US\$/lbU<sub>3</sub>O<sub>8</sub> nel 2005 ai 40 US\$/lbU<sub>3</sub>O<sub>8</sub> nel Marzo 2006, e sono poi ulteriormente più che raddoppiati a Marzo 2007.

Diversi fondi d'investimento hanno continuato a valorizzare i loro pacchetti azionari nel 2006, continuando a incrementare gli indici di prezzo del mercato a pronti, che sono raddoppiati dall'inizio del 2006 da USD 36/lbU<sub>3</sub>O<sub>8</sub> a USD 72/lbU<sub>3</sub>O<sub>8</sub> alla fine dell'anno, raggiungendo quasi quota USD 140/lbU<sub>3</sub>O<sub>8</sub> nel giugno-luglio 2007.

Iniziative<sup>[3]</sup> per incrementare la trasparenza e liquidità del mercato dell'uranio sono continuate con risultati contrastanti. Dal momento che contratti a prezzo fisso sono oggi piuttosto rari, gli indicatori di prezzo del mercato a pronti comunemente referenziati sono diventati fortemente dipendenti da saltuarie vendite d'asta dell'uranio. Nella prima metà del 2007, contratti commerciali a termine per l'uranio sono stati introdotti da NYMEX, portando, sotto questo aspetto, il mercato dell'uranio più vicino a quelli di altre materie prime energetiche e dei metalli.

**Conversione, arricchimento, fabbricazione e riprocessamento** – Per quanto riguarda il segmento di mercato della conversione, il 2005 è stato stabile sia in termini di prezzi che di produzione, benché le riserve debbano ancora essere ricostituite dopo le temporanee riduzioni di produzione nel 2003 – 2004. Mercato e prezzi di conversione si sono mantenuti stabili anche nel 2006, sebbene altra capacità di conversione sia necessaria in Europa alla luce della nuova capacità di arricchimento in corso di installazione. Al presente, grandi aziende convertitrici occidentali hanno annunciato espansioni produttive (Conver Dyn) e la costruzione di nuovi impianti di conversione (il nuovo progetto 'Comurhex II' di AREVA, con una capacità di 15000 tU/anno entro il 2012, estensibile a 21000 tU/anno).

Molte compagnie hanno mantenuto nel 2005 la tendenza a sfruttare maggiormente le risorse in uranio naturale, diminuendo ulteriormente, nel processo di arricchimento, l'arricchimento residuo delle code, il che ha peraltro contribuito a ridurre alquanto il fabbisogno di uranio naturale. Questa tendenza fa aumentare la domanda di arricchimento, cosicché pressioni sui prezzi si sono manifestate nel segmento di arricchimento del mercato. Ciò è anche legato ai costi crescenti dell'elettricità che sono una voce di costo importante per le compagnie che usano la tecnologia della diffusione gassosa (AREVA/Eurodif e USEC). La tendenza verso arricchimenti residui più bassi delle code di arricchimento, è continuata nel 2006, con alcune compagnie che sono scese fino allo 0,20%: ciò ha indotto un marcato aumento di prezzo dello SWU, che si è incrementato del **20%** nel 2006.

Come nel 2005, nel 2006 l'attenzione si è concentrata principalmente sulla transizione tecnologica dell'arricchimento per diffusione gassosa a quello per centrifugazione, in atto sia in Francia che negli Stati Uniti.

La costruzione dell'impianto di Georges Besse II nel sito di Tricastin in Francia è iniziata dopo l'approvazione finale dell'accordo intergovernativo tra i governi dell'Urenco (Germania, Olanda e Regno Unito) e la Francia riguardo la joint venture AREVA-Urenco (detta "Enrichment Technology Company"). La produzione nell'impianto di GB II è prevista iniziare nel 2009, raggiungendo il suo livello nominale di 7,5 milioni di SWU entro il 2018. L'Urenco sta anche espandendo la capacità degli altri suoi tre siti in Europa e guida il consorzio LES negli Stati Uniti, che ha licenziato dalla US-NRC un nuovo impianto New Mexico. USEC sta mettendo a punto i suoi sistemi di centrifugazione americani nell'impianto di Piketon, la cui capacità prevista è di 3,8 milioni di SWU, con un massimo di 7 milioni. Pure nel 2006, la General Electric ha acquisito la licenza per arricchimento laser e ne programma una per il 2007, ma la produzione commerciale con la tecnologia laser è ancora più lontana. L'industria russa appare potenziare i suoi sistemi di centrifugazione e di incrementarne la produzione.

Un qualche surplus di capacità di arricchimento a livello mondiale ha aiutato a contenere la pressione dei prezzi nel 2005. Gli indicatori di prezzo di arricchimento pubblicati sono cresciuti da USD 110 nel 2004 a 112-113/SWU alla fine del 2005 e a USD 135/SWU alla fine del 2006, sebbene il basso volume del mercato spot dello SWU diminuisca la rilevanza di questo indicatore di prezzo.

Riguardo la fabbricazione, l'evento principale è stata la sopra citata ricollocazione aziendale tra fabbricanti. Gli impianti di fabbricazione del combustibile nucleare in Europa sono stati comunque in grado di fornire un'adeguata copertura alle richieste degli elettroproduttori nucleari. La produzione di combustibile MOX è continuata in Francia e Belgio, ma l'impianto di Belgonucléaire a Dessel è stato chiuso nel luglio 2006.

Nel mercato del combustibile VVER (utilizzato per reattori di progetto russo/sovietico), il produttore russo TVEL ha ristabilito una posizione dominante con una quota pari a circa il 100% del mercato.

Il riprocessamento di combustibile irraggiato è effettuata negli impianti di La Hague in Francia e Sellafield nel Regno Unito. A causa della legislazione nazionale, gli elettroproduttori nucleari tedeschi non sono più in grado di inviare il loro combustibile irraggiato all'estero per il riprocessamento. Per contro, a causa dell'incremento dei prezzi dell'uranio naturale, il riprocessamento di combustibile irraggiato sta diventando economicamente interessante: negli Stati Uniti si sta prendendo in seria considerazione il riprocessamento del combustibile che, oltre a risparmiare risorse di uranio naturale, riduce anche la quantità di rifiuti nucleari e incidenza delle necessità di smaltimento.

Inoltre, invece di ri-arricchire l'uranio riprocessato mediante un processo di arricchimento convenzionale, alcuni elettroproduttori, spesso in associazione con produttori di combustibile europei, preferiscono il loro materiale in Russia dove viene mescolato con uranio alto-arricchito di origine militare. Dopo tale operazione, il materiale viene rispedito indietro sotto forma di uranio arricchito per reattori (EUP) per poi essere utilizzato nella fabbricazione degli elementi di combustibile.

**Fonti secondarie di approvvigionamento.** – Il programma “da Megatoni a Megawatt” concordato tra Stati Uniti e Russia nel 1993 per trasformare in un periodo di venti anni uranio alto-arricchito (HEU) proveniente dallo smantellamento di testate nucleari russe in combustibile per centrali elettriche, ha raggiunto nel 2005 l'obiettivo della trasformazione del 50% della quantità concordata di HEU da convertire.

Pur tuttavia, a tutto il 2006, dubbi ancora permangono circa la possibilità di estendere il programma a dopo il 2013, in quanto è probabile che il fabbisogno di combustibile nucleare della Russia per uso proprio o per esportazione possa ricevere priorità, ma resta ancora verosimile che altro HEU venga messo a disposizione del mercato globale. Un accordo di cooperazione generale è in fase di discussione tra Russia e Stati Uniti per definire un nuovo quadro di riferimento per il commercio di materiale nucleare.

Un altro aspetto incerto è rappresentato dalla continuazione dei servizi di ri-arricchimento delle code di uranio esausto in Russia per conto delle compagnie di arricchimento occidentali: la Russia ha infatti espresso l'intenzione nel 2006 di interrompere questi ri-arricchimenti al termine dei presenti contratti in corso.

Negli Stati Uniti, il Dipartimento dell'Energia ha annunciato l'intenzione di vendere dell'HEU in eccesso al fabbisogno militare, per trasformarlo in combustibile nucleare per uso civile. Sebbene gli Stati Uniti detengano ampie quantità di scorte di uranio, una gran parte di queste è soggetta a moratoria di vendita fino al 2009.

Sia gli Stati Uniti che la Russia hanno preso iniziative, sotto gli auspici della IAEA, per la creazione di una riserva internazionale di combustibile nucleare da mettere a disposizione di Paesi che rinuncino a produrlo in proprio. Almeno una parte del combustibile di questa riserva dovrebbe provenire dal processamento di HEU.

**Sicurezza delle forniture –** La sicurezza dell'approvvigionamento<sup>[3]</sup> di tutte le fonti energetiche ha continuato ad essere al centro dell'attenzione mondiale, specialmente perché la domanda di Cina, India ed altre economie in rapida crescita ha continuato a tener sotto tensione approvvigionamenti e prezzi. L'energia nucleare ha il vantaggio che le risorse d'uranio sono relativamente ben distribuite nel mondo e che i costi del combustibile nucleare, nonostante l'aumento dei prezzi dell'uranio, sono sempre relativamente bassi rispetto alla generazione di energia elettrica da combustibili fossili. Dal momento che la UE non ha risorse significative di uranio nel suo territorio, molte compagnie europee sono attive nell'estrazione di uranio in altre zone del mondo, e mantenere buone relazioni coi paesi produttori diviene pertanto essenziale. E' altrettanto importante per la stabilità di approvvigionamento che conversione, arricchimento dell'uranio naturale e fabbricazione del combustibile nucleare abbiano luogo nella UE; nel medio termine, c'è anche qualche potenzialità di produzione di uranio nella UE.

Le riserve globali di uranio sono sufficienti per un'importante espansione dell'industria, ma gli investimenti in corso non mostreranno risultati immediati. Il numero ridotto di grandi imprese attive nei vari stadi di fabbricazione del combustibile nucleare può portare a scarsità di produzione in ognuno di questi stadi, ma delle riserve ragionevoli di combustibile possono mitigare eventuali problemi.

Le fonti secondarie di approvvigionamento continuano ad avere un grande impatto sul mercato e perciò è nell'interesse di tutte le parti ed operatori tendere alla più grande trasparenza circa piani futuri per l'uso e il rilascio sul mercato di tali fonti.

L'Agenzia per il controllo delle forniture di Euratom ha raccomandato agli elettroproduttori europei di incrementare le loro scorte, di coprire la maggior parte delle loro necessità di approvvigionamento mediante contratti a lungo termine con fornitori diversificati. Ed in effetti, per la prima volta dopo molti anni le scorte di combustibile nucleare degli elettroproduttori nucleari europei paiono ricostituirsi, in risposta alle preoccupazioni sulla garanzia delle forniture ed ai prezzi crescenti, mentre l'ESA continua a monitorare che le fonti di fornitura di uranio naturale ed arricchito alla UE siano ben diversificate.

Secondo il "Libro Rosso"<sup>[5]</sup> dell'OCSE-AIEA, i progressi tecnologici continui della tecnologia nucleare dovrebbero permettere nel lungo termine un utilizzo decisamente migliore delle risorse d'uranio. Reattori nucleari in grado di sfruttare 30 volte meglio ed anche più l'energia dall'uranio rispetto ai reattori attuali sono in fase di sviluppo e prova. Si prevede che verso il 2025 la capacità mondiale di energia nucleare sarà cresciuta tra il 22% e il 44% della capacità corrente e che la domanda annuale di uranio salirà a 80 mila o 100 mila tonnellate. Le riserve di uranio ad oggi accertate<sup>1</sup> dovrebbero comunque soddisfare questa cresciuta domanda. Sulla base dell'energia elettrica generata dalla fonte nucleare nel 2004, tali risorse sarebbero sufficienti per soddisfare il fabbisogno per 85 anni utilizzando la tecnologia LWR (mentre durerebbero 2500 anni con i reattori veloci). Ad ogni modo, le risorse complessive mondiali che potrebbero essere messe a disposizione a prezzi di mercato sarebbero molto più ampie, e cioè 35 milioni di tonnellate disponibili dallo sfruttamento dei fosfati per l'estrazione di uranio.

---

<sup>1</sup> i.e. le risorse naturali di uranio che possono essere estratte per meno di USD 130/kg (e cioè alquanto al di sotto dei prezzi spot correnti) ammontanti all'incirca a 4,7 milioni di tonnellate.

**Interdipendenza tra domanda e offerta per l'uranio –** A fine 2006 i reattori nucleari commerciali in esercizio nel mondo erano 439 con potenza totale netta di 372,7GWe ed una richiesta di 67.320 tonnellate di uranio. Si prevede che per il 2025 la potenza nucleare netta mondiale sarà cresciuta a 449 GWe, nel caso di bassa domanda, oppure a 533 GWe nel caso di alta domanda, con una richiesta di uranio di 82275 tU e 100760 tU rispettivamente. Le previsioni di crescita si differenziano se si passa dalla previsione mondiale a quella regionale. Infatti si prevede una significativa crescita di potenza e domanda di uranio per l'Asia orientale (tra il 90% a oltre il 115%) e nell'area dell'Europa centrale, orientale e sud-orientale (tra il 34% e il 53%), una crescita modesta per il Nord-America (tra il 4% e il 27%), mentre si prevede un declino in Europa occidentale (tra il 16% e il 26%) se i programmi di progressivo abbandono dell'energia nucleare di alcuni paesi venissero realizzati (vedasi Figura A.2-1). Queste previsioni sono tuttavia assai incerte, dal momento che il dibattito sul contributo che l'energia nucleare potrà dare al soddisfacimento della domanda futura di energia è tuttora in corso. Argomenti importanti per le decisioni da prendere sono le previsioni di domanda di energia elettrica di base, l'accettazione dell'energia nucleare da parte del pubblico e le strategie proposte per la gestione dei rifiuti, oltre naturalmente la competitività economica degli impianti nucleari e del combustibile rispetto alle altre fonti di energia. Le preoccupazioni circa la disponibilità a lungo termine dei combustibili fossili e la misura in cui l'energia nucleare è ritenuta vantaggiosa per soddisfare gli obiettivi di riduzione delle emissioni di gas serra potrebbero contribuire a previsioni di crescita addirittura superiore nella domanda di uranio a lungo termine.

A fine 2004<sup>[5]</sup> la produzione mondiale di uranio (40263 tU) copriva circa il 60% (Figura A.2-2) della domanda mondiale (67450 tU), col rimanente coperto dalle fonti secondarie, tra le quali scorte commerciali in eccesso, la produzione di combustibile LEU da uranio HEU proveniente dalle testate nucleari, il ri-arricchimento delle code di uranio impoverito e il ritrattamento di combustibile esaurito. Le previsioni correnti di produzione di uranio primario che comprendono gli impianti di produzioni esistenti, quelli stabiliti e finanziati, programmati o previsti sulla base di risorse accertate o dedotte (*RAR & Inferred*) sfruttabili ad un costo inferiore agli 80 US\$/kgU, indicano che la domanda di uranio al 2010 potrebbe essere soddisfatta, purché i programmi di ampliamento e apertura di nuove miniere vengano realizzati come programmato e che tutti gli impianti funzionino a piena capacità. Benché sia improbabile che tutti gli impianti produrranno a piena capacità, l'industria della produzione di uranio ha chiaramente mostrato di rispondere alle richieste del mercato cosicché ci si aspetta che la capacità di produzione cresca significativamente nei prossimi anni.

Ciò nondimeno, le fonti secondarie continueranno ad essere necessarie per coprire la domanda in considerazione anche delle sfide che debbono essere affrontate per arrivare alla piena capacità produttiva.

A partire dal 2015, tuttavia, le fonti secondarie cominceranno a perdere d'importanza (vedasi Figura A.2-3), per cui si dovrà incrementare la produzione primaria di uranio con l'espansione della capacità produttiva esistente e l'apertura di nuovi impianti di produzione o con l'introduzione di cicli di combustibile alternativi, rappresentando entrambe opzioni costose e di lunga durata. Sarà necessaria un'elevata e continua domanda nel breve termine per stimolare un opportuno sviluppo delle necessarie riserve accertate. A causa dei tempi lunghi necessari ad identificare nuove risorse e portarle in produzione (tipicamente dell'ordine di 10 anni e più), c'è il rischio che ci sia nel frattempo penuria di offerta e di continua pressione verso il rialzo dei prezzi dell'uranio quando le fonti secondarie di approvvigionamento non siano più disponibili. I tempi lunghi necessari alla messa in produzione di nuove risorse rendono evidente l'importanza di prendere in tempo decisioni intese ad aumentare la capacità produttiva in modo da minimizzarne i rischi di caduta. Per questo è necessario migliorare la conoscenza della natura e consistenza delle risorse mondiali di uranio e delle altre fonti secondarie di approvvigionamento in modo da poter gestire opportunamente le decisioni sulla capacità di produzione.

**Interruzione delle forniture e la banca del combustibile nucleare** – Ci sono tre tipi minacce alla salvaguardia delle forniture energetiche: economiche, fisiche e ambientali. Interruzioni nelle forniture di energia, siano esse effettive o minacciate, possono avere effetti drammatici sulla società e l'economia. Le crisi petrolifere degli anni '70, portarono ad interventi a livello internazionale volti a migliorare la sicurezza degli approvvigionamenti attraverso l'Agenzia Internazionale dell'Energia (AIE) e la UE. Nuovi metodi per la gestione delle crisi possono essere sviluppati come risultato della liberalizzazione dei mercati quando i ruoli dei produttori e delle autorità di controllo vengano meglio definiti.

Mentre sul petrolio è stata preparata una specifica legislazione (migliorando le riserve strategiche della UE pari a 90 giorni di consumo), sforzi sono stati intrapresi per migliorare il sistema di gestione delle crisi nella UE, per monitorare la sicurezza degli approvvigionamenti nel breve e lungo termine. Per quanto riguarda le riserve di uranio e di carbone, esistono al momento solo dei meccanismi di raccolta dati. Tuttavia, in generale, l'effetto del mercato unico e della competizione è stato quello di portare i produttori di energia elettrica a ridurre le loro riserve.

A questo proposito, gli Stati Uniti hanno recentemente espresso (attraverso il Segretariato dell'Energia) l'intenzione di creare una "riserva di combustibile"<sup>[6]</sup> da usare a livello internazionale iniziando con 17,4 tonnellate di uranio alto-arricchito (HEU), proveniente dai surplus di difesa US, da diluire a uranio a basso arricchimento (LEU, con le spese relative alle attività di trattamento, immagazzinamento e manipolazione del combustibile a carico del governo) sotto la supervisione AIEA.

Questa riserva, disponibile a partire dal 2009, dovrebbe costituire una fonte affidabile di combustibile per i reattori civili accessibile, a costo ragionevole in caso di forti perturbazioni del mercato dell'uranio, per gli stati che rinunciano allo sviluppo dei processi di arricchimento e ritrattamento. Questa riserva è intesa costituire parte di un esteso meccanismo di forniture di supporto, sul quale gli Stati Uniti stanno lavorando su base trilaterale con AIEA e fornitori di combustibile americani, dal momento che le aziende fornitrici di combustibile non mantengono generalmente capacità produttive in eccesso o riserve significative. Nell'ambito di questo schema trilaterale, combustibile dalla riserva potrebbe essere rilasciato a prezzi di mercato ai fornitori US se gli fosse richiesto da AIEA di fornire combustibile ad un paese con i requisiti adeguati e con problemi di approvvigionamento.

Il Dipartimento dell'Energia americano (DOE) ha anche considerato di accantonare altre 100 tonnellate di uranio alto-arricchito, ma ha giudicato che questo potesse allontanare gli investitori dagli sviluppi di produzione in essere.

Mentre i produttori americani di uranio hanno accolto l'iniziativa con sostanziale favore, valutandola un buono strumento strategico di politica estera, piuttosto che un intervento di breve termine (finalizzato a creare una fonte di liquidità per il DOE), altri paesi fornitori hanno espresso dubbi in quanto leggi e regolamenti americani sarebbero ancora applicabili alle esportazioni di combustibile.

Il Commissariato all'Energia Atomica francese (CEA) ha considerato l'iniziativa idonea a fornire la flessibilità necessaria alle future forniture di combustibile; in questo ambito si sono citate altre iniziative, come la proposta di un accordo nucleare multilaterale AIEA-Russia (MNA) per fornire combustibile fresco "in affitto" e recupero di quello esaurito, considerando importante anche l'offerta di soluzioni economiche a nuovi paesi interessati al nucleare al fine di garantire loro l'accesso nel lungo periodo ai servizi sul combustibile a prezzi competitivi.

Per quanto riguarda i problemi legati al disarmo, la Francia parrebbe interessata al plutonio, piuttosto che all'uranio alto-arricchito, esprimendo analoghe intenzioni per una riserva di combustibile.

La russa Rosatom ha sostenuto l'iniziativa vedendola direttamente correlata alla propria proposta di accordo multilaterale (MNA), dichiarandosi disponibile a fornire combustibile ad

una riserva internazionale, ma richiedendo protocolli internazionali che definiscano i criteri in base ai quali possibili acquirenti potrebbero ritirare il combustibile dalla “banca” (ad esempio a condizione che un paese firmatario del trattato di non proliferazione (TNP) rinunci allo sviluppo del ciclo di combustibile nucleare per fini pacifici); la costituzione di questa riserva di combustibile dovrebbe essere incorporata in un accordo internazionale legalmente vincolante.

Attraverso una dichiarazione congiunta al G8 del 2006, i presidenti di Stati Uniti e Russia hanno affermato che i paesi intenzionati a sviluppare l'energia nucleare possono contribuire alla sicurezza globale delle forniture energetiche e alla riduzione dell'inquinamento atmosferico con benefici anche sui cambiamenti climatici.

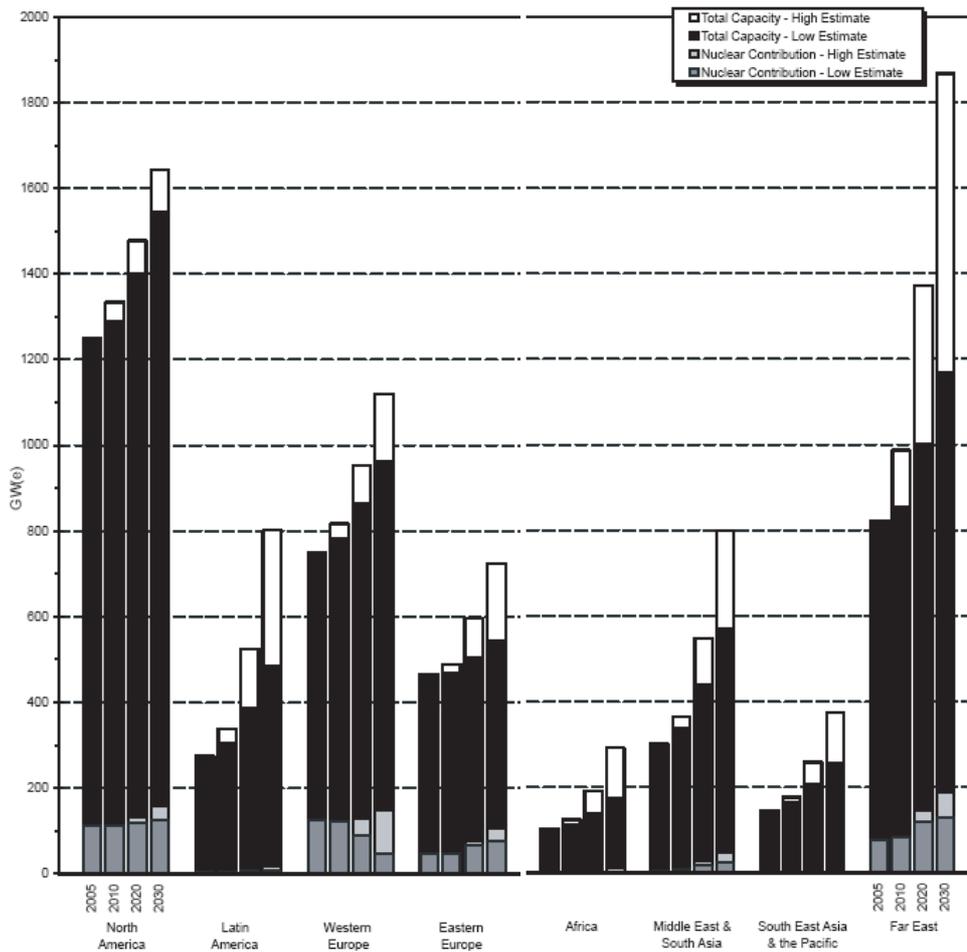
Nella dichiarazione congiunta è stato riconosciuto il ruolo essenziale dell'energia nucleare nel promuovere la stabilità degli approvvigionamenti energetici, tema di speciale attenzione per i membri del G8, che hanno auspicato un ulteriore sviluppo di tecnologie innovative che riducano i rischi di proliferazione, garantiscano la gestione sicura dei rifiuti radioattivi, siano economicamente valide ed sicure sotto l'aspetto ambientale.

Al fine di assicurare l'accesso all'energia nucleare a tutte le nazioni disposte a rispettare gli obblighi di non proliferazione, sono state proposte iniziative sullo sviluppo di un'infrastruttura globale per l'energia nucleare basata su di un sistema di centri internazionali che forniscano servizi sul combustibile nucleare, incluso l'arricchimento dell'uranio, sotto salvaguardie AIEA (proposta Russa) ed una Partnership Globale sull'Energia Nucleare (GNEP) per sviluppare reattori nucleari innovativi e tecnologie per il ciclo del combustibile (proposta americana).

Stati Uniti e Federazione Russa intendono lavorare su queste iniziative coinvolgendo attivamente lo AIEA (promotore e garante della banca del combustibile) per permettere a tutte le nazioni di avere ricadute benefiche dall'uso dell'energia nucleare, senza sviluppare la capacità di arricchire l'uranio e ritrattare il combustibile esaurito. Quattro altri paesi fornitori di combustibile nucleare hanno richiesto a AIEA di considerare e sviluppare un proposta per l'accesso affidabile al combustibile nucleare

Pur riconoscendo il ruolo cruciale del TNP nella prevenzione della proliferazione nucleare e l'importanza del ruolo AIEA nel mettere in pratica le salvaguardie richieste dal TNP, Stati Uniti e Federazione Russa hanno confermato il loro ruolo attivo nel perseguire gli obblighi derivanti dal TNP, mediante una riduzione sostanziale delle forze nucleari, come previsto nel Trattato di Mosca del 2002 (SORT). Hanno inoltre riaffermato di voler continuare le discussioni sul modo migliore di onorare i loro impegni a rilasciare ciascuno 34 tonnellate di plutonio “weapon grade”.

In sintesi, la Russia propone una rete mondiale di joint-ventures che offrano servizi base quali l'arricchimento e la gestione del combustibile esaurito, mentre uno degli obiettivi della GNEP proposta dagli Stati Uniti è di attuare un programma di fornitura di servizi per permettere alle nazioni l'accesso all'energia nucleare minimizzando i rischi di proliferazione.



**Figure A.2-1** – Estimates of total and nuclear electrical generation capacity<sup>[7]</sup>.

Lo studio IAEA condotto dal "Nuclear Fuel Cycle Expert Group" per il direttore generale IAEA agli inizi del 2005<sup>[8]</sup> ha rimarcato come il regime globale di non proliferazione sia stato sostanzialmente soddisfacente nel limitare la diffusione degli armamenti nucleari ma, al fine di preservare questi risultati positivi da corse agli armamenti regionali, iniziative degli Stati dichiaratamente privi di armamenti nucleari ed altre minacce quali il crescente rischio di acquisizione di materiali nucleari da parte di gruppi terroristici, occorre che siano affrontate le problematiche e le opzioni per un approccio multilaterale relativo alla gestione dell'intero ciclo del combustibile nucleare. In particolar modo occorre analizzare e valutare le differenti componenti legate agli aspetti politici, legali, di sicurezza, economici, istituzionali nonché gli incentivi e disincentivi tecnologici per la cooperazione in accordi multilaterali sul ciclo del combustibile (MNA).

Lo studio IAEA ha infatti rimarcato come l'industria nucleare civile appaia essere pronta per un'espansione a livello mondiale, sospinta da una domanda di energia elettrica rapidamente crescente, da un'incertezza di forniture e prezzi delle risorse naturali, dalle preoccupazioni sull'inquinamento atmosferico e dall'enorme sfida di ridurre le emissioni dei gas serra: un sempre maggiore numero di Stati sta considerando la possibilità di sviluppare le proprie conoscenze e gli impianti necessari alla gestione dell'intero ciclo del combustibile nucleare, oltre che a cercare garanzie di forniture in materiali, servizi e tecnologie. Pertanto una crescente enfasi è posta sulla cooperazione internazionale per far fronte alle preoccupazioni di non-proliferazione e sicurezza, con due fattori decisionali primari a guidare

il concetto di MNA, e cioè la *garanzia di non-proliferazione*, da un lato, e *l'assicurazione di forniture e servizi*, dall'altro, entrambi considerati come obiettivi globali per i governi e per la comunità dei Paesi aderenti al trattato di non-proliferazione.

Il concetto di MNA consente di ridurre i rischi di proliferazione (quali la diversione di materiali, la diffusione di tecnologie sensibili e lo sviluppo di programmi paralleli clandestini) attraverso la presenza di un gruppo multinazionale, mentre l'assicurazione di fornitura di un MNA si baserebbe sugli incentivi rappresentati dall'insieme di garanzie prodotte da fornitori, governi e organizzazioni internazionali, dai vantaggi economici di cui beneficerebbero i Paesi partecipanti al MNA, come pure per il maggior favore con cui verrebbero accolti i progetti sostenuti dal MNA.

Progettare un meccanismo efficace per garantire la fornitura di materiali e servizi, commercialmente competitivo, libero da monopoli e libero di costrizioni politiche, rappresenterebbe l'aspetto più critico, e un'efficace assicurazione di fornitura dovrebbe includere delle fonti di fornitura di riserva nel caso che un fornitore del MNA non sia in grado di fornire i materiali o servizi richiesti.

Si può pertanto osservare, a questo riguardo, come le risorse di combustibile che sarebbero rese disponibili da un programma di smantellamento potrebbero fornire un contributo effettivo al sistema di riserva del MNA che, da gestirsi tra la domanda corrente del mercato e il MNA, eviterebbe, da un lato, eventuali effetti sfavorevoli e alterazioni sui prezzi di mercato costituendo al contempo, dall'altro lato, un effettivo contributo al sistema di riserva del MNA, tale da rappresentare una garanzia aggiuntiva e di prevenzione per fronteggiare potenziali interruzioni del mercato delle forniture.

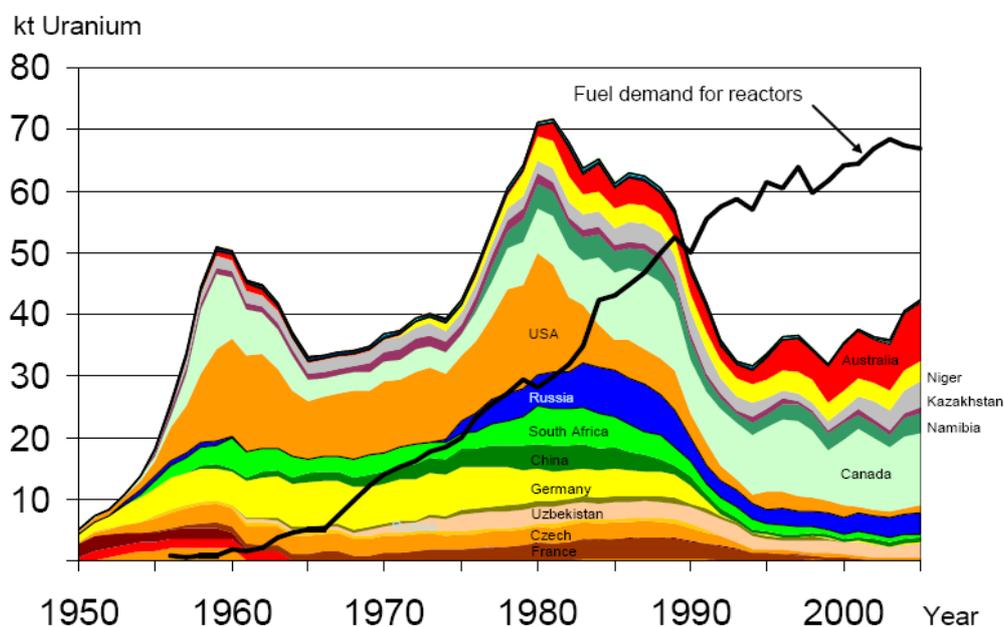


Figure A.2-2 – Uranium production and demand<sup>[9]</sup>.

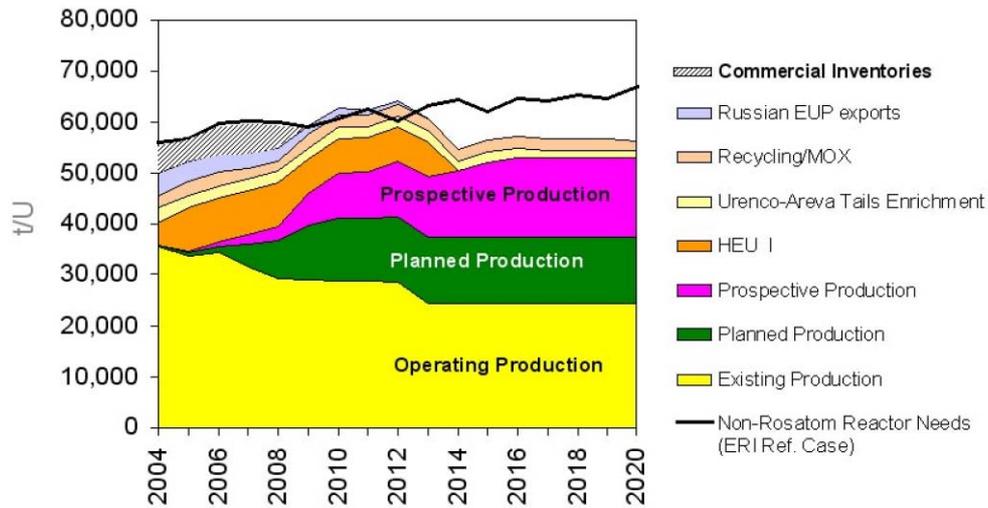


Figure A.2-3 – Uranium supply demand projections (CIS excluded) <sup>[10]</sup>.

I reattori nucleari continueranno a generare un'importante aliquota della elettricità mondiale, la cui produzione è richiesta in sempre maggiori quantità, anche se l'entità di tale aliquota nucleare rimane difficile da quantificare. Indipendentemente dalla dimensione del ruolo che l'energia nucleare potrà alla fine avere, la base di risorse in uranio è adeguata a soddisfare le previsioni di domanda futura di energia. Tuttavia, un forte mercato ed alti prezzi stabili saranno necessari per sviluppare le risorse necessarie nei tempi richiesti ad assicurare il soddisfacimento della domanda di uranio.

### **A.3 L'IMPATTO DEL PROGETTO PROPOSTO SULLA POTENZIALE ALTERAZIONE DELLE REGOLE DEL MERCATO ATTUALE**

Il prezzo di mercato dell'uranio ha mostrato una marcata tendenza all'aumento negli ultimi cinque anni, con un'impennata particolarmente pronunciata negli ultimi due anni, sostenuta anche dal rinnovato interesse a livello mondiale per l'installazione di nuova capacità nucleare in risposta a prezzi crescenti dei combustibili fossili e alle preoccupazioni riguardo i cambiamenti climatici a seguito dell'entrata in vigore all'inizio del 2005 del Protocollo di Kyoto. Inoltre, la salvaguardia delle forniture di energia primaria ha contribuito a tener vivo l'interesse politico sull'energia nucleare anche se, d'altra parte, permangono le preoccupazioni di proliferazione legate all'uso di tecnologia e materiali nucleari.

Con una lunga storia di prezzi bassi durata vent'anni, il mercato dell'uranio ha vissuto in effetti un lungo periodo di stagnazione (si noti in particolare la linea verde in Figura A.1-4), contrassegnata da scarsi o nessun nuovo investimento in attività di prospezione ed estrazione, mentre le fonti secondarie di approvvigionamento di combustibile andavano colmando il divario crescente tra produzione e consumo: in pratica, si sarebbe potuto produrre in linea di principio più combustibile dalle riserve di uranio primario, ma solo a prezzi più elevati. Riguardo l'Europa, la maggior parte delle fonti disponibili sono state abbandonate dal momento che l'estrazione dai piccoli giacimenti esistenti, ormai quasi esauriti, era diventata costosa a fronte dei bassi prezzi di mercato, nel momento in cui erano inoltre disponibili ampie giacenze di combustibile nucleare.

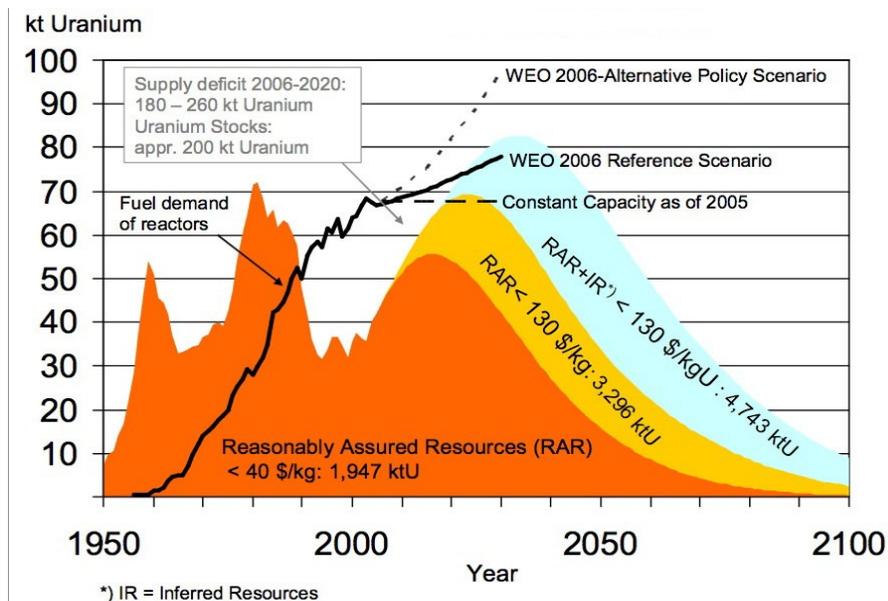
Le linee di grafico blu e verde in Figura A.1-4 (i prezzi a pronti dell'uranio naturale monitorati da ESA espressi in EUR/kg-USD/lbU<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) mostrano l'andamento storico del mercato a pronti con il rapido incremento del prezzo dell'uranio durante i due anni trascorsi, che ha registrato nel periodo prezzi di contratti "spot" di quasi tre volte più elevati. D'altra parte, secondo i prezzi correnti del mercato "spot" osservato su base di breve termine da compagnie e consulenti, si rimarcherebbe un incremento complessivo di prezzi di un fattore dieci rispetto a ad un riferimento intorno ai 9 ÷ 10 USD/lb-U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> di alcuni anni fa, livello di prezzi che appariva sostanzialmente stabile fin dalla fine degli anni '80.

Il rinnovato interesse mondiale per l'energia nucleare in risposta ai prezzi crescenti dei combustibili fossili, alle preoccupazioni legate ai cambiamenti climatici e relative contromisure (e.g. il Protocollo di Kyoto) e in generale, alle preoccupazioni sulla sicurezza delle forniture di energia, sono apparse contribuire alla pressione sui prezzi dell'uranio, ciò nondimeno le forniture di materiale nucleare sono rimaste stabili. Difformemente dal 2005, che segnò per due anni consecutivi un certo incremento, la produzione globale di uranio è diminuita nel 2006 rispetto al 2005, anche se nuove miniere di uranio sono entrate in produzione o sono in procinto di farlo. La produzione globale di uranio rimane pertanto ancora ben al di sotto della domanda: tuttavia, numerosi ampliamenti di miniere e piani di sviluppo di nuovi giacimenti dovrebbero colmare il divario nei prossimi anni. Mentre nel 2005 contributo di produzione di combustibile dal ri-arricchimento di uranio impoverito è diminuito e quello da uranio alto-arricchito (HEU) è aumentato, l'opposto si è osservato nel 2006, con la quota UE di uranio impoverito ri-arricchito incrementatasi di 200tU, ma quella dell'uranio alto-arricchito diminuita di 550tU.

La produzione di uranio primario copre attualmente un 60% della domanda, mentre la maggior parte delle fonti secondarie, che copre un buon 40%, sarebbe costituita per un 15% dall'accordo US-Russia sull'uranio alto-arricchito (HEU-I), dal ri-arricchimento di uranio impoverito dalle code di fabbricazione e MOX riciclato per un 8 ÷ 9%, con un resto costituito principalmente da scorte commerciali, esportazioni di uranio arricchito (EUP) dalla Russia e, occasionalmente, disponibilità americane del DOE messe sul mercato.

Dal momento che le disponibilità commerciali di uranio, stimate attorno al 10%, sono destinate ad esaurirsi in pochi anni e la continuità delle esportazioni di uranio arricchito (EUP) dalla Russia è incerta, mentre la produzione di combustibile dal ri-arricchimento di uranio impoverito e dal riprocessamento di combustibile esaurito sembrerebbero non potersi incrementare significativamente, l'interesse per un possibile secondo accordo HEU-II apparirebbe potenzialmente elevato. Questo accordo dovrebbe poter aver luogo senza scoraggiare nuovi investimenti per la produzione di uranio primario e al tempo stesso, fornire garanzie della disponibilità di HEU, un fattore che è necessario per la stabilità e la fiducia del mercato. Tuttavia, la possibile estensione dell'accordo per oltre il 2013 è attualmente in dubbio, poiché la Russia favorirebbe verosimilmente il soddisfacimento della domanda interna e delle esportazioni (per quanto, infine, ancora a supporto del mercato globale). D'altra parte, il DOE ha mostrato intenzione alla vendita di proprio HEU in eccesso per la miscelazione a basso arricchimento ed entrambi i paesi, Russia e Stati Uniti, confermano iniziative per la creazione di una riserva internazionale di combustibile nucleare sotto gli auspici AIEA.

La Figura A.3-1<sup>[9]</sup> illustra l'andamento storico della produzione di uranio e le proiezioni future: le previsioni basate su risorse RAR (risorse ragionevolmente accertate) estraibili per meno di 40 USD/kgU coprono la zona arancione, quelle al di sotto dei 130 USD/kgU l'area gialla, mentre l'area azzurra include anche le risorse dedotte (RAR+IR); la linea nera traccia invece la domanda dei reattori attualmente in funzione secondo scenari riportati dalla IEA di richiesta corrente, di riferimento moderato sviluppo e di sostenuto sviluppo dell'energia nucleare.



**Figure A.3-1** – Domanda di uranio secondo scenari IEA e possibili forniture da risorse note.

Come detto al paragrafo A.1, il mercato dell'arricchimento dell'uranio sta attraversando una fase di prezzi crescenti dovuti sia all'aumento della domanda di arricchimento che ad investimenti in nuova capacità produttiva, mentre è in una fase cruciale di transizione tecnologica con qualche incertezza per il periodo di transizione. La joint-venture europea per la tecnologia dell'arricchimento ha come obiettivo di iniziare la produzione nel 2008-2009 e di raggiungere il livello nominale di produzione di 7,5 milioni di SWU intorno al 2016.

A scopo di confronto, la quantità di uranio altamente arricchito proveniente dallo smantellamento delle testate nucleari alla quale questo progetto fa riferimento corrisponderebbe all'incirca a 4 ÷ 5 anni di produzione del nuovo impianto di Georges Besse

II. A seconda della durata temporale, del tipo e delle caratteristiche degli accordi per gestire le modalità di introduzione nel mercato, la nuova disponibilità di uranio altamente arricchito potrebbe o avere un ruolo sinergico, aiutando a rendere più tranquilla la fase di transizione nella tecnologia di arricchimento, rispondendo a timori per possibili carenze temporanee di capacità di arricchimento, o introdurre incertezze sia nel mercato degli investimenti che tra chi ha la responsabilità delle decisioni politiche.

Per quanto riguarda l'impatto in termini di disponibilità della materia prima uranio, la possibile disponibilità di 200 tonnellate di uranio altamente arricchito ("weapon grade") sarebbe all'incirca equivalente a 50000 tonnellate di uranio naturale necessario a produrre una quantità corrispondente (che dipenderebbe dal livello di arricchimento) di uranio a basso arricchimento da usare come combustibile per gli impianti nucleari. Coerentemente ai dati di produzione di uranio presentati in precedenza, una simile quantità supererebbe la produzione mondiale del 2005, che è stata pari a circa 41722 tU (di un 5% superiore a quella del 2006). Pertanto, la sopra citata quantità può essere considerata rilevante in termini di impatto sul mercato del combustibile nucleare, qualora non sia adeguatamente regolata da opportuni meccanismi di controllo quali, ad esempio, la "diluizione" della fornitura dell'uranio altamente arricchito in un periodo di tempo sufficientemente lungo. Anche in considerazione degli aspetti tecnici legati sia al recupero del materiale dalle testate nucleari che alla sua diluizione, e sulla base di precedenti analoghe esperienze, il progetto proposto avrebbe infine una durata temporale di almeno 10 anni.

Questa nuova quantità di uranio arricchito rappresenterebbe, in queste condizioni, una fonte di approvvigionamento di uranio secondario che avrebbe un impatto sulla produzione di uranio primario per un 10÷12% all'anno per 10 anni; sarebbe così relativamente facile ridurre al minimo i possibili effetti negativi, come imprevisti "raffreddamenti" dell'attuale tendenza all'aumento del mercato, per mezzo di opportuni accorgimenti nei confronti dei produttori con particolare attenzione a non creare eccessive perturbazioni al mercato degli investimenti, specialmente per nuove prospezioni e attività estrattive.

La propensione degli enti elettrici nucleari europei ad aumentare gli acquisti in risposta alle preoccupazioni legate alla stabilità delle forniture e ai prezzi crescenti, come pure a mantenere riserve di combustibile corrispondenti ad alcuni anni di funzionamento e a sostenere una politica di diversificazione, permette di contenere l'aumento dei costi dell'uranio relativi a contratti di lunga durata relativamente modesti.

Oltre ad aiutare la politica di diversificazione, la disponibilità di una fonte aggiuntiva di combustibile, derivante dallo smantellamento delle armi nucleari, potrebbe o favorire la costituzione di riserve di combustibile da parte degli enti elettrici o frenarli ritardando l'acquisto di altro combustibile, in funzione della strategia seguita per la collocazione dell'uranio altamente arricchito. Tuttavia, la disponibilità più o meno elevata degli enti elettrici a potenziare le loro riserve potrebbe in ultima analisi non costituire un fattore determinante o comunque diretto nel determinare lo sviluppo del mercato del combustibile nucleare in presenza di una sostanziale e significativa quantità di nuovo uranio altamente arricchito.

#### **A.4 ANALISI DEL VALORE COMMERCIALE DEL PROGETTO PROPOSTO E POSSIBILI SOLUZIONI PER MINIMIZZARE LE TURBATIVE DI MERCATO**

Gli accordi di disarmo e il conseguente smantellamento delle armi nucleari rendono disponibili una notevole quantità di risorse re-indirizzabili in ambito energetico, che possono essere proficuamente investite in progetti di sviluppo nei Paesi poveri del Sud del Mondo. L'ipotesi di utilizzo di tali risorse re-indirizzando parte del risparmio sui costi di produzione del combustibile nucleare (principalmente dal processo di arricchimento) a progetti di aiuto ai Paesi in Via di Sviluppo e' già stata formulata con riscontri positivi in passato e ripresa nell'ambito di vari convegni e summit internazionali patrocinati col supporto del Sacro Convento di S. Francesco d'Assisi.

L'aggiornamento dello studio in oggetto si prefigge in ultima analisi di quantificare il "dividendo economico" che potrebbe rendersi disponibile tramite il risparmio sui costi di produzione del combustibile nucleare, e quindi di valutare quale sia la dinamica di sviluppo che può essere generata da un tale "dividendo" attraverso progetti di aiuto ai Paesi poveri. In particolare, attraverso un cosiddetto "effetto leva", si potrebbe, infatti, mirare ad ottenere un'amplificazione degli investimenti iniziali concentrando principalmente gli sforzi in campo energetico, ovvero utilizzando le risorse economiche rese disponibili per sfruttare al meglio le risorse energetiche disponibili localmente nei vari Paesi in via di sviluppo (PVS).

La valutazione del dividendo economico effettivo da destinarsi ai progetti PVS deve verosimilmente svolgersi in conformità ad una serie di ipotesi che tengano in conto non solo gli elementi tecnici di mercato, ma che prefigurino, per quanto preliminarmente in questa fase di larga massima, un possibile quadro di accordi e di organizzazioni internazionali che attraverso la loro attività rendano possibile l'attuazione del programma stesso. Il dividendo utile ai fini del programma di sviluppo dovrà dunque tenere in conto anche i costi che saranno necessariamente sostenuti per generarlo, e che non sono strettamente conteggiabili nell'ambito delle correnti voci di costo per la produzione del combustibile nucleare: resta pur tuttavia utile e necessario stimare l'entità del valore complessivo, che per i motivi anzidetti si prefigurerà come "lordo" ai fini del programma PVS, di un prefissato quantitativo di uranio ad alto arricchimento (HEU) che fosse interamente reso disponibile (in base ad accordi qui delineati solo marginalmente) come risorsa energetica in riferimento al mercato del combustibile nucleare.

Facendo riferimento al parco di centrali nucleari attualmente in esercizio (nell'ipotesi di uno scenario di crescita dell'energia nucleare, il valore del "*dividendo per lo sviluppo*" potrebbe risultare significativamente più alto), gli scenari considerati per stimare il valore di mercato di una prefissata partita di HEU proveniente da programmi di smantellamento degli armamenti nucleari sono sostanzialmente due:

- a) utilizzo dell'Uranio arricchito delle testate in sostituzione del processo di arricchimento isotopico nel normale ciclo di fabbricazione del combustibile (l'uranio alto-arricchito viene mescolato con uranio naturale, di nuovo acquisto, per ottenere la composizione standard del combustibile dei reattori attuali);
- b) utilizzo dell'Uranio arricchito delle testate in combinazione con l'Uranio impoverito (ossia la "coda" del processo di arricchimento, a suo tempo effettuato) assunto disponibile a zero costo (anche in questo caso i due materiali sono mescolati in opportune proporzioni per raggiungere il grado di arricchimento del comune combustibile dei Light Water Reactors-LWR).

Sulla base di questi due scenari, si valuta una stima del potenziale valore commerciale di mercato del combustibile prodotto con l'uranio alto-arricchito, da indirizzare al dividendo economico per PVS, al lordo dei vari costi accessori, diretti ed indiretti, di gestione del programma, considerando come risorsa di partenza la disponibilità di un 8000 testate dai programmi di smantellamento per un equivalente di 200 tonnellate di uranio alto-arricchito. Si assume inoltre che il programma di conversione delle testate e commercializzazione del combustibile nucleare da esse ricavato si attui in dieci anni.

Nell'ambito del primo scenario, la stima del valore commerciale si evince dal confronto dei costi di fabbricazione di un combustibile correntemente prodotto attraverso l'arricchimento di uranio naturale con quello prodotto tramite mescolamento dell'uranio alto-arricchito delle testate con uranio naturale: il risparmio si attua dunque sui costi elevati del processo di arricchimento e su parte dell'uranio naturale.

Nell'ambito del secondo scenario, l'uranio alto-arricchito viene mescolato con uranio impoverito (~0,3%), considerato a costo zero (oltre che dai correnti processi di arricchimento dell'industri nucleare, ne esistono grosse quantita' inutilizzate derivanti dalla corsa agli armamenti nel periodo della guerra fredda). In questo caso il risparmio sarebbe duplice, attuandosi non solo dall'esclusione del processo di arricchimento ma anche dell'acquisto di uranio naturale, mentre per quanto riguarda le altre componenti di costo si ipotizzano le medesime condizioni del primo scenario. In questo caso però il risparmio si effettuerebbe "a spese" di un mancato, o perlomeno differito, guadagno delle imprese industriali che producono l'uranio naturale estraendolo da miniere (processi che implicano lunghi e costosi investimenti di sviluppo). A tale scopo si valutano dei costi finanziari di compensazione alle industrie primarie per differimenti di produzione susseguentesi nell'arco della durata del programma.

#### **A.4.1 Il Valore Commerciale del Combustibile Prodotto dal Recupero di Uranio Alto-Arricchito dalle Testate (Stima a Valori Correnti di Mercato)**

La stima dei costi per la fabbricazione di elementi di combustibile con uranio alto-arricchito proveniente dalla conversione di testate nucleari destinate allo smantellamento viene fatta inizialmente su base unitaria (per 1 ton di HEU) in riferimento ai seguenti dati di partenza <sup>[11]</sup>:

Numero indicativo di testate (U-WH)	~ 40
HEU recuperato, tons	1,0
Arricchimento medio dell'HEU di partenza	90%
Arricchimento di riferimento dell'uranio naturale (NU)	0,71%
Arricchimento del combustibile per reattore (LEU)	3,60%
Code residue dall'arricchimento del NU	0,20%

e cioè:

1. un numero di testate equivalente (o presunto tale) ad un quantitativo di HEU unitario pari ad 1 ton, in modo da avere dei valori direttamente scalabili a qualsivoglia quantitativo di HEU disponibile;
2. arricchimento medio dell'HEU di partenza del 90%;
3. arricchimento dell'uranio naturale (NU) di riferimento pari allo 0,711%;
4. arricchimento dell'uranio da usare come combustibile LEU per reattori di potenza pari al 3,6%;

5. 0,2% di arricchimento residuo dell'uranio impoverito proveniente dalle code del processo di arricchimento per ottenere un combustibile LEU arricchito al 3,6% (valore diminuito dallo 0,3% allo 0,2% secondo la tendenza attuale di sfruttare al massimo l'uranio naturale il cui prezzo è in costante ascesa).

Al fine di determinare il valore commerciale dell'uranio alto-arricchito reso disponibile, sono stati considerati quattro tipi di materiale primario (uranio naturale NU, HEU diluito con NU, uranio impoverito ri-arricchito dalle code DU, HEU diluito con DU) per produrre un combustibile LEU (arricchito al 3,6%) da utilizzarsi in reattori di potenza:

Schema di Arricchimento	Materiale Primario –Tipo di Combustibile			
	NU	HEU + NU	DU	HEU + DU
Materiale primario di partenza	0.71%	90%	0.30%	90%
Materiale di diluizione	--	0.71%	--	0.30%
Code residue standard / esauste	0.20%	--	0.15%	--
Combustibile basso-arricchito prodotto (LEU)	3.60%			
Parti di NU o DU necessari per LEU <sup>1</sup>	6.65	29.91	23.0	26.18
SWU <sup>2</sup> da NU o DU necessari per LEU	5.64	--	12.90	--

Il valore commerciale dell'HEU viene dunque a determinarsi dal confronto dei costi di produzione del combustibile nei quattro casi considerati (e.g. HEU+NU vs. NU o DU, HEU+DU vs. DU o NU).

In mancanza di dati riguardo la composizione specifica dell'uranio delle testate considerate, si omette la stima dell'impatto dell'Uranio-236 eventualmente presente nell'HEU e nel combustibile finale da esso derivato tramite miscelazione con uranio naturale o impoverito. L'eventuale presenza di <sup>236</sup>U (che si accumula per irraggiamento del <sup>235</sup>U in reattore) richiede infatti di compensarne gli effetti di assorbimento neutronico tramite un più alto arricchimento del LEU rispetto al valore nominale del 3,6%.

Il bilancio delle masse di combustibile ottenibili dalla diluizione di 1 ton di HEU di origine "weapon grade", a seconda che venga miscelato con NU o DU, e le quantità richieste di combustibile di diluizione (NU o DU) sono riportate in confronto alle quantità che occorrerebbero utilizzando solo NU o DU per produrre gli stessi quantitativi finali di prodotto (assunti eguali a quelli di derivazione HEU):

	Quantitativi Richiesti (kg) per 1 ton HEU			
	NU	HEU + NU	DU	HEU + DU
Materiale primario di partenza	205640	1000	625182	1000
Materiale di diluizione	--	29907	--	26182
Code residue	174734	--	598000	--
Combustibile LEU prodotto	<b>30907</b>	<b>30907</b>	<b>27182</b>	<b>27182</b>
SWU	174263	--	350625	--
No. di elementi di combustibile	67	67	59	59

<sup>1</sup> parti di NU per produrre, in arricchimento, 1 parte di LEU – parti di NU per diluire 1 parte di HEU – parti di DU per produrre, in arricchimento, 1 parte di LEU – parti di DU per diluire 1 parte di HEU.

<sup>2</sup> SWU: numero di Unità di Lavoro Separativo utilizzate nel processo di arricchimento dell'uranio naturale.

Si ottengono dunque all'incirca 31 o 27 ton di combustibile LEU "reactor grade" (RG) a partire da 1 ton di HEU "weapon grade" (WG), a seconda del livello di arricchimento del materiale di diluizione di partenza (NU al 0,71% o DU al 0,30%). La miscelazione con uranio impoverito, a più bassa concentrazione di fissile rispetto al naturale, richiede una maggior frazione di HEU per unità di prodotto, portando dunque ad ottenere un 4 ton in meno di prodotto finale.

Caso particolare è poi il combustibile ottenuto dal re-arricchimento delle code (che costituisce una delle fonti secondarie sul mercato del combustibile nucleare): i quantitativi richiesti sono notevoli e notevoli pure sono poi le code residue finali esauste allo 0,15%; la quantità di unità di separazione (SWU) necessarie risulta inoltre sensibilmente più alta (~ 2,5 x) rispetto al processo di arricchimento attuato con l'uranio naturale.

La stima del numero di elementi di combustibile fabbricabili con le quantità risultanti di prodotto finale (67 e 59 circa nei due gruppi di casi) si basa sulla massa di uranio arricchito LEU di un elemento 17x17 PWR standard.

In conformità a queste quantità di combustibile, opportunamente scalate alle quantità effettivamente preventivate di HEU, e di una serie di costi unitari, si determinano le differenti componenti di costo per la fabbricazione degli elementi di combustibile nei vari casi ipotizzati e a confronto. I costi vengono di solito espressi in USD/kgU-metallico e sono aggiornati ai prezzi correnti di mercato basati su contratti multi-annuali nel 2006 (prezzi ufficiali, così come riportati da ESA, sia per NU che per SWU, mentre altri le componenti di materiali/processi sono sia basate su dati ESA o dedotti da fonti differenti): ciò al fine sia di appianare eventuali effetti incidentali dello "spot market" e di rappresentare al meglio contratti di lungo termine che sono quelli di regola sottoscritti dagli operatori di centrali, che di stemperare, in uno scenario di prezzi in costante ascesa, i probabili effetti di mitigazione che, come discusso nei paragrafi precedenti, comporterebbe l'immissione di cospicui quantitativi di HEU sul mercato del combustibile nucleare.

I costi di smantellamento delle testate e del recupero/manipolazione del materiale fissile HEU non sono assoggettabili alle regole del mercato del combustibile nucleare: in base a quanto precedentemente discusso sono comunque posti eguale a zero poiché, con tutta verosimiglianza, ascrivibili ad un processo interamente militare e dunque riconducibile a costi governativi, così come si ritiene sia, nell'ambito dello scenario di questa analisi, il valore dell'HEU a suo tempo prodotto nell'ambito dei programmi di corsa agli armamenti (i cui costi furono comunque sostenuti dalla comunità civile e parrebbe dunque adeguato che questa risorsa, a suo tempo già finanziata, fosse ora indirizzata verso programmi di adeguata finalità).

Viene comunque conteggiato un costo di miscelazione che, non particolarmente oneroso, può in effetti rappresentare, in un'ottica di mercato e industriale, un costo nuovo da sostenere, così come pure lo sono i costi di conversione ad ossido, per arrivare a produrre degli elementi di combustibile per reattori di potenza.

Il valore commerciale del prodotto ottenuto partendo dalle diverse fonti di materiale primario (NU, HEU+NU, DU e HEU+DU) è stimato al costo, come somma cioè dei costi delle varie componenti di processo e quantità di materiali necessari nei diversi casi considerati.

Nella tabella che segue si riportano i costi base delle componenti unitarie per processi (conversione, miscelazione, arricchimento, fabbricazione) e materiali (principalmente per l'acquisto di NU), nonché la stima delle quantità e tipologie di materiali necessarie nei vari casi e relativi importi in relazione all'ipotesi di disponibilità di un ammontare di HEU pari a 200 tons.

			Quantitativi (ton-U) / Tipologia (per 200ton HEU)			
Tipo di Materiale			NU	HEU + NU	DU	HEU + DU
Materiale primario di partenza			41 128	200	125 036	200
Materiale di diluizione			--	5 981	--	5 236
Code residue			34 947	--	119 600	--
SWU			34 853	--	70 125	--
Combustibile LEU prodotto (3,6% in <sup>235</sup> U)			<b>6 181</b>	<b>6 181</b>	<b>5 436</b>	<b>5 436</b>
Processo		Costi unitari (2006)	Costi Totali (MUS\$)			
Recupero HEU		0 \$/kgHEU	--	0	--	0
Miscelazione HEU		75 \$/kgLEU	--	464	--	408
<b>Acquisto</b>						
NU		48.4 \$/kgNU <sup>(1)</sup>	1 990	289	43 <sup>(2)</sup>	43 <sup>(7)</sup>
HEU & DU		0 \$/kg	0	0	0	0
<b>Conversione</b>						
NU		8,0 \$/kgNU <sup>(6)</sup>	329	48	--	--
DU		n/a \$/kgDU	--	--	--	--
HEU		9,0 \$/kgHEU	--	1.8	--	1.8
<b>Arricchimento (NU e DU)</b>		135 \$/SWU <sup>(6)</sup>	4 705	--	9 467	--
<b>Fabbricazione</b>						
UOx & DUOx		275 \$/kgU <sup>[11]</sup>	1 700	1 700	1 495	1 495
<b>Valore del Combustibile Prodotto</b>						
Complessivo		M\$	<b>8 724</b>	<b>2 503</b>	<b>11 005</b>	<b>1 948</b>
Unitario		\$/kgU	1 411	405	2 024	358

Dalla miscelazione dell'uranio alto-arricchito (HEU) con uranio naturale (NU) si ottengono 745 ton in più rispetto al prodotto ottenuto dalla miscelazione dell'HEU con uranio impoverito (DU), ciò a causa, come anzidetto, del minor contenuto di fissile del DU e del maggior consumo di HEU necessario per compensarlo.

Il costo di un prodotto derivante dall'uranio ad alto-arricchimento miscelato con uranio impoverito (HEU+DU) appare un po' più basso di quello ottenuto dalla miscelazione con uranio naturale (HEU+NU), ciò è sostanzialmente dovuto al costo zero del DU.

Sulla base dei valori dei contratti multiannuali per forniture di uranio naturale (NU) e servizi di arricchimento (SWU), il costo del prodotto ottenuto per arricchimento del solo uranio impoverito (DU) apparirebbe sostanzialmente più elevato rispetto al costo del prodotto ottenuto dall'arricchimento dell'uranio naturale (NU), ciò a causa dell'elevata quantità di unità di lavoro separativo necessarie per ri-arricchire l'uranio impoverito.

D'altra parte, se si fossero utilizzati i dati correnti dello "spot market" (e.g. 180 USD/kgU – i.e. all'incirca 70 \$/lbU<sub>3</sub>O<sub>8</sub> per la fonte di NU – e 145 USD/SWU per l'arricchimento) tale risultato verrebbe completamente ribaltato e il costo del prodotto finale EUP ottenuto dal NU diverrebbe alquanto più elevato rispetto al prodotto ottenuto a partire dal solo DU (e.g. 2 343 USD/kgU per il NU-EUP vs. 2 175 USD/kgU per il DU-EUP, mantenendo invariati gli altri elementi di costo).

<sup>1</sup> secondo i valori riportati dall'ESA per contratti multiannuali al 2006 (si veda il paragrafo A.1)

<sup>2</sup> compensazione alle industrie primarie che producono l'uranio naturale da miniera per costi finanziari derivanti dal differimento di produzione susseguentesi nell'arco della durata del programma

Pertanto, in un mercato di prezzi in costante e marcata crescita, con previsioni per il breve-medio termine che tenderebbero a confermare questo trend, le differenze tra i differenti tipi di materiali può non essere così significativa e, mentre il ri-arricchimento delle code non parrebbe conveniente al presente se confrontato su di una base di prezzi di contratti multiannuali, esso potrebbe nondimeno essere vantaggioso in riferimento ad una base di prezzi di contratti "spot" di breve termine.

Va inoltre considerato che il riutilizzo dell'uranio impoverito per produrre nuovo combustibile assume un indubbio valore sia dal punto di vista di un miglior sfruttamento energetico del ciclo del combustibile nucleare che di quello della riduzione degli scarti ("waste") derivanti dal processo di arricchimento.

In base a questa tabella, il risparmio sui costi del combustibile si situa dunque tra i sei e i nove miliardi di USD, a seconda del raffronto considerato: 6,22bnUSD per HEU+NU vs. NU, 6,78bnUSD per HEU+DU vs. NU e 9,06bnUSD per HEU+DU vs. DU.

#### **A.4.2 Il Costo di Mercato del Combustibile Nucleare con Analoghe Caratteristiche, di Origine Convenzionale**

La stima dei costi del combustibile convenzionale derivato dal processo di arricchimento dell'uranio naturale risulta dell'ordine di quelli esposti nello studio NEA-OECD [11] sui costi del ciclo del combustibile, dove valori più elevati sono stati utilizzati per la fonte di uranio naturale ma più bassi per le unità di lavoro separativo di arricchimento (SWU), essendo stati gli elementi di costo, al tempo dello studio OECD, elaborati come prezzi livellizzati su un arco di tempo di 29 anni.

Per contro, questa nuova stima si basa invece sui valori di mercato attuali per contratti multiannuali del combustibile nucleare così come riportati dall'Agenzia per il controllo delle Forniture di Euratom (cfr. [3], [4]).

Quando si considerano questi costi, tipicamente riferiti all'unità di peso del materiale metallico (o "Heavy Metal") che costituisce la miscela isotopica di uranio (fertile + fissile), occorre tenere presente che essi sono fortemente caratterizzati dal grado di arricchimento del prodotto, ovvero della concentrazione di  $^{235}\text{U}$  fissile in essi contenuta.

Un combustibile convenzionale derivato dall'arricchimento, fino al 3,6%, dell'uranio naturale verrebbe dunque a costare (sulla base dei valori di mercato attuali per contratti a lungo termine) sui 1400 USD/kgU, mentre un combustibile derivante dal ri-arricchimento di uranio impoverito delle code di arricchimento costerebbe sui 600 US\$/kgU in più. Se invece si considerassero i prezzi correnti dello "spot market", si avrebbero 2350 US\$/kgHM per il NU e 2170 US\$/kgHM per il DU, evidenziando un intervallo di variabilità piuttosto ampio dove livelli di prezzo e convenienza di un prodotto rispetto ad un altro possono facilmente cambiare, fino a ribaltarsi, in dipendenza del tipo di contratto commerciale in essere, verosimilmente soggetto alle quantità di combustibile complessivamente trattate e alle scadenze di fornitura.

#### **A.4.3 Valutazione Aggiornata del Valore Commerciale del Combustibile Utile ai Fini del Dividendo PVS**

Entrambi i combustibili derivati dalla miscelazione dell'HEU mostrano un marcato decremento di costi, e quindi un potenziale guadagno dell'ordine dei 1000 ÷ 1600 USD/kg, in confronto ai combustibili di sola derivazione convenzionale NU o secondaria DU, che devono

invece far ricorso al processo di arricchimento per innalzare la concentrazione di uranio fissile.

Assumendo per un combustibile arricchito al 3,6% un tasso di resa energetica (burn-up) intorno a 42,2GWd/tU ed una efficienza media di produzione elettrica per un reattore commerciale di potenza del 33%, si possono stimare la seguente produzione di energia elettrica ed una stima, indicativa, del suo valore per i differenti tipi di combustibile considerati in riferimento all'equivalente di 200 ton di HEU d'origine:

Tipo di Combustibile (200ton HEU equivalente)		NU	HEU + NU	DU	HEU + DU
No. di elementi di combustibile		13395	13395	11780	11780
Elettricità prodotta	TWhe	2064	2064	1816	1816
Incidenza costo combustibile per kWhe <sup>(1)</sup>	USD¢/kWhe	0.42	0.12	0.61	0.11
Numero di ricariche/reattore (del tipo PWR) (52 elementi per ricarica)	No.	256	256	225	225
Numero di reattori (PWR) impiegati sui 10 anni	No.	34	34	30	30

Il valore commerciale del combustibile può dunque essere stimato sulla base di una frazione del ricavo derivante dall'energia prodotta, o di risparmio sui costi di produzione del combustibile. In base a quest'ultimo criterio si otterrebbe dalla tabella dei costi riportata al paragrafo A.4.1:

- per 1 ton di HEU di derivazione WG:
  - valore combustibile dalla miscelazione di HEU con NU 13 MUSD
  - valore combustibile dalla miscelazione di HEU con DU 10 MUSD
  - risparmio rispetto al prodotto ottenuto dal solo NU 31 ÷ 34 MUSD
  - risparmio rispetto al prodotto ottenuto dal solo DU 42 ÷ 45 MUSD
  
- per 200 ton di HEU di derivazione WG (8000 WH):
  - valore combustibile dalla miscelazione di HEU con NU 2503 MUSD
  - valore combustibile dalla miscelazione di HEU con DU 1948 MUSD
  - risparmio rispetto al prodotto ottenuto dal solo NU 6222 ÷ 6777 MUSD
  - risparmio rispetto al prodotto ottenuto dal solo DU 8502 ÷ 9057 MUSD

Il combustibile derivante da 200 ton di HEU permetterebbe di produrre fino a 2.000 TWhe (il 76% dell'energia prodotta nel 2005 da tutti gli impianti nucleari del mondo), che darebbero origine, se generati tramite la combustione di combustibili fossili, a circa 1÷1,2 miliardi di tonnellate di CO<sub>2</sub>. Nell'ambito di un quadro politico-economico che accettasse come elegibile questo risparmio in CO<sub>2</sub> ed utilizzabile la relativa quotazione nell'ambito del mercato regolamentato dall'applicazione del protocollo di Kyoto, si potrebbe stimare, ai prezzi correnti un valore potenziale dell'ordine di alcune decine di miliardi di USD.

Incidentalmente, si nota come un risparmio nelle emissioni di CO<sub>2</sub> dell'ordine di grandezza del miliardo di tonnellate sia per l'appunto quello correntemente indicato come significativo per qualificare nel conteggio della riduzione di emissioni fonti energetiche alternative alle fossili.

<sup>1</sup> il costo dell'elettricità generata per mezzo della fonte nucleare è generalmente variabile tra i 2 ÷ 4 USD¢/kWhe, in dipendenza del tipo di Paese e all'incidenza delle varie componenti di costo (costi di capitale, gestione e manutenzione, termine operatività e smantellamento, regime di tassazione, etc.)

#### A.4.4 Valutazione Generale dell'Impatto Economico del Programma di Riconversione

Il risparmio nominale nei due scenari ipotizzati risulta dell'ordine di *6÷7 miliardi di USD* nel primo caso e di *8÷9 miliardi di USD* nel secondo: il dividendo effettivo dovrà presumibilmente tenere in debito conto di tutte quelle componenti politico-commerciali che non sono state considerate in questa stima tecnica in quanto strettamente legate allo scenario di accordi in cui questo programma verrà verosimilmente attuato.

Occorre infine rimarcare che la generazione di energia elettrica attraverso centrali nucleari utilizzando il combustibile così prodotto consentirebbe di evitare l'immissione nell'atmosfera per un equivalente di *1 ÷ 1,2 miliardi di tonnellate di CO<sub>2</sub>*.

Ai *"dividendi"* così generati in ciascuno scenario, si dovrebbe dunque sommare un ulteriore *"dividendo"*, che potrebbe verosimilmente legarsi alla natura sociale del programma.

Si ritiene infatti che, in completa analogia con il meccanismo dei *"certificati verdi"* già in essere nell'Unione Europea, l'energia elettrica prodotta a partire dal combustibile derivante dalle testate dismesse potrebbe essere accreditata di un analogo *"certificato arcobaleno"* che l'operatore del reattore che utilizza tale combustibile può vendere ad altri operatori quale *"credito"* disponibile per rispettare il target assegnato di emissioni di CO<sub>2</sub>.

Infatti, anche se (incomprendibilmente) i certificati verdi attualmente non sono associati all'energia elettrica da fonte nucleare, ma solo a quella da fonti rinnovabili, nel caso di utilizzo del combustibile derivante dalle testate è del tutto corretto ipotizzare il rilascio di un credito, visto che la destinazione ultima del *"dividendo"*, che da tale credito viene a costituirsi, è proprio la generazione di energia da fonti rinnovabili nei PVS, come per i certificati verdi.

I *"certificati arcobaleno"* verranno valorizzati con riferimento al risparmio di emissione di CO<sub>2</sub>.

La destinazione di tali *"dividendi"* al finanziamento di impianti di generazione elettrica da fonti rinnovabili nei Paesi in Via di Sviluppo consentirebbe di creare forniture elettriche destinate a funzionare per 30 anni, con notevoli ricadute in termini socio-economici, sanitari, di sviluppo occupazionale, istruzione e qualità della vita, tenuto conto anche del fatto che l'investimento in energie rinnovabili consentirebbe di evitare che una quota significativa del PIL generato vada destinata all'approvvigionamento di combustibili dall'estero. In altre parole, la crescita potrà essere indirizzata in misura ancor maggiore dell'usuale alla generazione di occupazione e ricchezza interna.

#### A.4.5 Confronto del Valore Commerciale per Differenti Tipi di Combustibile (Stima di Previsione a Valori di Mercato Livellizzati su 10 Anni)

E' stato altresì condotto un confronto generale tra differenti tipi di combustibile ottenuti dalla miscelazione di uranio alto-arricchito HEU recuperato dalle testate con uranio naturale, NU, uranio impoverito, DU, come pure con uranio dal riprocessamento di combustibile irraggiato, RU (0,81% di arricchimento residuo<sup>[11]</sup> per un 3.6% di iniziale e 42.2GWd/tU di burn-up).

Inoltre, a differenza delle valutazioni riportate al paragrafo A.4-1, che si basano su valori di costo attuali, i valori qui considerati per NU, SWU e di conversione sono "livellizzati" su una proiezione a 10 anni, periodo considerato per il programma di recupero dell'HEU dalle testate, la produzione di combustibile LEU ed il suo utilizzo nei LWR (altri parametri di costo non sono livellizzati in quanto appaiono sostanzialmente stabili, più o meno ancora gli stessi di quelli dello studio OECD di rif. [11]).

La tabella sottostante mostra i costi livellizzati per componenti unitarie di processo (conversione, miscelazione, arricchimento, fabbricazione) e di materiali (innanzitutto per l'acquisto di NU e RU, assunti allo stesso prezzo di vendita), le quantità e tipi di materiali per i differenti casi e l'ammontare in relazione alla potenziale disponibilità di 200 tons of HEU.

Tipo di Materiale			Quantitativi (ton U-metallico) / Tipologia (per 200ton HEU)					
			NU	HEU+NU	DU	HEU+DU	RU	HEU+RU
Materiale primario di partenza			41 128	200	125 036	200	40 620	200
Materiale di diluizione			--	5 981	--	5 236	--	6 194
Code residue			34 947	--	119 600	--	34 226	--
SWU			34 853	--	70 125	--	38 206	--
Combustibile LEU prodotto (3,6% in <sup>235</sup> U)			<b>6 181</b>	<b>6 181</b>	<b>5 436</b>	<b>5 436</b>	<b>6 394</b>	<b>6 394</b>
Processo		Costi livellizzati	Costi Totali (MUS\$)					
<b>Recupero HEU</b>		0 \$/kgHEU	--	0	--	--	--	0
<b>Miscelazione HEU</b>		75 \$/kgLEU	--	464	--	408	--	480
<b>Acquisto</b>								
NU	95,3	\$/kgNU	3 920	570	85 <sup>(1)</sup>	85 <sup>(9)</sup>	85 <sup>(9)</sup>	85 <sup>(9)</sup>
RU	95,3	\$/kgRU					3 871	590
HEU & DU	0	\$/kg		0	0	0		0
<b>Conversione</b>								
NU	11,8	\$/kgNU	486	71				
RU	35,4	\$/kgRU					1 439	219
DU	n/a	\$/kgDU			--	--		
HEU	13,3	\$/kgHEU	--	2.7		2.7		2.7
<b>Arricchimento, NU &amp; DU</b>		172,1 \$/SWU	5 999	--	12 071	--		
<b>Arricchimento, RU</b>		184,9 \$/SWU					7 064	--
<b>Fabbricazione</b>								
UOx & DUOx	275	\$/kgU	1 700	1 700	1 495	1 495		
RUOx	305	\$/kgU					1 950	1 950
<b>Valore del Combustibile Prodotto</b>								
Complessivo		M\$	<b>12 104</b>	<b>2 807</b>	<b>13 651</b>	<b>1 990</b>	<b>14 409</b>	<b>3 327</b>
Unitario		\$/kgU	1 958	454	2 511	366	2 254	520

<sup>1</sup> compensazione alle industrie primarie che producono l'uranio naturale da miniera per costi finanziari derivanti dal differimento di produzione susseguentesi nell'arco della durata del programma

Il costo del NU è stato livellizzato su un periodo di 10 anni assumendo un tasso medio di incremento di prezzi del 15% circa, che approssimativamente corrisponde all'incremento di prezzo dell'uranio naturale registrato in base ai contratti multiannuali negli ultimi anni, mentre i costi di arricchimento, SWU, sono stati livellizzati su di un tasso del 5%, che corrisponderebbe all'incremento medio dei prezzi di arricchimento negli ultimi dieci anni (è cioè stato considerato irrealistico assumere il corrente tasso di apprezzamento dello SWU, piuttosto alto ad un livello del 20%, poiché apparirebbe condizionato da cause contingenti e tecnologiche – come discusso nel paragrafo A.1, mentre il disavanzo di uranio primario è del tutto realistico e l'attuale tendenza di pressione sui prezzi del NU apparirebbe mantenersi anche nel futuro.

Le Figure A.4.5-1/2 riportano un confronto, in termini di risparmi incrociati, tra i differenti tipi di combustibile considerati, sia per l'ammontare complessivo nei vari casi di prodotto finale (EUP) ottenuto in derivazione da 200t HEU, che per valori unitari di massa di prodotto finale, dove i valori di costo sono normalizzati alle differenti quantità di tipi di combustibile.

Savings (MUS\$) to <=	NU	HEU + NU	DU	HEU + DU	RU	HEU + RU
NU	0	9.298	--	10.114	--	8.778
HEU + NU	--	0	--	816	--	--
DU	1.546	10.844	0	11.660	--	10.324
HEU + DU	--	--	--	0	--	--
RU	2.304	11.602	758	12.419	0	11.082
HEU + RU	--	520	--	1.337	--	0

**Figura A.4.5-1** – Risparmi complessivi (MUSD) sui costi di produzione tra i differenti tipi di combustibile.

Savings (US\$/kgHM) to <=	NU	HEU + NU	DU	HEU + DU	RU	HEU + RU
NU	0	1.504	--	1.592	--	1.438
HEU + NU	--	0	--	88	--	--
DU	553	2.057	0	2.145	257	1.991
HEU + DU	--	--	--	0	--	--
RU	295	1.800	--	1.888	0	1.733
HEU + RU	--	66	--	154	--	0

**Figura A.4.5-2** – Risparmi unitari (US\$/kgHM) sui costi di produzione tra i differenti tipi di combustibile.

Appare dunque evidente da questi prospetti come un combustibile prodotto dalla miscelazione di uranio alto-arricchito dalle testate (HEU) con uranio impoverito di scarto proveniente dai processi di arricchimento (DU) sia il più vantaggioso qualora si voglia massimizzare il valore del prodotto finale dal punto vista della generazione di un potenziale dividendo. Tale risparmio, a valori livellizzati nei dieci anni del programma, è dell'ordine dei 10bnUSD (per un quantitativo di 200ton HEU equivalenti) rispetto ad un prodotto ottenuto per arricchimento dell'uranio naturale, di 11,7bnUSD rispetto ad un prodotto ottenuto per ri-arricchimento delle code e di 12,4bnUSD rispetto ad un prodotto ottenuto dal ri-arricchimento di uranio riprocessato. Il risparmio per un prodotto HEU+DU è altresì di un 800MUSD rispetto al miscelamento di HEU con NU e di 1,3bnUSD quando l'HEU venga miscelato con uranio riprocessato.

Si noti come i risparmi nel caso di costi attuali riportati al paragrafo A.4.3 si situano tra i 6÷7miliardi di USD nel caso di uranio naturale e tra i 8÷9miliardi di USD nel caso di uranio impoverito, e cioè con un divario sui 2bnUSD tra i due casi, mentre questo si riduce nel caso

di stima livellizzata a circa 1 bnUSD (i.e. tra i 9÷11 bnUSD per NU e 10÷12 bnUSD per DU) e ciò a causa dell'incremento del valore di costo dell'uranio naturale (e dello SWU) considerati nel tempo.

Nel caso di un combustibile arricchito in uranio al 3,6% irraggiato ad un tasso di resa energetica intorno a 42,2GWd/tU in un reattore commerciale LWR col 33% di efficienza elettrica, si ottengono le seguenti produttività energetiche ed incidenze lorde dei costi del combustibile per le differenti tipologie considerate in relazione alle 200ton HEU assunte di derivazione o in equivalenza.

Tipo di Combustibile ( rif. 200 ton HEU)		NU	HEU + NU	DU	HEU + DU	RU	HEU + RU
No. di elementi di combustibile		13395	13395	11780	11780	13855	13855
Elettricità prodotta	TWhe	2064	2064	1816	1816	2135	2135
Incidenza costo combustibile	\$/kWhe	0.59	0.14	0.75	0.11	0.67	0.16
No. ricariche/reattore (52 elementi per ricarica)	No.	256	256	225	225	265	265
No. di reattori impiegati sui 10 anni	No.	34	34	30	30	35	35

La maggior quantità di combustibile ottenuto dalla miscelazione dell'HEU con uranio riprocessato, e quindi di elementi di combustibile da questo derivati e di reattori necessari, è da mettersi in relazione con il più elevato grado di arricchimento dell'uranio riprocessato rispetto all'uranio naturale e a quello impoverito (quest'ultimo consentendo evidentemente la minor quantità di combustibile ottenibile). Nonostante questa maggior quantità ottenibile attraverso la miscelazione di HEU con RU, il combustibile finale prodotto, a causa di alcuni costi intrinseci più elevati legati all'utilizzo di RU, risulta essere ancora caratterizzato da costi unitari superiori a quelli degli altri combustibili ottenuti dalla miscelazione con DU o anche con lo stesso NU (ciò probabilmente a causa dell'assunzione corrente di stimare l'uranio riprocessato allo stesso valore di quello naturale).

## ACRONIMI

bnUSD	billion USD
DN	Developing Nations
DU	Depleted Uranium
ECB	European Central Bank
ESA	Euratom Supply Agency
EUP	Enriched Uranium Product (LEU type)
FA	Fuel Assembly
HEU	Highly Enriched Uranium
IAEA	International Atomic Energy Agency
IEA	International Energy Agency
LEU	Low Enriched Uranium
MNA	Multilateral Arrangements for the Nuclear fuel cycle
MUSD/MUS\$	Million US Dollars
n/a	non applicabile
NPT	Non Proliferation Treaty

NRC	Nuclear Regulatory Commission
NU	Natural Uranium
RAR & IR	Reasonably Assured Resources and Inferred Resources
RG	Reactor Grade
SWU	Separative Work Unit
USD	U.S. Dollar
WH	War Heads
WG	Weapon Grade

## RIFERIMENTI

- 
- 1 IAEA, "Analysis of Uranium Supply to 2050", May 2001.
  2. EU Green Paper: "Towards a European strategy for the security of energy supply", EC 2001.
  - 3 EURATOM SUPPLY AGENCY Annual Report 2006.
  4. EURATOM SUPPLY AGENCY Annual Report 2005.
  - 5 OECD-NEA/IAEA "Red Book" "Uranium 2005: Resources, Production and Demand", 1<sup>st</sup> June 2006.
  - 6 Nucleonics Week dated 29 September 2005.
  - 7 IAEA, "Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2030", Reference Data Series No.1, July 2006
  - 8 IAEA, "Multilateral Approaches to the Nuclear Fuel Cycle: Expert Group Report submitted to the Director General of the International Atomic Energy Agency", INFCIRC/640, Date: 22 February 2005.
  - 9 "URANIUM RESOURCES AND NUCLEAR ENERGY", Background paper prepared by the Energy Watch Group, EWG-Series No 1/2006, December 2006.
  - 10 J.C. Cornell, "Secondary Supplies: Future Friend or Foe?", World Nuclear Association Annual Symposium, London, 7-9 September 2005.
  - 11 "The Economics of the Nuclear Fuel Cycle – Annex 8: Plutonium and recovered uranium credits", OECD/NEA, 1994.

## **ALLEGATO B**

**URANIO RITRATTATO E PLUTONIO  
NELLA CONVERSIONE NUCLEARE**

**SCENARIO DI RIFERIMENTO**

## B.1 SCENARIO DI RIFERIMENTO INDIVIDUATO COME FATTIBILE – AGENZIA, DISARMO E SVILUPPO

Nella Figura B.1-1 sottostante è riportato lo schema a blocchi riassuntivo del Piano Industriale Strategico ipotizzato per l'attuazione del processo di conversione nucleare.

E' da notare che tale Piano industriale si articola essenzialmente in due nodi principali costituiti dal *Consorzio Industriale* e da Agenzia preposta da ONU..

Il *Consorzio Industriale* assolve le funzioni tipiche di un Appaltatore che compra componenti e materiali, assembla e vende il prodotto finale.

La Agenzia ONU assolve le funzioni tipiche di Ente finanziatore del Progetto e di elargitore di profitti derivanti dal Progetto stesso, in quanto delegato politicamente dall'ONU.

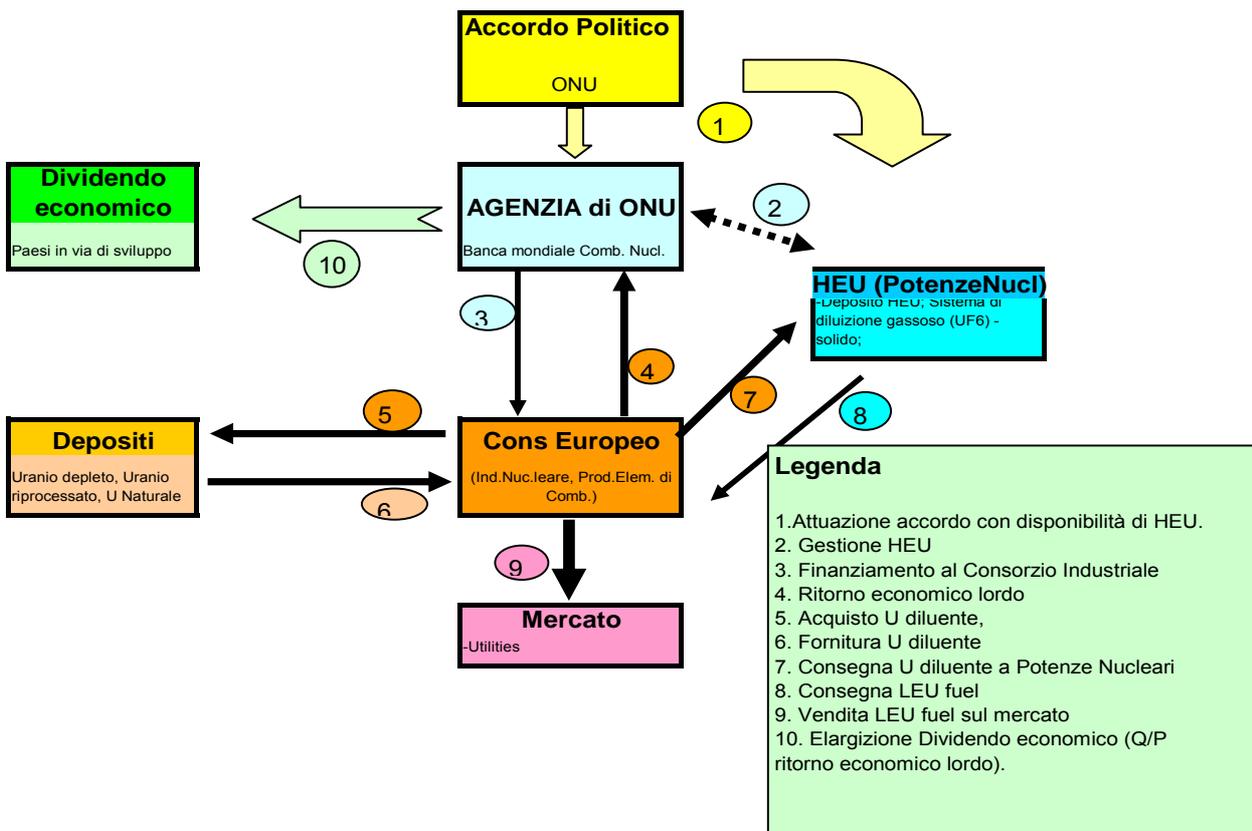


Figura B.1-1

## B.2 DIVIDENDO ECONOMICO DALLA CONVERSIONE NUCLEARE CON URANIO NATURALE E RITRATTATO

E' subito da rilevare, come verrà nel seguito esplicitato, un notevole risultato raggiunto: a fronte di un prezzo di vendita dell'uranio di **1958 \$/kgU<sub>3,6%</sub>**, si ha una disponibilità di dividendo economico per i Paesi in via di Sviluppo.

Nella corrente dinamica di mercato con prezzi contrassegnati da un mercato rialzo, ma moderati per contratti di lungo termine e/o per grossi quantitativi, nonostante i prevedibili effetti di "calmieramento" che avrebbe l'immissione di sostanziali quantità di uranio a alto-arricchito, esso è stimato, a elemento di combustibile finito, comunque superiore ai **1958\$/kgU<sub>3,6%</sub>** (vedasi il paragrafo A.4.1 dell'Allegato A Rif.1, secondo le assunzioni ivi descritte). Pertanto si assume che il prevedibile prezzo di vendita dell'uranio convertito al 3,6%, livellizzato nei prossimi 10 anni nel mercato sarà non inferiore a circa **2000 \$/kg U<sub>3,6%</sub>**.

## VALUTAZIONE DEL COSTO DELL'URANIO OTTENUTO DA DILUIZIONE DI HEU

### Diluizione con Uranio naturale

Tenuto conto della validità dell'accordo USA-RUSSIA "Megatons to Magawatts" attualizzato nel 2002 (Rif.2) per la conversione dell'uranio proveniente dalle armi nucleari in U arricchito al 4.5%, il prezzo di vendita minimo sia di circa **800** \$/kgU. Pertanto il prezzo al Kg sarà certamente inferiore per l' $U_{3,6\%}$ , ma lo assumiamo equivalente a 800 \$/Kg.

Aggiungendo il costo di conversione dell'UF6 e di fabbricazione degli elementi di combustibile (Rif.1) si avrebbe un costo di circa 1100\$/Kg di Uranio al 3.6%.

Pertanto il costo dell'Uranio arricchito al 3.6% se ottenuto dalla conversione di 200 tonn dell'HEU militare con Uranio Naturale da un risparmio di circa 900 \$/kg $U_{3,6\%}$  rispetto a quello di mercato minimo ipotizzato di 1958\$/kg  $U_{3,6\%}$  di cui sopra,

Tenuto conto che:

- l'utile per l'Agenzia dell'ONU, pari al 5% del costo di 1100\$/Kg, è 55 \$/kg $U_{3,6\%}$
  - le spese sostenute dal Consorzio Industriale sono:(5% costo 1100\$/Kg): 55 \$/kg $U_{3,6\%}$ ;
- In Totale il costo è di (1100+55+55)\$ cioè 1210\$/Kg.

L'Utile netto da destinare allo sviluppo potrà essere di 790 \$/kg di Uranio al 3.6%, ottenuto dalla differenza tra costo di Uranio convenzionale e costo di Uranio dalla Conversione di HEU diluito con U naturale, cioè (2000- 1100-55-55) \$/Kg.

L'utile è di un totale di **4.882 M\$** (= 790x6181.000 \$) in 10 anni di conversione dell'HEU.

In complesso si otterrebbero circa 4.8 Miliardi di US\$ in 10 anni di conversione di 200 tonn di HEU militare.

### Diluizione con Uranio ritrattato

Qualora la diluizione delle 200 tonn dell'HEU militare avvenisse con U da ritrattamento (con arricchimento minimo di 0.81%) si otterrebbero 6394 tonn sempre di tale uranio al 3,6%, ad un costo unitario così composto:

-costo dell'HEU diluito al 4.5%, analogo a Accordo Usa-Russia aggiornato nel 2002,	800\$/Kg
-costo di conversione da UF6 arricchito al 3,6% (Rif.1)	34,7\$/Kg
-costo di fabbricazione Uranio al 3.6 %	305\$/Kg
-costo di gestione da parte Agenzia Onu e Consorzio Industriale assunto pari al 10% del totale di Uranio (800+34,7+305) \$/Kg	114\$/Kg
<b>Il Costo TOTALE ammonta a</b>	<b>1250\$/Kg</b>

La parte che si può devolvere ai Paesi in via di sviluppo è pertanto uguale almeno a circa **750** (=2000-1250) \$/kg $U_{3,6\%}$ .

Cioè avremmo su 6394 tonn di Uranio al 3,6% ottenuto da diluizione di HEU con U-Ritrattato (arr. 0,81%) un ricavo economico di almeno circa 4795 M\$ in 10 anni.

### Dividendo economico per lo sviluppo

E' evidente che risulterebbero complessivamente disponibili per i progetti di sviluppo circa **4800 M\$** nel caso di impiego come diluente dell'HEU l'Uranio ritrattato in 10 anni di conversione tenendo presente che:

- l'arricchimento dell'Uranio riprocessato può essere maggiore di 081% e quindi in grado di produrre in tal caso una maggior quantità di combustibile;
- non sarebbero più richiesti i costi di deposito di lunga durata delle "scorie nucleari" così eliminate con l'uranio riprocessato.

Se la diluizione dell'HEU avviene con Uranio naturale risulterebbero disponibili per i progetti di sviluppo circa **4900 M\$** in dieci anni di conversione.

### B.3 POSSIBILE RIUSO DEL PLUTONIO NEI REATTORI NUCLEARI

#### Sommario

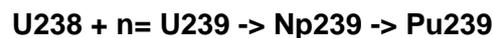
Questa sintetica nota è stata predisposta per analizzare le possibili vie per riciclare il plutonio proveniente dalle testate nucleari dichiarate in eccesso. Vengono inoltre evidenziate le problematiche associate al processo di trasformazione dal plutonio dalle testate alla barretta di combustibile per un impianto nucleare. Una particolare attenzione è stata posta nelle possibilità di riutilizzo del plutonio dichiarato in eccesso dalla Russia, nella filiera a neutroni veloci, a seguito dell'Accordo tra Usa e Russia.

Per completezza si illustreranno le caratteristiche e le problematiche connesse anche al riciclo del plutonio originato dal riprocessamento del combustibile irraggiato degli impianti di produzione di energia elettrica.

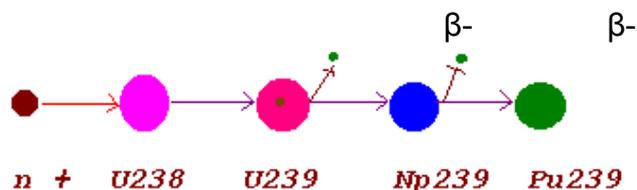
Dati e informazioni sono stati estratti da studi, rapporti e libri reperiti in internet e elaborati tecnicamente.

#### Caratteristiche del plutonio

Il plutonio è un elemento artificiale originato dalla reazione dell' U238 con un neutrone termico.



Dal U239 [numero atomico 92 - vita media 23 min.] con un decadimento  $\beta^-$  si passa al Np239 [numero atomico 93 – vita media 2,3 giorni] e quindi con un altro decadimento  $\beta^-$  si passa al Pu239 [numero atomico 94] secondo lo schema seguente:



Successivamente entrano in gioco anche altre reazioni che formano gli altri isotopi conosciuti del Plutonio. Pertanto il plutonio viene estratto tramite il riprocessamento del combustibile irraggiato ed è una miscela di vari isotopi con composizione estremamente variabile in funzione del tipo di reattore, del tempo di permanenza nel nocciolo e delle modalità operative.

Nel combustibile irraggiato degli attuali impianti di potenza ad acqua leggera, lo si trova con una percentuale pari a circa 1% dell'uranio inizialmente presente. La composizione tipica di questo tipo di plutonio è detta *Reattore-grade* (RPu) ed è riportata nella Tabella 1.

Come si vede la composizione del plutonio RPu include gli isotopi principali 238, 239, 240, 241 e 242. Nella tabella, che si riferisce alla composizione rilevabile dopo 2 anni dal riprocessamento, si trova anche l'Americio 241, figlio del Pu241, che per effetto dei diversi tempi di dimezzamento si accumula, raggiungendo il massimo dopo circa 70-80 anni.

Il plutonio *Reactor-Grade* si differenzia anche a seconda del tipo di combustibile da cui ha origine (LEU - ossidi di Uranio o MOX - ossidi misti). I dati si riferiscono ad un riprocessamento effettuato dopo 10 anni di raffreddamento (tempo trascorso dallo shutdown). Normalmente il plutonio ricavato dal riprocessamento viene stoccato in forma di ossidi, già pronto per essere riutilizzato per la fabbricazione di MOX.

Il plutonio *Reactor-Grade*, viene usato per la fabbricazione di combustibile MOX (attualmente il quantitativo di Pu in stock aumenta poiché la produzione e il consumo di MOX è molto inferiore alla produzione di Pu). In ogni caso, l'accumulo di Americio 241 fa sì che il combustibile MOX debba essere fabbricato entro opportuni tempi come indicato nella Tabella 1 poiché il massimo tasso di Am241 ammesso nel combustibile fresco è pari al 2,5%. Oltre questi tempi, il plutonio RPu deve essere purificato con opportuni processi.

TABELLA 1

Isotopo	Tempo di dimezzamento	Calore di Decadimento	Attività Specifica	Weapon-Grade (dopo 10 anni)	Reactor-Grade (dopo 2 anni)	
					(LEU) %	(MOX) %
	Anni	kW/t	Ci/g	%		
Pu-238	87,74	560	17,3	0,012	1,3	2,3
Pu-239	24.110	1,9	0,063	93,80	60,3	38,1
Pu-240	6.537	6,8	0,23	5,8	24,3	32,7
Pu-241	14,4	4,2	104	0,23	8,3	16,9
Pu-242	379.000	0,1	0,004	0,0022	5,0	8,3
Am-241	430	114	--	0,0022	0,8	1,7
Tempo massimo per riuso in fabbricazione di MOX (anni)				Infinito	≈7	≈3
Produzione do calore dopo 10 anni di stoccaggio (kW/t)				2,4	14,3	24,4

Salta agli occhi che il plutonio *Weapon-Grade* risulta più maneggevole di quello *Reactor-Grade*, infatti è meno radioattivo, emette meno calore e risulta più stabile nel tempo, potendo essere utilizzato nella fabbricazione di combustibile MOX senza limiti di tempo.

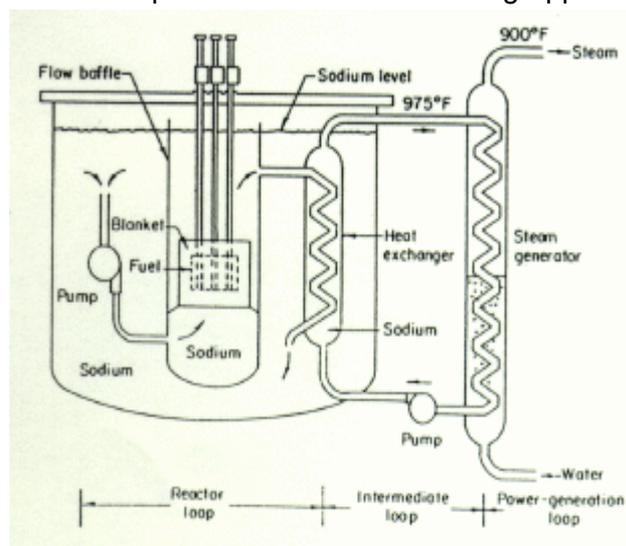
Il plutonio allo stato puro è un metallo molto pesante (circa il doppio del piombo), di colore argenteo. Per certi aspetti rappresenta il sogno dei fisici e l'incubo degli ingegneri in quanto cambia facilmente densità, anche del 25%, può essere fragile come il vetro o malleabile come l'alluminio e , quando solidifica, si espande più dell'acqua. Esistono sei stati allotropici (fasi) del plutonio; a temperatura ambiente si trova nella fase  $\alpha$  ed è fragile. E' piroforico e si incendia a 500°C. Fortuna o sfortuna, il plutonio metallico si può stabilizzare aggiungendo una piccola percentuale di Gallio (1-2%).

La presenza del gallio nel plutonio metallico crea notevoli problemi nella costruzione di combustibile MOX . Quando il plutonio metallico delle testate viene lavorato per formare la polvere di ossido di plutonio, il gallio risulta fortemente corrosivo per parecchi altri elementi. Per queste ragioni il Gallio va estratto via.

### Il plutonio come combustibile MOX

L'accordo fra USA e Russia circa l'uso di 34 tonn di plutonio militare del 19 novembre 2007 (vedi Rif. 3) è il documento base per le valutazioni tecniche seguenti.

Recenti esperimenti condotti da una gruppo di ricercatori internazionali presso il "Research



*Institute of Atomic Reactors (RIAR)*" di Dimitrovgrad in Russia, hanno testato sia i metodi di fabbricazione che l'irraggiamento in situ presso il reattore BN-600 di Beloyarsk dimostrando la possibilità di usare il plutonio di provenienza militare negli impianti veloci BN-600 e in quello in costruzione BN-800.

*Schema tipico degli impianti raffreddati al sodio BN-600 e BN-800 (impianti a piscina)*

Il Reattore BN-600 è entrato in funzione nel 1980 nel sito di Beloyarsk dove operavano già due obsoleti reattori RBMK da 100 e 200 MWe, ormai entrambi definitivamente fermi. L'impianto BN-600 è il più grande reattore veloce a sodio attualmente funzionante e fa parte del programma di ricerca sulla filiera FBR ancora supportato in Russia

Il BN-600 è nato come reattore alimentato unicamente da uranio fortemente arricchito (mediamente del 20%) ma il nocciolo è stato modificato in una configurazione con nocciolo ibrido per essere alimentato anche da MOX. Ulteriori maggiori interventi sono previsti per portare il nocciolo ad essere alimentato completamente con MOX (configurazione Full MOX). Le seguenti valutazioni tecniche sono basate sulle caratteristiche del BN-600 modificato riportate nel Riferimento 4.

In questa configurazione nel nocciolo vi sono 303 elementi di combustibile con ossidi di uranio (arricchimento dal 17% al 26%) e 91 elementi di elementi di combustibile MOX (arricchimento 21,2%).

Si trova che il consumo annuo del plutonio in eccesso dalle testate nucleari, può essere assunto pari a 276 kg/anno, mentre se si utilizza combustibile costruito con plutonio *Reactor-Grade* se ne possono consumare 317 kg/anno (valore calcolato con un fattore di carico realistico pari a 0,75 ottenuto come media negli ultimi anni). Per inciso questo fatto dimostra come il plutonio *Weapon-Grade* sia molto più efficiente.

Nel caso si procedesse alla trasformazione del nocciolo del BN-600 nella configurazione "Full MOX" allora il consumo di plutonio *Weapon-Grade* arriverebbe a 1.300 kg/anno. Le attività di trasformazione a Full MOX potrebbero durare diversi anni. Un effettivo utilizzo del BN-600 Full MOX può essere considerato economicamente accettabile solo se si potrà estendere la sua vita operativa (in origine prevista fino al 2010) di 10 anni.

Agreement intergovernativi sono stati siglati tra Russia, Francia e USA per finanziare le attività. Successivamente anche il Giappone ha mostrato interesse per le attività di trasformazione del nocciolo a "Full MOX".

E' evidente che solo con la trasformazione Full MOX, il BN-600 potrà contribuire fattivamente allo smaltimento di significative quantità di plutonio WPU.

L'impianto BN-800, in costruzione nello stesso sito di Beloyarsk accoglie molte migliorie tecniche generate dall'esperienza operativa fatta con il fratello minore BN-600 ed è stato progettato per essere alimentato tutto con combustibile MOX (arricchimento medio 20%).

Per il BN-800 il consumo annuo del plutonio in eccesso dalle testate nucleari, può essere assunto pari a 1.684 kg/anno, mentre se si utilizza combustibile costruito con plutonio *Reactor-Grade* se ne possono consumare 1.939 kg/anno (valore calcolato con un fattore di carico pari a 0,8).

L'entrata in esercizio del BN-800 è prevista per il 2012.

Una ulteriore possibile via per utilizzare il plutonio WPU come MOX in Russia, è quella di alimentare impianti VVER 1000. Gli impianti presi in considerazione sono le 4 unità di Balakovo che potrebbero essere alimentate con circa 1/3 del nocciolo a MOX.

Il consumo annuo di plutonio WPU è pari a poco più di 300kg/annuo per unità e complessivamente l'impianto di Balakovo potrebbe arrivare a bruciare circa 1.300 kg/anno di WPU.

Questa via, che potrebbe essere perseguibile già dal 2009, ma non è tra le preferite dalla Russia, che invece, per mantenere attivo il programma sullo sviluppo dei reattori veloci, punta ad utilizzare il costruendo BN-800.

## **Valutazioni tecniche**

### **Per LWR**

Da una valutazione tecnica dell'impiego di 34.000 kg di Pu WG diluito con 366 tonn di Pu RG per ottenere un combustibile Mox al 4.40% (di Pu fissile per un ~6,5% di Pu totale) miscelandolo con Uranio Naturale, si otterrebbe una quantità di combustibile confrontabile a quella ottenuta dalla diluizione con Uranio Naturale dell'uranio alto-arricchito (HEU) di recupero da 8.000 testate nucleari (200ton).

Se si volesse invece mescolare solo le 34 tonn di Pu WG direttamente con l'Uranio naturale si otterrebbe un quantitativo di combustibile Mox al 4.4% di arricchimento (con solo Pu fissile) di circa 9 volte inferiore. E questo sarebbe il modo più veloce per eliminare il plutonio militare ma non assieme al plutonio prodotto dai reattori.

### **Per Fast Reactor**

Infine se si volesse utilizzare il Pu WG (34 tonn) diluito con Pu RG (148 tonn) per produrre con Uranio Naturale un Mox mediamente arricchito al 16% (in Pu fissile) da utilizzarsi in un reattore veloce come il BN600, si otterrebbe:

- una quantità di combustibile confrontabile con quella ottenibile da 8000 testate di uranio alto-arricchito,
- un numero di elementi di combustibile grosso modo equivalenti a circa 300 cariche del core di BN600, reattore veloce.

### **Valutazioni conclusive**

In conclusione, la conversione di 34 tons di WGPu, operazione tecnicamente possibile, sono già oggetto di accordo e si può valutare in termini di energia producibile, la convenienza di diluire le 34 tonn con RGPu per fabbricare MOX per LWR ed ora anche per reattori veloci.

Inoltre altri scenari per l'eliminazione del plutonio da disarmo possono essere oggetto di un ulteriore studio di fattibilità di Mox per LWR/Fast Reactor. Per i reattori veloci, in particolare, va considerato anche il beneficio che ne deriva perchè produce nuovo combustibile.

Infine va considerato che l'Accordo "2000 Plutonium Management and Disposition Agreement" impegna entrambe Usa e Russia a destinare ciascuno 34 tonn di surplus di WG-Plutonium, e quindi i risultati di tale conversione si raddoppieranno.

### **Bibliografia di riferimento**

- Rif.1 Annex A del presente Studio.
- Rif.2 "Megatons to Megawatts" Usa-Russian Federation, USEC News Release, *Governments approve new Usec-Russian Agreement*, 19/06/2002.
- Rif.3 United States Department of Energy, Washington DC. 20585, Office of Public Affairs, **U.S. and Russia Sign Plan for Russian Plutonium Disposition** –November 19, 2007, Samuel W. Bodman and Sergey Kiriyenko.
- Rif. 4 Alexander CHEBESKOV, Vladimir USANOV, Ludmila RESHETNIKOVA, Sergey YUGAY, **Economic Efficiency of Fast Neutron Reactor Use for Surplus Ex-Weapon Plutonium Disposition in Developing Nuclear Power of Russia**, "GLOBAL 2005", Tsukuba, Japan, Oct 9-13, 2005.
- Rif. 5 2000 PLUTONIUM MANGEMENT AND DISPOSITION AGREEMENT (PMDA)

**ALLEGATO C**

**LA SALVAGUARDIA DELL'AMBIENTE ED IL PROBLEMA DELLA CO<sub>2</sub>**

## C.1 Effetti ambientali del Programma prodotti nei Paesi del nord del mondo

Facendo riferimento ai calcoli precedenti, la quantità di energia elettrica (2.000 TWh) prodotta utilizzando il combustibile derivante da 200 ton di HEU, darebbe origine, se generata mediante la combustione di combustibili fossili, a circa 1-1.2 miliardi di tonnellate di CO<sub>2</sub>. Nell'ambito di un quadro politico-economico che accettasse come eleggibile questo risparmio in CO<sub>2</sub> ed utilizzabile la relativa quotazione nell'ambito del mercato regolamentato dall'applicazione del protocollo di Kyoto, si potrebbe stimare, ai prezzi 2006 (20 Euro/tCO<sub>2</sub>) un valore associato di circa 28 miliardi di USD.

Uno dei problemi principali che rende attualmente difficoltoso, nei confronti della fonte energetica nucleare, il riconoscimento di questo risparmio, in termini di mancata emissione in atmosfera della CO<sub>2</sub>, risiede nel fatto che essa non è riconosciuta come fonte energetica rinnovabile. Ad esempio, nel contesto legislativo italiano, come conseguenza del recepimento delle Direttive comunitarie, ai sensi dell'art. 2, comma 1 del D. Lgs n. 387 del 29/12/2003, per fonti rinnovabili si intendono solo "le fonti energetiche rinnovabili non fossili quali la eolica, solare, geotermica, del moto ondoso, mareomotrice, idraulica, biomasse, gas di discarica, gas residuati dai processi di depurazione e biogas". Per cui solo per queste fonti energetiche è stato avviato un sistema di promozione, basato sul meccanismo del mercato dei certificati verdi, in cui gli impianti di produzione, per potervi accedere, devono essere preventivamente qualificati come alimentati da fonti rinnovabili che esclude a priori la fonte nucleare anche se essa contribuisce in maniera sostanziale alla riduzione dell'effetto serra ed in ultima analisi all'assolvimento su scala internazionale degli obblighi previsti dal Protocollo di Kyoto.

A livello comunitario, comunque, la situazione sta gradualmente modificandosi e recentemente la fonte energetica nucleare (fonte non rinnovabile ma considerata basso-emissiva) sta già trovando un posto insieme alle fonti rinnovabili tra le fonti di energia pulita con cui la EU cercherà di contrastare i danni che potrebbero derivare dal cambiamento climatico nell'ambito di un impegno formale firmato recentemente (marzo 2007) dal Presidente della CE.

Si potrebbe sostenere in futuro una proposta di Direttiva comunitaria che riconosca il meccanismo dei certificati verdi o "arcobaleno" (per la quota parte sulle emissioni della CO<sub>2</sub>) per i gestori di attività nucleari che partecipano alla iniziativa di sostegno ai Paesi in Via di Sviluppo con progetti per la realizzazione di impianti che utilizzano fonti rinnovabili mediante i proventi che scaturiscono dallo sviluppo delle attività di conversione delle testate nucleari in combustibile come descritto in precedenza.

Allo scopo di dare una dimensione concreta al contributo che queste attività possono fornire al problema della emissione della CO<sub>2</sub>, nel seguito (si veda la Figura C-1) viene fatto un esempio di come la conversione di 20 t HEU/anno, potendo generare una quantità di elettricità pari a  $1,9 \cdot 10^{11}$  kWh<sub>e</sub>/anno, determina un risparmio di combustibile fossile equivalente pari a 41 Mtep/anno con un risparmio nella emissione di CO<sub>2</sub> in atmosfera pari a 112 Mt/anno.

Da ciò appare ancora più evidente il notevole contributo che la conversione delle testate nucleari in combustibile nucleare può dare in forma indiretta ma in maniera sostanziale nei confronti della riduzione della emissione dei gas serra nell'atmosfera in armonia con quanto sollecitato dal Protocollo di Kyoto.

Conversione nucleare

CO<sub>2</sub> non emessa in atmosfera

<b>Conversione di testate nucleari</b>	20	tHEU/a	<b><math>CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O</math></b>		
Prodotto diluito 30 volte	600	tU <sub>3,6%</sub> /a			
Uranio diluitore da riprocessamento	580	TU <sub>1%</sub> /a			
Energia termica prodotta (n.6 OECD-NEA)	43000	MWD/tU <sub>3,6%</sub>			
Energia termica prodotta all'anno	2.6E+07	MWD/a	12+4=16		12+2x16=44
<b>Energia elettrica prodotta all'anno</b>	1.9E+11	KWh/a			
Consumo specifico	2.2E+03	Kcal/KWh			
Potere calorifico combustibile fossile	1.0E+04	Kcal/Kg	<b><math>1tCH_4 \rightarrow 2,75(=44/16)tCO_2</math></b>		
Combustibile fossile equivalente non bruciato all'anno	41	Mtep/a			
<b>CO<sub>2</sub> non emessa in atmosfera all'anno</b>	<b>112</b>	MtCO <sub>2</sub> /a	605	g CO <sub>2</sub> /KWh <sub>e</sub>	
Potenza elettrica mondiale da fonte nucleare	300000	MW			
Ore di utilizzo	8000				
<b>Energia elettrica prodotta all'anno da fonte nucleare</b>	<b>2.4E+12</b>	KWh/a			
Consumo specifico	2900	Kcal/KWh			
Potere calorifico combustibile fossile	1.0E+04	Kcal/Kg			
Combustibile fossile equivalente non bruciato all'anno nel mondo grazie alla fonte nucleare	696	Mtep/a			
<b>CO<sub>2</sub> non emessa in atmosfera all'anno nel mondo grazie alla fonte nucleare</b>	<b>1914</b>	MtCO <sub>2</sub> /a	798	g CO <sub>2</sub> /KWh <sub>e</sub>	

Conversione nucleare

Premi per la CO<sub>2</sub> non emessa in atmosfera

<b>Conversione di testate nucleari</b>	20	tHEU/a		
<b>Energia elettrica prodotta all'anno</b>	1.9E+11	KWh/a		
<b>CO<sub>2</sub> non emessa in atmosfera all'anno</b>	<b>112</b>	<b>MtCO<sub>2</sub>/a</b>		
Valore Certificato Verde (20Euro/tCO <sub>2</sub> non emessa in atmosfera)	2.2E+09	Euro/a	2.2	Miliardi Euro/anno

Figura C-1

**Nota importante:**

Il prezzo di riferimento individuato dal GSE per i certificati verdi per l'anno 2007 è pari a 137,49 €/MWh (al netto dell'IVA del 20%)

## C.2 Effetti ambientali del Programma prodotti nei Paesi in Via di Sviluppo

Al beneficio ambientale costituito dalla riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> che viene realizzato direttamente nei Paesi del nord del Mondo che utilizzano nelle loro centrali elettronucleari il combustibile ottenuto dalla conversione delle 200 ton complessive di HEU contenute nelle testate nucleari, se ne aggiunge un altro nei Paesi in Via di Sviluppo, parimenti importante, come conseguenza della realizzazione dei microprogetti.

In tali Paesi si avra' cioe' una considerevole riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera grazie al sostegno concreto ottenuto tramite il Programma, che verra' dato alle strategie locali che prevedono il ricorso alle energie rinnovabili nella produzione della energia elettrica.

Questo beneficio si concretizzera' con la utilizzazione di parte dei proventi, ottenuti dalle attivita' di conversione sopraccitate, per lo sviluppo di microprogetti nei Paesi in Via di Sviluppo dedicati alla realizzazione, tra l'altro, di impianti energetici che utilizzano direttamente fonti rinnovabili non inquinanti nella produzione della energia elettrica.

Grazie infatti alla assenza di impatti ambientali negativi collaterali, con la realizzazione di tali microprogetti verra' dato un ulteriore contributo alla protezione ambientale ed all'assolvimento degli impegni su scala internazionale contenuti nel Protocollo di Kyoto che prevedono una riduzione graduale ma sostanziale nella emissione in atmosfera dei gas ad effetto serra.

I proventi che scaturiscono dallo sviluppo delle attivita' di conversione delle testate nucleari in combustibile per centrali elettronucleari (per un totale di circa 200 ton di HEU provenienti da 8000 testate nucleari), come descritto in precedenza, possono mettere a disposizione un dividendo economico di **circa 400 MUSD/anno per 10 anni consecutivi** a sostegno dei Paesi in Via di Sviluppo.

Tali microprogetti consistono in pratica nella realizzazione di:

- a) **impianti energetici** (fotovoltaici, solari, mini hydro, eolici, biomasse, ecc.);
- b) **opere infrastrutturali** (ospedali, scuole, impianti per l'acqua potabile, impianti irrigui, vie di comunicazione, porti, impianti per le telecomunicazioni, ecc.);
- c) **microimprese**.

Facendo l'ipotesi che circa un terzo dei proventi venga destinato alla realizzazione di impianti energetici, si potrebbero avere a disposizione circa **130 MUSD/anno per 10 anni consecutivi** per dare un sostanziale contributo al soddisfacimento dei fabbisogni primari di energia elettrica per le popolazioni povere che vivono in villaggi od in piccole comunita' distanti dai grandi centri urbani.

Nell'arco di dieci anni, avendo a disposizione la cifra complessiva di circa **1,3 miliardi di USD**, si potranno ad esempio realizzare i seguenti impianti compatibilmente con le peculiarita' ambientali e le necessita' specifiche locali:

- n. 100 Impianti fotovoltaici da 50 KW ciascuno;**
- n. 200 Impianti eolici da 1 MW ciascuno;**
- n. 325 Impianti mini hydro da 500 KW ciascuno.**

E' importante ricordare che gli Impianti mini hydro hanno un elevato fattore di utilizzazione ed una vita operativa molto lunga (alcune decine di anni) con un ridotto impatto manutentivo.

Cio' potrebbe essere una soluzione attrattiva nei casi in cui la mancanza di adeguate risorse economiche, necessarie all'esercizio di tali impianti, e la scarsita' di operai specializzati potrebbero vanificare gli sforzi fatti per la realizzazione di tali impianti destinati alla fornitura di energia elettrica a queste popolazioni.

Facendo l'ipotesi alquanto conservativa di una produzione di energia elettrica a regime di circa **1497000 MWh/anno**, si avrebbe una mancata emissione di CO<sub>2</sub> in atmosfera di circa **1651 Kton/anno**.

	Tipologia impianto	Costo complessivo costruzione impianti	Energia complessiva annua prodotta	Mancata emissione annua di CO <sub>2</sub>	Totale famiglie servite
N.		MUSD	MWh/a	Kton/a	N.
<b>100</b>	Impianti fotovoltaici	56	7000	8	1667
<b>200</b>	Impianti eolici	392	320000	353	66667
<b>325</b>	Impianti mini hydro	852	1170000	1290	54167
		<b>1300</b>	<b>1497000</b>	<b>1651</b>	<b>122501</b>

## **ALLEGATO D**

### **ASPETTI SOCIALI ED OCCUPAZIONALI DEL PROGRAMMA**

## ASPETTI SOCIALI ED OCCUPAZIONALI DEL PROGRAMMA

Il presente Capitolo viene inserito nel Programma per ragioni di completezza, poiché i suoi contenuti (sociali ed occupazionali) si vanno a collocare a metà strada tra la parte che interessa l'industria nucleare delle grandi potenze e dei Paesi che collaborano allo smantellamento e al "riciclaggio" del combustibile e gli intermediari, nonché gli utilizzatori finali, di quel "dividendo" che dovrebbe scaturire dal programma.

Gli **aspetti sociali** sono quelli più evidenti e da sottolineare, dal momento che le ricadute, rivolte ai diseredati della Terra possono fornire un contributo essenziale alla loro elevazione e al loro riscatto. Non di meno, va considerata la creazione di opportunità per coloro che saranno coinvolti nelle varie fasi: dalla lavorazione del combustibile, alla raccolta di risorse e alla loro gestione di mercato, dalla elaborazione dei programmi di intervento alla loro implementazione sul terreno.

In generale parliamo di Organizzazioni non governative e a carattere umanitario, le quali, di norma, dispongono di strutture e operatori idonei e sufficienti alla realizzazione dei progetti. Tuttavia, si può immaginare che, in relazione alla dimensione e alla quantità degli interventi che dovessero rendersi possibili, la platea delle persone coinvolte andrebbe ad allargarsi e ciò, sotto il profilo sociale, determinerebbe un effetto di ampliamento della conoscenza di grande importanza.

Relativamente agli **aspetti occupazionali**, da un lato andrebbero valutate le conseguenze positive di una accelerazione dei processi di smantellamento delle testate e di recupero del combustibile, secondo gli auspici del Comitato. Ciò implicherebbe, nelle industrie interessate, una intensificazione delle fase formativa per le maestranze tecniche da utilizzare e una implementazione consistente del numero degli addetti, senza escludere la possibilità di coinvolgere altre esperienze tecnologiche disponibili (come il caso di Sogin e Ansaldo per l'Italia).

Su tali specifici aspetti, il gruppo di Enti che operano a sostegno del Comitato, ha elaborato anche alcune stime, di carattere quantitativo, in particolare relative alle ricadute occupazionali ipotizzabili sul versante russo (smantellamento testate, recupero e riutilizzo combustibile). Tali stime – evidenziate più avanti – potranno essere utilmente messe a disposizione nel rapporto già attivo con il Sindacato russo STEINR, il quale celebrerà il proprio Congresso nel corrente mese di aprile alla presenza anche di una Delegazione italiana della FLAEL-CISL e dell'ARCA.

Preso atto che il progetto si basa sulla conversione di **8000** testate nucleari dalle quali si rende disponibile una quantità di circa 200 tHEU nell'arco di 10 anni, equivalenti a circa 6000 tU<sub>4,5%</sub>, si è ipotizzato che il prezzo di vendita dell'uranio U<sub>4,5%</sub> sia 1000 \$/kg pari a quello che la Russia ha praticato agli USA nell'Accordo "*Megatons to Megawatts*".

Di seguito viene esposta una sintesi (vedi in dettaglio le tabelle 1, 2 e 3 allegate) dei dati caratterizzanti l'impatto occupazionale russo.

Lavoratori russi operanti nel settore elettronucleare:	<b>45.000</b>
Lavoratori russi nel settore elettronucleari di produzione:	25.000
Lavoratori russi nel settore elettronucleare connesso:	20.000
<b>Impatto occupazionale russo:</b>	<b>10.000</b>
Incremento occupazionale russo nel settore elettro nucleare civile, con la conversione di 8.000 testate nucleari:	<b>22 %</b>

Tabella 1 – Dati occupazionali

Abitanti Russia	150000000	
Abitanti Italia	50000000	
Rapporto Abitanti Russia/Italia	3	
Potenza elettrica totale Russia	200000 MW	
Potenza elettrica totale Italia	70000 MW	
Rapporto potenza elettrica Russia/Italia	3	
Lavoratori nel settore elettrico Italiano, aziende produttrici ed industrie connesse	150000	
Lavoratori nel settore elettrico russo, aziende elettronucleari produttrici ed industrie connesse (=3 volte quello italiano)	450000	
Lavoratori russi nelle aziende elettriche produttrici:	250000	
Lavoratori russi nelle aziende elettriche connesse:	200000	
Potenza elettrica nucleare russa (10% del totale)	20000 MW	10 %
Lavoratori nel settore elettronucleare russo, aziende elettronucleari produttrici ed industrie connesse (=10% del totale)	<b>45000</b>	
Lavoratori russi nelle aziende elettronucleari produttrici:	<b>25000</b>	
Lavoratori russi nelle aziende elettronucleari connesse:	<b>20000</b>	

Tabella 2 – Incidenze del costo del kWh, mediamente in UE

Investimento	1,5	c€/kWh
combustibile	0,5	c€/kWh
personale	0,3	c€/kWh
manutenzione	0,2	c€/kWh
decommissioning	1	c€/kWh
totale	<b>3,5</b>	c€/kWh

Tabella 3 – Impatto occupazionale russo

HEU (Highly Enriched Uranium) da 8000 testate nucleari	200	t	
Anni di produzione	10	years	
Produzione annua di HEU	20	t/y	
Fattore di diluizione con U da riprocessamento	30		
Produzione annua di Uranio al 4,5% (U <sub>4,5%</sub> )	600	tU <sub>4,5%/y</sub>	
Energia elettrica producibile	2E+07	MWD/y	4E+11 kWh <sub>termici</sub>
Energia termica producibile	5E+06	MWD <sub>e</sub> /y	1E+11 kWh <sub>e</sub>
Fattore di utilizzazione	0,94		8200 h/y
Potenza disponibile	<b>15805</b>	MW	
Prezzo russo di vendita U <sub>4,5%</sub>	1000	\$/kU <sub>4,5%</sub>	
Fatturato annuo aziende civili russe del combustibile	600000000	\$	
Fatturato annuo per dipendente	60000	\$/dip	
Impatto occupazionale russo	<b>10000</b>	dipendenti	
Incremento occupazionale russo nel settore elettronucleare civile	<b>22</b>	%	

Altrettanto evidenti sono i possibili riflessi sulla **occupazione nei Paesi che formeranno oggetto dei Progetti di sviluppo**. Laggiù, oltre a far crescere la condizione delle popolazioni, sarebbe certamente possibile creare posti di lavoro (o comunque forme di utilizzazione) per giovani che dovrebbero concorrere alla costruzione delle strutture previste e alla loro successiva manutenzione.

Per entrambi questi aspetti sarà determinante la “mediazione sociale”. Ovvero, in primis il ruolo che le Organizzazioni potranno svolgere a sostegno del Comitato e delle sue proposte, sia in direzione dei Governi e delle Istituzioni, nazionali ed internazionali.

Un ruolo importante dovrà essere richiesto, sempre in qualità di “mediatore sociale”, al Sindacato, in Italia, a livello europeo e nei Paesi coinvolti. Non a caso, nel gruppo di Enti che guida i progetti si è voluta la sua presenza e, non a caso, in quasi tutte le occasioni pubbliche il Sindacato e, in particolare, la Flaei-Cisl ha voluto essere presente.

Un ruolo, il suo, che è stato ed è molto attivo nei confronti delle grandi Confederazioni, nei confronti della CES e delle Federazioni Europee, nei confronti del grande Sindacato russo STEINR che rappresenta e gestisce mezzo milione di lavoratori del settore nucleare, compresa l'area delle attività militari.

## **ALLEGATO E**

### **CONSIDERAZIONI ECONOMICHE SULLA FATTIBILITA' DEL PROGETTO**

## **Introduzione:**

Dal disarmo allo sviluppo: una linea di azione che esprime l'anelito alla pace e alla giustizia radicato nel cuore umano; una linea d'azione che la Dottrina Sociale ha più volte proposto (ad esempio *Sollicitudo rei socialis*, 23; *Populorum progressio* 53, *Compendio della dottrina sociale della Chiesa*, 508-509) e che affonda le sue radici nella speranza biblica che le spade siano forgiate in vomeri e le lance in falci.

La storia, antica e recente, documenta che l'azione innovativa di persone che si muovono per una ragionevole speranza di pace e di giustizia "riesce" a cambiare il corso della storia. Si potrebbero raccontare mille micro-storie che illustrano la capacità di generare nuove iniziative, nuove imprese, nuove istituzioni di soggetti che hanno il coraggio di una speranza ragionevole. Nel 2007, ricordiamo l'anniversario di una grande storia di innovazione istituzionale, politica ed economica, che ha portato nazioni "nemiche" a mettere in comune i loro interessi più vitali, a partire proprio dal carbone e dall'acciaio, condividendo la sovranità per realizzare pace e prosperità. Nella consapevolezza delle difficoltà attuali, rimane importante ribadire che una dinamica di costruzione non può sorgere che da una ragionevole speranza. Non da una utopia, che per essere realizzata dovrebbe costringere la realtà nel suo schema; ma da un ideale sperato e perseguito con umiltà, ma soprattutto con realismo.

## **Dal disarmo allo sviluppo: Si può fare?**

- **Sì, gli aspetti economici della proposta di conversione indicano che la proposta è realistica**

Esistono tre tipologie di benefici netti attesi dalla operazione "dal disarmo allo sviluppo":

- la stima dei flussi di risorse economiche potenzialmente generabili,
- la riduzione dei costi diretti di mantenimento dello status quo
- la riduzione dei costi da incertezza sistemica

## **La stima dei flussi di risorse economiche potenzialmente generabili**

Sulla base dei risultati degli studi tecnici di fattibilità, è possibile affermare che l'ammontare del dividendo economico derivante dalla conversione dell'uranio *bomb grade* in uranio combustibile civile è decisamente significativo: una stima tutto sommato prudente parla di almeno 400 milioni di dollari l'anno dalla conversione di 8.000 testate in disarmo in 10 anni.

Si tratta di una cifra che potrebbe essere destinata alla cooperazione allo sviluppo, in modo selettivo e mirato. In media, i paesi avanzati sono molto lontani dall'impegno a destinare lo 0,7% del loro reddito nazionale a finalità di sviluppo. La spesa annua mondiale per la difesa ammonta a circa 1000 miliardi di dollari, i sussidi alla produzione agricola nei paesi sviluppati a oltre 300 miliardi di dollari, solo 50 miliardi di dollari sono destinati agli aiuti allo sviluppo. Le stime più accreditate indicano che gli aiuti per lo sviluppo dovrebbero circa raddoppiare se si vogliono raggiungere gli Obiettivi di Sviluppo del Millennio: si tratterebbe dunque di reperire almeno altri 50 miliardi di dollari l'anno. Lo sforzo di individuare forme innovative per reperire le risorse da destinare al finanziamento dello sviluppo è dunque importante e urgente.

Accanto ad altri necessari strumenti, anche il programma "dal disarmo allo sviluppo" può dare un contributo. Il "dividendo" della conversione, erogata alle ONG realmente presenti sui territori a fianco delle popolazioni più bisognose, avrebbe l'effetto di fornire risorse finanziarie indispensabili a sostenere la presenza, la condivisione reale e la costruzione comune di uno sviluppo durevole e sostenibile. Le risorse del disarmo diventerebbero sostegno concreto dei costruttori di pace, una pace che inizia nella concretezza delle relazioni fra persone e popoli.

## **La riduzione dei costi diretti di mantenimento dello status quo**

Esistono altri aspetti meno evidenti del dividendo, che vale la pena di ricordare almeno in termini qualitativi perché anch'essi contribuiscono in via diretta alla pace. Questi elementi si configurano come una riduzione di costi (spesa pubblica militare, di sicurezza nazionale, di sicurezza internazionale), realizzabile mediante il processo di conversione.

Cominciamo dalla riduzione della spesa pubblica militare: la conversione comporterebbe automaticamente la riduzione dei costi di stoccaggio del materiale "bomb grade". In caso di stoccaggio adeguato, tali costi rappresentano flussi consistenti di spesa pubblica; in caso di inadeguatezza dello stoccaggio, la minore spesa sarebbe solo apparente, contribuendo a generare incertezza dovuta alla possibilità di incidenti, che si aggiunge alla più generale insicurezza derivante dal rischio di ulteriore proliferazione di armamenti nucleari

### **La riduzione dei costi da incertezza sistemica**

Occorre sottolineare che gli sviluppi politici internazionali più recenti indicano che i vantaggi della conversione, in termini di maggiore sicurezza nazionale e maggiore sicurezza internazionale, potrebbero essere estremamente significativi. Si pensi ai paesi dove le questioni politico-militari sono più calde e controverse: Korea del Nord, Pakistan, India, Iran... Spesso si ha la percezione che la situazione precaria di apparente equilibrio basato sulla forze relative delle parti sia quanto di meglio si possa sperare, e che tutto sommato ci si possa accontentare perfino di aver raggiunto situazioni di stallo, che sono il meno peggio rispetto alla guerra "calda".

Ma occorre continuare a credere nella forza della speranza ragionevole, a credere nel dialogo e nei negoziati.

In ognuna delle situazioni geopolitiche ricordate, non si può immaginare facilmente un intervento risolutivo. Tuttavia, l'attuazione del programma "dal disarmo allo sviluppo" da un lato non comporta alcuna rinuncia in termini di sicurezza, dall'altro permettere di inviare chiari segnali alle parti in dialogo, segnali della determinazione coraggiosa a perseguire la pace e lo sviluppo.

Complessivamente, dunque, si è appurato che la proposta di conversione, "dal disarmo allo sviluppo", comporta sia un vantaggio economico diretto, sia dei vantaggi non meno rilevanti – anche se si configurano come minori costi e non come risorse effettivamente disponibili.

### **Come rendere disponibile il dividendo "da disarmo allo sviluppo"?**

Per rispondere a questa domanda occorre mettere a fuoco due punti:

- Chi sono i destinatari del flusso di risorse economiche da conversione?
- Come attivare politiche per orientare il dividendo realizzato alle finalità di sviluppo

Poiché l'operazione di conversione è economicamente vantaggiosa, gli attori che parteciperebbero in via diretta ai benefici del dividendo, in assenza di politiche attive per convogliare il dividendo stesso in azioni di sviluppo, sarebbero:

- i paesi che possono contare sulla disponibilità di uranio "bomb grade" da diluire e che stanno procedendo al disarmo
- i paesi / le imprese che realizzano la diluizione e immettono sul mercato uranio da reattore
- se il minor costo di produzione dell'uranio da reattore via diluizione venisse trasferito sul prezzo dell'uranio da reattore, si ridurrebbero i costi di produzione dell'energia
- se la riduzione dei costi di produzione dell'energia venisse trasferita sul prezzo dell'energia, ne beneficerebbero i consumatori di energia

**Occorre invece favorire in ogni modo che il flusso di risorse economiche da conversione venga *efficacemente ed effettivamente* destinato allo sviluppo.**

### **Risorse efficaci per lo sviluppo**

Che venga **efficacemente** destinato allo sviluppo: l'esperienza, spesso fallimentare, di programmi di sviluppo *top down*, basati sulla presunzione meccanicistica che potesse bastare il trasferimento di risorse per mettere in moto processi di crescita economica e, di conseguenza, processi di sviluppo anche sociale, ha lasciato il posto alla più diffusa consapevolezza che i processi di sviluppo si innescano dal basso. Per questo, la realizzazione di microprogetti che vedono la partecipazione attiva dei poveri si configura come la modalità generalmente più efficace di sradicamento della povertà.

La realizzazione di progetti di sviluppo "dal basso" non si improvvisa, e nel nostro paese c'è una lunga e importante tradizione di presenza attiva delle organizzazioni non governative: Oltre 160 ONG associate, 2.000 volontari e cooperanti impegnati all'estero, 3.500 operatori in Italia, 3.000 progetti in 84 paesi dei Sud del mondo, 350 milioni di euro mobilitati all'anno.

### **Molte sono le situazioni di povertà, ma senza dubbio nell'Africa – e in particolare nell'Africa sub Sahariana – esiste una particolare urgenza di intervento.**

**Proprio nelle situazioni più difficili, dove mancano anche le infrastrutture più essenziali – l'accesso all'acqua pulita, le semplici macchine (macchine, frantoi) che permettono di trasformare i prodotti della terra in beni di consumo ed eventualmente in beni di scambio ... - l'impatto economico di interventi di modestissime dimensioni può realmente fare la differenza. Più è diffusa la povertà, più occorrono progetti che rendano la singola persona povera un protagonista in prima persona della lotta alla povertà.**

**Per questo la proposta del programma di conversione "dal disarmo allo sviluppo" punta sulla efficacia dei microprogetti.**

**Perché tali microprogetti siano realizzabili, occorre che il flusso di risorse da riconversione venga *effettivamente* destinato allo sviluppo**

### **Come far effettivamente pervenire risorse "da disarmo allo sviluppo"?**

Questo passaggio è molto delicato, e richiede l'ottenimento di un ampio e sostanziale consenso politico sulla iniziativa. Per convincere i diretti beneficiari delle operazioni di conversione a devolvere tutto o parte del "dividendo" alla cooperazione allo sviluppo, realizzata mediante microprogetti, occorre agire il più possibile "vicino" a dove il dividendo viene generato, cioè a livello dei governi dei paesi che stanno effettivamente realizzando la conversione dell'uranio militare in civile.

I decisori che possono effettivamente destinare a finalità di sviluppo il dividendo da conversione sono principalmente tali governi. Quindi lo sforzo di persuasione deve essere diretto principalmente nei loro confronti.

### **Chi può esercitare la persuasione nei confronti dei governi?**

- In primo luogo, è importante favorire la **persuasione reciproca** fra governi che, come si sa, sono "sovrani ma interdipendenti" e che possono mettere la questione del dividendo da conversione del nucleare militare in civile nel quadro più generale delle relazioni politico-economiche fra loro; al momento attuale, oltre ai rapporti bilaterali sempre importanti, il più importante livello di persuasione reciproca plurilaterale continua ad essere quello dei *summit* dei capi di stato e di governo dei principali paesi (G8);
- Ma naturalmente è indispensabile la presa di posizione chiara della **opinione pubblica e delle sue forme organizzate di espressione (ONG, sindacati, organizzazioni religiose)**. Negli anni recenti, la **pressione della pubblica opinione** ha dato prova di essere in grado di condizionare le scelte dei governi, quando si concentra su obiettivi chiari e credibili (pensiamo alla campagna per la remissione del debito, in occasione del Giubileo, sia attraverso iniziative multilaterali quali la iniziativa HIPC, sia mediante la remissione del debito bilaterale dei PVS più poveri);

- Ugualmente importante è il supporto delle **istituzioni internazionali multilaterali**, le quali possono sostenere in modo istituzionale l'impegno dei governi e contribuire a far percepire la natura di "bene comune globale", vantaggioso per l'umanità intera, delle azioni volte a trasformare strumenti di morte in occasioni di sviluppo.

### **Quale strumento istituzionale per sostenere la decisione politica di orientare il reddito da conversione allo sviluppo e per convogliarlo effettivamente a scopi di sviluppo?**

Nella scelta dello strumento istituzionale, occorre prestare attenzione ad alcune sue caratteristiche necessarie:

- Il flusso di reddito da conversione dovrebbe essere convogliato a scopi di sviluppo attraverso strumenti che permettano al processo di essere **visibile, identificabile e monitorabile**. Questo è nell'interesse dei governi, che così possono attestare il loro impegno a favore dello sviluppo, oltre che ovviamente della opinione pubblica (*accountability*)
- Gli obiettivi di visibilità e identificabilità richiedono la creazione di una **semplice struttura multilaterale** dedicata, la cui denominazione favorisca l'identificazione del contenuto dell'azione: "Dal disarmo allo sviluppo". Una struttura multilaterale, per quanto semplice, è infatti più opportuna rispetto alla ipotesi di lasciare che ogni paese, beneficiario diretto del vantaggio economico legato alla conversione, adempia autonomamente agli impegni di sostegno allo sviluppo che si è assunto
- Questa semplice struttura potrebbe opportunamente essere **appoggiata** a (e collaborare con) **istituzioni multilaterali esistenti**, che si sono attestate come interlocutori credibili per azioni di cooperazione allo sviluppo.

**Per diverse ragioni, è importante che l'Europa assuma un ruolo di promozione della azione "Dal disarmo allo sviluppo".**

**Innanzitutto, è importante coinvolgere l'Europa per una ragione ideale.**

L'unicità dell'esperienza europea di condivisione della sovranità si caratterizza per l'essere basata sul principio di sussidiarietà, nella organizzazione dei livelli di governo ma soprattutto nella valorizzazione della creatività della società. La radice antropologica di questa esperienza è da ricondurre al fatto che l'Europa si è costruita su una sintesi originale della filosofia greca, del diritto romano e delle culture germaniche, celtiche e slave, grazie all'adesione dei popoli al cristianesimo; il suo patrimonio specifico sono i valori di libertà e di responsabilità, di rispetto della dignità umana e del diritto, di sussidiarietà e di solidarietà.

Occorre certamente **approfondire il senso della costruzione europea**, in questo momento di celebrazioni del 50° anniversario della fondazione dell'Europa unita. L'Europa non è infatti stata pensata come un semplice spazio economico, ma come una avventura di condivisione della sovranità, in cui coniugare interessi e valori nella felice sintesi fra un fondamento culturale comune e il contributo particolare di ciascun popolo. Ricordare questo è indispensabile per essere all'altezza del compito storico dell'Europa: in un momento in cui si è attuata la riunificazione delle sue componenti occidentale ed orientale, occorre che l'Europa sappia giocare il proprio ruolo nei processi di governance globale.

Non c'è dubbio che la più grave sfida per la governance mondiale sia rappresentata dalla povertà, dalla fame, dalle malattie, dalla mancanza di occasioni di lavoro per i milioni di giovani che si affacciano alla età adulta.

Occorre che i cittadini europei, i paesi dell'Europa e anche le istituzioni dell'Europa si assumano il fattivo impegno di costruzione, nel presente, di un autentico sviluppo umano, civile, sociale e politico, a partire dai più poveri.

## **E' importante coinvolgere l'Europa per una ragione eminentemente pratica.**

Il **ruolo globale dell'Europa**, che troppo spesso viene dimenticato o messo tra parentesi per il prevalere della dimensione interna del dibattito politico e istituzionale, è prima che un auspicio un **dato di fatto** del quale l'Europa porta la responsabilità.

Non solo l'Europa è il primo partner commerciale di praticamente tutte le grandi regioni del mondo (anche gli Stati Uniti intrattengono una rete globale di scambi); l'Europa, a differenza degli Stati Uniti, si è legata mediante una fitta rete di accordi di collaborazione e di cooperazione con moltissimi paesi e gruppi di paesi, specie meno avanzati. Gli accordi istituzionali fra Europa e resto del mondo rappresentano una forma di coinvolgimento stabile, durevole e di maggiore spessore politico rispetto al semplice commercio; nella sua diversità, l'Europa può infatti "incontrare" la diversità dei partner.

## **In questo orizzonte di riferimento si colloca la proposta che si crei in Europa una Agenzia Internazionale "Dal Disarmo allo Sviluppo".**

In termini pratici, le modalità di funzionamento di tale Agenzia dovranno favorire la visibilità, l'identificabilità ed il controllo del processo, non solo nell'interesse dei governi, che così possano attestare il loro impegno a favore dello sviluppo, ma anche dell'opinione pubblica. In sintesi, occorre la **piena accountability** della Agenzia, alla quale perverrebbero i fondi della conversione delle armi, da destinare ad ONG qualificate, che rispondano a determinate caratteristiche di trasparenza – ad esempio dotate di bilanci depositati e certificati – per realizzare progetti di sviluppo nei paesi più bisognosi. Operativamente, occorre:

- che il processo sia imperniato sulla convinzione che lo sviluppo realmente sostenibile debba essere centrato sulla persona, valorizzando l'iniziativa locale e la presenza stabile di organismi operanti per lo sviluppo;
- individuare **specifici obiettivi** di sviluppo, come programmi per l'Africa, o come programmi articolati di energie rinnovabili nei PVS;
- realizzare azioni di sviluppo non solo attraverso il sostegno di iniziative economiche di espansione diretta del reddito e di soddisfacimento di bisogni essenziali, ma anche con **iniziative che costituiscano un contributo diretto alla pace**. Tra queste, certamente, meritano di essere esplicitamente menzionate iniziative di educazione;
- rivedere la possibilità di **contribuire ad iniziative di debt for development**: le somme rese disponibili dal dividendo della pace potrebbero essere utilizzate anche per la riduzione del debito estero dei paesi più poveri e indebitati, in modo tale che, a fronte della riduzione (o perfino della remissione) del debito, il paese debitore renda disponibile una somma equivalente a favore di ONG che operano in loco e che si muovono a sostegno di microprogetti di sviluppo.

## **Solidarietà e sviluppo**

Affinché la **solidarietà con i più poveri** sia effettiva, il più debole della società deve trovarsi al centro di ogni progetto sociale per permettere uno sviluppo duraturo fondato sull'impegno di tutti. La lotta contro la povertà e l'esclusione sociale richiede un investimento nei campi della educazione, della salute e del lavoro, sia all'interno dell'Europa che nei paesi più svantaggiati.

La cooperazione allo sviluppo, in particolare, costituisce una dimensione irrinunciabile della difesa della dignità umana e della promozione di condizioni di vita più degne per tutti gli uomini, e anche un aspetto qualificante della partecipazione dell'Unione Europea ai processi di *governance* globale.

La peculiarità dell'esperienza europea di integrazione economica e di condivisione della sovranità in vista di obiettivi comuni di pace e di sviluppo è tale per cui l'Unione Europea, pur non essendo né l'unico né il principale attore nei processi di cooperazione allo sviluppo, ha un preciso compito ed una precisa responsabilità in questo campo.

## Sussidiarietà e sviluppo

L'assunzione di tale responsabilità include una **opzione fondamentale di metodo**, che può essere riassunta dall'idea che il principio di **sussidiarietà** costituisce una linea-guida irrinunciabile anche nel campo della cooperazione allo sviluppo. Infatti, i processi di sviluppo diventano realmente sostenibili solo in quanto capaci di attivare e di mobilitare le risorse locali dei paesi meno sviluppati, mediante la partecipazione diretta di questi nella definizione degli scopi, degli strumenti e delle modalità di realizzazione delle politiche di sviluppo. Ogni cultura locale, infatti, porta in sé la comprensione più adeguata dei bisogni locali, delle priorità relative e delle modalità di intervento così che, avvicinando il più possibile le risorse ai bisogni, si possano raggiungere risultati in modo efficace e probabilmente più efficiente e più equo.

### Le priorità dello sviluppo: microprogetti per il lavoro e per l'educazione

Anche se l'obiettivo lavoro non è incluso negli otto Millennium Development Goals, non c'è dubbio che il reale sradicamento della povertà e la sostenibilità dei progressi in materia di salute, di istruzione, di partecipazione richiedono che le persone possano lavorare, cioè partecipare a pieno titolo alla produzione e allo scambio di beni e di servizi. L'accesso ad un lavoro "decente" non è solo condizione di sopravvivenza materiale, è anche la condizione elementare di partecipazione alla vita della società in cui le persone vivono la loro esistenza.

Fissarsi come obiettivo il lavoro e l'educazione delle persone significa riconoscere che non è sufficiente organizzare trasferimenti di reddito o di beni, per cui le persone possano avere accesso a quanto necessario al loro sostentamento – come potrebbe essere la distribuzione di beni alimentari e di altri prodotti essenziali in un campo profughi. Questo intervento è indispensabile in condizioni di emergenza, dove non è possibile fare altro. Ma la sopravvivenza è un conto; lo sviluppo un altro conto. Lavorando, le persone fanno molto di più che procurarsi materialmente i beni: possono fare esperienza di socialità, godere di una certa autonomia, dare forma al proprio futuro, coinvolgersi con la vita concreta della propria comunità di appartenenza e contribuire a costruirla... insomma partecipare come protagonisti al loro personale sviluppo, e allo sviluppo dell'ambiente dove si svolge la loro vita. Come ricorda la *Laborem exercens*, il lavoro è realmente per l'uomo.

### Conclusione:

**Disarmo e sviluppo sono sfide complesse, ma solo il lavoro concreto, mosso da una ragionevole speranza, può costruire pace e prosperità**

Disarmo e sviluppo rappresentano due nervi scoperti nelle problematiche della *governance* globale. Con questa proposta non si tratta di suggerire scorciatoie che evitino la complessità della questione della sicurezza, che si è tremendamente complicata dopo la fine del bipolarismo, e della questione dello sviluppo, ambito nel quale si è sperimentato che non bastano le soluzioni economicistiche a risolvere meccanicamente i problemi della fame e della indigenza. Si tratta di invitare ad un lavoro fattivo, costruttivo pur nella consapevolezza dei propri limiti.

Sappiamo infatti che gli stanziamenti di risorse sono una condizione necessaria, ma non sufficiente, per l'efficacia delle azioni di sviluppo. L'attore dello sviluppo è la persona umana con il suo lavoro.

### Proprio il lavoro permette di approfondire il senso e lo scopo del vivere comune

Come nel lavoro personale, che è dialogo incessante fra i membri della famiglia umana, si dà compimento alla propria personalità, così il mettere in moto un lavoro dentro le istituzioni aiuta a non perdere il senso, lo scopo, in un certo senso l'anima, delle istituzioni stesse.

In questo momento particolarissimo della storia europea, ricco di difficoltà ma anche di promesse, noi tutti sappiamo quanto sia importante che l'Europa abbia viva la consapevolezza del suo senso e del suo scopo. Tale consapevolezza matura nelle istituzioni in analogia con quanto accade nella maturazione della personalità umana: non in una riflessione astratta, ma nella concretezza del lavoro e dell'azione.

## Allegato F

### **PROGRAMMA DI SVILUPPO SOSTENIBILE NEL SUD DEL MONDO**

Progetto di sviluppo educativo-sanitario nella

**Repubblica Democratica del Congo:**

Referente locale:

Sindacato degli insegnanti



# PROGRAMMA DI SVILUPPO SOSTENIBILE NEL SUD DEL MONDO

## INTRODUZIONE

Il PROGRAMMA di CONVERSIONE DELLE ARMI NUCLEARI IN PROGETTI DI SVILUPPO NEL SUD DEL MONDO (promosso dal "Comitato per una Civiltà dell'Amore"), si propone di convertire strumenti di distruzione di massa in nuove risorse economiche per i Paesi poveri del mondo, a cominciare dalle testate nucleari dichiarate in disarmo, considerando che la quantità di energia estraibile dall'uranio delle testate risulterebbe più dell'elettricità consumata dall'intera popolazione mondiale in un anno.

Dall'inizio del disarmo nucleare nel 1987, è stato avviato in Italia un primo studio di conversione delle armi nucleari in progetti di aiuti nel Sud del mondo. L'idea iniziale è stata infatti suffragata dal successo di convegni internazionali in Italia e soprattutto dai successivi accordi di disarmo nucleare e di conversione dell'uranio (1993) tra le superpotenze: si tratta degli accordi stabiliti tra USA e Russia con il Programma "Megatons to Megawatts", che dichiara e stabilisce la conversione di 20.000 testate nucleari in un arco temporale ventennale.

Si è aperta quindi la possibilità che **il dividendo della pace possa essere destinato allo sviluppo nel Sud del mondo**, appunto attraverso progetti di sviluppo adeguati e studiati appositamente per un sostegno graduale e costante che tenga conto della realtà sociale-culturale-economica e politica locale, per uno sviluppo realmente costruttivo.

Per questo, i progetti di sviluppi vanno aggiornati attraverso un lavoro di collaborazione e cooperazione tra le potenze nucleari finanziatrici e le realtà locali più povere e precarie, tra le Istituzioni Internazionali e le realtà politica-sociali locali.

## PROGETTO DI SVILUPPO SANITARIO-EDUCATIVO PER LA REPUBBLICA DEMOCRATICA DEL CONGO

Il progetto di sviluppo per la Repubblica Democratica del Congo elaborato in collaborazione al Sindacato degli insegnanti della Rep. Democratica del Congo, si distingue nei due settori fondamentali di bisogno e sviluppo del Paese: quello sanitario e quello educativo. Entrambi i piani di sviluppo confidano nelle risorse/fondi finanziarie ricavabili dal dividendo economico proveniente dalla conversione nucleare secondo i risultati espressi dal Programma "Megatons to Development" (di conversione delle testate nucleari dichiarate in disarmo, a partire dagli accordi "Megaton to Megawatts" tra USA-Russia, 1993, in energia di pace) promosso dalla Onlus Comitato per una Civiltà dell'Amore e dalla Flaei-Cisl, e proposto su scala internazionale alla realtà aziendale e politica nucleare, a partire dalle Istituzioni internazionali più immediatamente collegate a questa tematica quale.

Il progetto sanitario-educativo riguardante specificamente solo lacune realtà distinte e precise, può essere ben ampliato all'intera Rep. Democratica del Congo, costituita da 11 province estese su un territorio di 2.345.410 km<sup>2</sup> per una popolazione complessiva di 55.226.000 abitanti, e sarà distribuita in 26 province con la nuova Costituzione.

## PRESENTAZIONE DEL PROGRAMMA DI SVILUPPO SANITARIO-EDUCATIVO NELLA REP. DEMOCRATICA DEL CONGO

Il Programma/Piano di sviluppo della Repubblica Democratica del Congo si attua nei due settori fondamentali per la vita e per il progresso della società: il settore sanitario e quello educativo. Attraverso l'esperienza e il sostegno del sindacato nazionale degli insegnanti della Rep. Democratica del Congo, che ci ha illustrato e ha sottoposto alla nostra attenzione la concreta

situazione sociale, politica, culturale ed economica del proprio paese, presentiamo di seguito alcuni possibili progetti di sviluppo, in ambito sanitario e formativo, per la Rep. Democratica del Congo, seguendo le indicazioni suggerite e tenendo conto delle grandi possibilità di sostegno e progresso che deriverebbero dai finanziamenti ricavabili del Progetto di conversione nucleare.

Presentiamo di seguito due progetti di sviluppo, sanitario ed educativo.

Nella valutazione eseguita è stata assunta l'ipotesi che in tutta La Rep. Democratia del Congo costituita da 11 Province si avrebbe ad oggi un bisogno 11 volte quello della sola Provincia del Sud Kivu, solo per la quale è stata fatta un'analisi dettagliata dei bisogni e dei costi aggiornati.

## 1. PROGETTO SANITARIO

I progetti di sviluppo nel settore sanitario si distinguono in 2 tipologie:

### a. Costruzione di ospedali e/o strutture sanitarie di pronto intervento:

si tratta della costruzione completa di strutture sanitarie di diversa grandezza e capienza in base al villaggio o paese, e al numero degli abitanti relativi, partendo da nulla: quindi costruzione dell'edificio, con ogni attrezzatura indispensabile a garantire un servizio sanitario primario di pronto intervento. Pertanto, si tratta di provvedere alla costruzione completa delle cliniche, luoghi di visita, accettazione, sale operatorie...

### b. Riabilitazione di padiglioni sanitari di strutture ospedaliere già esistenti:

si tratta di riabilitare, ristrutturare e riparare ambienti e padiglioni sanitari già esistenti e che sono decaduti, degenerati, e resi inagibili e impraticabili per il loro stato. Anche in questo caso, il costo, le spese e l'entità del lavoro è proporzionata alla città/paese in cui si attua il progetto e al numero degli abitanti rispettivi.

Queste due tipologie di azione di sostegno e sviluppo sanitario sono state rappresentate in due casi esemplificativi propostici dal Dott. Kabeza per la Rep. Democratica del Congo:

#### 1. riabilitazione di 2 padiglioni sanitari

si tratta della ristrutturazione e riabilitazione di una parte del già esistente ospedale di Kintambo a Kinshasa, capitale della Rep. Democratica del Congo.

Il progetto coinvolge una popolazione locale di **4.500.000 abitanti**, per una spesa complessiva di **193.000 \$ USA**.

Ampliando il progetto di riabilitazione all'intero paese risulterebbe un costo complessivo di **2.123.000 \$ USA**.

#### 2. costruzione del nuovo ospedale

si tratta della costruzione ex novo di una struttura ospedaliera a Walungu nella Provincia del Sud Kivu, per una popolazione locale di **444.000 abitanti** e una spesa economica complessiva di **27.500\$ USA**/per singolo ospedale.

Estendendo il progetto di costruzione di sistema sanitario di pronto intervento all'intero paese risulterebbe un costo complessivo di: **302.500 \$ USA**.

Estendendo i progetti sanitari all'intero paese, si stima un **costo complessivo di 2.425.500 \$ USA** per coprire il settore sanitario dell'intera Repubblica Democratica del Congo.

In entrambi i progetti sanitari, nel budget finale non è stato calcolato e considerato materiale medico, attrezzature tecniche, e/o macchinari sanitari, ma esclusivamente materiali di costruzione per l'edificazione e riparazione della struttura ospedaliera.

## 2. PROGETTO EDUCATIVO

I progetti di sviluppo nel settore educativo si distingue anch'esso in diverse tipologie e categorie:

**a. costruzione di nuove scuole elementari e medie:** queste scuole esistono già a livello amministrativo, ma non nella realtà concreta: non esistono né locali per insegnare, né materiali di

lavoro, né strumenti didattici più basilari (a partire dalle cose più basilari indispensabili a qualsiasi struttura scolastica: sedie, tavoli, carta, matite...).

Questa tipologia di scuole rappresenta senza dubbio l'urgenza scolastica e formativa più importante e sicuramente più diffusa in tutta la Repubblica Democratica del Congo, per cui il progetto si può ben estendere a tutto il Paese.

**b. riabilitazione di scuole già esistenti:** la seconda categoria riguarda scuole già costruite ma lasciate con grandi lacune strutturali e strumentali a causa di guerre, e calamità naturali che colpiscono continuamente quelle terre (soprattutto in seguito al recente terremoto del 03/02/08);

**c. sviluppo e sostegno tecnologico e informativo:** la terza categoria riguarda scuole già costruite e ben strutturate, ma che presentano ancora lacune e insufficienze di struttura e/o materiale didattico per una formazione adeguata e sufficiente dei ragazzi. Il progetto del Dott. Kabeza richiede un sostegno per l'attivazione e la **connessione a internet** per queste scuole. In Tab. 2 è riportato il costo di realizzazione in una delle 11 Province e l'estensione a tutte e 11.

Quindi i progetti educativi in questa sede presentati sono di 2 tipi:

1. costruzione di 5 scuole elementari e medie nella Provincia del Sud Kivu

N°	Scuole	Studenti effettivi		Insegnanti effettivi	
		ragazze	ragazzi	donne	uomini
01	FIZI	682	315	3	20
02	IDJWI	737	241	7	18
03	KABARE	345	236	4	9
04	KALEHE	518	197	4	10
05	WALUNGU	549	305	8	11
	<b>TOTALE</b>	<b>2831</b>	<b>1294</b>	<b>26</b>	<b>68</b>

Budget totale del progetto in Sud Kivu: 276.600 \$ USA

Estendendo il progetto all'intera Rep. Democratica del Congo (11 province) il **costo totale: 3.042.600 \$ USA.**

2. connessione a internet di 10 scuole superiori

N°	Scuole	Studenti effettivi		Insegnanti effettivi		Località (comune)
		ragazze	ragazzi	donne	uomini	
01	Nyalukemba	1324	1425	38	64	Ibanda
02	I.I Banda	6842	7483	54	187	Ibanda
03	Liceo Cirezi	1722		87	41	Ibanda
04	Liceo Wima	3412		54	61	Kadutu
05	Liceo Nyakavog	2451		72	47	Bagira
06	I. Bagira	945	1442	15	26	Bagira
07	I. Kadutu	493	738	9	24	Kadutu
08	I. Bahati	502	917	12	31	Kadutu
09	Ecole des Filles	1352	1042	13	42	Kadutu
10	Istituto Bwindi	1591	820	17	30	Bagira
	<b>TOTALE</b>	<b>20634</b>	<b>13867</b>	<b>371</b>	<b>553</b>	

Budget totale della connessione di 10 scuole superiori: 242.100 \$ USA

Estendendo il progetto all'intera Rep. Democratica del Congo (11 province) il **costo totale:**

## **\$ USA.**

Costo totale per lo sviluppo del sistema educativo (costruzione di edifici e strutture scolastiche, strumenti educativi, materiale didattico, sistema elettrico, pannelli solari, connessione internet...) in tutta la Repubblica Democratica del Congo: **5.705.700 \$ USA.**

La spesa totale dell'intervento in tutta la Rep. Democratica del Congo in entrambi i settori educativo e sanitario, risulta essere di **8.131.200 \$ USA.**

## **PROCEDURA GENERALE DEL PROGRAMMA**

Il programma si attua con l'intervento essenziale di più soggetti, a ciascuno dei quali sono affidate determinate attività, per lo svolgimento delle quali dovranno comunque raccordarsi ed interagire.

Tali soggetti sono:

- Autorità locali e sindacati
- Istituzioni Internazionali
- Industria Nucleare e Aziende energetiche
- Gestione del dividendo economico.

Tra i diversi soggetti è definita la seguente suddivisione di competenze:

### **AUTORITÀ LOCALI E SINDACATI**

Costituiscono i principali e privilegiati interlocutori e i richiedenti dei progetti da realizzare. In particolare provvedono a:

- individuazione dei centri di formazione e del tipo di attività lavorativa da sostenere,
- elaborazione dei progetti e loro presentazione per il loro controllo ed eventuale approvazione,
- presa in consegna dei macchinari e delle attrezzature,
- assunzione dell'impegno logistico per l'accoglienza (vitto, alloggio, trasporti, sicurezza) dei tecnici volontari per la formazione del personale locale, per ogni tipo di assistenza che si ritiene opportuna.

### **ISTITUZIONI INTERNAZIONALI**

Insieme di Istituzioni riconosciute a livello internazionale (quali ONU, IAEA, FAO, Ong, Vaticano...) costituiscono i promotori e garanti della corretta e leale esecuzione del programma nel suo complesso e della realizzazione dei singoli progetti. In particolare provvedono a:

- analisi, controllo e selezione dei progetti elaborati e proposti da Ong locali e internazionali, sindacati e Missionari e nulla osta alla loro attuazione,
- impostazione e tenuta del sistema informatico di supporto,
- individuazione delle risorse tecniche-gestionali dei progetti di sviluppo
- collaborazione e supporto alla realizzazione dell'intero programma.

### **INDUSTRIA NUCLEARE E AZIENDE ENERGETICHE**

Costituiscono i benefattori primari dell'iniziativa, gestori della produzione nucleare e conversione degli armamenti in energia pulita. Attraverso accordi internazionali che promuovano la conversione di uranio, ed eventualmente anche il plutonio militare in energia di pace, si può stabilire anche una percentuale del dividendo economico ricavabile dalla conversione, da destinare appunto ai progetti di sviluppo per i paesi più bisognosi.

### **GESTIONE DEL DIVIDENDO ECONOMICO**

La gestione del dividendo economico e l'erogazione degli stanziamenti verrà amministrata da un Ente Internazionale appositamente costituito, che si occuperà di distribuire i finanziamenti secondo le procedure stabiliti e ben definite secondo l'entità del piano di sviluppo specifico, calcolando i tempi indispensabili e necessari ad una costruttiva e positiva realizzazione del programma di sviluppo e tenendo conto della necessaria gradualità di erogazione finanziaria nell'attenta valutazione e rispetto delle specifiche capacità di assorbimento economico dei paesi in via di sviluppo, affinché non si rischi un tracollo e una crisi economica locale.



Province della Repubblica Democratica del Congo

1. Bandundu
2. Bas-Congo
3. Équateur
4. Kasai-Occidental
5. Kasai-Oriental
6. Katanga
7. Kinshasa
8. Maniema
9. Nord-Kivu
10. Orientale
11. Sud-Kivu

AREA TOTALE: **2.345.410 km<sup>2</sup> (12°)**  
 POPOLAZIONE: **55.226.000 inhabitants**  
 DENSITA': **24 inhab./km<sup>2</sup>**