



LEGAMBIENTE

I problemi irrisolti del nucleare a vent'anni dal referendum

Roma, 6 novembre 2007

Testi di

Laura Biffi, Stefano Ciafani, Stefano Generali, Simonetta Grechi, Lucia Venturi

Indice

1. Premessa	3
2. La storia del nucleare	9
3. Il nucleare nel mondo	10
4. Il nucleare in Europa	12
5. La gestione dei rifiuti radioattivi	15
5.1 L'eredità radioattiva in Italia	18
5.1.1 Le centrali dismesse	18
5.1.2 Gli impianti del ciclo del combustibile	20
6. Dall'estrazione dell'uranio al decommissioning delle centrali	21
7. La minaccia del terrorismo	23
8. Gli incidenti nucleari negli ultimi 50 anni	26
Allegato	33

Fonti bibliografiche

- Legambiente (a cura di Lucia Venturi), *Ti ricordi Chernobyl?*, Infinito edizioni, 2006
- La Nuova Ecologia - Il mensile di Legambiente, aprile 2006
- IAEA (www.iaea.org), *Country Nuclear Power Profiles*, 2007
- IAEA, *Energy, electricity and nuclear power estimates for the period up to 2030*, 2007
- Articoli di Massimo Scalia e Gianni Mattioli pubblicati da QualEnergia, il bimestrale di Legambiente, 2003 - 2004 - 2005
- University of Chicago, *The economic future of nuclear power*, agosto 2004
- Massachusetts Institute of Technology, *The future of nuclear power*, 2003
- *Il potere nucleare*, Manlio Dinucci, Fazi Editore
- APAT (www.apat.it)
- SOGIN (www.sogin.it)
- Alessandro Grimaldi, Benito Righetti (www.ambientediritto.it)
- International Nuclear Safety Center (www.insc.snl.gov)
- Dossier "Sicurezza limitata", Amici della terra (www.amicidellaterra.it)

1. Premessa

Grazie alle mobilitazioni antinucleariste, iniziate nella seconda metà degli anni '70, divenute fenomeno di massa con l'incidente di Chernobyl e sfociate nella vittoria schiacciante al referendum del 1987, l'Italia può vantarsi di essere stato il primo paese industrializzato ad uscire dal nucleare. Solo alla fine degli anni '90, infatti, verrà seguita dalla Germania con la definizione dell'*exit strategy* dalla produzione di energia elettrica dall'atomo entro il 2020, e più recentemente dalla Spagna.

Nonostante queste importanti rinunce alla forma più pericolosa di produzione elettrica, sono ancora molte le centrali nucleari attive nel mondo: secondo l'Aiea, Agenzia internazionale per l'energia atomica, a ottobre 2007 erano 439 i reattori operativi per un totale di 371.647 MW di potenza installata, che contribuiscono però solo per il 15% della produzione elettrica mondiale. Il Paese leader per numero di reattori attivi sono gli Usa con 104 impianti per oltre 100mila MW, seguiti dalla Francia con 59 reattori e oltre 63mila MW, e dal Giappone con 55 reattori e circa 47mila MW. Ne risultano poi in costruzione 32, per una potenza elettrica di 24.579 MW: 7 in Russia, 6 in India, 5 in Cina, 2 a Taiwan, in Bulgaria, in Corea e in Ucraina, 1 in Argentina, Finlandia, Iran, Giappone, Pakistan e Stati Uniti.

Nonostante la ripresa dei programmi nucleari in questi paesi, il nucleare è una fonte energetica in declino sullo scenario mondiale. Secondo le stime dell'Aiea sul contributo dell'atomo alla produzione elettrica mondiale contenute nel rapporto "*Energy, electricity, and nuclear power estimates for the period up to 2030*" pubblicato nel 2007, nei prossimi decenni si passerebbe dal 15% del 2006 a circa il 13% del 2030, nonostante nel dibattito mondiale sulla lotta ai cambiamenti climatici in atto si parli di questa fonte come una delle soluzioni per la riduzione delle emissioni di gas serra in atmosfera.

Ma non è un caso. Infatti le convinzioni delle "sirene nucleariste" si scontrano con i soliti problemi irrisolti di questa tecnologia. Tra tutti la sicurezza delle centrali, la gestione dei rifiuti radioattivi e lo smantellamento (*decommissioning*) degli impianti, la loro protezione da eventuali attacchi terroristici, il rischio della proliferazione di armi nucleari, le riserve naturali sempre più scarse di uranio e soprattutto i costi veri di un KWh da produzione elettronucleare.

Sulla **sicurezza degli impianti** ancora oggi, a 21 anni dal terribile incidente di Chernobyl, non esistono le garanzie necessarie per l'eliminazione del rischio di incidente nucleare e conseguente contaminazione radioattiva. A tal proposito non sono totalmente rassicuranti neanche i primi risultati degli studi in corso con l'iniziativa di ricerca internazionale promossa dagli Stati Uniti insieme ad altre nazioni, a cui si è aggiunta recentemente anche l'Italia, che passa sotto il nome di *Generation IV* sui reattori raffreddati ad acqua o a gas e su quelli a spettro veloce, che si è posta l'obiettivo di pervenire entro il 2030 a un prototipo di reattore in grado di tentare la sfida della sicurezza e, quindi, dell'accettabilità sociale. Senza dimenticare poi che l'assicurazione di una centrale nucleare in grado di coprire i danni un potenziale incidente ha dei costi impossibili anche per i colossi mondiali privati dell'atomo. Rimangono anche tutti i problemi legati all'eliminazione del problema della contaminazione "ordinaria" delle centrali nucleari in seguito al rilascio di piccole dosi di radioattività durante il normale

Legambiente - I problemi irrisolti del nucleare a vent'anni dal referendum

funzionamento dell'impianto a cui sono esposti i lavoratori (la Commissione internazionale per la protezione dalle radiazioni - Icrp - prevede alla dose limite di radiazione per gli addetti professionalmente l'incidenza di 1 morto ogni 1.000 lavoratori) e la popolazione che vive nei pressi.

Non esistono poi ad oggi soluzioni concrete al problema dello **smaltimento dei rifiuti radioattivi** derivanti dall'attività delle centrali o dal loro *decommissioning*. Le circa 250mila tonnellate di rifiuti altamente radioattivi prodotte fino ad oggi nel mondo sono tutte in attesa di essere conferite in siti di smaltimento definitivo, stoccati in depositi "temporanei" o lasciati negli stessi impianti dove sono stati generati.

Lo stesso vale ovviamente anche per il nostro Paese che conta secondo l'inventario curato da Apat circa 25mila m³ di rifiuti, 250 tonnellate di combustibile irraggiato - pari al 99% della radioattività presente nel nostro Paese -, a cui vanno sommati i circa 1.500 m³ di rifiuti prodotti annualmente da ricerca, medicina e industria e i circa 80-90mila m³ di rifiuti che deriveranno dallo smantellamento delle 4 centrali e degli impianti del ciclo del combustibile. Una montagna di rifiuti che necessitano di un sicuro sito di smaltimento, che il governo Berlusconi e la Sogin alla fine del 2003 avevano pensato bene di collocare a Scanzano Ionico, in Basilicata, sbagliando nel merito (il sito non era stato studiato con rilievi sul campo, ma solo attraverso indagini bibliografiche) e nel metodo (non coinvolgendo enti locali e cittadini). E creando un pericolosissimo precedente anche per la necessaria realizzazione del sito di smaltimento delle scorie meno pericolose e longeve, quelle di prima e seconda categoria. Per quelle di terza categoria non è sufficiente inviare le barre di combustibile all'estero per il riprocessamento, visto che poi torneranno vetrificate con tutto il loro carico di radioattività - e stiamo parlando di altri 30mila m³ circa -. I rifiuti ad alta attività potrebbero essere smaltiti in un Paese che continua a produrre elettricità dal nucleare, come del resto prevede la Convenzione comune sulla sicurezza della gestione del combustibile esaurito e dei rifiuti radioattivi, ratificata dall'Italia nel gennaio 2006.

Oltre al problema legato alla sistemazione definitiva delle scorie, esiste anche la necessità di rendere inutilizzabile il materiale fissile di scarto per la possibile costruzione di bombe, a maggior ragione in uno scenario mondiale in cui il **terrorismo globale** è una minaccia attualissima. Gli impianti nucleari attivi - e lo stesso discorso vale per quelli in costruzione - se da una parte possono diventare obiettivi sensibili per i terroristi, dall'altra producono scorie dal cui trattamento viene estratto il plutonio, materia prima per la costruzione di armi a testata nucleare. Nell'attuale quadro mondiale si corre il forte rischio che ci possano essere Paesi che vogliano sfuggire al controllo della comunità internazionale - come nel caso dell'Iran -, che potrebbero utilizzare il nucleare civile come grimaldello per dotarsi di armamenti nucleari.

Ma veniamo al problema dei problemi su cui si continua a fare tanta propaganda, a maggior ragione in un paese come l'Italia dove la bolletta energetica è ancora molto alta, e cioè la vera quantificazione dei **costi** per la produzione di un KWh dal nucleare. Nonostante da più parti si continui a spacciare il nucleare come una tra le fonti energetiche meno costose, sono sempre più numerose le ricerche, anche molto autorevoli, sui suoi costi "veri", che hanno infatti scoraggiato i privati dall'investire in questa tecnologia negli ultimi decenni. Non è un caso infatti che negli Stati Uniti, dove i produttori di energia elettrica sono privati, non si costruisca una centrale nucleare dalla

fine degli anni '70. Stessa cosa si può dire per gli Stati dell'Unione europea, dove il processo di liberalizzazione del mercato dell'energia è in atto, eccezion fatta per la Finlandia che ha deciso di costruire un nuovo reattore - con tanti problemi come risulta dall'articolo pubblicato dall'*International Herald Tribune* il 6 settembre 2007, riportato in calce alla premessa di questo dossier -, ma dove si prevede che la costosa chiusura del ciclo del combustibile sia a carico della collettività.

In effetti il basso costo del KWh da nucleare è dovuto esclusivamente all'intervento dello Stato nella chiusura del ciclo del combustibile nucleare e al non tener in conto il problema e i costi, stranamente considerati "esterni", dello smaltimento definitivo delle scorie e dello smantellamento delle centrali. A tal proposito sono illuminanti le conclusioni della ricerca "*The economic future of nuclear power*" condotta dall'Università di Chicago nell'agosto 2004 per conto del Dipartimento dell'energia statunitense sui costi del nucleare confrontati con quelli relativi alla produzione termoelettrica da gas naturale e carbone. Secondo il rapporto dell'Università Usa, considerando tutti i costi, dall'investimento iniziale e dalla progettazione fino ad arrivare alla spesa per lo smaltimento delle scorie (che incide fino al 12% del prezzo totale di produzione elettrica), il primo impianto nucleare che entrerà in funzione produrrà elettricità a 47-71 dollari per MWh, escludendo qualsiasi sovvenzione statale all'industria dell'atomo, contro i 35-45 dei cicli combinati a gas naturale. Conclusioni paragonabili a quelle raggiunte dal *Massachusetts Institute of Technology* nel rapporto "*The future of nuclear power*" pubblicato nel 2003.

E a proposito di finanziamenti vale la pena ricordare come, stando alle stime dell'Agenzia internazionale per l'energia, dal 1992 al 2005 il nucleare da fissione ha usufruito del 46% degli investimenti in ricerca e sviluppo, quello da fusione del 12%, mentre alle rinnovabili è stato destinato solo l'11% del totale, con evidenti disparità tra le fonti a discapito di quelle veramente pulite.

Oppure il finanziamento di ben 16,5 milioni di euro in tre anni destinato alla ricerca sui reattori di quarta generazione, sul totale dei 60 previsti dall'accordo sulla ricerca energetica stipulato fra Enea e Ministero dello sviluppo economico.

Infine si può citare il caso di Paesi in cui il rilancio dell'energia nucleare sarà possibile solo a fronte di forzature delle regole del libero mercato, come negli Stati Uniti - dove sono previsti ben 8 miliardi di dollari di aiuti alle imprese per aumentare del 3% le forniture elettriche nazionali - o in Finlandia - dove è già stabilito che l'energia prodotta dalla nuova centrale verrà comprata dallo Stato che poi si farà carico delle spese relative alla sicurezza e allo smaltimento -.

Occorre poi fare i conti con le **riserve di U₂₃₅** (l'uranio fissile altamente radioattivo che, al ritmo di consumo attuale, è disponibile solo per qualche decennio - se la richiesta crescesse, si potrebbe riproporre una situazione del tutto simile a quella delle "guerre per il petrolio") e con i tempi di realizzazione delle centrali. Per realizzare una nuova centrale nucleare occorrono almeno 10 anni, senza considerare le inevitabili proteste delle popolazioni eventualmente interessate dall'insediamento. Se non si riesce a realizzare la tecnologia dei cosiddetti reattori autofertilizzanti (finora tutti i prototipi - come nel caso del SuperPhoenix - sono stati un fallimento), un Paese come il nostro, che deve ripartire da zero visto che ha fortunatamente abbandonato la produzione elettrica da nucleare, metterebbe in campo ingentissime risorse per una tecnologia che usa una fonte naturale - l'uranio - in via di esaurimento e che potrebbe usare per

pochissime decine di anni, creando tra l'altro immensi problemi e per millenni per le generazioni future, con le scorie altamente radioattive.

Il nucleare non può essere considerato la risposta ai cambiamenti climatici in atto, perché fino ad oggi non ha mai risolto i problemi noti a tutti da quando negli anni '70 si cominciarono a concepire i reattori di terza generazione - gli stessi che si stanno costruendo oggi in 13 Paesi -. Discuterne, come si fa troppo spesso da noi, fa semplicemente perdere altro tempo ad un Paese come il nostro che è in grave ritardo rispetto agli obblighi presi a Kyoto nel 1997. Non solo perché se l'Italia volesse allinearsi alla produzione elettrica media UE da fonte nucleare (pari al 30%), dovremmo prima localizzare sul territorio italiano e poi costruire 8 reattori come quello in costruzione in Finlandia (è il più grande al mondo), oppure 8 come gli ultimi costruiti in Francia tra il '96 e il '99, oppure 12 reattori della stessa taglia del più grande in costruzione attualmente in Cina oppure 13 di quelli di tipologia russa. Ma anche perché la strada maestra è molto più semplice ed è quella fondata soprattutto sul risparmio, sull'efficienza energetica e sullo sviluppo delle fonti rinnovabili. Banalmente perché è una soluzione più immediata, sostenibile e addirittura più economica.

**Una centrale finlandese mostra gli eterni problemi dell'energia nucleare
di Alan Katz**

Articolo pubblicato sull'International Herald Tribune del 6 settembre 2007

Isola di Olkiluoto, Finlandia: Martin Landtman si presenta in maniche di camicia mentre una tempesta di giugno sulla costa baltica finlandese bagna il cantiere del reattore nucleare più potente al mondo. Come responsabile di progetto della TVO, l'impresa che sta acquistando la centrale, Landtman ha superato seccature ben peggiori della pioggia. Saldature difettose per le fodere in acciaio del reattore, tubature di raffreddamento inutilizzabili e cemento difettoso nelle fondamenta hanno fatto slittare la data di consegna della unità Olkiluoto-3 di almeno due anni. "Ritardi sostanziali, sì, penso possa usare queste parole", ha detto Landtman.

Olkiluoto-3, il primo reattore nucleare commissionato nell'Europa Occidentale dal disastro di Cernobyl nel 1986, ha anche già sfiorato del 25% il suo budget di 3 miliardi di euro, ovvero 4,1 miliardi di dollari.

Se l'esperienza finlandese può essere di aiuto, il "rinascimento nucleare" promosso dall'industria atomica globale come alternativa economicamente percorribile al carbone e al gas naturale potrebbe non offrire progresso significativo rispetto a una generazione fa, quando sforamenti di tempi e di budget per i nuovi reattori costarono agli investitori miliardi di dollari.

L'impianto finlandese non è l'unico progetto nucleare ad incappare in ritardi. L'avviamento commerciale in Maggio del progetto Tianwan in Cina è avvenuto più di due dopo anni rispetto a quanto stabilito. In Taiwan, il progetto del reattore Lungmen è andato oltre i tempi stabiliti di cinque anni.

Oggi a Olkiluoto-3, un mostro gigantesco il cui sito di escavazione copre l'equivalente di 55 campi da calcio, la pressione è sul gruppo condotto dalla francese Areva che sta costruendo il reattore. In ballo c'è molto di più dei profitti o del costo della elettricità che proverrebbe dalla costa finlandese. Poiché la proprietà dei servizi di pubblica utilità

nel mondo è passata dallo stato ai privati, la consegna di nuovi reattori in tempo e rispettando i budget è diventata critica.

Mantenere i costi di costruzione sotto controllo è un ingrediente vitale nella spinta dell'energia nucleare per raggiungere la parità economica con la generazione da carbone e gas naturale. Costruire una nuova centrale atomica negli USA potrebbe essere il 30% o il 50% più costoso di una centrale a carbone della stessa dimensione, e il margine si allarga per il gas naturale, che è l'opzione meno costosa.

I costi degli impianti nucleari si gonfiano parzialmente perché le centrali devono essere costruite seguendo standard di sicurezza più esigenti e superare controlli più restrittivi, causando perdite di tempo e spese extra, ha dichiarato Timo Kallio, un dirigente della TVO. Tra i proprietari della TVO c'è la più grande azienda di pubblica utilità del paese, la Fortum a controllo statale, insieme ai produttori di carta Stora Enso e UPM-Kymmene.

I sostenitori dell'energia nucleare dichiarano che il costo di costruzione più elevato è bilanciato dai minori costi per i combustibili. Tuttavia, dopo aver tenuto conto dei vari costi, dalla costruzione e il carburante alla manutenzione, l'elettricità proveniente da una nuova centrale nucleare negli USA nel 2015 sarebbe più costosa del 15% durante la vita del reattore rispetto al gas naturale e del 13% in più rispetto al carbone, secondo le stime del 2007 della U.S. Energy Information Administration.

“L'industria nucleare ha fornito stime molto ottimistiche dei costi di costruzione, ma non c'è alcuna esperienza che possa confermarli anche solo approssimativamente”, ha detto Paul Joskow, Direttore del Centro per la Ricerca sull'Energia e la Politica Ambientale del Massachusetts Institute of Technology.

Alcuni investitori stanno già procedendo con cautela, anche in mezzo a una richiesta di energia sempre più crescente. “Devi entrarci con gli occhi ben aperti” ha detto Robin Kendall, direttore finanziario alla Société Générale di Parigi, che è tra le banche che hanno prestato 1,95 miliardi di euro alla TVO per il reattore Finlandese. La banca sta esaminando la possibilità di concedere prestiti per altri progetti nucleari in Europa e Asia.

Dopo 23 anni di carriera nei cantieri navali, Landtman ha cominciato la supervisione del reattore ad acqua pressurizzata europeo Olkiluoto-3, o EPR, nel 2003. Il primo grande intoppo è arrivato nell'ottobre 2005, durante l'installazione della piastra di fondazione del reattore. Dovevano servire 5 giorni per versare 12mila metri cubi di cemento. “Un'ora dopo l'inizio dell'operazione, i nostri supervisori hanno visto che qualcosa non andava”, ha raccontato Landtman. “All'inizio era troppo nodoso, poi era fine. Non era consistente”. La pioggia autunnale ha impregnato il pietrisco aggregato usato per fare il cemento. La colata era stata pensata per un maggio soleggiato, ha raccontato Kallio. Invece, i sacchi sono rimasti scoperti mentre Areva lavorava per completare i dettagli dei progetti di base e farli approvare. Il ritardo ha significato un contenuto di acqua nel cemento mescolato superiore ai livelli permessi dalle norme finlandesi sul nucleare. Areva allora ha dovuto testare il cemento già versato per assicurarsi che rispettasse le norme. Non è stato versato altro nella sezione centrale dell'impianto fino all'aprile 2006, ha detto Kallio.

Un dirigente Areva ha puntato il dito contro una fattore piuttosto seccante per i costruttori di reattori: appaltatori senza esperienza che lavorano per un settore che è stato inattivo in gran parte dell'Europa e degli Stati Uniti per vent'anni. “Le imprese locali non avevano l'ampiezza operativa sperata o necessaria per portare avanti un progetto così grande”, ha detto Ray Ganthner, vice presidente senior dello schieramento

nuovi impianti alla sede generale della Areva NP negli Stati Uniti, l'unità di costruzione del reattore della compagnia.

Landtman ha imparato la stessa lezione. Tuttavia, dice, non c'è molto altro da fare che insistere: "Ora, stiamo cercando di completare il reattore il più velocemente possibile". Il tutto si riduce a una serie di compiti apparentemente noiosi, dal versare cemento all'usare un manico di scopa per grattare via trucioli metallici da un tubo di raffreddamento. Se l'esecuzione non sarà perfetta, gli elementi non passeranno le ispezioni.

I dirigenti di Areva hanno detto che bisognava aspettarsi dei ritardi su un progetto così grande, soprattutto essendo il primo del suo genere. La compagnia sta pensando di avere operativi 35 dei suoi reattori più recenti nel mondo entro il 2020. "Quando costruisci il primo esemplare di una serie, c'è inevitabilmente un certo numero di costi di cui ti rendi conto solo dopo, e quando ci sono dei ritardi i lavoratori rimangono comunque sul posto, e quindi i costi aumentano ancora", ha spiegato Luc Oursel, direttore generale dell'Arena NP.

I certificati di investimento dell'Areva - azioni che rappresentano circa il 4 per cento del capitale - sono salite del 28% quest'anno a 720,12 euro e sono quasi quadruplicate durante gli ultimi quattro anni. Il governo francese e altri enti statali possiedono il 93% di Areva.

L'ufficio di Landtman si trova in fondo alla strada dove a Olkiluoto sono stati costruiti due reattori ad acqua negli anni '70. Un display digitale mostrava la loro produzione di 844 e 852 megawatt. Con 1.600 megawatt, il reattore Olkiluoto-3 sarà almeno due volte più grande.

Gli ostacoli durante la costruzione non hanno fatto vacillare la fiducia dei Finlandesi nell'energia atomica. "Abbiamo bisogno di questa unica centrale nucleare in Finlandia per rispettare gli impegni di Kyoto", ha detto Landtman, riferendosi al trattato internazionale che limita le emissioni di gas di serra. "Una centrale riduce le emissioni equivalenti a quelle di tutti i trasporti in Finlandia. Se qualcuno dice che questo è un fatto minore, non capisco di cosa stiano parlando. Farcela senza il nucleare? Non credo sarebbe possibile in questo paese".

La vittoria al referendum

L'8 e il 9 novembre 1987 gli italiani vengono chiamati alle urne per esprimersi su quello che è passato alla storia come il "referendum antinucleare". Tre i quesiti. Il primo, sulla localizzazione, chiede ai cittadini: "*Volete che venga abrogata la norma che consente al Cipe (Comitato interministeriale per la programmazione economica) di decidere sulla localizzazione delle centrali nel caso in cui gli enti locali non decidono entro tempi stabiliti?*". Il secondo è sui contributi agli enti locali per ospitare gli impianti: "*Volete che venga abrogato il compenso ai comuni che ospitano centrali nucleari o a carbone?*". Il terzo riguarda gli investimenti all'estero dell'Enel: "*Volete che venga abrogata la norma che consente all'ENEL (Ente Nazionale Energia Elettrica) di partecipare ad accordi internazionali per la costruzione e la gestione di centrali nucleari all'estero?*". L'esito non lascia dubbi. Con percentuali di Sì che vanno dal 72% per il terzo quesito all'80,6% per il primo, l'Italia si dichiara nettamente contraria ad un futuro energetico nucleare, diventando il primo Paese industrializzato a uscire dall'era dell'atomo.

2. La storia del nucleare

La scoperta dell'energia nucleare viene ascritta ad Albert Einstein e datata 1903, ma è il fisico italiano Enrico Fermi ad arrivare a scoprire i "neutroni lenti", attraverso i quali è possibile innescare la reazione nucleare. Un evento questo che lo porta nel 1942 a presentare la "pila Fermi", il primo reattore a fissione, collaudato dal fisico italiano nella palestra dello stadio universitario di Chicago. Da lì allo sfruttamento per scopi bellici delle nuove conoscenze in fisica il passo è breve e gli Stati Uniti danno l'avvio a un programma militare per l'utilizzo dell'atomo.

Già dai primi anni '40, quando i fisici al servizio dei paesi belligeranti scoprono il potere derivante dal nucleare, appare evidente il vantaggio di costruire centrali atomiche civili che, mentre producono energia, possono fornire plutonio e altro materiale fissile per uso militare e permettono allo stesso tempo di ammortizzare gli enormi costi di produzione con la vendita dell'energia prodotta. Questa riflessione, oltre alla necessità di dotare i paesi del Patto Atlantico di armi nucleari in funzione antisovietica, sarà la base del progetto statunitense "Atomo per la pace".

Così, mentre Stati Uniti d'America e Unione Sovietica a partire dalla fine della guerra prendono la strada della cosiddetta "corsa agli armamenti", che raggiunge l'apice negli anni '80 quando la potenza dell'arsenale nucleare raggiunge i 15.000 megaton (equivalente a oltre un milione di bombe di Hiroshima), vengono poste le basi per l'avvio del nucleare civile. È la nascita dell'industria elettronucleare, come ricaduta tecnologica del nucleare militare, dunque, e come strumento per lo sviluppo di quest'ultimo.

L'industria civile prende l'avvio ufficialmente negli anni Sessanta, quando entrano in funzione i primi reattori, disseminati nei paesi più industrializzati: 17 negli Stati Uniti, 4 in Urss, 3 in Giappone, 2 in Canada e India, mentre in Europa se ne contano 20 in Gran Bretagna, 8 in Germania, 7 in Francia, 3 in Italia, 1 in Svezia, Belgio, Svizzera, Spagna e Olanda. Nel 1965 i reattori nel mondo sono 45. Negli anni '70 e '80 lo sviluppo è veloce e incessante: tra il 1970 e il 1975 l'industria nucleare civile registra tassi di crescita del 30% all'anno, raggiungendo la cifra significativa di 167 reattori atomici, per poi salire vertiginosamente, anche spinti dalle crisi petrolifere di quegli anni, a 243 nel 1980. Nei primi anni '80 soltanto negli Stati Uniti d'America sono presenti ben 105 impianti. Intanto prosegue la corsa agli armamenti e la potenza dell'arsenale nucleare arriva a superare di 5mila volte quella di tutti gli ordigni impiegati dalle grandi potenze in lotta durante la Seconda guerra mondiale.

Il vento sembra cambiare con l'ascesa al potere in Unione Sovietica di Mikail Gorbaciov, quando prende piede la possibilità reale di un disarmo: il presidente sovietico infatti propone agli USA di avviare un programma di eliminazione progressiva delle armi nucleari entro il 2000. Ma con la dissoluzione dell'Unione Sovietica, nel 1991, e il crollo del cosiddetto "Patto di Varsavia", gli Stati Uniti approfittano della situazione per accrescere la loro superiorità strategica, anche nucleare.

Sul fronte civile, l'espansione nucleare vede negli anni '80 un forte rallentamento in tutto il mondo. Dopo la catastrofe di Cernobyl del 1986, comincia a manifestarsi nell'opinione pubblica internazionale una consapevolezza sempre maggiore sui rischi dell'atomo: sull'onda dell'incidente ucraino nascono in tutto il mondo movimenti antinuclearisti (che in Italia daranno origine a Legambiente) e nel nostro Paese, primo in Europa a fare questa scelta, la popolazione l'8 e 9 novembre 1987 si esprime con un referendum popolare a favore della chiusura degli impianti nucleari. I costi della

dismissione delle centrali peseranno per anni nelle bollette degli italiani sotto la voce "oneri nucleari".

Con il referendum abrogativo dunque viene sancito l'abbandono da parte dell'Italia del nucleare come forma di approvvigionamento energetico. Ma il lungo processo di uscita dall'atomo non è terminato: ancora oggi si attende una decisione definitiva sulla localizzazione del deposito unico nazionale che dovrà accogliere i circa 60mila metri cubi di scorie radioattive che costituiscono la scottante eredità del nucleare nel nostro paese. Dopo la protesta degli abitanti di Scanzano Jonico, il paese in provincia di Matera individuato come possibile sito alla fine del 2003, il dibattito sul nucleare in Italia non si è ancora chiuso definitivamente, mentre nel mondo politico questa opzione torna paradossalmente ad affacciarsi come soluzione "conveniente e sicura".

3. Il nucleare nel mondo

Se molti paesi - Italia in prima fila - hanno deciso di non affidare all'atomo il proprio fabbisogno energetico, la maggior parte delle nazioni più industrializzate continua a fare ricorso a questa tecnologia. Questo a partire dal programma statunitense "Atomo per la pace", presentato all'Assemblea Generale dell'ONU l'8 dicembre 1953, un'operazione centrata ufficialmente sulla diffusione e la democratizzazione della tecnologia nucleare civile, ma in realtà promossa dagli Stati Uniti per dotare alcuni dei paesi aderenti al Patto Atlantico di armamenti e tecnologie nucleari da utilizzare in funzione antisovietica.¹ E' altresì vero, però, che i sogni di una nuclearizzazione mondiale per fini civili, a partire dai grandi entusiasmi degli anni '50 quando si progettava di costruire migliaia di reattori in tutto il mondo, si sono notevolmente ridimensionati negli anni e i gravissimi incidenti alle centrali di Three Mile Island nel 1979 negli Usa e di Chernobyl nel 1986 in Urss non hanno fatto altro che imprimere una definitiva frenata allo sviluppo di questa tecnologia.

Oggi nel mondo sono operativi 439 impianti elettronucleari per una potenza totale installata di 371.647 MW. A guidare la classifica del nucleare civile sono gli USA, con ben 104 reattori per un totale di 100mila MW, seguiti dalla Francia con 59 reattori e oltre 63mila MW, e dal Giappone con 55 reattori e circa 47mila MW.

Ne risultano invece in costruzione 32, per una potenza elettrica di 24.579 MW: 7 in Russia, 6 in India, 5 in Cina, 2 a Taiwan, in Bulgaria, in Corea e in Ucraina, 1 in Argentina, Finlandia, Iran, Giappone, Pakistan e Stati Uniti.

L'energia nucleare produce, secondo i dati al 2006 dell'Agenzia internazionale per l'Energia Atomica (AIEA), il 15% dell'elettricità prodotta nel pianeta. Entrando nel dettaglio dei singoli Paesi, la Francia produce dal nucleare il 78% dell'energia elettrica nazionale, la Lituania il 72%, la Slovacchia il 57%. Tra gli altri Paesi industrializzati la Germania produce dall'atomo il 31% dell'energia elettrica, il Giappone il 30%, la Spagna il 20%, gli Usa il 19%, la Gran Bretagna il 18% e la Russia il 16%.

¹ Per una ricostruzione dettagliata sulla politica statunitense volta a favorire la cosiddetta "proliferazione nucleare", si veda "Angelo Baracca, A volte ritornano: il nucleare, 2005, Milano, Jaca Book".

La mappa dei reattori operativi e in costruzione suddivisi per paese

Paese	Operativi		Progettati o in costruzione	
	N. di impianti	Totale MW(e)	N. di impianti	Totale MW(e)
Argentina	2	935	1	692
Armenia	1	376	0	0
Belgio	7	5.824	0	0
Brasile	2	1.795	0	0
Bulgaria	2	1.906	2	1.906
Canada	18	12.589	0	0
Cina	11	8.572	5	3.220
Corea del Sud	20	17.454	2	1.920
Finlandia	4	2.696	1	1.600
Francia	59	63.260	0	0
Germania	17	20.339	0	0
Giappone	55	47.587	1	866
India	17	3.779	6	2.910
Iran	0	0	1	915
Lituania	1	1.185	0	0
Messico	2	1.360	0	0
Olanda	1	482	0	0
Pakistan	2	425	1	300
Regno Unito	19	10.222	0	0
Repubblica Ceca	6	3.538	0	0
Repubblica Slovacca	5	2.034	0	0
Romania	2	1.308	0	0
Russia	31	21.743	7	4.585
Slovenia	1	666	0	0
Sudafrica	2	1.800	0	0
Spagna	8	7.450	0	0
Svezia	10	9.034	0	0
Svizzera	5	3.220	0	0
Taiwan	6	4.884	2	2.600
Ucraina	15	13.107	2	1.900
Ungheria	4	1.755	0	0
USA	104	100.322	1	1.165
Totale	439	371.647	32	24.579

Fonte: PRIS (Power Reactor Information System), Agenzia per l'energia atomica, aggiornamento a ottobre 2007

I reattori nucleari nel mondo



Fonte: Database INSC International Safety Center del Dipartimento dell'energia degli Stati Uniti d'America. Dati aggiornati all'agosto 2005.

4. Il nucleare in Europa

Nel continente europeo sono oggi in funzione 197 reattori nucleari, con una potenza netta installata di 169.499 MW, mentre 12 nuove unità sono in costruzione, per potenza netta installata di 9.991 MW. L'autorità che insieme agli stati nazionali gestisce e controlla gli impianti atomici per uso civile è la Comunità europea dell'energia atomica (Euratom). Il trattato che ne ha sancito l'istituzione, firmato a Roma nel 1957, nasce dalla carenza di energia dei sei stati fondatori (Belgio, Francia, Germania, Italia, Lussemburgo, Paesi Bassi) che li spinge a cercare nell'energia nucleare il mezzo per conseguire l'indipendenza energetica, attraverso la creazione di un soggetto giuridico che garantisca un approccio armonizzato alla gestione del settore. In generale, il trattato mira a sviluppare programmi di ricerca oltre che a contribuire alla formazione delle industrie nucleari europee, garantendo allo stesso tempo elevati standard di sicurezza e la finalità civile degli impianti. Lo schema istituzionale del trattato Euratom è, in linea di massima, simile a quello del trattato della Comunità Europea, basato sul "triangolo istituzionale" formato dal Consiglio, dalla Commissione e dal Parlamento, che sono responsabili dell'attuazione del patto. A differenza del trattato CE, quello che regola l'Euratom non è mai stato oggetto di grandi modifiche, anche se oggi cinque stati membri (Germania, Irlanda, Ungheria, Austria e Svezia) hanno proposto una conferenza intergovernativa per aggiornarne le disposizioni generali. Tuttavia è quantomeno singolare che, nonostante l'adozione del trattato costituzionale, il trattato Euratom resti in vigore: la Comunità europea dell'energia atomica infatti non si è ancora fusa con

L'Unione Europea e mantiene una personalità giuridica separata, pur condividendo le stesse istituzioni.

Con l'allargamento dell'Unione e l'ingresso di molti paesi dell'Est, le istituzioni europee si trovano di fronte alla necessità di garantire nuovi standard di sicurezza. Già l'ingresso nel 2004 di Lituania, Repubblica Ceca, Repubblica Slovacca, Ungheria e Slovenia ha richiesto un impegno preciso su questo fronte e la chiusura dei reattori più vecchi, per cui sono stati stanziati milioni di euro. D'altronde, questa è stata proprio una delle condizioni necessarie per l'adesione alla UE.

L'Unione Europea ha assunto un ruolo guida nelle iniziative internazionali, sia per promuovere il dialogo politico che per offrire assistenza tecnica e finanziaria ai governi al fine di migliorare i livelli di sicurezza. Dal 1992 le autorità di regolamentazione di molti paesi dell'Europa centrale e orientale sono state invitate a partecipare a diversi tavoli di lavoro e comitati, come il CONCERT e il Gruppo di lavoro Regolamentazione Nucleare (NRWG). Negli ultimi anni è stato infine creato il Gruppo europeo per la sicurezza degli impianti nucleari (ENIS-G), che riunisce i legislatori e gli operatori del settore nucleare degli Stati membri.

Di solito comunque sono le ragioni economiche, più che le preoccupazioni sociali, a prevalere: i risultati ottenuti in materia di sicurezza nucleare nei paesi dell'Est (per la verità ancora scarsi) sono legati principalmente agli ingenti finanziamenti concessi ai governi dalla Banca Europea per la ricostruzione e lo sviluppo (BERS) che amministra il Nuclear Safety Account (un fondo per la sicurezza nucleare), oltre agli stanziamenti per i programmi Phare e Tacis (quest'ultimo specifico per i cosiddetti "Nuovi Stati Indipendenti" interessati dalla dissoluzione dell'Unione Sovietica) e per i prestiti Euratom.

Decisioni e direttive di questi ultimi anni hanno riguardato anche la tempestiva notifica in caso di incidente nucleare, l'assistenza in caso di incidente o emergenza radiologica ma, di fatto il quadro che si presenta è piuttosto nebuloso e comunque non ha riguardato sostanziali revisioni che molti Stati ritengono ormai irrinunciabili.

Purtroppo ancora oggi ci troviamo di fronte a continui slittamenti delle chiusure di alcuni impianti o al prolungamento del periodo di vita dei reattori (il tempo medio per i reattori di vecchia generazione è intorno ai venti anni). Questo è accaduto in Lituania per l'impianto di Ignalina, e sta accadendo in Slovacchia, dove la centrale di Bohunice è ancora in funzione nonostante le pessime condizioni di sicurezza. A questo vanno aggiunti gli incidenti registrati negli ultimi anni. A Temelin nella Repubblica Ceca, in una centrale con due reattori messa in funzione tra il 2000 ed il 2002, progettata da esperti internazionali con impianti russi "misti" a dispositivi occidentali, c'è stata una serie di "piccoli" incidenti che ha destato la preoccupazione delle organizzazioni ambientaliste, ma anche dell'Austria, che si trova a meno di cento chilometri dalla centrale. Nel 2003 in Ungheria, alla centrale di Paks (costruita nel 1982), considerata dall'Aiea una delle più sicure e in linea con gli standard occidentali, è accaduto un incidente classificato al terzo livello della scala INES (International Nuclear Event Scale). Sempre l'Aiea nelle sue verifiche operative aveva giudicato eccellente lo stato di manutenzione e la preparazione dei tecnici e la centrale di Paks era tra i venticinque impianti più efficienti del mondo.

Se queste sono le conclusioni dell'AIEA su un impianto che è stato teatro di un "serious accident" secondo gli indicatori dell'INES, la conclusione tutt'altro che rassicurante che si può trarre è che quello che è successo a Cernobyl potrebbe accadere ovunque, indipendentemente dal fatto che il reattore sia di nuova o di vecchia generazione.

I reattori nucleari in Europa

Paese	Reattori operativi	Capacità in MW	Reattori progettati o in costruzione	Capacità in MWe
Belgio	7	5.824	0	0
Bulgaria	2	1.906	2	1.906
Finlandia	4	2.696	1	1.600
Francia	59	63.260	0	0
Germania	17	20.339	0	0
Lituania	1	1.185	0	0
Olanda	1	482	0	0
Regno Unito	19	10.222	0	0
Repubblica Ceca	6	3.538	0	0
Repubblica Slovacca	5	2.034	0	0
Romania	2	1.038	0	0
Russia	31	21.743	7	4.585
Slovenia	1	666	0	0
Spagna	8	7.450	0	0
Svezia	10	9.034	0	0
Svizzera	5	3.220	0	0
Ucraina	15	13.107	2	1.900
Ungheria	4	1.755	0	0
Totale	197	169.499	12	9.991

Fonte: PRIS (Power Reactor Information System) dell'Agenzia per l'energia atomica (AIEA) aggiornati a ottobre 2007

I reattori nucleari in Europa



Fonte: Database INSC International Safety Center del Dipartimento dell'energia degli Stati Uniti d'America. Dati aggiornati all'agosto 2005.

5. La gestione dei rifiuti radioattivi

Alla fine di tutte queste operazioni quanti rifiuti radioattivi devono trovare casa? Partiamo intanto dalla loro classificazione, che richiede la considerazione di una serie di parametri riguardanti nello specifico il contenuto in radionuclidi, l'origine, lo stato fisico, il tipo di radiazione emessa, il tempo di dimezzamento, la loro radiotossicità, l'attività specifica, l'intensità di dose, la modalità di gestione e la destinazione finale.

A seconda della concentrazione di radioattività e del tempo di decadimento si parla di rifiuti a bassa (decadimento nell'ordine di alcuni mesi o al massimo qualche anno), media (centinaia di anni) e alta (migliaia di anni) attività. Secondo la Guida tecnica elaborata dall'ANPA (oggi APAT), le principali fonti di produzione di rifiuti a bassa attività sono gli ospedali, i laboratori di ricerca, le installazioni nucleari e possono includere carta, stracci, indumenti, filtri, liquidi. Per i rifiuti a media attività invece le fonti di produzione sono le centrali nucleari, gli impianti di fabbricazione del MOX (un altro combustibile utilizzabile nei reattori elettronucleari²), i centri di ricerca, gli impianti di riprocessamento e comprendono scarti di lavorazione, rottami metallici, liquidi, fanghi, resine esaurite. I rifiuti più pericolosi sono quelli ad alta attività che sono tipici del processo di combustione dell'uranio nei reattori e sono rappresentati da prodotti di fissione e dagli attinidi transuranici - sono elementi con numero atomico superiore a quello dell'uranio - come il combustibile nucleare irraggiato e i residui del riprocessamento. In sostanza quest'ultima categoria individua le cosiddette scorie che quindi sono un sottoinsieme dei rifiuti radioattivi e che, pur rappresentando una bassa percentuale del volume totale dei rifiuti, mantengono il 95% della radioattività³.

Riguardo alle quantità prodotte, si calcola che attualmente nel mondo ci siano più di 250mila tonnellate di rifiuti altamente radioattivi in attesa di essere sistemati in siti di stoccaggio. Nel 2015 secondo i dati Aiea saranno prodotte 400mila tonnellate⁴, mentre intorno al 2050 l'accumulo, considerando una debole attività legata all'utilizzo del nucleare, ammonterà a 1.000.000 di tonnellate⁵. Un bel "bottino" per cui ancora oggi si è in cerca di una soluzione. Il problema dei siti definitivi, infatti, non è mai stato valutato con la dovuta attenzione e la maggior parte dei rifiuti sono stoccati in depositi temporanei o lasciati negli stessi siti dove sono stati generati.

Aldilà del problema legato alla sistemazione, esiste anche la necessità di rendere inutilizzabile il materiale fissile di scarto per la possibile costruzione di bombe. Questa operazione non sempre è praticabile e necessita di ulteriori trattamenti. L'uranio arricchito (HEU), per esempio, dovrebbe essere diluito convertendolo in uranio leggermente arricchito (LEU) ma si tratta di attività costose e inoltre manca una stima esatta delle effettive quantità di questa sostanza presenti in molti Paesi. Quindi oltre alle difficoltà di ordine economico nella inattivazione dell'uranio esiste un problema serio di contabilità. Per quanto riguarda il plutonio non è possibile la diluizione con altri suoi isotopi ma può però essere trasformato nel MOX. Questa opzione rientra anche nelle indicazioni di riciclare il più possibile le scorie, per ridurre le quantità: infatti con la produzione di MOX si riutilizzano sia uranio che plutonio di scarto. Pertanto potrebbe

² A volte ritornano. Il nucleare di Angelo Baracca, Jaca Book

³ Guida tecnica n° 26 ANPA (adesso APAT)

⁴ Dati AIEA tratti da "Una strategia per la gestione delle scorie nucleari" di Massimo Scalia, Giuseppe Onufrio

⁵ Dati tratti dal sito <http://apt.lanl.gov/atw/>

sembrare la scelta più idonea rispetto all'immediata sistemazione delle sostanze radioattive in contenitori e siti adeguati.

La grande quantità e la pericolosità di questi rifiuti rende urgente l'individuazione e la realizzazione di siti definitivi per la loro sistemazione, che si differenzino in base al grado di radioattività e al tempo di decadimento delle scorie e che garantiscano l'isolamento dalla biosfera per tutto il periodo della loro pericolosità. Tale isolamento viene solitamente realizzato tramite barriere di contenimento poste in serie, la cui funzione è di impedire la diffusione degli isotopi radioattivi verso l'esterno del deposito. Sono circa 80, ma destinati ad aumentare, i depositi di scorie nel mondo. La maggior parte di questi, per non dire quasi tutti, sono depositi superficiali in grado di ospitare rifiuti radioattivi a bassa (DSS) o a media (DSI) attività, dotati pertanto di strutture più o meno ingegneristiche. Una parte sono anche depositi in cavità naturali o miniere (DC) utilizzati anch'essi per scorie a bassa e media attività, mentre si parla di depositi geologici (DG) laddove viene garantito l'isolamento per rifiuti radioattivi a media e alta attività⁶. Attualmente il primo e unico deposito geologico al mondo, seppure ne siano allo studio altri in diversi Paesi, è quello aperto nel New Mexico nel 1999. Si tratta di un esperimento pilota per l'isolamento dei rifiuti transuranici a media e bassa radioattività conosciuto come WIPP (Waste Isolation Pilot Plant)⁷.

Inizialmente doveva essere un sito per scorie ad alta attività, ma in seguito allo scavo delle gallerie si sono messe in evidenza alcune caratteristiche geologiche "instabili" - non emerse in fase di progettazione e studio - che sembrava potessero portare alla chiusura del sito. Successivamente, anche a causa del miliardo di dollari già speso, si è giunti alla conclusione che il WIPP potesse immagazzinare scorie di media e bassa attività.

Il futuro deposito per scorie ad alta attività degli USA sarà dunque quello dello Yucca Mountain in Nevada, dove troveranno posto settantamila tonnellate di residui radioattivi. Si tratta di un sito sotterraneo il cui costo si aggira sui sessantacinque miliardi di dollari, tra studi geologici, progetto e costruzione. Quando entrerà in funzione (si stima tra il 2010 ed il 2015), vi si riverseranno i rifiuti attualmente stoccati nei depositi temporanei: per il trasporto si prevede l'utilizzo di ben quattromilaseicento tra treni e autocarri che dovranno attraversare quarantaquattro Stati⁸.

Già i brevi focus sul WIPP e sul deposito dello Yucca Mountain mettono in luce due problematiche: l'individuazione di un luogo idoneo e gli enormi costi per la creazione dei siti e il successivo smaltimento dei rifiuti.

Ma il problema "scorie" è particolarmente urgente in tutto il mondo. Un altro esempio illuminante da questo punto di vista è quello della Russia. Nei primi anni '90 la Duma stabilisce che non può più importare scorie radioattive, decisione rientrata nel 2000 con una modifica alla normativa nazionale che elimina il divieto di importazione e apre le porte a rifiuti provenienti da tutto il mondo. Così nel 2002 il Minatom, ministero russo per l'Energia Atomica, propone la zona del Mayak come luogo per lo smaltimento delle scorie prodotte da altri Paesi. Ventimila tonnellate di scorie per venti miliardi di dollari e la Russia sarebbe diventata una grande pattumiera mondiale per i rifiuti nucleari⁹.

Ma già nel maggio del 2002 il responsabile dell'Ispettorato generale russo per la sicurezza nucleare, Vishnevskiy, contesta al Minatom il programma di importazione

⁶ Classificazione APAT

⁷ Enea

⁸ Il sistema globale – Seconda Edizione – Manlio Dinucci, Zanichelli, 2003

⁹ Le monde diplomatique, febbraio 2002

delle scorie e mette in discussione la capacità della Russia di gestire in modo efficace l'importazione, lo stoccaggio e il riprocessamento del combustibile irraggiato¹⁰. In effetti, infierire ancora sul Mayak, che è la zona più contaminata del mondo, pare un'opzione poco ragionevole. Anche perché quest'area della Russia detiene un primato di cui fino a poco tempo fa non erano a conoscenza nemmeno i suoi abitanti: nel 1948 entra in funzione un complesso nucleare destinato alla fabbricazione di plutonio e per oltre sei anni scorie liquide radioattive di medio e alto livello vengono rilasciate dalla centrale nel fiume Techa, unica risorsa idrica per i ventiquattro villaggi della zona, con la conseguente esposizione radioattiva di oltre centomila persone. Solo qualche anno dopo, quando le sostanze radioattive raggiungono l'Artico, quattro villaggi vengono evacuati e viene proibito l'utilizzo dell'acqua del fiume. Ma solo dopo trentacinque anni vengono spiegati i motivi del divieto sull'acqua. Una buona parte della radioattività, dieci volte maggiore di quella rilasciata in seguito all'incidente di Cernobyl, viene riversata anche nel lago Karachai, negli Urali del Sud.

Ancora oggi il livello di radioattività sulle sue sponde è talmente alto che è sufficiente passare un'ora in prossimità del lago per ricevere una dose letale di radiazioni. E' spontaneo a questo punto chiedersi quali siano i costi umani di un'operazione simile. La regione di Chelyabinsk, trentadue milioni di abitanti, dove si trova la zona del Mayak nel versante orientale degli Urali del Sud, ha oltre un milione e mezzo di abitanti colpiti dalle radiazioni. Nel 1992 un rapporto dell'Istituto di Biofisica del Ministero della Salute russo afferma che "28mila persone sono state severamente irradiate dalle radiazioni del Mayak, 8.015 sono morte in conseguenza all'esposizione alle radiazioni e 935 soffrono di malattie croniche legate alla contaminazione".

Altro dato riguarda l'aumento del 78% delle leucemie, mentre il 30% dei bambini nasce con malformazioni o malattie del sistema nervoso o al cuore¹¹. Questi dati sembrano sufficienti - seppure non esaustivi - per mettere in evidenza le problematiche legate al trattamento delle scorie.

Ma esistono alternative ai depositi di scorie? I siti di stoccaggio sono a oggi l'unica possibilità reale, ma sono allo studio modalità di eliminazione dei residui radioattivi, su cui però le informazioni non sono ancora molto chiare. Per citarne alcuni: si va dal progetto del premio Nobel Carlo Rubbia che consentirebbe di "bruciare" le scorie¹², all'ipotesi quasi fantascientifica elaborata dall'americano David Scott di eliminare i rifiuti utilizzando come discarica il Sole¹³, fino al batterio "Geobacter sulfur reducens" in grado di metabolizzare i metalli radioattivi come l'uranio¹⁴.

L'orizzonte comunque appare ben poco tranquillizzante anche solo fermandoci ai numeri attuali dei rifiuti radioattivi, destinati purtroppo ad aumentare. Anche per questo l'ipotesi di perpetrare e incentivare l'uso del nucleare appare una prospettiva da non perseguire.

¹⁰ La Russia, discarica nucleare dell'Europa? – Greenpeace - 2003

¹¹ Modelli matematici applicati al lago più contaminato del mondo, Annamaria Mazzia, Università di Padova

¹² "Rubbia: ecco come "bruceremo" le scorie radioattive" da Ecosportello News Anno 1 Nr.17 - 28 ottobre 2002

¹³ A volte ritornano. Il nucleare di Angelo Baracca, Jaca Book

¹⁴ Agenzia Zadig – Dicembre 2003

5.1 L'eredità radioattiva in Italia

Nel nostro Paese il referendum del novembre del 1987 decreta l'addio alla produzione di energia elettronucleare. E' la conseguenza della forte consapevolezza nell'opinione pubblica, in Italia più che altrove, dei rischi dell'atomo all'indomani della immane catastrofe di Chernobyl avvenuta l'anno prima. La consultazione popolare sancisce la chiusura delle 4 centrali presenti sul territorio nazionale a Trino Vercellese, Latina, Caorso (PC) e nella piana del Garigliano (CE). Il Governo procede alla sospensione dei lavori della centrale in costruzione di Trino 2, alla chiusura di Latina, alla verifica della sicurezza nelle centrali di Caorso (Piacenza) e di Trino 1, alla riconversione della centrale di Montalto di Castro (Viterbo). Accanto alle ex centrali ci sono anche quattro depositi di scorie: oggi tutti gli impianti sono sotto la gestione della SOGIN (Società Gestione Impianti Nucleari Spa), istituita nel 1999, come società del Gruppo Enel, è titolare delle attività relative allo smantellamento delle centrali elettronucleari dismesse e alla chiusura del ciclo del combustibile.

Molte barre di combustibile irraggiato giacciono ancora nelle piscine delle centrali. Altri rifiuti radioattivi aspettano lo smaltimento definitivo in un centinaio di siti "provvisori" da qualche decennio. E' l'eredità radioattiva del nostro Paese che conta secondo l'inventario curato da Apat circa 25mila m3 di rifiuti, 250 tonnellate di combustibile irraggiato pari al 99% della radioattività presente nel nostro Paese, a cui vanno sommati i circa 1.500 m3 di rifiuti prodotti annualmente da ricerca, medicina e industria e i circa 80-90mila m3 di rifiuti che deriveranno dallo smantellamento delle 4 centrali e degli impianti del ciclo del combustibile (descritti alla fine di questo paragrafo).

Una montagna di rifiuti che necessitano di un sicuro sito di smaltimento definitivo, che il governo Berlusconi e la Sogin alla fine del 2003 avevano pensato bene di collocare a Scanzano Ionico, in Basilicata. Sbagliando nel merito (il sito non era stato studiato con rilievi sul campo, ma solo attraverso indagini bibliografiche) e nel metodo (non coinvolgendo enti locali e cittadini). E creando un pericolosissimo precedente anche per la necessaria realizzazione del sito di smaltimento delle scorie meno pericolose e longeve, quelle di prima e seconda categoria. Per quelle di terza categoria non è sufficiente inviare le barre di combustibile all'estero per il riprocessamento, visto che poi torneranno vetrificate con tutto il loro carico di radioattività. I rifiuti ad alta attività dovrebbero essere smaltiti in un Paese che continua a produrre elettricità dal nucleare, come del resto prevede la proposta di direttiva europea, la Com/2003/32, e la Convenzione comune sulla sicurezza della gestione del combustibile esaurito e dei rifiuti radioattivi, ratificata dall'Italia nel gennaio 2006.

5.1.1 Le centrali dismesse

Trino Vercellese (VC)

Il 14 ottobre del 1955, all'indomani della Conferenza di Ginevra *Atoms for Peace*, la Edison chiede a tutti i principali costruttori di reattori un'offerta per realizzare la prima centrale nucleare italiana. Due mesi dopo nasce la Selni, società pubblico-privata per la gestione del futuro impianto composta tra gli altri da Edison, Iri-Finelettrica, Sme e Sip. Per la localizzazione dell'impianto viene scelto un terreno offerto dal comune di Trino Vercellese. Entra in funzione nel 1964 e nel 1966, con la legge sulla nazionalizzazione

Legambiente - I problemi irrisolti del nucleare a vent'anni dal referendum

elettrica, la proprietà passa all'Enel. La centrale di Trino, che nella sua storia ha prodotto complessivamente 26 miliardi di kWh, viene fermata nel 1987 e nel 1990 il Cipe ne dispone lo smantellamento definitivo. Il *decommissioning* viene realizzato soltanto in minima parte. Del combustibile irraggiato, presente al momento della chiusura, soltanto 47 elementi sono tuttora stoccati nella piscina di decadimento. Il resto è stato in parte inviato all'estero per le attività di riprocessamento, in parte è stoccato nel deposito Avogadro di Saluggia, in provincia di Vercelli.

Latina

Si trova a Borgo Sabotino e nasce dall'iniziativa dell'Eni di Enrico Mattei nel 1957 con la costituzione della società Simea, con capitale sottoscritto da Agip Nucleare (75%) e dall'Iri (25%). In quattro anni viene costruito un impianto basato su tecnologia GCR Magnox, un reattore a gas-grafite di fabbricazione britannica. Attiva fino al 1986, la centrale produce circa 26 miliardi di kWh, mentre nel 1987 il Cipe ne ordina la definitiva chiusura. Nell'aprile del 1991 la licenza di esercizio viene modificata per portare a compimento le attività necessarie alla messa in custodia protettiva passiva dell'impianto. La centrale è oggetto di numerosi eventi anomali, riconducibili a malfunzionamento delle apparecchiature. Il combustibile scaricato dal reattore, fra l'avviamento dell'impianto e il completo svuotamento del nocciolo, è pari a 1.425 tonnellate ed è in Inghilterra per il ritrattamento. Sono attualmente stoccati alla centrale di Latina rifiuti radioattivi pari ad un volume di 950 metri cubi che corrispondono ad una attività di $2,4 \times 10^{13}$ Bq.

Caorso (PC)

È la più recente, nonché la più grande, tra le centrali nucleari italiane. Progettata dal raggruppamento Enel-Ansaldo-Getesco, viene realizzata nel 1970 sulla riva destra del Po, tra Piacenza e Cremona, ed è entrata in funzione nel 1978. La centrale fermata per la quarta ricarica di combustibile nell'ottobre 1986, dopo il referendum del 1987 non è più rientrata in funzione e l'impianto è stato posto in stato di conservazione. Il *decommissioning* prevede l'immediata realizzazione di barriere per l'isolamento del materiale radioattivo presente all'interno ed il successivo smantellamento. Nel periodo di esercizio la centrale, alimentata da un reattore ad acqua bollente (BWR), ha prodotto complessivamente 29 miliardi di kWh. All'interno è tuttora stoccato il combustibile utilizzato in fase di esercizio: 1.032 elementi irraggiati e 160 elementi freschi della quarta ricarica che non è mai stata effettuata. I 56 elementi nuovi vengono invece allontanati, mentre il combustibile è trasferito nelle piscine di decadimento e ha un'attività (stimata al 2001) pari a circa $1,46 \times 10^9$ Gbq. Nell'impianto sono inoltre immagazzinati rifiuti radioattivi che derivano dal periodo di esercizio e, in misura minore, dalle attività propedeutiche allo smantellamento che, si calcola, produrranno complessivamente 3.280 tonnellate e 2.459 metri cubi di rifiuti radioattivi da condizionare.

Garigliano (CE)

Progettata sul finire degli anni 50 al confine tra Lazio e Campania nel territorio di Sessa Aurunca, appartiene alla prima generazione di impianti nucleari dal gruppo Iri-Finelettrica e beneficia di un finanziamento della Banca Mondiale. L'impianto ha problemi di funzionamento sin dalla sua messa in esercizio, nel 1964. Basato su una configurazione eccessivamente complicata, presto abbandonata dallo stesso costruttore,

L'impianto ha un funzionamento discontinuo, fino all'arresto del 1978 dovuto ad un grave guasto tecnico, mentre nel 1980 la piena del fiume Garigliano raggiunge l'impianto, che libera nelle campagne radionuclidi quali il cesio 137, il cesio 134 e il cobalto 60. Nel 1982 l'Enel ne dispone la definitiva disattivazione. Oggi la Sogin ha avviato un piano di smantellamento e ripristino ambientali che, si stima, dovrebbe concludersi entro il 2016. Nella centrale del Garigliano non è presente combustibile irraggiato, inviato in parte all'estero per il ritrattamento e in parte (322 elementi di combustibile) allo stoccaggio temporaneo presso l'impianto Avogadro di Saluggia (VC). L'impianto conserva 90 metri cubi di materiale radioattivo condizionato con cementazione e 1.150 metri cubi di materiale a bassa attività proveniente dai lavori di smantellamento, oltre a 253 fusti da 320 litri di rifiuti supercompattati con attività di 19,7 GBq (anno 2000).

5.1.2 Gli impianti del ciclo del combustibile

Oltre alle quattro centrali dismesse, in Italia ci sono anche alcuni impianti, destinati al trattamento del combustibile e alla ricerca scientifica, che hanno anche la funzione di depositi per le scorie. Per il loro smantellamento, fissato entro il 2015, si è calcolata una spesa di 862 milioni di euro.

Saluggia (Vc), Eurex e Avogadro

L'impianto Eurex, realizzato tra il 1965 e il 1970 per il riprocessamento dei combustibili dei reattori di ricerca europei, è localizzato lungo il corso della Dora Baltea, a 2 km dalla confluenza con il Po, in un'area esposta a eventi alluvionali. Contiene 3.661 metri cubi di rifiuti di seconda categoria, che necessitano fino a qualche centinaio di anni per raggiungere concentrazioni entro i limiti previsti per lo smaltimento. A questi si aggiungono 310 metri cubi di rifiuti di terza categoria, che richiedono tempi molto più lunghi, nell'ordine delle migliaia di anni.

Rotondella (Mt), Itrec, Trisaia

Costruito negli anni Sessanta come centro di riprocessamento degli elementi esauriti del combustibile e per la sperimentazione della chiusura del ciclo uranio-torio, l'impianto del Centro ricerche Enea custodisce 64 elementi, oltre a 433 fusti di rifiuti liquidi e 337 di rifiuti solidi. In totale 4.312 metri cubi di rifiuti radioattivi di seconda categoria e 519 metri cubi di terza.

Roma, Centro Ricerche di Casaccia, Opec e Plutonio

Il Centro Enea Casaccia ospita due depositi: il laboratorio Operazioni calde (Opec) e l'impianto Plutonio, entrati in funzione negli anni Sessanta per finalità di ricerca. Attualmente sono presenti nel centro di ricerche Casaccia 3.316 metri cubi di rifiuti di seconda categoria e 1.083 metri cubi di terza categoria.

Bosco Marengo (Al), Impianto Fn

L'impianto di fabbricazione nucleare realizzato negli anni Settanta ha prodotto combustibili per le centrali nucleari italiane e anche per il Superphenix di Creys-Malville, in Francia. Nel 1995 l'Enea ha deciso di procedere alla disattivazione dell'impianto che ancora custodisce 460 metri cubi di rifiuti nucleari di seconda categoria.

6. Dall'estrazione dell'uranio al decommissioning delle centrali

La produzione di energia nucleare, così come anche la fabbricazione di armi atomiche e la loro dismissione, comporta un accumulo di materiale fissile altamente radioattivo. I processi che vanno dall'estrazione dell'uranio, alla sua trasformazione, al cosiddetto decommissioning, cioè lo smantellamento degli impianti, rappresentano tutte operazioni che implicano problemi di sicurezza poiché prevedono passaggi delicati che possono rilasciare notevoli quantità di residui radioattivi e che rappresentano l'eredità più pesante dell'utilizzo del nucleare. Soprattutto se, come spesso accade, questi materiali non sono nemmeno adeguatamente custoditi.

Un primo rischio è quello che investe la salute dei lavoratori e che riguarda le stesse miniere di uranio. Può accadere che, in assenza di sistemi idonei di ventilazione, vengano inalate quantità pericolose di polveri e di radon, un gas nobile emesso dall'uranio, incolore, inodore e molto radioattivo. Sempre in fase estrattiva, si assiste già a processi di separazione dell'uranio da altri materiali e in questi casi si possono accumulare residui molto nocivi. Di solito vengono stoccati direttamente in luoghi vicini alle miniere che siano in grado di garantire standard di sicurezza adeguati e che consentano di preservare l'ambiente circostante da un contatto diretto con gli scarti. Spesso però questo aspetto è stato sottovalutato, tanto che in molti casi lo stoccaggio di materiale non presenta nemmeno gli standard minimi di protezione. Come è avvenuto per tanti anni nell'ex Unione Sovietica o negli Stati Uniti: questa negligenza ha fatto sì che, solo per le attività legate all'estrazione, l'ex Urss abbia accumulato cinque miliardi di tonnellate di scarti radioattivi con conseguente inquinamento delle aree interessate¹⁵.

Un altro fattore di rischio è quello legato alla trasformazione dell'uranio, elemento presente in natura sotto forma di vari isotopi: in percentuale altissima di U238 (99,3%), di U235 per lo 0,7% e di U234 in misura inferiore allo 0,01%. Allo stato naturale l'uranio non è direttamente utilizzabile per scopi nucleari, necessita quindi di una serie di trattamenti che prevedono l'aumento della concentrazione dell'isotopo 235 rispetto al più comune ma meno radioattivo 238. Questo processo, detto di arricchimento, porta contestualmente alla produzione di altri materiali fissili, tra i quali anche l'uranio impoverito, con il conseguente aumento della generazione di sostanze radioattive. In questa fase è opportuno considerare un fattore che rende difficile il controllo delle quantità di uranio arricchito e impoverito "in giro per il mondo": entrambi vengono usati in campo civile e militare, ma non c'è una netta linea di demarcazione nel loro impiego. Ad esempio l'uranio arricchito può essere adoperato come combustibile nei reattori nucleari civili, ma anche nei reattori dei sottomarini e delle portaerei militari a propulsione nucleare. E l'uranio impoverito viene utilizzato per la schermatura dalle radiazioni (anche in campo medico), come contrappeso in applicazioni aerospaziali, per le superfici di controllo degli aerei (alettoni e piani di coda), ma è noto anche il suo uso nella fabbricazione di proiettili (con le conseguenze sanitarie che stanno emergendo dopo la guerra nel Golfo e quella nei Balcani¹⁶). Questa commistione di usi rappresenta

¹⁵ "Nuclear contamination from weapons complexes in the former Soviet Union and the United States" – Physics Today – 1996

¹⁶ Per approfondimenti su questo tema si rimanda a "Uranio – il nemico invisibile" Stefania Divertito- Ed. Infinito- 2005

un ulteriore elemento di criticità per il controllo e la sicurezza delle sostanze radioattive accumulate. Ciò rende evidentemente assai difficile anche per l'Aiea avere la garanzia che tutto il materiale fissile prodotto rimanga in luoghi custoditi o che venga utilizzato a soli scopi civili.

Va aggiunta infine la normale attività dei reattori che porta altre notevoli quantità di rifiuti e scorie. Alcuni dati: il combustibile nucleare esaurito di un reattore "medio" da 1.000 MW elettrici corrisponde ogni anno a circa trenta tonnellate di metalli pesanti, che variano a seconda dell'arricchimento del combustibile¹⁷. Mentre il solo plutonio prodotto ogni anno ammonterebbe in totale (considerando tutti i reattori attualmente in funzione) a settanta tonnellate¹⁸.

L'ultimo atto di questo lungo percorso è rappresentato dal cosiddetto *decommissioning* delle centrali nucleari una volta obsolete. Un'operazione complessa e delicata, che implica considerevoli oneri finanziari e problemi di sicurezza a causa del forte rischio di contaminazione radioattiva dell'area circostante al momento dello smantellamento del nocciolo del reattore, del contenitore in pressione e, nella fase successiva, dello stoccaggio. La procedura completa comporta, oltre alla cessazione dell'attività, anche la decontaminazione dei componenti della struttura, il risanamento del suolo e lo smaltimento dei rifiuti. La tappa finale è il ripristino del sito dove sorgeva la centrale in condizioni tali da consentirne il riutilizzo per altri fini: ciò significa arrivare a una situazione stabile dal punto di vista tecnico, sociale ed economico che tuteli al contempo i lavoratori, la popolazione e l'ambiente circostante. Il completamento di questa operazione può richiedere anche parecchi anni, in ogni caso non meno di un decennio.

Non esiste un approccio unico per i processi di *decommissioning*, perché le politiche dei vari Paesi sono influenzate da fattori come le prospettive legate all'utilizzo dell'energia nucleare, le implicazioni sociali della disattivazione, la disponibilità di personale qualificato, le questioni finanziarie. E' ormai riconosciuta la necessità di stabilire un budget fin dal periodo di esercizio degli impianti da destinare allo smantellamento e in tal senso sono attive linee dedicate di finanziamento: è fondamentale infatti che i costi siano calcolati in modo puntuale e che ci siano fondi sufficienti al momento opportuno. Nel calcolo complessivo spesso hanno un ruolo di primo ordine le spese per lo smaltimento dei rifiuti che sono del tutto simili a quelli che si generano durante la normale attività, pur tuttavia è opportuno riconoscere che si crea anche una grande quantità di materiale di scarto con poca concentrazione di radioattività. Appare evidente che la gestione dei residui radioattivi è un punto chiave di queste operazioni. In Germania, per esempio, si calcola che il 60% delle spese di disattivazione e smantellamento sia rappresentato proprio dalla gestione dei rifiuti, anche se i materiali considerati come residui altamente radioattivi rappresentano solo una bassa percentuale (3%) di tutto quello che deriva dalla dismissione degli impianti.

Esistono poi diverse strategie legate al *decommissioning*. Si parla di smantellamento immediato quando le operazioni iniziano subito dopo la fine dell'attività e le attrezzature, le parti dell'impianto e dell'edificio vengono decontaminati a un livello che permette la cessazione dei controlli normativi. I rifiuti in questo caso vengono trattati e stoccati in contenitori e trasportati in siti idonei per lo smaltimento. Altro metodo è quello del *safe storage* che è una sorta di messa in sicurezza dell'impianto

¹⁷ "La situazione attuale e le prospettive della gestione dei residui radioattivi dell'Unione Europea" COM (98) 799

¹⁸ Energia Nucleare – Claudia Castaldini – Perdisa editore

finché non si può intervenire per la decontaminazione e lo smantellamento. Solo il combustibile radioattivo viene trattato e allontanato, mentre l'impianto rimane intatto. In questo modo, mentre la struttura è in sicurezza, alcuni radionuclidi decadono e pertanto la produzione di rifiuti finale è minore. D'altronde anche l'AIEA afferma che la generazione di rifiuti radioattivi deve essere ridotta al minimo praticabile¹⁹ e questa indicazione comporta che assumano un ruolo primario le operazioni di riutilizzo e di riciclo al fine di ridurre i materiali da trattare, immagazzinare e stoccare.

Un altro tipo di dismissione è l'*entombment*, cioè la copertura dell'impianto con una struttura in calcestruzzo sottoposta a manutenzione finché il decadimento delle sostanze radioattive non permette di terminare i controlli normativi. Ma dato che quest'ultimo metodo spesso non è applicabile, finisce che l'*entombment* si trasforma in un *safe storage* prolungato²⁰.

Tutto il processo che va dall'estrazione alla produzione di uranio per le centrali atomiche fino alla dismissione degli stessi impianti, è scandito dunque dalla "generazione" di materiale radioattivo perché ogni passaggio chimico o fisico comporta la creazione di scarti. Il problema in ogni fase è dunque lo stesso: la loro sistemazione in luoghi protetti che ne impediscano da un lato la contaminazione del territorio circostante e dall'altro il furto da parte di organizzazioni per l'utilizzo a scopi bellici o terroristici.

7. La minaccia del terrorismo

In termini di sicurezza globale, gli avvenimenti dell'11 settembre hanno senza dubbio rappresentato uno spartiacque con il passato. L'attacco alle Torri Gemelle ha aperto infatti uno scenario nuovo o perlomeno sino ad allora sottovalutato: se prima la possibile controparte per un Paese era rappresentata da un altro Paese, adesso il nemico può essere individuato anche in organizzazioni terroristiche, magari conosciute e attive in molti Paesi, ma difficilmente identificabili. Il terrorismo nucleare è diventata una eventualità sempre più probabile e già qualcuno parla di "11 settembre del futuro", come l'economista Jeremy Rifkin²¹ che ha lanciato l'"allarme bomba sporca", cioè un ordigno nucleare sganciato non per colpire un obiettivo terrestre ma fatto esplodere in alta quota. Una deflagrazione che metterebbe fuori uso telefoni, treni, auto, aerei, acquedotti, radio: una catastrofe globale che comporterebbe un balzo indietro di almeno cento anni.

Ma come fanno i terroristi a procurarsi le bombe o il materiale fissile necessario alla loro costruzione? Facciamo un passo indietro e proviamo ad analizzare il problema sia dal punto di vista della protezione dei materiali radioattivi che del trattato di non proliferazione, due livelli di valutazione della situazione attuale.

L'AIEA nel 2002, in occasione di una conferenza internazionale, afferma che le centrali nucleari non sono in grado di resistere ad atti di guerra e che esistono impianti senza guardie a protezione dei depositi di materiale utile per la realizzazione di ordigni nucleari. Alla fine del 2003 si calcola che ci siano in tutto il mondo tremilasettecento tonnellate di materiale fissile.²² E i 439 reattori presenti nel mondo potranno "offrire"

¹⁹ "The principles of radioactive waste management" (Aiea, 1995)

²⁰ Disattivazione e smantellamento degli impianti nucleari –Documento Ocse/Aen 2004

²¹ L'Espresso, 19 gennaio 2006

²² A volte ritornano. Il nucleare...., Angelo Baracca, Jaca Book, 2005

nei prossimi venti anni più di quattrocento tonnellate di plutonio, sufficienti alla costruzione di ottantamila bombe atomiche.²³ Ovvio che tanto materiale può rappresentare un bottino appetibile per i terroristi. E gli spostamenti necessari a portare a destinazione l'uranio dopo la sua estrazione e i residui radioattivi allo smaltimento sono momenti di particolare criticità sia per eventuali furti che attentati. Una soluzione potrebbe essere quella di adottare un ciclo chiuso all'interno dei siti delle centrali. Ma spesso questo tipo di operazione non è possibile sia per problemi logistici sia per i costi molto elevati, così come del resto è costoso il trattamento dell'uranio e del plutonio per renderli inutilizzabili a fini bellici o terroristici.²⁴ Quindi le centrali e i depositi di materiale nucleare possono essere considerati un facile obiettivo sia per possibili attentati che per l'approvvigionamento di materiale fissile.

E che la situazione sia particolarmente pericolosa lo denuncia ancora una volta l'AIEA. A marzo del 2005 l'Agenzia organizza una conferenza internazionale a Londra proprio sul tema della sicurezza nucleare e ribadisce quanto detto nell'analogo incontro del 2002, sintomo questo che in tre anni non sono state approntate misure idonee a fronteggiare il problema. D'altronde anche la Convenzione per la protezione del materiale nucleare, entrata in vigore nel 1987, è sottoposta a continue revisioni soprattutto in virtù dei rapporti sul traffico illecito di materiale nucleare.

Dal 1993 sono stati individuati seicentocinquanta casi di traffico illegale di materiale radioattivo, di cui un centinaio solo nel 2004: la maggior parte sono ritenuti non rilevanti in quanto riferiti a materia radiologica, ma undici hanno riguardato materiale nucleare.²⁵ Alla luce di questi numeri la stessa AIEA ha più volte denunciato la necessità di una legislazione comune a livello mondiale e di misure di sicurezza più incisive che risultano a oggi ancora insufficienti nonostante gli sforzi degli ultimi anni. Da settembre 2001 sono state effettuate oltre cento missioni di valutazione e altrettanti seminari e corsi di formazione e l'AIEA ha ricevuto dai Paesi aderenti ben trentacinque milioni di dollari da spendere sul fronte della sicurezza, ma questi impegni rischiano di vanificarsi se non c'è la volontà da parte degli Stati di lavorare congiuntamente su questo versante. Che non si vada in questa direzione lo si capisce ancora meglio prendendo in esame il Trattato di non proliferazione.

Non senza fare una premessa indispensabile: esiste un rapporto tra nucleare militare e civile, nel senso che durante la produzione di energia le centrali forniscono anche materiale radioattivo utile per la costruzione di bombe. Pur essendo consolidata questa prassi, si può affermare anche che la reale quantità di plutonio e di uranio arricchito prodotta può essere facilmente sottratta ai controlli dell'AIEA perché, ad esempio, nel ciclo di sfruttamento dell'uranio non c'è un netto limite tra il suo utilizzo a scopi civili e militari, a tutto vantaggio della possibilità di fabbricare ordigni in via non ufficiale. In generale la capacità di realizzare bombe atomiche non è circoscritta ai soli Paesi industrializzati: già nel 1976 negli Stati Uniti viene lanciato l'allarme rispetto alla possibilità che molte nazioni, non solo quelle più avanzate, abbiano ormai acquisito, tramite i programmi per l'energia nucleare, le capacità per costruire armi di questo tipo.²⁶ E in tempi più recenti si è parlato di "proliferazione latente" legata a paesi come la Germania e il Giappone ma anche ad altre nazioni, che hanno accumulato quantitativi consistenti di materiale radioattivo dalle centrali termonucleari esistenti sul proprio

²³ Il potere nucleare, Manlio Dinucci, Fazi Editore, 2003

²⁴ Newton, marzo 2005

²⁵ www.iaea.org

²⁶ La via del sole, Enrico Turrini, ECP, 1990

territorio.²⁷ In questo contesto un ruolo fondamentale di controllo e di contenimento doveva essere quello legato al Trattato di non proliferazione, firmato nel 1968 per un progressivo disarmo totale. Obiettivo più che meritorio, purtroppo però non perseguito sino in fondo: in seguito alla fine della Guerra Fredda sono state ritirate dal servizio un gran numero di testate nucleari, ma nessuno sa quante di queste siano state smantellate e quale sia la quantità di materiale radioattivo effettivamente recuperata. Per fare un esempio, sappiamo che i russi dispongono di almeno cinquecento tonnellate di uranio fortemente arricchito e di cinquanta tonnellate di plutonio che “non sono più utilizzate per le necessità della difesa del paese”. Si tratta di materiale fissile utile per la costruzione di migliaia di bombe attualmente “custodito” in ambienti non protetti e senza condizioni di sicurezza adeguate: altro materiale dunque, oltre a quello esausto delle centrali, di facile accesso per i terroristi.²⁸

Il Trattato di non proliferazione – in particolare dopo l'ultima revisione nel maggio del 2005 – può rappresentare quindi, anziché una garanzia di effettiva dismissione del ricorso alle armi nucleari in caso di conflitti o di azioni terroristiche, un vero e proprio invito a fare il contrario. Salutata da chi vi vedeva una reale possibilità di abbandono delle armi come un totale fallimento, la revisione ha avuto in realtà come obiettivo primario, non tanto la messa al bando degli armamenti, quanto l'individuazione di strategie per impedire che armi atomiche entrassero in possesso dei cosiddetti “stati canaglia” o di organizzazioni terroristiche²⁹, una priorità per alcuni Paesi, Stati Uniti in testa. Una situazione che evidenzia da un lato una riduzione-fantasma degli armamenti, dato che è semmai da considerarsi un ammodernamento delle forze attuali, dall'altro lo studio di ordigni più sofisticati per fronteggiare il terrorismo che potrebbe avere come conseguenza paradossale quello di alimentarlo. Di fatto questa posizione assunta dagli USA in materia di armamenti porta altri Stati ad adottare le stesse misure: molti approntano nuovi programmi nucleari e il rischio che materiale fissile arrivi nelle mani di terroristi o dei cosiddetti “stati canaglia” aumenta. Il clima di tensione che si è instaurato per gli attacchi terroristici nel mondo occidentale e l'allarmismo che ne è spesso derivato è utilizzato, in primo luogo dagli USA per motivare la guerra contro l'Afghanistan prima e poi contro l'Iraq, poi per giustificare il mantenimento se non addirittura il potenziamento degli armamenti. Nei fatti questo tipo di politica non ha ottenuto altro che l'aumento dei rischi reali di terrorismo. E dal momento che la proliferazione delle armi aiuta anche i terroristi, gli Stati Uniti non possono chiedere di ridurre gli arsenali senza dare per primi il buon esempio³⁰.

Lo stesso direttore dell'AIEA, Mohammed El Baradei, a novembre del 2005 afferma che “la serietà nel mantenere gli impegni di disarmo sarebbe misurabile in positivo se gli stati in possesso di armi nucleari agissero verso la riduzione del ruolo strategico attualmente dato alle armi nucleari”³¹.

Sappiamo che non è così. Lo stesso trattato di non proliferazione racchiude in sé una profonda contraddizione, perché se da un lato ha permesso di ridurre gli armamenti di circa la metà rispetto agli anni ottanta, dall'altro con le trentamila testate stimate nel 2005 possedute dai vari stati, conserva la capacità di cancellare dalla faccia della terra la specie umana e ogni altra forma di vita. Cambiano i numeri, ma il risultato in caso di

²⁷ A volte ritornano. Il nucleare...., Angelo Baracca, Jaca Book, 2005

²⁸ Le monde diplomatique, ottobre 2003

²⁹ Il manifesto, 21 aprile 2005

³⁰ Corriere della Sera, 28 aprile 2005

³¹ Agenzia Reuters, 7 novembre 2005

guerre sarebbe lo stesso³².

Alla luce di questi dati, per scongiurare il rischio di attacchi terroristici l'unica strada possibile appare il disarmo totale. Ma il terrorismo non è l'unico pericolo legato all'uso dell'energia atomica, sia esso in campo civile o militare. La lezione di Cernobyl, le cui conseguenze sono tuttora una amara realtà per milioni di persone, sembra che non sia stata percepita in tutta la sua gravità, in parte probabilmente per la carenza di informazioni e in parte per quelli che sembrano essere gli orientamenti più attuali di alcuni settori della stessa Unione Europea in materia di nucleare. L'opzione nucleare torna a presentarsi come soluzione "conveniente" e lo fa sempre meno timidamente. I pretesti sono diversi e vengono abilmente presentati a seconda delle circostanze: ora è il pericolo black-out, ora la strumentale attenzione al rispetto degli accordi di Kyoto. Ma il problema della sicurezza resta e, dopo l'attentato dell'11 settembre, riguarda anche il terrorismo.

8. Gli incidenti nucleari negli ultimi 50 anni

La storia del nucleare nel mondo, civile o militare che sia, è costellata da una miriade di incidenti ed esplosioni sperimentali che costituiscono ancora oggi la prima e più importante prova della sua pericolosità non solo per l'uomo, ma per l'intero pianeta.

I settori nei quali si sono verificati incidenti nella storia di questa tecnologia sono sostanzialmente tre: le applicazioni militari, energetiche e sanitarie (che per la verità rappresentano, da questo punto di vista, un ambito assai marginale).

Tra gli anni '50 e gli anni '80, solo per ricordare qualche dato, si verificano oltre un centinaio di incidenti nucleari, venti dei quali molto gravi. Sul versante militare si tratta soprattutto di sottomarini e portaerei che affondano nel Pacifico, nell'Atlantico e nel Mediterraneo portando con sé nelle profondità del mare decine di siluri e testate nucleari, mentre sul versante civile la storia dell'industria elettronucleare registra a sua volta una non irrilevante serie di eventi accidentali.

E' il caso di sottolineare che per quanto riguarda le applicazioni civili la maggior parte degli incidenti ha riguardato i paesi tecnologicamente meno evoluti; ciò non fa tuttavia venir meno l'esigenza di predisporre, nei paesi "nucleari", impianti, tecnologie e strumenti adeguati, sia per evitare il verificarsi di incidenti di questa natura, sia per fronteggiare i rischi dovuti al commercio illegale di materiale radioattivo. Il tentativo di operare una classificazione completa di questo genere di eventi è impresa ardua: spesso gli incidenti minori sono stati coperti dal segreto militare, o non sono mai balzati alle cronache perché semplicemente non sono stati resi di pubblico dominio, come tentarono di fare le autorità sovietiche (inutilmente, data la gravità dell'episodio) all'indomani della catastrofe del 1986.

Alcuni fatti sono emersi soltanto dopo la fine della guerra fredda, ma solo la completa apertura degli archivi consentirà una visione precisa di quanto è successo negli ultimi decenni.

La lista "nera", quindi, si presume molto più lunga di quella che viene qui presentata, mentre sulle conseguenze degli incidenti manca ancora oggi un dato ufficiale che consideri, non solo le morti, ma anche l'impatto sulla salute dei cittadini nel lungo periodo. Nella cronologia che segue e che non ha la pretesa di essere completa, sono

³² Il Manifesto, 1° maggio 2005

stati omessi numerosi piccoli episodi occorsi in Europa negli ultimi vent'anni. In alcuni casi, accanto alla località segnalata, viene riportato l'indice di gravità dell'incidente secondo la classificazione Ines³³.

10 marzo 1956 - Mar Mediterraneo. Un bombardiere B-47 precipita nel Mediterraneo con a bordo due capsule di materiale fissile per la realizzazione di bombe nucleari.

27 luglio 1956 - Gran Bretagna. Un bombardiere B-47 in Gran Bretagna slitta sulla pista e va a colpire un deposito contenente sei bombe nucleari.

7 ottobre 1957 - Sellafield (Gran Bretagna) (scala Ines 5). Nel complesso nucleare di Windscale in Gran Bretagna, dove si produce plutonio per scopi militari, un incendio nel nocciolo di un reattore a gas-grafite (GCR) genera una nube radioattiva imponente. I principali materiali rilasciati sono gli isotopi radioattivi di xenon, iodio, cesio e polonio. La nube attraversa l'Europa intera. Sono stati ufficializzati soltanto 300 morti per cause ricondotte all'incidente (malattie, leucemie, tumori) ma il dato potrebbe essere sottostimato.

Settembre 1957 - Kyshtym (Unione Sovietica) (scala Ines 6). In una fabbrica di armi nucleari negli Urali, una cisterna contenente scorie radioattive prende fuoco ed esplose, contaminando migliaia di chilometri quadrati di terreno con una nube di 20 milioni di curie. Il rilascio esterno di radioattività avviene a seguito di un malfunzionamento del sistema di refrigerazione di una vasca di immagazzinamento di prodotti di fissione ad alta attività. Vengono esposte alle radiazioni circa 270mila persone. Si stimano per le conseguenze dell'incidente oltre 100 morti.

3 gennaio 1961 - Idaho Falls (USA). A seguito di un incidente in un reattore sperimentale di Idaho Falls negli Stati Uniti, muoiono tre tecnici.

4 luglio 1961 - URSS. La fuoriuscita di radiazioni per un guasto al sistema di controllo di uno dei due reattori di un sommergibile atomico sovietico provoca la morte del capitano e di sette membri dell'equipaggio.

5 dicembre 1965 - Isole Ryukyu (Giappone). Un jet militare americano A-4E con a bordo una bomba all'idrogeno B-43 scivola in mare da una portaerei statunitense vicino alle isole giapponesi Ryukyu.

5 ottobre 1966 - Detroit (USA). Il nucleo di un reattore sperimentale situato in un impianto vicino a Detroit si surriscalda a causa di un guasto al sistema di raffreddamento.

17 gennaio 1966 - Palomares (Spagna). Un B-52 statunitense con quattro bombe all'idrogeno B-28 entra in collisione con un aereo cisterna durante il rifornimento in volo. I due aerei precipitano e tre bombe a idrogeno (bombe H) cadono nei pressi di Palomares, mentre la quarta cade in mare. L'esplosivo di due delle tre bombe, a contatto col suolo, detona spargendo su una vasta area plutonio e altro materiale radioattivo. In tre mesi vengono raccolte 1.400 tonnellate di terra e vegetazione radioattiva che vengono portate negli Stati Uniti. Mentre i militari statunitensi sono forniti di tute protettive, gli spagnoli continuano a vivere tranquillamente e a coltivare i terreni. Un monitoraggio effettuato nel 1988 su 714 abitanti ha rivelato in 124 di loro una concentrazione di plutonio nelle urine di gran lunga superiore ai livelli normali.

10 marzo 1968 - Oceano Pacifico. Il sottomarino K-219 affonda nel Pacifico. A bordo ha tre missili nucleari e due siluri a testata nucleare.

27 maggio 1968 - Oceano Atlantico. Un sottomarino statunitense con a bordo due

³³ Gli incidenti nelle centrali nucleari sono classificati su una scala da 0 (semplice guasto) a 7 (incidente molto grave). Questa scala di misura è detta INES (International Nuclear Event Scale).

siluri a testata nucleare affonda nell'Atlantico.

21 agosto 1968 – Groenlandia. Un B-52 statunitense precipita in Groenlandia. Tre bombe all'idrogeno che si trovavano a bordo esplodono e 400 grammi di plutonio-239 si disperdono nell'ambiente. L'area viene successivamente bonificata da oltre 500 uomini inviati dalla Danimarca e da 200 militari statunitensi. Nei venti anni successivi, 100 dei danesi che avevano partecipato all'intervento si ammalano di cancro, altri di gravi malattie tra cui la sterilità.

17 ottobre 1969 – San Laurent (Francia). Un errore nelle procedure adottate per la gestione del combustibile provoca una fusione parziale a un reattore nucleare raffreddato a gas.

12 aprile 1970 – Oceano Atlantico. Il sottomarino sovietico K-8 affonda nell'Atlantico con a bordo due reattori e due siluri a testata nucleare.

Aprile 1973 – Isole Hawaii (USA). Fuga radioattiva nel sottomarino statunitense Guardfish alle Hawaii. Cinque marinai dell'equipaggio vengono contaminati dalle radiazioni.

1974 – Mar Caspio. Fonti di stampa segnalano un'esplosione in un impianto atomico sovietico a Shevchenko, nel Mar Caspio.

Inverno 1974/75 – Leningrado (URSS). Una serie di incidenti viene segnalata nell'inverno tra il 1974 e il 1975 presso la centrale nucleare di Leningrado, in Unione Sovietica. Tre morti accertati.

22 novembre 1975 – Mare Mediterraneo. Una portaerei e un incrociatore americani entrano in collisione nel Mediterraneo a causa del mare agitato. Come in altri casi non è accertata, ma probabile, la fuoriuscita di materiale nucleare in seguito all'incidente.

7 dicembre 1975 – Lubmin (Repubblica Democratica Tedesca). Un cortocircuito nell'impianto della Centrale di Lubmin, sul litorale baltico nella Germania Orientale, provoca una parziale fusione del nucleo del reattore.

28 marzo 1979 - Three Mile Island (Harrisburgh, Usa) (scala Ines 5). Il surriscaldamento di un reattore, a seguito della rottura di una pompa nell'impianto di raffreddamento, provoca la parziale fusione del nucleo rilasciando nell'atmosfera gas radioattivi pari a 15mila terabequerel (TBq). Vengono evacuate 3.500 persone.

7 agosto 1979 – Tennessee (USA). La fuoriuscita di uranio arricchito da una installazione nucleare segreta provoca la contaminazione di oltre 1.000 persone. Vengono registrati nella popolazione valori di radioattività fino a cinque volte superiori alla norma.

Agosto 1979 – Erwin (USA). Oltre 1.000 persone vengono contaminate a seguito di una fuga radioattiva in un centro di ricerca nucleare, fino ad allora rimasto segreto, a Erwin, negli Stati Uniti.

Marzo 1981 – Tsuruga (Giappone). 280 persone vengono contaminate a causa di una fuga di residui radioattivi nella centrale di Tsuruga, in Giappone. Un mese dopo le autorità comunicano che 45 operai sono stati esposti a radioattività nel corso delle operazioni per la riparazione della centrale.

Novembre 1983 – Sellafield (Gran Bretagna). Lo scarico di liquidi radioattivi nel Mare d'Irlanda provoca la reazione di cittadini ed ecologisti, che sollecitano la chiusura della centrale nucleare di Sellafield, in Gran Bretagna.

10 agosto 1985 – URSS. Un'esplosione devasta il sottomarino atomico sovietico Shkotovo-22: muoiono dieci membri dell'equipaggio esposti alle radiazioni.

6 gennaio 1986 – Oklahoma (USA). Un operaio muore e altri 100 restano contaminati a seguito di un incidente che si sviluppa in una centrale atomica in Oklahoma, negli

Stati Uniti.

26 aprile 1986 - Cernobyl (Ucraina) (scala Ines 7). L'incidente nucleare in assoluto più grave di cui si abbia notizia. Il surriscaldamento provoca la fusione del nucleo del reattore e l'esplosione del vapore radioattivo, che sotto forma di una nube pari a un miliardo di miliardi di Becquerel si disperde nell'aria. Centinaia di migliaia di persone, soprattutto nella vicina Bielorussia, sono costrette a lasciare i territori contaminati. L'intera Europa viene esposta alla nube radioattiva e per milioni di cittadini europei aumenta il rischio di contrarre tumori e leucemia. Non esistono ancora oggi dati ufficiali e definitivi sui decessi ricollegabili alla tragedia.

6 ottobre 1986 – Oceano Atlantico. Il sottomarino K-219 affonda nell'Atlantico con 34 testate nucleari a bordo.

Febbraio 1991 – Mihama (Giappone). La centrale riversa in mare 20 tonnellate di acqua altamente radioattiva

24 marzo 1992 – San Pietroburgo (Russia). A seguito della perdita di pressione nell'impianto di Sosnovy Bor nei pressi di San Pietroburgo, fuoriescono e si disperdono in atmosfera iodio e gas radioattivi.

Novembre 1992 – Forbach (Francia). Un grave incidente nucleare causa la contaminazione radioattiva di tre operai. I dirigenti dell'impianto vengono accusati l'anno successivo di non aver approntato le misure di sicurezza previste.

13 febbraio 1993 – Sellafield (Gran Bretagna). Fuga radioattiva nell'impianto di riprocessamento di Sellafield. La densità massima di radionuclidi dello iodio consentita viene superata di oltre tre volte.

17 febbraio 1993 - Barsebaeck (Danimarca). Uno dei reattori della centrale di Barsebaeck viene temporaneamente fermato a causa della fuoriuscita accidentale di vapore radioattivo.

Aprile 1993 – Siberia (Russia). Un incendio nel complesso chimico di Tomsk-7 colpisce un serbatoio di uranio. Risultano contaminati circa 1.000 ettari di terreno. La nube radioattiva si dirige verso zone disabitate.

23 marzo 1994 – Biblis (Germania). Centrale nucleare di Biblis: una falla nel circuito primario di un reattore fa uscire liquido altamente contaminato.

28 giugno 1994 – Petropavlosk (Russia). Fuga di materiale radioattivo nella baia di Seldevaia a causa della rottura di un deposito a Petropavlosk.

Settembre 1995 – Kola (Mare di Barents). L'energia elettrica della centrale di Kola viene staccata per morosità e vanno fuori uso i sistemi di raffreddamento. Incidente solo sfiorato, grazie all'intervento del comandante della base.

Novembre 1995 – Cernobyl (Ucraina) (scala Ines 3). Un'avarìa al sistema di raffreddamento del reattore n.1 di Cernobyl causa un incidente nel quale la radioattività si disperde e contamina gli operai impegnati nella manutenzione.

8 dicembre 1995 – Monju (Giappone). Due tonnellate di sodio liquido e altro materiale radioattivo fuoriescono dal reattore nucleare prototipo di Monju nella prefettura di Fukui a causa di un malfunzionamento al sistema di raffreddamento. L'impianto è costituito da un reattore autofertilizzante a neutroni veloci FBR.

Febbraio 1996 – Dimitrovgrad (Federazione Russa). Un addetto causa la rottura della valvola di sicurezza di uno dei reattori del centro di ricerche atomiche di Dimitrovgrad. Fuoriesce una nube radioattiva contenente soprattutto radionuclidi di manganese.

Marzo 1997 – Tokaimura (Giappone). Un incendio e un'esplosione nel reattore nucleare nell'impianto di ritrattamento nucleare di Tokaimura contamina almeno 35

operai.

Giugno 1997 – Arzamas (Russia). Un incidente nel centro ricerche di Arzamas porta i materiali radioattivi sull'orlo di una reazione a catena. Si sviluppa una nube radioattiva a seguito della quale muore il responsabile dell'esperimento.

Luglio 1997 – La Hague (Francia). Il comune di Amburgo denuncia presenza di radioattività nell'acqua scaricata nella Manica dall'impianto di trattamento francese di La Hague. La Francia smentisce, ma il presidente della Commissione di controllo si dimette.

Settembre 1997 – Urali (Russia). Sugli Urali si scontrano un trattore e un camion che trasporta isotopi radioattivi. Da due container fuoriesce liquido pericoloso contenente iridio 192 e cobalto 60. Nell'area la radioattività sviluppata è 25 volte superiore al limite consentito.

1 maggio 1998 – Catena delle Alpi. Le autorità di controllo francesi scoprono elevati livelli di contaminazione da cesio 137 sulle Alpi, causati dal passaggio di rottami ferrosi provenienti dall'Europa dell'Est.

30 settembre 1999 - Tokaimura (Giappone) (scala Ines 4). Un incidente in una fabbrica di combustibile nucleare attiva una reazione a catena incontrollata. Viene accertato che si tratta di un errore umano: due operai hanno trattato materiali radioattivi in contenitori non idonei. Tre persone muoiono all'istante, mentre altre 439, di cui 119 in modo grave, vengono esposte alle radiazioni. Vengono ricoverati in 600 ed evacuati 320mila abitanti della zona.

4 ottobre 1999 – Wolsong (Corea del Sud). Una fuoriuscita di acqua pesante durante lavori di manutenzione della Centrale di Wolsong causa l'esposizione alle radiazioni di 22 operai impiegati presso l'impianto.

5 ottobre 1999 – Centrale di Loviisa (Finlandia). Viene segnalata una perdita di idrogeno nell'impianto di Loviisa, sulla costa Finlandese. Secondo i tecnici della centrale c'è stato un pericolo di incendio e perdite. La situazione, secondo gli addetti, è rimasta comunque sotto controllo.

8 ottobre 1999 - Rokkasho (Giappone). Una piccola quantità di materiale radioattivo fuoriesce da un deposito di scorie a Rokkasho, nella prefettura giapponese di Aomori. Le radiazioni provengono da due fusti arrivati dalla centrale nucleare di Ekushima.

20 ottobre 1999 – Superphenix (Francia). Un incidente tecnico ritarda lo smantellamento del reattore a neutroni rapidi Superphenix di Creys-Malville (Isere), nel Sud-Ovest della Francia. Nell'operazione di scarico del reattore un inconveniente tecnico a una puleggia per l'estrazione delle cartucce di combustibile arresta la fase di scarico del materiale radioattivo.

18 novembre 1999 – Torness (Scozia) Un Tornado della Raf in esercitazione precipita in mare di fronte alla centrale nucleare di Torness in Scozia a meno di ottocento metri dall'impianto. Un grave incidente è sfiorato per un soffio.

13 dicembre 1999 – Zaporozhe (Ucraina). Il primo dei sei reattori nucleari della centrale ucraina di Zaporozhe viene fermato per il malfunzionamento dei uno dei segnalatori di eccessiva pressione.

5 gennaio 2000 – Blayais (Francia) (scala Ines 2). Una tempesta provoca un incidente alla centrale di Blayais, nella Gironda, dove due dei quattro reattori vengono fermati. L'acqua invade alcuni locali della centrale: danneggiati pompe e circuiti importanti.

27 gennaio 2000 – Giappone. Un incidente a una installazione per il riprocessamento dell'uranio in Giappone provoca livelli di radiazione 15 volte superiori alla norma in un

raggio di circa 1,2 miglia. Funzionari locali segnalano che almeno 21 persone sono state esposte alle radiazioni.

15 febbraio 2000 – Indian Point (USA). Una piccola quantità di vapore radioattivo fuoriesce dal reattore Indian Point 2 vicino alla cittadina di Buchanan sul fiume Hudson, località a circa 70 chilometri da New York. La perdita di gas radioattivo costringe la società che gestisce l'impianto a chiudere la centrale e a dichiarare lo stato di allerta. La perdita è di circa mezzo metro cubo di vapori radioattivi.

10 aprile 2003 – Paks (Ungheria) (scala Ines 3). L'unità numero 2 del sito nucleare di Paks (costituito da quattro reattori è l'unico in Ungheria a 115 chilometri da Budapest) subisce il surriscaldamento e la distruzione di trenta barre di combustibile altamente radioattive. Solo un complesso intervento di raffreddamento scongiura il pericolo di un'esplosione nucleare, limitata ma incontrollata con gravi conseguenze per l'area intorno a Paks.

17 ottobre 2003 – Arcipelago de La Maddalena (Italia). Sfiato incidente nucleare: il sottomarino americano Hartford s'incaglia nella Secca dei Monaci a poche miglia dalla base di La Maddalena dove solo l'abilità del comandante riesce a portare in porto il mezzo avariato. Il licenziamento di alcuni militari induce a pensare che il rischio corso non sia stato risibile.

9 agosto 2004 – Mihama (Giappone). Nel reattore numero 3 nell'impianto di Mihama, 350 chilometri a ovest di Tokyo, una falla provoca la fuoriuscita di vapore ad alta pressione che raggiunge i 270 gradi provoca quattro morti tra gli operai. Altri sette lavoratori vengono ricoverati in fin di vita. E' l'incidente più tragico nella storia nucleare del Giappone. La centrale viene chiusa.

9 agosto 2004 – Shimane (Giappone). Scoppia un incendio nel settore di smaltimento delle scorie in una centrale nella prefettura di Shimane.

9 agosto 2004 – Ekushima-Daini (Giappone). L'impianto viene fermato per una perdita d'acqua dal generatore.

Aprile 2005 – Sellafield (Gran Bretagna). Viene denunciata la fuoriuscita di oltre 83mila litri di liquido radioattivo in 10 mesi a causa di una crepatura nelle condotte e di una serie di errori tecnici.

Maggio 2006 – Laboratori Enea di Casaccia (Italia). Fuoriuscita di plutonio, ammessa solo quattro mesi dopo, che ha contaminato sei persone addette allo smantellamento degli impianti.

Maggio 2006 – Mihama (Giappone). Ennesimo incidente con fuga di 400 litri di acqua radioattiva nella ex centrale nucleare di Mihama.

26 luglio 2006 – Oskarshamn (Svezia) (scala Ines 2). Corto circuito nell'impianto elettrico della centrale a 250 chilometri a sud di Stoccolma per cui due dei quattro generatori di riserva non sono stati in grado di accendersi. Vengono testate tutte le centrali nucleari del Paese e quella di Forsmark viene spenta.

7 ottobre 2006 – Kozlodui (Bulgaria). Viene intercettato un livello di radioattività venti volte superiore ai limiti consentiti e le verifiche portano a scoprire una falla in una tubazione ad alta pressione. La centrale, che sorge nei pressi del Danubio, scappa a una gravissima avaria. Secondo la stampa locale la direzione cerca di nascondere l'accaduto e di minimizzarlo nel rapporto all'Agenzia nazionale dell'Energia Atomica.

28 giugno 2007 – Krümmel (Germania). Scoppia un incendio nella centrale nucleare di Krümmel, nel nord della Germania vicino ad Amburgo. Le fiamme raggiungono la struttura che ospita il reattore e si rende necessario fermare l'attività dell'impianto. In pochi mesi si verificano avarie anche nelle centrali di Forsmark, Ringhals e Brunsbüttel.

Secondo il rapporto 2006 del ministero federale dell'Ambiente, l'impianto di Kruemmel è il più soggetto a piccoli incidenti tra le 17 centrali. Stando ai piani di uscita dal nucleare, fissati in una legge del 2002, il reattore dovrebbe essere spento al più tardi nel 2015.

16 luglio 2007 – Kashiwazaki (Giappone). La centrale nucleare di Kashiwazaki-Kariwa, la più grande del mondo che fornisce elettricità a 20 milioni di abitanti, viene chiusa in seguito ai danneggiamenti provocati dal terremoto. L'Agenzia di controllo delle attività nucleari giapponesi ammette una serie di fughe radioattive dall'impianto, ma precisa che si tratta di iodio fuoriuscito dal una valvola di scarico. Il direttore generale dell'AIEA, Mohammed El Baradei, dice che il sisma: "è stato più forte di quello per cui la centrale era stata progettata". Il terremoto provoca un grosso incendio in un trasformatore elettrico, la fuoriuscita di 1.200 litri di acqua radioattiva che si riversano nel Mar del Giappone e una cinquantina di altri incidenti. Si teme che la faglia sismica attivi passi proprio sotto la centrale.

Ma il pericolo per la salute dell'uomo e per l'ambiente legato alla radioattività non è solo da imputare agli incidenti: non dobbiamo dimenticare infatti che tra il 1945 e il 1991 sono state effettuate 2.024 esplosioni sperimentali³⁴, la maggior parte delle quali segrete. In tutti questi casi i primi a essere esposti sono i militari impegnati nelle operazioni, oltre naturalmente ai civili che, a loro insaputa, sono stati raggiunti dalle radiazioni.

Solo in anni recenti è stato possibile valutare, almeno in parte, l'entità delle emissioni radioattive dagli impianti militari e le conseguenze sanitarie sulle popolazioni. Se i primi a testare la tecnologia nucleare sono gli Stati Uniti (negli 1950 possedevano circa 370 testate atomiche contro le 5 dei sovietici), è pur vero che negli anni seguenti alla seconda guerra mondiale tutte le potenze nucleari effettuano esperimenti volti a realizzare armi più potenti e sofisticate e che sullo scenario internazionale si affacciano, oltre agli USA e all'URSS, altre potenze dotate delle potenti armi atomiche.

Di sicuro sappiamo che in Kazakistan, tra il 1949 e il 1989, vengono effettuate 459 esplosioni nucleari per una potenza complessiva equivalente a 1.100 bombe come quella di Hiroshima. Negli Stati Uniti nell'ottobre 1994 una commissione d'inchiesta rivela esperimenti nucleari effettuati dal 1944 al 1974 su 23mila pazienti utilizzati come cavie. Dalla fine della Seconda Guerra mondiale le sperimentazioni sono continue e solo nel 1963, dopo ben 528 esplosioni nell'atmosfera, Stati Uniti, URSS e Gran Bretagna firmano il trattato per la parziale messa al bando dei test. Ma intanto la radioattività si è sparsa nell'atmosfera: i soli test nel deserto del Nevada tra il 1951 e il 1963 rilasciano 12 miliardi di curie, una radioattività equivalente a 148 volte quella provocata dalla catastrofe di Chernobyl.

Ma già nel 1965, dopo soli due anni dalla firma del primo accordo di non proliferazione nucleare, apparati militari statunitensi testano la pericolosità dell'atomo producendo una nube radioattiva di bassa intensità che si espande sui cieli di Los Angeles, interessando un'area abitata da 15 milioni di persone. Gli esperimenti francesi ordinati dal presidente Jacques Chirac tra il settembre del 1995 e il gennaio 1996 a Mururoa, il piccolo atollo della Polinesia francese nel Pacifico, hanno mostrato all'opinione pubblica come le sperimentazioni in campo nucleare siano proseguite fino ad anni recenti.

³⁴ Per una panoramica complessiva sul fenomeno degli esperimenti nucleari è utile la lettura del citato "Manlio Dinucci, Il potere nucleare".

ALLEGATO

Riportiamo di seguito la traduzione dell'articolo, pubblicato dal Financial Times il 3 novembre 2005, di Andrei Simms, Direttore politico della *New Economics Foundation* e autore de "Il Debito Ecologico: la salute del pianeta e il benessere delle nazioni", che conferma le tesi finora riportate.

L'inganno che il nucleare ci salverà di Andrei Simms

Articolo pubblicato sul Financial Times del 3 novembre 2005

Se la politica energetica della Gran Bretagna fosse come il Grand National (l'equivalente britannico del Palio di Piazza di Siena – ndr), l'energia atomica cadrebbe virtualmente a ogni ostacolo. Ma in qualche modo, irrazionalmente, i commissari di gara e il Dipartimento del Commercio e dell'Industria sembrano averne promosso le prospettive fino a farlo arrivare in vista di un appoggio governativo per la costruzione di una nuova capacità di produzione di energia elettrica. In che modo?

L'energia nucleare viene promossa come la risposta ai cambiamenti climatici e all'insicurezza/incertezza energetica. Non è nessuna delle due cose. Come risposta al riscaldamento globale, è troppo lenta, troppo costosa e troppo limitata. In un'era di minacce terroristiche, è più un rischio per la sicurezza che una soluzione. Inoltre, ancora non sono state date risposte ai problemi dei rifiuti e dello smantellamento. In termini di costi relativi di riduzione delle emissioni di anidride carbonica per affrontare il riscaldamento globale, l'energia nucleare si colloca alla fine di una lunga lista che comprende: l'efficienza energetica, la co-generazione, l'energia eolica, il micro idro, le colture energetiche e l'energia dalle maree. Il nucleare inoltre è il settore energetico meno efficiente nella creazione di posti di lavoro.

L'analisi delle cifre su cui si basa il governo suggerisce che i costi reali della "nuova" energia atomica sono stati sottostimati di quasi tre volte. Partendo dalla stima fatta da British Energy/BNFL di 4,38 eurocent/kWh, il prezzo aumenta di 1,9 eurocent/kWh se si considera il costo medio per un nuovo reattore invece che il costo "migliore". Le stime della IEA - Agenzia Internazionale per l'Energia - spingono ancora il prezzo in alto della stessa cifra. I costi che si affrontano nella progettazione di nuovi reattori aggiungono circa uno 0,15 eurocent/kWh. Ammettendo ritardi e superamento dei costi si aggiunge almeno un ulteriore 2,6 eurocent/kWh. Riducendo poi la prestazione stimata delle nuove centrali della quantità realmente ottenuta si aggiungono 1,2 eurocent/kWh, portando il costo totale intorno a 12,1 eurocent/kWh. Questi costi escludono i rischi e le responsabilità che insorgono dall'assicurazione, inquinamento e terrorismo.

Ci sono anche dei buchi nella dichiarazione che il nucleare fornisca sicurezza energetica. L'industria ha l'abitudine di perdere materiale radioattivo e mantiene il segreto su quanto poco uranio grezzo di purezza elevata sia rimasto per i reattori a combustibile. L'Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica lo scorso anno disse che "la questione chiave è quanto a lungo possono durare le risorse nucleari" e che le risorse convenzionali di uranio conosciute sono sufficienti per durare solo 85 anni ai tassi del 2002 per i tipi di reattori più comuni, e poco più a lungo per gli altri tipi.

Inoltre, un'industria nucleare che si basa su processi di estrazione di carburante da

materiale grezzo di bassa purezza che richiedono enormi quantità di energia, è ben lontana da essere ad emissioni zero. Uno delle uniche analisi complete del ciclo di vita di una centrale nucleare, fatta dal fisico nucleare in pensione e in precedenza fautore del nucleare Philip Bartler Smith, concluse che anche nel caso migliore il nucleare provoca emissioni significative. Nel caso peggiore, usando materiale grezzo di bassa purezza, il nucleare sarebbe più climalterante di una centrale a gas.

Le limitazioni fisiche del nucleare sono anche state rivelate in un recente rapporto del Massachusetts Institute of Technology. Questo rapporto spiega che aumentare la quota del nucleare nell'elettricità mondiale anche solo del 2% entro il 2050 significherebbe costruire tra le 1.000 e le 1.500 nuove grandi centrali nucleari. Anche se questo sembra impossibile, ci sono comunque molte altre ragioni per essere cauti. Ci sono già centinaia di tonnellate di materiale altamente radioattivo, delle quali non esiste un inventario, e riferimenti per hardware nucleare sono sempre più disponibili sul mercato nero internazionale. L'espansione del settore renderebbe la proliferazione nucleare - come nel caso dell'Iran - e il terrorismo non solo probabili ma quasi inevitabili.

Anche gli incidenti sono costosi. Il conto pagato dall'Ucraina un decennio dopo il disastro di Chernobyl era di oltre 120 miliardi di dollari. Swiss Re, la seconda compagnia al mondo di assicurazioni, conclude: "Uno degli esiti più pericolosi nel metodo tradizionale di assicurazione delle proprietà riguarda l'inadeguata esclusione dei rischi nucleari"

Dobbiamo anche guardarci dalla legislazione delle conseguenze inaspettate. Il programma energetico stilato dall'Unità per la Prestazione e l'Innovazione del Governo ha ammonito che investire nella costruzione di nuove centrali nucleari potrebbe influenzare negativamente lo sviluppo di altre tecnologie. La Finlandia, l'unico paese sviluppato ad avere un programma nucleare, è stata criticata dalla IEA per aver sotto-finanziato e aver mancato gli obiettivi del suo piano energetico sulle rinnovabili e ha visto aumentare il suo tasso di emissioni. L'energia nucleare, in modo perverso, potrebbe affrettare il riscaldamento globale. Se il governo cedesse alle richieste dell'industria nucleare di sottoscrivere una capacità nucleare addizionale sarebbe il peggiore affronto al pubblico da quando la Enron scoprì la contabilità creativa o la Nigeria scoprì Internet. Ma allora, c'è sempre un pericolo che le grandi gare vengano arrangiate dagli organizzatori.