

Tabella 2  
Combustibile irraggiato ancora presente in Italia

| sito      | provenienza del combustibile  | tipo            | numero elementi | massa (kg) |          |        |
|-----------|-------------------------------|-----------------|-----------------|------------|----------|--------|
|           |                               |                 |                 | uranio     | plutonio | torio  |
| AVO-GADRO | PWR - TRINO                   | UO <sub>2</sub> | 49              | 14430,6    | 143,5    |        |
|           | BWR-GARIGLIANO <sup>(1)</sup> | UO <sub>2</sub> | 260             | 52576,9    | 273,4    |        |
|           | BWR-GARIGLIANO                | MOX             | 62              | 12271,4    | 244,4    |        |
| CAORSO    | BWR-CAORSO                    | UO <sub>2</sub> | 1032            | 185206,4   | 1310,7   |        |
| TRINO     | PWR-TRINO                     | UO <sub>2</sub> | 39              | 11876,5    | 54,2     |        |
|           | PWR-TRINO                     | MOX             | 8               | 2284,2     | 94,6     |        |
| EUREX     | PWR-TRINO cruciformi          | UO <sub>2</sub> | 52              | 1931,3     | 22,2     |        |
|           | BWR-GARIGLIANO                | UO <sub>2</sub> | 0,3             | 63,0       | 0,3      |        |
| ITREC     | ELK RIVER                     | U-Th            | 64              | 72,0       |          | 1607,0 |
| TOTALE    |                               |                 | 1566            | 280712,4   | 2143,3   | 1607,0 |

<sup>(1)</sup> In corso di trasferimento per il riprocessamento.

Tabella 2A – Caratteristiche dei rifiuti radioattivi condizionati che dovrebbero tornare in Italia dopo il riprocessamento del combustibile irraggiato inviato negli impianti della BNFL a Sellafield (Regno Unito)

| centrale   | Comb.<br>tHM | HLR<br>m <sup>3</sup> GBq |          | ILR<br>m <sup>3</sup> GBq |          | SLLR<br>m <sup>3</sup> GBq |     |
|------------|--------------|---------------------------|----------|---------------------------|----------|----------------------------|-----|
| GARIGLIANO | 53,7         | 2,7                       | 3,18E+08 | 35,8                      | 4,66E+06 | 328,5                      | 37  |
| TRINO      | 51,7         | 5,1                       | 5,97E+08 | 56,0                      | 7,06E+06 | 330,0                      | 37  |
| LATINA     | 573,2        | 8,5                       | 5,35E+08 | 722,8                     | 1,03E+08 | 4386,0                     | 491 |
| Totale     | 678,6        | 16,3                      | 1,45E+09 | 864,6                     | 1,15E+08 | 5044,5                     | 565 |

dove: tHM: tonnellate *heavy metal* (uranio e plutonio);

HLR: rifiuti ad alta attività vetrosi (III categoria, ANPA-Guida tecnica n. 26);

ILR: rifiuti a media attività cementati (III categoria, ANPA-Guida tecnica n. 26);

SLLR: rifiuti a bassa attività cementati (II categoria, ANPA-Guida tecnica n. 26).

Tabella 2B – Caratteristiche dei rifiuti radioattivi condizionati in vetro, prodotti dal riprocessamento del combustibile irraggiato, che torneranno in Italia nel caso in cui i rifiuti cementati (ILR e SLLR) verranno sostituiti con i rifiuti vetrosi (HLR)

| centrale   | combustibile |       | N.  | HLR<br>m <sup>3</sup> | GBq      |
|------------|--------------|-------|-----|-----------------------|----------|
|            | n. elementi  | tHM   |     |                       |          |
| GARIGLIANO | 260          | 53,7  | 20  | 3,4                   | 3,98E+08 |
| TRINO      | 168          | 51,7  | 36  | 6,1                   | 7,16E+08 |
| LATINA     | 50326        | 573,2 | 140 | 23,7                  | 1,50E+09 |
| Totale     | 50754        | 678,6 | 196 | 33,2                  | 2,61E+09 |

### 1.3) Principi generali per la gestione dei rifiuti radioattivi.

L'attuale sistemazione dei rifiuti radioattivi è dunque improntata alla prassi di ospitarli presso gli impianti di produzione o presso depositi temporanei *ad hoc* non esistendo un sito idoneamente attrezzato con un centro di smaltimento. È evidente che si tratta di una situazione provvisoria che va superata attraverso la gestione di lungo periodo, indispensabile in una materia come questa, gestione che deve essere realizzata all'insegna della ricerca della migliore soluzione radioprotezionistica oggi perseguibile.

L'obiettivo fondamentale della gestione dei rifiuti radioattivi è quindi quello di ridurre al minimo il rischio indebito della popolazione e dei lavoratori limitandone le esposizioni attuali e future alle radiazioni. Pertanto i rilasci di radioattività devono essere mantenuti ai livelli più bassi per quanto ragionevolmente conseguibile secondo il criterio ALARA (*as low as reasonably achievable*, ovvero: la più bassa ragionevolmente conseguibile).

Nel caso specifico dello smaltimento dei rifiuti radioattivi, l'assumere come riferimento il « migliore tecnologicamente disponibile » potrebbe rendere i limiti di sicurezza migliorabili all'infinito, ad esempio aumentando sempre di più lo spessore delle barriere nel sito. Ciò non significa, ovviamente, che nell'ambito delle tecnologie da impiegare non si faccia il massimo sforzo verso il livello migliore possibile e non si tenga conto, nelle politiche di gestione, della possibilità di modificarle alla luce di nuovi sviluppi tecnici in materia.

Le politiche di gestione devono quindi porsi l'obiettivo di massimizzare:

la sicurezza sanitaria dei lavoratori e delle popolazioni, anche oltre i confini nazionali e per le generazioni future;

la sicurezza rispetto ad attentati terroristici, atti di guerra, incidenti, o a furti di materiali;

isolamento della radioattività dalla biosfera;

l'accessibilità per consentire ispezioni e manutenzione delle diverse strutture;

il monitoraggio continuo per consentire un immediato allarme nel caso di perdite accidentali;

la possibilità di recupero dei rifiuti per una loro diversa sistemazione, qualora ve ne sia la necessità.

La dottrina stabilita dalla ICRP (*International commission for radiological protection*), dall'IAEA (*International atomic energy agency*) e dall'Unione europea, su cui si tornerà più avanti, impiega la nozione di livello accettabile del rischio, per quanto riguarda lo smaltimento dei rifiuti radioattivi. La nozione di accettabilità è implicita nella definizione del criterio ALARA, dove la parola «ragionevolmente» implica una valutazione fra costi e benefici nonché di tener conto delle nuove possibilità tecnologiche.

Poiché queste ultime si possono migliorare nel tempo, ciò richiede la possibilità di una revisione periodica delle politiche di gestione dei rifiuti radioattivi alla luce dello sviluppo tecnologico e quindi la possibilità di intervenire per modificarne la sistemazione. Sin dalla progettazione del sito o dei siti, bisognerà dunque prevedere tale flessibilità nella gestione dei rifiuti radioattivi e garantirla nel corso del tempo.

#### 1.4) Quadro istituzionale e obiettivi da conseguire.

Con la firma nel gennaio 1998 della convenzione internazionale sulla sicurezza della gestione dei rifiuti radioattivi e degli elementi di combustibile nucleare esaurito, l'Italia ha assunto anche formalmente, nei confronti degli altri Paesi firmatari, l'impegno di garantire una corretta gestione dei rifiuti radioattivi e del combustibile irraggiato.

Gli obblighi cui fa riferimento la convenzione sopra citata riguardano concreti indirizzi in merito a criteri di sicurezza e radioprotezione riconosciuti dalla comunità internazionale, di cui si riscontra una diffusa applicazione nei Paesi europei ed extra-europei, che dispongono già di adeguate soluzioni normative e di strutture istituzionali per la gestione dei rifiuti radioattivi.

Spetta allo Stato:

definire gli indirizzi per la gestione dei rifiuti e garantirne la sicurezza;

stabilire e applicare di conseguenza un chiaro quadro legislativo e prescrittivo;

stabilire gli obblighi connessi alla sicurezza della gestione dei rifiuti radioattivi e del combustibile nucleare irraggiato.

I Paesi europei, pur con assetti statutari differenti, nella maggior parte dei casi hanno adottato la soluzione di costituire un unico soggetto pubblico cui affidare la gestione unitaria a livello nazionale delle problematiche attinenti la destinazione finale dei rifiuti di bassa e media radioattività e del combustibile nucleare irraggiato.

Il nostro Paese si trova in una condizione pressoché unica, essendo le attività industriali in campo nucleare cessate da oltre 11 anni; in tali condizioni vi è ancor più la necessità di assicurare l'unitarietà della gestione, assegnando ad un unico soggetto istituzionale il compito di sistemare in condizioni di sicurezza ed in tempi accettabili le attività nucleari.

In particolare, tale soggetto dovrà assicurare:

la realizzazione e la gestione del sito o dei siti per lo smaltimento dei rifiuti a bassa e media attività (rifiuti di II categoria);

la realizzazione e la gestione del deposito o dei depositi per la custodia temporanea dei rifiuti di alta attività e del combustibile nucleare irraggiato (rifiuti di III categoria);

la promozione ed il coordinamento della chiusura delle attività nucleari pregresse cioè la disattivazione e lo smantellamento delle centrali nucleari e degli altri impianti del ciclo del combustibile.

È evidente che senza la realizzazione del sito o dei siti per lo smaltimento, ove sistemare in sicurezza i rifiuti radioattivi di II categoria, non sarà possibile completare le operazioni di disattivazione e smantellamento degli impianti nucleari che daranno un contributo volumetricamente preponderante alla produzione di rifiuti, anche se minore in termini di radioattività totale.

Il soggetto istituzionale cui affidare tali compiti è individuato in questo documento in un'unica Agenzia nazionale pubblica. Il carattere pubblico dell'Agenzia è ritenuto indispensabile perché tale soggetto possa svolgere credibilmente un ruolo di garanzia degli interessi della collettività nel controllo degli investimenti. Ciò consente peraltro di separare il ruolo di promozione e coordinamento della gestione operativa della disattivazione e smantellamento degli impianti nucleari, che può essere affidata ad altri soggetti.

Il carattere pubblico dell'Agenzia è ritenuto un aspetto irrinunciabile, anche in considerazione del fatto che i tempi coinvolti dalle diverse attività necessarie alla gestione dei rifiuti si concentrano nell'arco di alcune decadi, ma si protraggono per alcuni secoli. Si tratta dunque di un ordine di problemi non comune alla pianificazione ordinaria delle attività industriali, ma oggi affrontato, in modo più o meno avanzato, da tutti i Paesi che possiedono rifiuti radioattivi.

La creazione di società per la gestione della disattivazione e dello smantellamento degli impianti nucleari, società controllate dalla stessa Agenzia, è ritenuta una soluzione utile a dotare l'industria italiana di

soggetti in grado di operare in questo campo anche al di fuori dei confini nazionali. Infatti, è circa un centinaio il numero di impianti nucleari che in tutto il mondo in breve tempo giungerà a fine vita, e che in prospettiva va disattivato e smantellato.

#### 1.5) Il sito di smaltimento.

Secondo una recente indagine dell'IAEA, i Paesi dotati di siti di smaltimento già operativi sono 37, mentre 8 sono i Paesi che hanno un sito già selezionato ed in fase di avviamento, e 9 quelli che hanno un processo di selezione avviato da tempo. Nel nostro Paese è avviata la procedura di selezione del sito, con il lavoro di una *task-force* dell'ENEA incaricata dal Ministero dell'industria, che ha già identificato come le aree morfologicamente e territorialmente idonee rappresentano il 9 per cento del territorio nazionale.

Nel sito di smaltimento, scelto secondo caratteristiche idrogeomorfologiche che ne massimizzino la sicurezza, viene ospitato il centro di smaltimento: strutture ingegneristiche che ospitano i rifiuti condizionati, installazioni ausiliarie come laboratori di analisi e controllo, stazioni per il condizionamento dei rifiuti, servizi, uffici. L'insieme di tali infrastrutture si configura, quindi, come un vero e proprio centro tecnologico ove sarà possibile promuovere altre attività di tipo scientifico-tecnologico e di ricerca.

La presenza di tali attività comporta una costante formazione di personale specializzato ed un tendenziale miglioramento di tecnologie e tecniche di gestione; dunque, rappresenta uno dei fattori per il mantenimento e consolidamento della sicurezza del sito stesso. In assenza di un tale nucleo di attività, vi è l'ineluttabile indebolimento progressivo delle risorse umane e tecnologiche in questo settore con ovvie ricadute per la sicurezza nucleare del sito stesso. Infine, solo con un tale centro di attività si può mantenere aperta la possibilità di un miglioramento — con nuove tecnologie e tecniche o con nuove sistemazioni — delle condizioni di sicurezza in cui sono sistemati i rifiuti radioattivi.

Il sito di smaltimento per i rifiuti di II categoria può essere superficiale o sub-superficiale oppure profondo. La valutazione di quale ipotesi sia la migliore riguarda la maggiore « ispezionabilità » dei depositi superficiali o sub-superficiali e la maggiore « inaccessibilità » dei depositi profondi. Il primo caso prevede un'attività di custodia che si deve programmare per un arco temporale che si protrae per alcuni secoli. Nel caso di un sito profondo, più difficile da ispezionare e da cui è più difficile recuperare i manufatti per una loro eventuale diversa sistemazione, la possibilità che, anche per fattori economici, si ponga l'ipotesi di sigillare ed abbandonare il sito è realistica.

#### 1.6) Il deposito *ad interim* per i rifiuti di III categoria.

Il deposito temporaneo per la III categoria può essere di tre tipi: per il solo combustibile irraggiato, per i rifiuti ad alta attività vetrificati

provenienti dal riprocessamento del combustibile irraggiato, per entrambe le tipologie di rifiuto.

Esempi di depositi temporanei del solo combustibile irraggiato esistono in diversi Paesi: Francia, Germania, Regno Unito, Giappone, Svezia, Finlandia. Esempi di depositi *ad interim* per i soli rifiuti vetrificati ad alta attività sono riscontrabili in Francia, Regno Unito, Russia e Giappone.

Depositi *ad interim* misti, tipologia di grande interesse per il nostro Paese che ha entrambe le tipologie di rifiuti, sono riscontrabili in Belgio, Svizzera, Olanda e Germania.

La strategia tradizionale di gestione del combustibile irraggiato ne prevedeva il « riprocessamento » che, per quanto riguarda il nostro Paese, veniva effettuato negli impianti della BNFL nel Regno Unito.

Per riprocessamento si intende la separazione, attraverso un processo industriale lungo, complesso e costoso, dei diversi elementi che costituiscono il combustibile irraggiato: i prodotti della fissione, che sono i « rifiuti » veri e propri, la quota residua di uranio fissile (uranio-235, il combustibile vero e proprio), l'uranio-238 o uranio cosiddetto « naturale » ed il plutonio. Per le tipologie di combustibile impiegato in Italia, in termini di volume, l'uranio naturale costituisce oltre il 95 per cento del totale, mentre in termini di radioattività il 99 per cento è costituito dalle scorie vere e proprie e cioè dai prodotti della fissione dell'uranio fissile.

Uno degli obiettivi principali del riprocessamento del combustibile irraggiato è il recupero del plutonio, elemento che non esiste in natura e che si produce nei reattori nucleari per trasmutazione dell'uranio naturale. Si tratta, com'è noto, di un elemento fondamentale per gli usi di tipo militare. Sia per il fallimento della filiera dei reattori « autofertilizzanti », che usano il plutonio come combustibile, sia per lo smantellamento delle testate atomiche, lo *stock* esistente di plutonio rappresenta ancor più oggi un problema per la proliferazione atomica.

Inoltre, il riprocessamento implica comunque un certo rilascio di radioattività nell'aria e nell'acqua, implica il trasporto del combustibile ed il ritorno dei rifiuti condizionati nei Paesi di origine nonché l'aumento dei volumi di rifiuti nucleari da gestire. L'estrazione del plutonio, inoltre, richiede un regime di sorveglianza ed una difficile contabilità, che garantisca la massima sicurezza rispetto a sottrazioni indebite di tale pericoloso elemento.

Per tale complesso di ragioni, a livello internazionale si è andata affiancando, alla gestione più tradizionale del combustibile irraggiato con il riprocessamento, anche una diversa gestione che prevede la sistemazione idonea del combustibile irraggiato senza riprocessamento, in depositi specificatamente progettati (stoccaggio a secco ed a raffreddamento passivo).

La scelta di non riprocessare il combustibile irraggiato è stata l'obiettivo di un'iniziativa della sezione italiana dell'associazione internazionale *Greenpeace* presso la centrale nucleare di Caorso nell'estate 1996, che aveva proprio lo scopo di fermare le prime prove di trasporto verso il Regno Unito delle barre di combustibile irraggiato ancora presenti nelle piscine del reattore. La richiesta dello stoccaggio a secco del combustibile irraggiato veniva peraltro accolta dall'ENEL, che ne aveva già previsto la possibilità.

### 1.7) Il sito geologico profondo.

Per quanto riguarda lo smaltimento dei rifiuti nucleari in formazioni geologiche profonde, anche se esiste in ambito tecnico-scientifico internazionale un generale consenso sul fatto che tale opzione è da considerarsi perseguibile e sicura, attualmente esso è ancora in una base di studi e ricerche. Infatti, anche quei Paesi che hanno notevole produzione di rifiuti ad alta attività e a lunga vita media sono, nei casi più avanzati, ancora nella fase di costruzione di laboratori o di impianti sotterranei.

Le formazioni geologiche profonde che per la loro peculiarità offrono maggiori garanzie di confinamento dei rifiuti nucleari e su cui si è concentrata l'attenzione della Commissione europea sono le miniere di salgemma e le cavità presenti nelle formazioni granitiche e argillose.

Su queste ultime, data la loro ampia diffusione nel proprio territorio nazionale, l'Italia ha approfondito insieme al Belgio gli studi per lo smaltimento. Ad Asse, in Germania, le sperimentazioni sono avvenute in miniere di salgemma, a Grimsel in Svizzera e a Stripa in Svezia in siti granitici, mentre esplorazioni geomorfologiche avvengono in siti potenziali quale Yucca Mountain negli USA, Aspö in Svezia, Gorleben in Germania e Olkiluoto in Finlandia.

Va qui precisato che, ad oggi, appare più difficilmente percorribile nel nostro Paese l'ipotesi di un sito geologico profondo idoneo (come riportato nella risoluzione della commissione « Grandi rischi » della Presidenza del Consiglio dei ministri di cui al successivo punto 3); pertanto la sistemazione definitiva dei rifiuti di III categoria, trascorso il periodo di deposito « temporaneo » di diversi decenni dovrà essere gestita ad un livello sovranazionale.

### 1.8) La disattivazione e lo smantellamento degli impianti nucleari.

La disattivazione e lo smantellamento dei reattori nucleari richiede una serie di operazioni che si svolgono lungo l'arco di alcuni lustri. Un elemento rilevante per la scelta della strategia da adottare è il fattore tempo: una parte della radioattività, infatti, decade nei primi decenni; successivamente, quando prevarrà l'attività degli elementi a vita lunga il livello di radioattività rimarrà costante per lunghissimo tempo.

Una strategia — lo smantellamento ritardato — prevede dunque che, dopo la disattivazione dell'impianto, le operazioni di smantellamento e di conseguente ripristino del sito vengano effettuate entro un trentennio dalla cessazione delle attività.

Una strategia di smantellamento anticipato, invece, richiede un più esteso utilizzo di tecnologie automatizzate per operare a distanza, in modo da ridurre l'impegno di dose per i lavoratori addetti. Si tratta, quindi, di una strategia possibile ma relativamente più costosa.

La scelta tra le due strategie è legata agli obiettivi prioritari fissati dalla politica di gestione dei rifiuti e di ripristino dei siti che ospitano impianti nucleari; un elemento rilevante è costituito, altresì, dal progressivo impoverimento delle competenze tecniche disponibili.

## 1.9) Il Garante.

Nell'articolato proposto si prevede l'introduzione di un Garante, che agisca come attore indipendente nella complessa e difficile dinamica che si instaurerà tra l'Agenzia per i rifiuti radioattivi, gli esercenti, gli enti locali ed i cittadini nel processo di localizzazione del sito o dei siti di smaltimento dei rifiuti di II categoria e del deposito o dei depositi per lo stoccaggio temporaneo per la III categoria.

Tale Garante, in analogia con la figura prevista nella legislazione francese, se sufficientemente autorevole e forte potrà contribuire a diffondere le informazioni ai cittadini e a rendere complessivamente più trasparente il processo di localizzazione, costituendo un punto di riferimento autonomo.

## 1.10) Attività di ricerca.

Per quanto riguarda la gestione dei rifiuti radioattivi ad alta attività e/o a lunga vita media sono in corso ricerche e studi di fattibilità, cui partecipano anche istituzioni scientifiche italiane, su schemi di gestione alternativa finalizzati alla riduzione dei volumi da collocare in siti geologici ci profondi. Tali ricerche ancora lungi dall'avere un'applicazione concreta prevedono una separazione selettiva del rifiuto radioattivo (o *partitioning*) per avere:

da una parte i radionuclidi il cui tempo di dimezzamento sia inferiore ai trent'anni, da condizionare e smaltire poi in depositi superficiali o sub-superficiali;

dall'altra, i radionuclidi a vita lunga da « trasmutare » (*transmutation*) in reattori costruiti *ad hoc*, a neutroni termici o veloci, allo scopo di ottenere ulteriore energia e prodotti di fissione trasmutati, caratterizzati da vite medie più brevi, in modo da essere a loro volta condizionati e smaltiti.

Tali operazioni, ancora a livello di studio, potrebbero incidere e ridurre parzialmente i volumi dei rifiuti di III categoria trasformandoli in rifiuti di II categoria. Come si è detto, i rifiuti di III categoria comprendono il 90 per cento della radioattività ma costituiscono una quota in volume dell'ordine del 5 per cento.

Il Politecnico di Milano è coinvolto nelle ricerche sugli aspetti ingegneristici del sistema, mentre l'ENEA è impegnata, insieme ad altri *partners* europei, nelle ricerche per la tecnologia del *partitioning*.

Le difficoltà legate a questa strategia riguardano sia i livelli di efficienza del 99,9 per cento richiesti al *partitioning* sia la rilevante difficoltà della fase di trasmutazione degli elementi; inoltre, tale strategia implica un ripetuto ricorso al riprocessamento e la costruzione di reattori nucleari specifici per la trasmutazione degli elementi radioattivi a lunga vita in elementi a vita media-breve, con conseguente ulteriore produzione di scorie radioattive da gestire.



## 2) Impianti nucleari e rifiuti radioattivi in Italia.

Per una visione d'insieme della situazione nucleare italiana si riporta di seguito una sintesi di quanto è stato predisposto sull'argomento dall'ENEA, dall'ENEL e dall'ANPA, nell'ambito della conferenza nazionale sull'energia e l'ambiente, tenutasi a Roma dal 25 al 28 novembre 1998.

### 2.1) Centrali elettronucleari.

A partire dalla fine degli anni cinquanta l'Italia ha realizzato e messo in funzione quattro centrali elettronucleari: Latina (GCR da 160 Mwe), Trino Vercellese (PWR da 270 Mwe), Garigliano (BWR da 160 Mwe) e Caorso (BWR da 870 Mwe). Tutti gli impianti sono oggi spenti. La centrale del Garigliano fu fermata per modifiche nel 1978 e non più riavviata; gli altri impianti furono fermati in successione a partire dal 1988, in seguito al *referendum* del 1987.

Presso le centrali nucleari sono attualmente giacenti i rifiuti radioattivi prodotti nel corso del funzionamento e, nelle centrali di Trino Vercellese e Caorso, gli elementi di combustibile irraggiato: il combustibile irraggiato del reattore « Garigliano » e parte del combustibile del reattore « Trino » sono temporaneamente stoccati nella piscina dell'ex reattore « Avogadro » di Saluggia. Il combustibile irraggiato del reattore di Latina e parte del combustibile del reattore « Trino » sono stati inviati dall'ENEL all'estero per il trattamento, sulla base di un contratto di servizio che prevede il ritorno in Italia dei rifiuti condizionati derivanti dal riprocessamento. Tale pratica è stata successivamente abbandonata dall'ENEL: si pone quindi il problema della sistemazione degli elementi di combustibile irraggiato residui. Dopo il decreto di chiusura definitiva della centrale « Superphenix » emanato dal Governo francese è anche possibile che la quota di una parte del combustibile irraggiato, corrispondente alla partecipazione dell'ENEL alla *joint-venture*, venga trasferita in Italia.

### 2.2) Impianti del ciclo del combustibile.

Dai primi anni sessanta ad oggi presso i centri di ricerca ENEA di Casaccia, Saluggia e Trisaia sono stati realizzati diversi impianti pilota del ciclo del combustibile nucleare, aventi lo scopo di acquisire in modo sistematico le tecnologie afferenti alle diverse fasi del ciclo del combustibile a monte e a valle del reattore.

Inoltre la società FN ha realizzato e gestito l'impianto industriale di fabbricazione elementi di combustibile a Boscomarengo (AL).

Durante le attività condotte negli impianti sopra citati, si sono accumulati quantitativi sensibili di rifiuti radioattivi, alcuni già condizionati, altri nelle forme originali. Presso gli impianti sono inoltre immagazzinati materiali nucleari di diverso tipo (uranio, torio, plutonio, eccetera) ed elementi di combustibile irraggiato.

### 2.3) Rifiuti radioattivi presenti sul territorio nazionale.

I rifiuti radioattivi di diversa origine attualmente presenti sul territorio nazionale comprendono materiali derivanti da attività energetiche, medico-diagnostiche, industriali e di ricerca. Dal confronto delle stime condotte da ANPA, ENEA e ENEL, al 31 dicembre 1997 risultavano presenti sul nostro territorio circa 23 mila metri cubi di rifiuti radioattivi, di cui circa 5 mila metri cubi di rifiuti di prima categoria, circa 16 mila metri cubi di seconda categoria e circa 2 mila metri cubi di terza categoria. Ai suddetti rifiuti si aggiungono i seguenti:

- il combustibile irraggiato non inviato al ritrattamento (330 tonnellate circa) immagazzinato provvisoriamente presso le centrali nucleari dell'ENEL;

- il combustibile irraggiato, 4 tonnellate circa, immagazzinato provvisoriamente presso gli impianti ENEA;

- i rifiuti condizionati che dovranno rientrare in Italia come prodotto del ritrattamento dei combustibili inviati dall'ENEL all'estero (3.150 metri cubi di rifiuti di seconda categoria e 17 metri cubi di terza categoria);

- la quota ENEL del combustibile irraggiato e sistemate presso la centrale « Superphenix »;

- i rifiuti radioattivi che saranno generati dalle operazioni di smantellamento degli impianti ENEA del ciclo del combustibile nucleare;

- i rifiuti radioattivi che saranno generati in futuro dalle operazioni di smantellamento delle centrali nucleari ENEL;

- i rifiuti radioattivi che continueranno ad essere prodotti in futuro dalle pratiche medico-diagnostiche, dalle attività industriali e dalle attività di ricerca scientifica e tecnologica.

### 2.4) Attività di disattivazione degli impianti dell'ENEA.

Dopo l'interruzione delle attività di ricerca sul ciclo del combustibile nucleare, l'ENEA costituì nel 1990 una *task force* per la gestione dei materiali nucleari e dei rifiuti radioattivi accumulati e per la dismissione degli impianti correlati al ciclo del combustibile. Già dal 1980 era stata costituita la società Nucleco, per la gestione a livello nazionale sotto la sorveglianza dell'ENEA della raccolta dei rifiuti radioattivi provenienti da università, centri di ricerca, ospedali e laboratori di analisi.

Fra il 1990 ed il 1995, pur nella scarsità di risorse finanziarie, la *task force* (poi divenuta divisione per la sistemazione dei rifiuti radioattivi e la disattivazione degli impianti del ciclo del combustibile) condusse una serie di importanti interventi, fra i quali:

- la realizzazione dell'impianto SIRTE per il trattamento di effluenti liquidi presso il centro della Trisaia;

il trasferimento all'estero di 500 elementi di combustibile esaurito della centrale di Latina depositato presso l'impianto EUREX di Saluggia.

Tra il 1991 e il 1995 sono stati disattivati, con trasferimento o cessione dei materiali nucleari presenti e recupero degli edifici per altre attività, i seguenti impianti dell'ENEA:

impianto IFEC del centro di Saluggia;

impianto ISTEK del centro della Casaccia;

impianto UF6 del centro della Casaccia.

A partire dal 1996 le attività della divisione per la sistemazione dei rifiuti radioattivi e la disattivazione degli impianti del ciclo del combustibile hanno potuto avvalersi di un finanziamento specifico, ricevendone nuovo impulso. Tra gli interventi più specifici realizzati nel triennio 1996-1998 si ricordano:

trattamento e condizionamento dei rifiuti liquidi a bassa e media attività del centro della Trisaia mediante l'impianto SIRTE e la macchina MOWA;

ottimizzazione dell'impianto SIRTE-MOWA per il trattamento dei rifiuti liquidi ad alta attività della Trisaia;

avvio della realizzazione dell'impianto CORA per la vetrificazione dei rifiuti ad alta radioattività liquidi presenti nel centro di Saluggia;

cessione agli Stati Uniti (DOE) di 150 elementi di combustibile irraggiato di tipo MTR giacenti presso l'impianto EUREX di Saluggia;

ordine alla società Transnucleare di un contenitore metallico TN24 atto a contenere tutti gli elementi di combustibile irraggiato tipo Elk River presenti nel centro della Trisaia.

## 2.5) Attività di disattivazione degli impianti dell'ENEL.

Come è stato precedentemente ricordato, nella conduzione operativa delle proprie centrali nucleari, l'ENEL ha adottato sistematicamente la soluzione di immagazzinare temporaneamente presso gli stessi impianti i rifiuti radioattivi di processo (non legati al combustibile). Nel periodo 1987-1993 l'ENEL ha condotto su questi rifiuti le seguenti campagne di trattamento e condizionamento:

settemila fusti da 220 litri contenenti rifiuti tecnologici precompattati a bassa pressione sono stati trattati mediante supercompattazione, producendo presso le centrali del Garigliano, di Trino e di Caorso rispettivamente 282 metri cubi, 219 metri cubi e 280 metri cubi di rifiuti condizionati in fusti da 320 litri;

mille tonnellate di rifiuti a bassa e media attività di Caorso sono state trattate mediante incenerimento in impianti esteri, mentre le

ceneri prodotte sono state cementate in fusti da 220 litri, ottenendo 140 metri cubi di rifiuti condizionati;

presso la centrale del Garigliano è stato realizzato e messo a punto un impianto per l'estrazione e il condizionamento di resine, fanghi e concentrati mediante la macchina MOWA. Sono stati successivamente trattati circa 360 metri cubi di questi rifiuti, producendo 1.400 fusti da 400 litri di rifiuti condizionati;

presso la centrale del Garigliano sono stati condizionati 1,5 metri cubi di rifiuti metallici ad alta attività (terza categoria) già immagazzinati in apposita fossa; il materiale è stato cementificato in sei contenitori da 15 metri cubi.

Tutti i rifiuti così condizionati rimangono immagazzinati temporaneamente presso le centrali che li hanno prodotti, in attesa che si renda disponibile il sito nazionale di smaltimento.

Per quanto riguarda il combustibile irraggiato, come già accennato l'ENEL ha provveduto a far ritrattare all'estero circa 1.600 tonnellate di combustibile nucleare irraggiato nelle centrali di Latina e Trino.

L'ENEL ha da tempo adottato la strategia della disattivazione delle centrali, denominata safe-store, articolata nelle seguenti fasi:

terminazione dell'esercizio;

smantellamento finale dei sistemi e delle strutture attivate o ancora contaminate, con il condizionamento dei materiali di risulta in forma idonea all'invio al sito nazionale di stoccaggio;

rilascio finale del sito, previa verifica radiologica finale.

Le attività già condotte o in corso presso le centrali ENEL rientrano nelle prime tre fasi.

## 2.6) Programma operativo dell'ENEL e dell'ENEA per la sistemazione del combustibile irraggiato.

L'ENEL sta attualmente migliorando i propri programmi operativi di gestione del combustibile nucleare esaurito, ancora presente in Italia, alla decisione di non procedere ulteriormente al ritrattamento (fatta salva la quota necessaria per esaurire i contratti di ritrattamento in essere), ritenendo conveniente considerare gli stessi elementi come rifiuti da condizionare e smaltire piuttosto che trasferire il problema alla gestione dei rifiuti risultanti dal ritrattamento ed optando per una strategia di stoccaggio a secco.

La strategia elaborata dall'ENEL prevede lo stoccaggio temporaneo degli elementi prima presso le centrali di origine e poi nella futura struttura da realizzare nel centro di deposito nazionale.

Nell'ottica delineata, il programma operativo dell'ENEL prevede l'esaurimento del contratto di ritrattamento in essere attraverso il trasferimento all'estero, a partire dal duemila, dei 259 elementi di combustibile della centrale del Garigliano attualmente stoccati presso le piscine dell'impianto « Avogadro » (Saluggia). Questa scelta tiene

conto anche dell'esigenza di liberare la piscina dell'impianto « Avogadro » per motivi di sicurezza.

Sulla base della strategia descritta, in una prima fase il problema della sistemazione del combustibile esaurito si riduce allo stoccaggio temporaneo a secco di 1.191 elementi di combustibile, di cui 1.032 tipo Carso, 96 tipo Trino e 63 tipo Garigliano. Nell'ambito delle tecnologie disponibili l'ENEL ha apportato per l'adozione di contenitori metallici (*casks*) in grado di garantire lo stoccaggio temporaneo a secco di condizioni di sicurezza estremamente elevate e con impatto ambientale praticamente nullo.

L'ENEL ha sviluppato un programma temporale in base al quale il trasferimento del combustibile in contenitori a secco potrà essere completato a Trino entro la fine del 2001 (fine 2002 includendo anche il combustibile proveniente da Saluggia) e a Caorso entro la fine del 2004. La sistemazione dei *casks* consentirà di liberare le centrali di Trino e Caorso da qualunque vincolo al *decommissioning* derivante dalla presenza del combustibile esaurito nell'edificio del reattore.

Va ricordato che l'ENEL dovrà farsi carico in futuro di gestire la sistemazione anche del combustibile di sua proprietà (131 elementi di combustibile fresco e 121 di combustibile irraggiato), proveniente dalla centrale Superphenix di Creys-Malville, e dei rifiuti vetrificati che rientreranno in Italia come risultato del ritrattamento di tutto il combustibile inviato all'estero.

La strategia di stoccaggio a secco del combustibile esaurito è stata assunta anche dall'ENEA come soluzione di riferimento per la sistemazione temporanea del combustibile irraggiato tuttora in suo possesso: 52 elementi cruciformi tipo Trino (Saluggia), 64 elementi tipo Elk River (Trisaia), 1 elemento tipo Garigliano (Saluggia).

Per la gestione del combustibile esaurito — la cui evacuazione delle piscine di stoccaggio costituisce una preconditione per lo smantellamento degli impianti ospitanti — anche l'ENEA ha adottato, quale soluzione di riferimento, per lo stoccaggio temporaneo a secco in contenitori licenziati per lo stoccaggio e il trasporto. In quest'ottica è stato stipulato con la società francese TN un contratto per la fornitura di un contenitore tipo TN24 da installare presso l'impianto ITREC, di capacità sufficiente a contenere tutti i 64 elementi tipo Elk River. Inoltre per contenere tutti i 52 elementi tipo Trino e l'unico elemento tipo Garigliano è prevista l'acquisizione di un secondo contenitore dello stesso tipo.

Per quanto riguarda gli elementi Elk River l'ENEA sta attualmente esplorando in alternativa la possibilità di restituire il combustibile agli USA — così come si è fatto per il combustibile MTR (operazione completata nel febbraio 1998) e si farà in futuro per il combustibile del reattore TRIGA — nell'ambito della politica di ritiro del combustibile per reattori di ricerca di origine americana del DOE.

L'immagazzinamento a secco dei combustibili irraggiati attualmente detenuti dall'ENEA consentirà di evacuare le piscine di stoccaggio degli impianti EUREX e ITREC entro un periodo di quattro o cinque anni.

Al fine di ridurre al minimo il numero dei siti presso i quali è ospitato il combustibile irraggiato, l'ENEL ha offerto la propria disponibilità ad ospitare provvisoriamente anche i contenitori ENEA

presso la centrale di Trino, in attesa della realizzazione del centro nazionale di stoccaggio.

#### 2.7) Programma operativo dell'ENEA e dell'ENEL per la sistemazione dei materiali nucleari.

Presso i depositi dei centri ENEA di Casaccia, Saluggia e Trisaia e della società partecipata FN spa sono attualmente in giacenza materiali nucleari non irraggiati (uranio depleto, uranio naturale, uranio arricchito e torio), plutonio ed una soluzione di nitrato di torio ed uranile (prodotto finito) proveniente dal ritrattamento di venti elementi di combustibile tipo Elk River. La disattivazione dei depositi richiede il trasferimento dei materiali — previo trattamento, se del caso — presso altri centri o, come soluzione definitiva, la cessione degli stessi materiali ad operatori esteri.

L'opzione di riferimento per la soluzione di nitrati misti di uranio 235, uranio 233 e torio e la solidificazione in forma di ossidi misti mediante apposita installazione da costruire presso l'impianto ITREC. In alternativa si sta esplorando la possibilità di far eseguire l'operazione presso un impianto estero qualificato. In ogni caso l'ossido misto risultante sarà gestito come gli elementi di combustibile tipo Elk River.

L'ENEL si sta facendo attualmente carico dell'alienazione del combustibile non irraggiato tuttora presente presso le centrali nucleari, nonché dell'uranio depleto e del plutonio derivanti dal ritrattamento del combustibile esaurito a suo tempo inviato all'estero e di prossimo rientro in Italia.

#### 2.8) Programma operativo dell'ENEA per la sistemazione dei rifiuti radioattivi.

Presso i centri ENEA di Saluggia e Trisaia sono immagazzinati rifiuti radioattivi solidi e liquidi provenienti dalle lavorazioni pregresse e dalle operazioni di smantellamento già avviate o completate. Presso il centro della Casaccia, oltre a rifiuti solidi e liquidi situati presso l'impianto « laboratorio plutonio » (IPU), sono depositati nell'area di stoccaggio gestita dalla società partecipata Nucleo rifiuti radioattivi provenienti in parte dagli impianti nucleari dello stesso centro e in parte dall'esterno (ospedali, centri di ricerca, università).

I programmi di trattamento e di sistemazione predisposti dall'ENEA sono descritti nel seguito.

##### Rifiuti liquidi ad alta radioattività.

Per il trattamento dei rifiuti liquidi del centro della Saluggia è in corso di realizzazione, all'interno dell'impianto EUREX, un sistema di vetrificazione denominato CORA (Condizionamento rifiuti radioattivi). Dopo l'entrata in funzione a caldo dell'impianto (prevista entro il 2003) la campagna di vetrificazione durerà tre anni. I rifiuti liquidi ancora esistenti presso il centro della Trisaia (tre metri cubi) saranno trattati in loco con il sistema SIRTE-MOWA installato presso l'impianto

ITREC. Completata l'ottimizzazione dell'impianto, è imminente l'avvio della campagna di cementazione, che terminerà nel 1999.

Rifiuti liquidi a bassa e media radioattività.

Per la sistemazione dei rifiuti liquidi a bassa e media radioattività è previsto il ricorso alla cementazione in grado di produrre manufatti adatti allo smaltimento superficiale.

Nel mese di giugno 1998 è stata completata la campagna di cementazione degli 80 metri cubi di rifiuti liquidi a bassa e media radioattività giacenti presso il centro della Trisaia, nell'impianto SIR-TE-MOWA, con la produzione di 433 fusti di manufatti certificati dall'ANPA.

Rifiuti solidi a bassa e media radioattività.

Il trattamento previsto per i rifiuti solidi a bassa e media attività compattabili è la supercompattazione con successivo inglobamento in matrice cementizia per lo smaltimento definitivo. Tale trattamento sarà effettuato in parte con l'impiego di unità mobili (superpresse) della società Nucleco, ed in parte presso il centro della Casaccia, nell'impianto ICS42 dell'ENEA gestito dalla società Nucleco.

Rifiuti solidi ad alta radioattività.

Per i rifiuti solidi ad alta radioattività è allo studio la tecnologia di trattamento e condizionamento più appropriata dato che si tratta di materiale eterogeneo proveniente da diverse lavorazioni. Per tali rifiuti è comunque preso in considerazione un condizionamento finale in forma di manufatto cementizio.

## 2.9) Programma operativo dell'ENEL per la sistemazione dei rifiuti radioattivi.

Presso le centrali nucleari dell'ENEL sono immagazzinati rifiuti radioattivi di processo derivanti dallo svolgimento delle normali operazioni di esercizio e manutenzione. Si tratta in massima parte di rifiuti a bassa e media radioattività costituiti da residui tecnologici (solidi secchi, indumenti, lamierini metallici, materiale vario di consumo), resine, fanghi e concentrati.

Le metodiche di trattamento seguite dall'ENEL prevedono la riduzione di volume dei rifiuti mediante supercompattazione o incenerimento e il successivo condizionamento in fusti metallici, i quali sono immagazzinati temporaneamente presso le centrali in attesa che si renda disponibile il centro nazionale di smaltimento.

Per quanto riguarda la gestione dei rifiuti radioattivi ancora non sottoposti a trattamento, l'ENEL persegue una strategia composita:

il trattamento dei 200 metri cubi di rifiuti metallici ad alta attività della centrale di Latina (alette degli elementi di combustibile) è previsto nel breve termine, essendo attualmente in corso di individuazione il processo di condizionamento da adottare;

il trattamento delle resine ad alta attività della centrale di Trino è previsto nel breve termine, essendo stata nel frattempo completata la qualificazione del processo di condizionamento;

il condizionamento degli altri rifiuti ad alta attività è differito all'epoca dello smantellamento delle centrali, onde poter essere condotto contestualmente con il trattamento dei rifiuti ad alta attività derivanti dallo smantellamento;

i rifiuti solidi a bassissima radioattività non saranno condizionati, ma immagazzinati in condizioni di sicurezza fino al decadimento al di sotto dei limiti di rilascio incondizionato, limiti che dovranno essere stabiliti dalle autorità competenti.

L'ENEL ha recentemente avviato uno studio di fattibilità tecnico-economica per la realizzazione di un sistema mobile per il trattamento dei rifiuti, facendo riferimento alla tecnologia della termodistruzione ad alta temperatura. Questa tecnologia dovrebbe assicurare la massima riduzione dei volumi ed una notevole stabilità dei rifiuti condizionati (vetrificati).

#### 2.10) Programma operativo dell'ENEA e dell'ENEL per la disattivazione degli impianti nucleari.

Gli interventi programmati dall'ENEA sugli impianti non più operativi del ciclo del combustibile nucleare sono finalizzati alla loro disattivazione e al recupero delle strutture e degli spazi destinabili ad altri impieghi. Il processo di disattivazione previsto varia da impianto a impianto. Per alcuni impianti (ISTEC, UF6, IFEC) è stata già realizzata la completa disattivazione con il rilascio incondizionato e il reimpiego delle aree. Restano da disattivare gli impianti EUREX, ITREC, IPU, OPEC ed il laboratorio radiochimico CIII43, per i quali si deve tuttavia tenere conto della loro funzionalità all'attuazione dei piani di trattamento, condizionamento e stoccaggio temporaneo dei rifiuti radioattivi e delle stesse operazioni di smantellamento degli impianti.

Impianto OPEC (laboratorio celle calde). Le attività di disattivazione dell'impianto, iniziate a partire dal 1990, hanno portato all'incapsulamento del combustibile irraggiato giacente, allo smantellamento completo delle attrezzature e alla successiva decontaminazione delle tre celle dell'impianto OPEC-1. Per il laboratorio OPEC-1 è prevista la destinazione a deposito temporaneo del materiale nucleare attualmente detenuto, per il laboratorio OPEC-2, si prevede la trasformazione in deposito temporaneo per lo stoccaggio di grandi sorgenti terapeutiche obsolete, preparati radiferi e manufatti contenenti Pu in attesa del trasferimento al centro nazionale di smaltimento.

Impianto «laboratorio plutonio» (IPU). Dal 1990 ad oggi l'impianto IPU è stato interessato da approfonditi interventi di inventariamento, caratterizzazione, declassificazione, isolamento, concentrazione, riduzione di volume e stoccaggio dei materiali e dei rifiuti solidi e liquidi giacenti, propedeutici alla disattivazione. Nell'impianto è in corso di completamento un'infrastruttura, denominata ASSO, per le