

GESTIONE DEI RIFIUTI RADIOATTIVI

I. INTRODUZIONE

I.1 Premessa

I principi fondamentali a cui si deve far riferimento per la gestione dei rifiuti radioattivi sono quelli della protezione sanitaria delle popolazioni e dei lavoratori, e della preservazione dell'ambiente, tenendo anche conto dell'impatto sulle generazioni future.

I rifiuti radioattivi prodotti nell'impiego pacifico dell'energia nucleare si presentano sotto varie forme ed il loro contenuto di attività può variare entro limiti molto estesi; le radiazioni emesse inoltre sono di natura diversa (α , β , γ e n) e di diversa energia, così come diversi sono i tempi di dimezzamento: da tali diversità discende la necessità di una gestione differenziata dei rifiuti stessi. Tale gestione, che comprende la raccolta, la cernita, il trattamento e condizionamento, il deposito temporaneo, il trasporto e lo smaltimento, risulta strettamente connessa anche con la scelta dei processi e con la progettazione degli impianti che generano i rifiuti radioattivi, poiché questi possono influenzare notevolmente la natura e le quantità prodotte.

I.2 Obiettivi e campo di applicazione

La presente Guida Tecnica è volta a precisare i criteri che debbono essere rispettati per una corretta gestione dei rifiuti radioattivi.

In essa i rifiuti sono classificati in tre categorie cui corrispondono tempi diversi per il loro confinamento e diverse strategie di gestione.

Vengono in particolare fornite indicazioni per le prime due delle tre categorie e sono inoltre contenute alcune indicazioni generali per la terza categoria riguardante i rifiuti che richiedono tempi di confinamento dell'ordine di centinaia di migliaia di anni.

La presente Guida Tecnica si applica ai rifiuti radioattivi prodotti nelle attività disciplinate dalle norme di legge vigenti sull'impiego pacifico dell'energia nucleare; non si applica ai rifiuti aeriformi e ai rifiuti liquidi che vengono smaltiti nell'ambiente sotto forma di affluenti.

I.3 Definizioni

Ai fini della presente Guida Tecnica valgono le seguenti definizioni:

Rifiuto radioattivo: materiale o utilizzato nell'impiego pacifico dell'energia nucleare contenente sostanze radioattive e per il quale non è previsto il riutilizzo; non sono da computarsi i radionuclidi delle famiglie dell'uranio e del torio naturalmente presenti nei materiali, purché in concentrazioni inferiori a quelle stabilite dal Consiglio delle Comunità Europee ai sensi dell'art. 197 del Trattato Istitutivo della Comunità Europea dell'Energia Atomica; non sono altresì da considerarsi rifiuti radioattivi gli elementi di combustibile irraggiato.

Condizionamento: processo effettuato con l'impiego di un agente solidificante all'interno di un contenitore allo scopo di produrre un manufatto (rifiuti radioattivi condizionati +

contenitore) nel quale i radionuclidi sono inglobati in una matrice solida al fine di limitarne la mobilità potenziale.

Confinamento: segregazione dei radionuclidi nella biosfera con limitazione di un loro rilascio al di sotto di quantità e concentrazioni ritenute accettabili.

Deposito di smaltimento: struttura naturale e/o artificiale adibita alla sistemazione di rifiuti radioattivi ai fini dello smaltimento.

Inglobamento: condizionamento dei rifiuti radioattivi solidi con la produzione di una matrice solida eterogenea.

Solidificazione: condizionamento dei rifiuti radioattivi liquidi o semiliquidi con la produzione di una matrice solida omogenea.

Trattamento: complesso di operazioni che mediante l'applicazione di processi fisici e/o chimici, modificano la forma fisica e/o la composizione chimica dei rifiuti radioattivi con l'obiettivo principale di operare una riduzione del volume e/o di preparare i rifiuti radioattivi alla successiva fase di condizionamento.

II. CRITERI

II.1 Radioprotezione e protezione dell'ambiente

Le dosi individuali e collettive alla popolazione e ai lavoratori derivanti dalla gestione dei rifiuti radioattivi devono essere ridotte al livello più basso ragionevolmente ottenibile, tenendo conto di fattori economici e sociali e dell'impatto sulle generazioni future. Deve inoltre essere limitato il possibile impatto sull'ambiente tenendo conto, oltre che degli aspetti radiologici, anche di tutti gli aspetti che hanno o possono avere una rilevanza per la preservazione della qualità dell'ambiente e per gli usi attuali e futuri del territorio.

II.2 Riduzione della quantità di rifiuti prodotti e riduzione del volume

Debbono essere adottati adeguati provvedimenti atti a:

- a. ridurre la produzione dei rifiuti radioattivi all'origine, in termini di massa, volume e attività;
- b. ridurre il volume dei rifiuti radioattivi prodotti mediante selezione di specifici processi di trattamento, anche in relazione alla prevista soluzione di smaltimento.

Tutti gli aspetti tecnici, gestionali, amministrativi, che hanno o possono avere una precisa rispondenza sulle quantità di rifiuti radioattivi generate e sulla loro riduzione di volume e che possono riguardare le fasi di progettazione tecnica e/o modalità operativa di impianti o apparecchiature, di pianificazione di servizi, di selezione di processi, ecc. devono essere anche a tal fine ottimizzati.

II.3 Classificazione dei rifiuti radioattivi

I rifiuti radioattivi sono classificati in tre categorie in relazione alle caratteristiche tecniche e alle concentrazioni dei radioisotopi contenuti. A ciascuna categoria corrispondono diverse modalità di gestione e, in particolare, diverse soluzioni di smaltimento.

II.3.1 Prima categoria

Sono classificati in prima categoria i rifiuti radioattivi che richiedono tempi dell'ordine di mesi, sino ad un tempo massimo di alcuni anni, per decadere a concentrazioni di radioattività inferiori ai valori di cui ai commi b) e c) del punto 2 dell'art. 6 del D.M. 14 luglio 1970, e quelli contenenti radionuclidi a lungo periodo di dimezzamento purché in concentrazioni inferiori a tali valori.

Questi rifiuti hanno origine essenzialmente dagli impieghi medici e di ricerca scientifica, dove i radionuclidi utilizzati (tranne alcuni casi specifici quali quelli del ^3H e del ^{14}C) sono caratterizzati da tempi di dimezzamento relativamente brevi (inferiori a 1 anno) e, nella maggior parte dei casi, inferiori ai 2 mesi.

II.3.2 Seconda categoria

Sono classificati in seconda categoria i rifiuti che richiedono tempi variabili da qualche decina fino ad alcune centinaia di anni per raggiungere concentrazioni di radioattività dell'ordine di alcune centinaia di Bq/g (una decina di nCi/g) nonché quei rifiuti contenenti radionuclidi a vita molto lunga purché in concentrazioni di tale ordine. Questi rifiuti sono in particolare caratterizzati da una concentrazione di radioattività tale che, a seguito di eventuali processi di trattamento e condizionamento cui potranno essere sottoposti i rifiuti, non si abbia il superamento, all'atto dello smaltimento, dei valori indicati in tabella 1.

In questa categoria rientrano in gran parte i rifiuti provenienti da particolari cicli di produzione degli impianti nucleari e soprattutto dalle centrali elettronucleari di potenza nonché da alcuni particolari impieghi medici, industriali e di ricerca scientifica.

Vi rientrano, inoltre, anche alcune parti e componenti di impianto derivanti dalle operazioni di "decommissioning" degli impianti nucleari.

II.3.3 Terza categoria

Sono classificati in terza categoria tutti i rifiuti che non appartengono alle categorie precedenti. A questa categoria appartengono in particolare i rifiuti radioattivi che richiedono tempi dell'ordine di migliaia di anni ed oltre per raggiungere concentrazioni di radioattività dell'ordine di alcune centinaia di Bq/g (una decina di nCi/g).

In tale categoria rientrano in particolare:

- i rifiuti liquidi ad elevata attività specifica derivanti dal primo ciclo di estrazione degli impianti di riprocessamento (o liquidi equivalenti) ed i solidi in cui questi liquidi possono essere convertiti;
- i rifiuti contenenti emettitori di alfa e neutroni provenienti essenzialmente dai laboratori di ricerca scientifica, da usi medici ed industriali, dagli impianti di fabbricazione degli elementi di combustibile ad ossido misto e dagli impianti di riprocessamento.

II.4 Gestione dei rifiuti della prima categoria

I rifiuti classificati in prima categoria devono essere conservati in apposito deposito per un periodo di tempo sufficiente al raggiungimento di valori di concentrazione inferiori a quelli di cui al precedente paragrafo II.3.1.

Qualora siano presenti radionuclidi con tempi di dimezzamento diversi, si dovrebbe prevedere una raccolta differenziata sul luogo di produzione al fine di ottimizzare la permanenza nel deposito. Ove questo non sia possibile, sono i rifiuti a tempo di dimezzamento più lungo che determinano la permanenza nel deposito.

I rifiuti devono essere conservati nel deposito in contenitori atti a garantirne il contenimento, anche tenendo conto dei processi di interazione chimico-fisica fra rifiuto e contenitore.

Al fine di ridurre eventuali problemi di contaminazione del contenitore, nel caso di suo previsto riutilizzo, è opportuno che i rifiuti vengano raccolti in un ulteriore sistema di contenimento (ad es. sacchi di plastica).

I livelli di irraggiamento esterno e di contaminazione superficiale, relativamente ai contenitori e al locale di deposito, devono essere conformi alla classificazione del locale e dei lavoratori.

Qualora sia previsto il trasporto di questi rifiuti devono altresì essere soddisfatti i requisiti posti dalla normativa relativa al trasporto di materie radioattive, sia per quel che riguarda le attività trasportate che i contenitori.

Deve essere istituito un sistema di registrazione che indichi, per ogni contenitore: i radionuclidi presenti, le attività e la concentrazione, la data di fine raccolta dei rifiuti, la loro provenienza, e la data prevista per lo smaltimento.

Tali dati, o comunque un inequivocabile riferimento ad essi, devono essere indicati sul contenitore.

Per la valutazione delle concentrazioni possono essere adottati anche metodi indiretti, purché di dimostrata affidabilità.

Il locale da adibire al deposito dei contenitori deve essere tale da garantire:

- a. la protezione dagli agenti meteorici e dall'allagamento;
- b. una opportuna prevenzione e protezione contro l'incendio;
- c. la non accessibilità da parte dei non addetti.

Allorché le concentrazioni di radioattività siano scese a valori inferiori a quelli di cui al precedente paragrafo II.3.1, i rifiuti possono essere smaltiti nel rispetto delle norme di cui al DPR n. 915 del 10 settembre 1982.

II.5 Gestione dei rifiuti della seconda categoria

I criteri di seguito indicati sono riferiti a soluzioni di smaltimento nei fondali oceanici o su terraferma, in superficie o a piccole profondità; la maggior parte di essi è inoltre applicabile anche ad altri tipi di smaltimento su terraferma, quali lo smaltimento in miniere abbandonate, cavità rocciose naturali, ecc.

II.5.1 Criteri di radioprotezione e protezione dell'ambiente

Lo smaltimento sulla terraferma dei rifiuti radioattivi deve avvenire nel rispetto degli obiettivi di cui al capitolo II.1.

In particolare l'esposizione presente e futura degli individui dei gruppi di riferimento della popolazione non deve essere superiore al valore individuato come obiettivo di progetto per altri tipi di impianto. Tale valore, che corrisponde ad un equivalente di dose efficace annuo

di 0.1 mSv (10 mrem), rappresenta una piccola frazione dell'esposizione dovuta al fondo medio naturale di radiazione.

Tali obiettivi devono essere perseguiti attraverso la selezione di requisiti tecnici idonei a carico dei rifiuti, del deposito e del relativo sito di smaltimento, nonché attraverso provvedimenti gestionali da prevedere già in fase di progettazione del deposito di smaltimento e di pianificazione delle procedure per la gestione dei rifiuti stessi.

II.5.2 Requisiti per i rifiuti radioattivi ai fini dello smaltimento

I rifiuti radioattivi appartenenti alla seconda categoria, ad eccezione di quanto riportato nel paragrafo II.5.3., devono essere sottoposti, dopo eventuale trattamento, a specifici processi di condizionamento. Ciò comporta la solidificazione dei rifiuti liquidi e semiliquidi e l'inglobamento dei rifiuti solidi.

Nella definizione (progettazione ed esercizio) dei sistemi di condizionamento, fermo restando le esigenze di ordine radioprotezionistico ed il criterio di cui al punto II.2 b) relativo alla riduzione dei volumi, va considerato quanto segue:

- a. il condizionamento dei rifiuti radioattivi deve realizzarsi in una fase temporale quanto più prossima possibile alla fase di produzione;
- b. vanno messe in atto nella misura ragionevolmente possibile le tecniche che fanno ricorso ad una miscelazione delle diverse correnti di rifiuti e che risultano in una diminuzione dei volumi dei rifiuti condizionati.

La concentrazione dei radionuclidi in un rifiuto condizionato non deve essere superiore ai limiti riportati nella tabella 1.

Il rispetto di tali limiti è temporaneamente riferito alla fase di smaltimento ma è richiesto che, per quanto possibile, tali limiti siano rispettati anche per il manufatto al termine del processo di condizionamento. A tale proposito è consentito che, nel quadro più generale di un bilanciamento con il requisito di minimizzazione dei volumi, la concentrazione di radioattività nei manufatti al termine del processo di condizionamento possa in alcuni casi superare i limiti di cui sopra. In tali casi specifici va fornita, a supporto del periodo temporale di stoccaggio prospettato, una chiara dimostrazione dell'adeguatezza, in termini di capacità e di caratteristiche (v. punto II.5.9), del deposito temporaneo che si intende utilizzare: il periodo temporale di stoccaggio assunto ai fini della valutazione delle concentrazioni di radioattività non può in ogni caso essere superiore a 10 anni.

I limiti di cui alla tabella 1, che non eccedono i limiti di concentrazione previsti nella normativa NEA per l'affondamento in mare, si intendono di norma riferiti all'intero volume monolitico in cui il materiale radioattivo è distribuito; sono pertanto di norma esclusi dal computo del peso complessivo gli strati di materiale a cui possono attribuirsi funzioni di schermaggio e altre funzioni che non siano quelle relative alla solidificazione e inglobamento del materiale radioattivo stesso. Analogamente, nel caso in inglobamento di rifiuti solidi di notevoli dimensioni il computo delle attività specifiche ai fini del rispetto dei valori della tabella 1 va riferito alla massa del rifiuto solido e non all'intera massa del manufatto.

Qualora nel rifiuto da smaltire siano presenti più radionuclidi, i limiti della tabella 1 sono rispettati quando la somma dei quozienti ottenuti dividendo la concentrazione dei singoli radionuclidi presenti nel rifiuto per il corrispondente limite riportato nella tabella 1 non è superiore ad 1.

I metodi impiegati per la valutazione delle concentrazioni dei manufatti, possono essere diretti o indiretti, ma comunque tali da consentire una verifica del rispetto dei limiti riportati nella tabella 1.

TABELLA 1 - LIMITI DI CONCENTRAZIONE PER RIFIUTI RADIOATTIVI DELLA SECONDA CATEGORIA CONDIZIONATI AI FINI DELLO SMALTIMENTO

RADIONUCLIDI	CONCENTRAZIONE
α emettitori $t_{1/2} > 5$ anni	* 370 Bq/g (10 nCi/g)
β/γ emettitori $t_{1/2} > 100$ anni	* 370 Bq/g (10 nCi/g)
β/γ emettitori $t_{1/2} > 100$ anni in metalli attivati	3.7 K Bq/g (100 nCi/g)
β/γ emettitori $5 < t_{1/2} = 100$	37 K Bq/g (1 μ Ci/g)
^{137}Cs e ^{90}Sr	3.7 M Bq/g (100 μ Ci/g)
^{60}Co	37 M Bq/g (1 mCi/g)
^3H	1.85 M Bq/g (50 μ Ci/g)
^{241}Pu	13 K Bq/g (350 nCi/g)
^{242}Cm	74 K Bq/g (2 μ Ci/g)
Radionuclidi $t_{1/2} = 5$ anni	37 M Bq/g (1 mCi/g)

* i valori sono da intendersi come valori medi riferiti alla totalità dei rifiuti contenuti nel deposito di smaltimento, tenendo presente che il valore limite per ciascun manufatto non può superare 3.7 KBq/g (100 nCi/g)

II.5.3 Rifiuti della seconda categoria che non necessitano di condizionamento ai fini dello smaltimento

I rifiuti di tipo solito secco che, anche a seguito di eventuali processi di trattamento finalizzati alla riduzione del volume, presentino concentrazioni di radioattività inferiori a quelle indicate in tab. 2 e che richiedono quindi tempi dell'ordine di pochi decenni per decadere a livelli dell'ordine di alcune centinaia di Bq/g (decine di nCi/g) possono essere smaltiti in terraferma, nel rispetto degli obiettivi di protezione sanitaria e dell'ambiente soprarichiamati, senza un loro preventivo condizionamento.

Tali rifiuti sono in genere costituiti da oggetti contaminati o leggermente attivati, quali ad esempio, stracci, carta, vestiario, attrezzi e componenti di origine e generi diversi.

La possibilità di smaltimento sulla terraferma di tali rifiuti è inoltre condizionata dalla loro natura fisica e chimica, dai processi di trattamento, dalle modalità e tecniche di confezionamento utilizzate, dall'assenza di liquidi liberi associati ai rifiuti confezionati.

I metodi impiegati per la lavorazione delle concentrazioni possono essere diretti o indiretti, ma comunque tali da consentire una verifica del rispetto dei limiti riportati nella tabella 2.

Questi rifiuti debbono essere posti in contenitori e, nel deposito di smaltimento, separati dai rifiuti di seconda categoria condizionati.

TABELLA 2 - LIMITI DI CONCENTRAZIONE PER RIFIUTI RADIOATTIVI DELLA SECONDA CATEGORIA NON CONDIZIONATI AI FINI DELLO SMALTIMENTO

RADIONUCLIDI	CONCENTRAZIONE
Radionuclidi $t_{1/2} > 5$ anni	370 Bq/g (10 nCi/g)
^{137}Cs e ^{90}Sr	740 Bq/g (20 nCi/g)
Radionuclidi $t_{1/2} = 5$ anni	18.5 K Bq/g (500 nCi/g)
^{60}Co	18.5 K Bq/g (500 nCi/g)

II.5.4 Condizionamento dei rifiuti radioattivi

I rifiuti condizionati devono presentare una serie di caratteristiche meccaniche, fisiche e chimiche che li rendano idonei allo smaltimento sulla terraferma.

I manufatti devono comunque rispettare tutti i requisiti di confezionamento richiesti dalla normativa NEA per l'affondamento in mare (Guidelines for sea dumping packages of radioactive wastes, NEA, Aprile 1979).

Nel processo di confezionamento debbono essere tenuti presenti, particolarmente nel caso di previsto trasporto alla rinfusa, i requisiti richiesti dalle norme in vigore sul trasporto nazionale e internazionale di materie radioattive cui i manufatti dovranno soddisfare all'atto della loro produzione, o direttamente, o mediante componenti aggiuntivi di schermatura. Il livello di irraggiamento esterno del manufatto senza l'ausilio di componenti aggiuntivi e rimovibili di schermatura, non deve comunque superare all'atto della produzione un equivalente di dose a contatto di 10 mSv/h (1 rem/h).

Vengono di seguito indicati i requisiti minimi che i rifiuti condizionati devono possedere, precisando in alcuni casi la normativa nazionale ed estera alla quale si può fare riferimento per la definizione dei requisiti o della modalità di esecuzione delle prove; le norme indicate possono essere sostituite da altre norme o procedure equivalenti.

a) *Resistenza alla compressione*

La resistenza alla compressione deve essere non inferiore a 500 N/cm². Per i materiali con caratteristiche elasto-plastiche la stessa deve essere valutata in corrispondenza del carico per il quale si ha una deformazione pari al 5% nel senso della compressione (le prove possono essere eseguite secondo le norme UNI per le prove distruttive sul calcestruzzo).

b) *Resistenza ai cicli termici*

Non devono osservarsi crepe e la resistenza a compressione deve mantenersi superiore al limite sopra indicato, a seguito di almeno 30 cicli termici di 24 ore da -40 °C + 40°C con una umidità relativa pari al 90%.

c) *Resistenza alle radiazioni*

La resistenza alla compressione deve mantenersi superiore al limite sopra indicato a seguito di esposizioni a 10⁶ Gy (10⁸ Rad) di radiazioni gamma.

d) *Resistenza al fuoco*

I rifiuti condizionati devono essere non combustibili od almeno autoestinguenti ai sensi della norma ASTM D 635-81.

e) *Lisciviabilità*

I rifiuti condizionati devono presentare una elevata resistenza alla lisciviazione. Le prove di lisciviabilità vanno effettuate con metodi di valutazione a lungo termine.

f) *Liquidi liberi*

I rifiuti condizionati devono essere esenti da liquidi liberi ai sensi della norma ANSI/ANS 55-1.

g) *Resistenza alla biodegradazione*

I rifiuti condizionati devono avere adeguate caratteristiche di resistenza alla biodegradazione mantenendo la resistenza alla compressione superiore al limite sopra indicato.

h) *Resistenza all'immersione*

L'immersione per 90 giorni in acqua dolce non deve dar luogo a rigonfiamenti né comportare una diminuzione della resistenza alla compressione rispetto al limite indicato.

La verifica del rispetto di tali requisiti deve essere inquadrata in un programma documentato di qualificazione e controllo (sviluppato a fronte dei criteri applicabili di Garanzia della Qualità della Guida Tecnica n. 8 dell'ENEA/DISP) del sistema di condizionamento che preveda una serie di prove di caratterizzazione alle quali devono essere sottoposti campioni di laboratorio o prototipi dei manufatti in opportuna scala simulanti i rifiuti condizionati. Il programma deve riguardare inoltre i metodi di valutazione della concentrazione di radioattività dei manufatti ed i criteri di progetto ed esercizio dell'impianto di condizionamento. Qualora le prove di caratterizzazione venissero effettuate su campioni di laboratorio, le caratteristiche di tali campioni devono essere correlate a quelle dei rifiuti condizionati in scala reale.

II.5.5 Contenitori per rifiuti radioattivi

I contenitori per rifiuti radioattivi devono garantire le seguenti funzioni:

- a. costituire una valida barriera per il contenimento delle sostanze radioattive durante le operazioni di riempimento, movimentazione e di eventuale stoccaggio nel deposito temporaneo;
- b. costituire, se del caso, uno schermo contro le radiazioni;
- c. garantire, per il trasporto, la tenuta secondo quanto previsto dalle prove standard stabilite a livello internazionale (ONU).

Il contenitore deve essere costruito con materiali di buona qualità compatibili con il contenuto e con il processo di condizionamento prescelto. Le caratteristiche meccaniche devono essere tali da garantire un'adeguata resistenza a fronte di urti o cadute che si possano verificare nell'impianto durante la movimentazione e il trasporto. Le superfici devono essere, ove necessario, facilmente decontaminabili.

Il contenitore deve, infine, fornire una adeguata resistenza alla corrosione della superficie esterna, essere, relativamente alla superficie interna, compatibile col processo di condizionamento ed avere una forma tale da facilitare le operazioni di movimentazione. Al fine di ottimizzare gli spazi disponibili e le attrezzature di movimentazione, devono essere utilizzati, per quanto possibile, in relazione ai precedenti punti a) e b), contenitori di tipo standard.

II.5.6 Schedatura ed etichettatura

Deve essere istituito un sistema di registrazione che preveda, per ciascun contenitore destinato allo smaltimento, le seguenti informazioni:

- a. ente produttore del manufatto;
- b. descrizione del manufatto e del contenitore: massa, dimensioni, densità;
- c. caratteristiche del rifiuto (ad es. resine a scambio ionico, vetreria di laboratorio, ecc.) e sua composizione chimica (ad es. calcio fluoruro, toluene, ecc.);
- d. agente solidificante (ad es. cemento, ecc.);
- e. attività totale α , β , γ e n (Bq);

- f. radionuclidi principali presenti nel rifiuto;
- g. concentrazioni di radioattività per i diversi gruppi di radionuclidi di cui alla tabella 1 (Bq/g);
- h. massimo livello di irraggiamento alla superficie del manufatto (mSv/h);
- i. livello di contaminazione superficiale trasferibile (Bq/m²);
- j. data di confezionamento del manufatto;
- k. sigla di identificazione.

La sigla di identificazione deve essere riportata in maniera indelebile sul contenitore.

II.5.7 Caratteristiche generali del sito di smaltimento sulla terraferma

Le caratteristiche idrogeologiche del sito devono essere tali da minimizzare la possibilità di lisciviazione dei rifiuti da parte delle acque sotterranee e del ritorno delle acque eventualmente contaminate in superficie o comunque nella biosfera.

Le caratteristiche climatiche, geografiche e geomorfologiche del sito devono essere tali da escludere significativi processi di erosione, specie ad opera di acque meteoriche e superficiali. Si devono anche escludere possibilità di dissesti (frane) ed inondazioni. Devono essere escluse le aree dove sono in atto significativi processi tettonici, sismici o vulcanici che possano compromettere il confinamento dei rifiuti.

Le caratteristiche geologiche e idrogeologiche del sito di smaltimento devono essere omogenee e tali da rendere rappresentative le osservazioni ed analisi svolte su di esso. Nella scelta del sito devono essere presi in considerazione gli usi del territorio, la presenza di attività pericolose, la presenza di opere suscettibili di modificare, a seguito di incidenti, le caratteristiche del sito stesso.

Ai fini del rispetto degli obiettivi di protezione sanitaria e della tutela dell'ambiente, devono essere previste sul sito di smaltimento e/o sul relativo deposito, opere ingegneristiche atte a prevenire o ritardare il contatto diretto fra rifiuti e ambiente ospitante, con conseguente possibile rilascio di radioattività. La progettazione di queste opere deve tendere ad evitare interventi di manutenzione.

II.5.8 Sorveglianza

Sul sito deve essere prevista una rete di monitoraggio ambientale. Un regime di sorveglianza ambientale deve essere mantenuto anche dopo che la capacità del sito ad accogliere rifiuti radioattivi da smaltire si è esaurita.

II.5.9 Deposito temporaneo

I rifiuti radioattivi condizionati ed i rifiuti di cui al paragrafo II.5.3 possono sostare in depositi temporanei in attesa di essere trasportati al sito di smaltimento.

Le caratteristiche dei depositi temporanei devono essere tali da garantire:

- a. ispezionabilità diretta o indiretta dei manufatti e dei rifiuti confezionati;
- b. protezione dei manufatti e dei rifiuti condizionati da agenti meteorici;

- c. protezione dei manufatti e dei rifiuti contro eventi esterni, quali ad es: trombe d'aria, sisma;
- d. sistemi di drenaggio sul pavimento con possibilità di raccolta e campionamento dei liquidi drenati;
- e. sistemi per la rivelazione e prevenzione di incendio commisurati al carico di fuoco esistente;
- f. non accessibilità da parte dei non addetti.

Devono inoltre essere messe in atto procedure amministrative che consentano il controllo dei rifiuti presenti (etichettatura, sistemi di registrazione dei rifiuti, etc.).

II.6 Gestione dei rifiuti della terza categoria

Ferma restando la necessità di effettuare analisi specifiche caso per caso, sono di seguito fornite alcune indicazioni per la gestione dei rifiuti della terza categoria, considerando in particolare:

- rifiuti liquidi o solidificati, contenenti emettitori β/γ ad elevata concentrazione di radioattività, provenienti dagli impianti di riprocessamento;
- rifiuti contenenti emettitori α e n , provenienti dal ciclo del combustibile e da laboratori di ricerca;
- sorgenti di radiazioni, contenenti emettitori α e n , quali parafulmini, rivelatori di fumo, etc.;
- sorgenti β/γ che non rientrano nella seconda categoria.

II.6.1 Rifiuti contenenti emettitori β/γ ad elevata concentrazione di radioattività

Per i rifiuti in forma liquida deve essere previsto il condizionamento sotto forma di rifiuti solidi entro un periodo di tempo riconosciuto idoneo mediante processi di vetrificazione o altri processi di condizionamento sufficientemente provati.

I rifiuti solidificati, in attesa della definizione di opportune soluzioni di smaltimento, devono essere conservati in depositi ingegneristici nei quali sia garantito il necessario smaltimento del calore tramite adeguati sistemi di raffreddamento ad aria o ad acqua.

II.6.2 Rifiuti contenenti α e n , provenienti dal ciclo del combustibile e da laboratori di ricerca scientifica

Nell'ambito dei rifiuti in oggetto si individuano, fra gli altri:

1. i rifiuti in forma liquida di diversa origine contenenti emettitori alfa;
2. i materiali di diversa origine contaminati da radionuclidi alfa emettitori;
3. le guaine e i componenti di assemblaggio derivanti dal riprocessamento degli elementi di combustibile irraggiati.

I rifiuti di cui ai punti 1. e 3. devono essere sottoposti a specifici processi di trattamento e

condizionamento. Le modalità e la natura di tali processi, le caratteristiche dei rifiuti condizionati e tutti gli altri aspetti che sono in relazione con l'intera gestione di tali rifiuti, incluso lo smaltimento, devono essere riconosciuti validi in relazione ai singoli casi in esame.

I rifiuti di cui al punto 2., riguardano materiali che possono essere di diversa natura e dimensione; per essi deve essere prevista la conservazione in contenitori capaci di garantire adeguata tenuta, resistenza meccanica e resistenza alla corrosione. La conservazione deve essere preceduta da una suddivisione dei rifiuti in base al contenuto di plutonio od altri radionuclidi di equivalente radiotossicità e/o in base alle caratteristiche di combustibilità, lisciviabilità, ecc. e, se del caso, da processi di trattamento finalizzati soprattutto alla riduzione del volume. I depositi temporanei di questi rifiuti devono avere le caratteristiche riportate al paragrafo II.5.9.

II.6.3 Sorgenti di radiazioni contenenti emettitori α e n

I rifiuti costituiti da sorgenti di radiazioni contenenti emettitori α e n , quali le sorgenti di Ra-226 utilizzate per i parafulmini radioattivi, le sorgenti di Am-241 utilizzate nei rilevatori di fumo, le sorgenti di Am-Be, ecc., devono essere condizionati con inglobamento in matrice cementizia, nel rispetto dei limiti di attività e degli altri requisiti stabiliti dalle norme NEA per l'affondamento in mare.

Le modalità del processo di condizionamento devono essere riconosciute valide in relazione ai singoli casi.

Per questi rifiuti le possibilità di smaltimento consistono nel confinamento in formazioni geologiche o nell'affondamento in mare.

I preparati di Ra-226 provenienti dall'uso terapeutico, tra i quali è previsto l'eventuale recupero, devono essere opportunamente conservati in contenitori metallici schermati.

II.6.4 Sorgenti di emettitori β/γ che non rientrano nella seconda categoria

Tali sorgenti devono essere condizionate con inglobamento in matrice cementizia (le modalità del processo di condizionamento devono essere riconosciute valide in relazione ai singoli casi) nel rispetto dei limiti di attività e degli altri requisiti stabiliti dalle Norme NEA per l'affondamento in mare.

Anche per esse le possibilità di smaltimento consistono nel confinamento in formazioni geologiche o nell'affondamento in mare.