

La gestione dei materiali radioattivi ai fini del riutilizzo, del riciclo o dello smaltimento

Adolfo Esposito
Radiation Protection Expert
adolfo.esposito@Inf.infn.it

Lo Stato italiano con la pubblicazione del D.Lgs.230/95 e successive modifiche ed integrazioni ha dato attuazione alle Direttive Europee in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i pericoli derivanti dalle radiazioni ionizzanti.

Il D.Lgs. 230/95 ha comportato cambiamenti ed innovazioni sostanziali anche per quanto attiene alle problematiche connesse con lo smaltimento riciclo e/o riutilizzo delle materie radioattive

Glossario di radioprotezione

Materia radioattiva:

sostanza o insieme di sostanze radioattive contemporaneamente presenti. Sono fatte salve le particolari definizioni per le materie fissili speciali, le materie grezze, i minerali quali definiti dall'art. 197 del trattato che istituisce la Comunità europea dell'energia atomica e cioè le materie fissili speciali, le materie grezze nonché i combustibili nucleari

D. Lgs. 230/95 e successive modifiche ed integrazioni, art. 4, comma 2, lettera s.

Rifiuti radioattivi:

qualsiasi materia radioattiva, ancorché contenuta in apparecchiature o dispositivi in genere, di cui non è previsto il riciclo o la riutilizzazione.

D. Lgs. 230/95 e successive modifiche ed integrazioni, art.4 comma 2, lettera i.

Gestione del rifiuti:

insieme delle operazioni riguardanti la raccolta, la cernita, il trattamento, il condizionamento, il deposito temporaneo, il trasporto, e lo smaltimento dei rifiuti radioattivi.

Smaltimento:

collocazione dei rifiuti, secondo modalità idonee, in un deposito, o in un determinato sito, senza intenzione di recuperarli.

D. Lgs. 230/95 e successive modifiche ed integrazioni, art.4 comma 3, lettera n.

Smaltimento nell'ambiente:

immissione pianificata di rifiuti radioattivi nell'ambiente in condizioni controllate, entro limiti autorizzati o stabiliti dalla legge.

Riutilizzazione:

la cessione deliberata di materiali ai soggetti di cui alla lettera g) al fine del loro reimpiego diretto, senza lavorazioni.

D. Lgs. 230/95 e successive modifiche ed integrazioni, art.4 comma 3, lettera h.

Riciclo:

la cessione deliberata di materiali radioattivi, consentita dalla legge, a soggetti non esercenti pratiche preventivamente autorizzate, al fine del reimpiego dei materiali stessi attraverso lavorazioni.

D. Lgs. 230/95 e successive modifiche ed integrazioni, art.4 comma 3, lettera g.

Criteri delle condizioni di applicazione delle disposizioni del D.Lgs.230/95 per le materie radioattive

Criteri di non rilevanza radiologica delle pratiche

In conformità ai criteri di base di cui all'art.2, una pratica può essere considerata, senza ulteriori motivazioni, priva di rilevanza radiologica, in particolare agli effetti di cui agli art. 30 e 154, purché i seguenti criteri siano congiuntamente soddisfatti in tutte le possibili situazioni:

- a) la dose efficace cui si prevede sia esposto un qualsiasi individuo della popolazione a causa della pratica esente è pari o inferiore a 10 μ Sv all'anno;
- b) la dose collettiva efficace impegnata nell'arco di un anno di esecuzione della pratica non è superiore a circa 1 Sv-persona, oppure una valutazione relativa all'ottimizzazione della protezione mostra che l'esenzione è l'opzione ottimale.

D. Lgs. 230/95 e successive modifiche ed integrazioni, Allegato I

“International Basic Safety Standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources” Safety series 115-I interim edition FAO, IAEA, ILO, NEA, OECD, PAHA, WHO

Materie radioattive

Sono soggette alle disposizioni del presente decreto le pratiche con materie radioattive artificiali o con materie radioattive naturali che siano, allorché di dette materie non si possa trascurare la radioattività e la concentrazione.

La radioattività e la concentrazione non possono essere trascurate allorché si verificano congiuntamente, per i radionuclidi costituenti le materie radioattive che le pratiche hanno per oggetto, le condizioni seguenti:

- a) la quantità totale di radioattività del radionuclide è uguale o superiore ai valori riportati nella Tabella I-1 del D. Lgs.230/95;**
- b) la concentrazione media del radionuclide, intesa come rapporto tra la quantità di radioattività del radionuclide e la massa della matrice in cui essa è contenuta, è uguale o superiore a 1 Bq/g.**

Radio nuclide	Quantità radioattività (Bq)	Radio nuclide	Quantità radioattività (Bq)	Radio nuclide	Quantità radioattività (Bq)	Radio nuclide	Quantità radioattività (Bq)	Radio nuclide	Quantità radioattività (Bq)
H-3	5·10 ⁶	Ni-59	5·10 ⁶	Zr-93+	5·10 ⁴	Te-123m	5·10 ⁵	Nd-147	5·10 ⁵
Be-7	5·10 ⁶	Ni-63	5·10 ⁶	Zr-95	5·10 ⁵	Te-125m	5·10 ⁵	Nd-149	1·10 ⁶
C-14	5·10 ⁹	Ni-65	1·10 ⁶	Zr-97+	1·10 ⁵	Te-127	1·10 ⁶	Pm-147	5·10 ⁵
O-15	5·10 ⁴	Cu-64	1·10 ⁶	Nb-93m	5·10 ⁵	Te-127m	5·10 ⁵	Pm-149	5·10 ⁵
F-18	1·10 ⁶	Zn-65	5·10 ⁵	Nb-94	5·10 ⁴	Te-129	1·10 ⁶	Sm-151	5·10 ⁴
Na-22	5·10 ⁵	Zn-69	1·10 ⁶	Nb-95	5·10 ⁵	Te-129m	5·10 ⁵	Sm-153	5·10 ⁵
Na-24	1·10 ⁵	Zn-69m	5·10 ⁵	Nb-97	1·10 ⁶	Te-131	1·10 ⁵	Eu-152	5·10 ⁴
Si-31	1·10 ⁶	Ga-72	1·10 ⁵	Nb-98	1·10 ⁵	Te-131m	5·10 ⁵	Eu-152m	5·10 ⁵
P-32	1·10 ⁵	Ge-71	5·10 ⁶	Mo-90	5·10 ⁵	Te-132	5·10 ⁵	Eu-154	5·10 ⁴
P-33	5·10 ⁵	As-73	5·10 ⁵	Mo-93	5·10 ⁵	Te-133	1·10 ⁵	Eu-155	5·10 ⁴
S-35	5·10 ⁶	As-74	5·10 ⁵	Mo-99	5·10 ⁵	Te-133m	1·10 ⁵	Gd-153	5·10 ⁵
Cl-36	5·10 ⁵	As-76	1·10 ⁵	Mo-101	1·10 ⁶	Te-134	1·10 ⁶	Gd-159	5·10 ⁵
Cl-38	1·10 ⁵	As-77	5·10 ⁵	Tc-96	5·10 ⁵	I-123	5·10 ⁵	Tb-160	5·10 ⁵
Ar-37	5·10 ⁶	Se-75	5·10 ⁵	Tc-96m	5·10 ⁶	I-125	5·10 ⁴	Dy-165	1·10 ⁶
Ar-41	5·10 ⁵	Br-82	5·10 ⁵	Tc-97m	5·10 ⁵	I-126	5·10 ⁴	Dy-166	5·10 ⁵
K-40	1·10 ⁶	Kr-74	5·10 ⁵	Tc-97	5·10 ⁶	I-129	1·10 ⁵	Ho-166	1·10 ⁵
K-42	5·10 ⁵	Kr-76	5·10 ⁶	Tc-99	5·10 ⁶	I-130	5·10 ⁵	Er-169	5·10 ⁵
K-43	5·10 ⁵	Kr-77	5·10 ⁵	Tc-99m	5·10 ⁶	I-131	5·10 ⁴	Er-171	5·10 ⁵
Ca-45	5·10 ⁵	Kr-79	1·10 ⁵	Ru-97	5·10 ⁵	I-132	1·10 ⁵	Tm-170	5·10 ⁵
Ca-47	5·10 ⁵	Kr-81	5·10 ⁶	Ru-103	5·10 ⁵	I-133	5·10 ⁵	Tm-171	5·10 ⁵
Sc-46	5·10 ⁵	Kr-83m	5·10 ⁶	Ru-105	5·10 ⁵	I-134	1·10 ⁵	Yb-175	5·10 ⁵
Sc-47	5·10 ⁵	Kr-85	1·10 ⁴	Ru-106+	5·10 ⁴	I-135	5·10 ⁵	Lu-177	5·10 ⁵
Sc-48	1·10 ⁵	Kr-85m	5·10 ⁶	Rh-103m	5·10 ⁶	Xe-131m	1·10 ⁴	Hf-181	5·10 ⁵
V-48	1·10 ⁵	Kr-87	5·10 ⁵	Rh-105	5·10 ⁵	Xe-133	1·10 ⁴	Ta-182	1·10 ⁴
Cr-51	5·10 ⁶	Kr-88	5·10 ⁵	Pd-103	5·10 ⁵	Xe-135	5·10 ⁶	W-181	5·10 ⁶
Mn-51	1·10 ⁵	Rb-86	1·10 ⁵	Pd-109	5·10 ⁵	Cs-129	1·10 ⁵	W-185	5·10 ⁵
Mn-52	1·10 ⁵	Sr-85	5·10 ⁵	Ag-105	5·10 ⁵	Cs-131	1·10 ⁶	W-187	5·10 ⁵
Mn-52m	1·10 ⁵	Sr-85m	5·10 ⁶	Ag-108m+	5·10 ⁴	Cs-132	1·10 ⁵	Re-186	5·10 ⁵
Mn-53	5·10 ⁶	Sr-87m	1·10 ⁶	Ag-110m	5·10 ⁴	Cs-134	1·10 ⁴	Re-188	1·10 ⁵
Mn-54	5·10 ⁵	Sr-89	5·10 ⁵	Ag-111	5·10 ⁵	Cs-134m	1·10 ⁵	Os-185	5·10 ⁵
Mn-56	1·10 ⁵	Sr-90+	1·10 ⁴	Cd-109	5·10 ⁴	Cs-135	5·10 ⁶	Os-191	5·10 ⁵
Fe-52	5·10 ⁵	Sr-91	1·10 ⁵	Cd-115	5·10 ⁵	Cs-136	1·10 ⁵	Os-191m	5·10 ⁶
Fe-55	5·10 ⁵	Sr-92	5·10 ⁵	Cd-115m	5·10 ⁴	Cs-137+	1·10 ⁴	Os-193	5·10 ⁵
Fe-59	5·10 ⁵	Y-90	1·10 ⁵	In-111	5·10 ⁵	Cs-138	1·10 ⁴	Ir-190	5·10 ⁵
Co-55	5·10 ⁵	Y-91	5·10 ⁴	In-113m	1·10 ⁶	Ba-131	5·10 ⁵	Ir-192	1·10 ⁴
Co-56	1·10 ⁵	Y-91m	1·10 ⁶	In-114m	5·10 ⁴	Ba-140+	1·10 ⁵	Ir-194	1·10 ⁵
Co-57	5·10 ⁵	Y-92	1·10 ⁵	In-115m	1·10 ⁶	La-140	1·10 ⁵	Pt-191	5·10 ⁵
Co-58	5·10 ⁵	Y-93	1·10 ⁵	Sn-113	5·10 ⁵	Ce-139	5·10 ⁵	Pt-193m	5·10 ⁵
Co-58m	5·10 ⁶			Sn-125	1·10 ⁵	Ce-141	5·10 ⁵	Pt-197	5·10 ⁵
Co-60	5·10 ⁴			Sb-122	1·10 ⁴	Ce-143	5·10 ⁵	Pt-197m	1·10 ⁶
Co-60m	1·10 ⁶			Sb-124	5·10 ⁵	Ce-144+	5·10 ⁴	Au-198	5·10 ⁵
Co-61	1·10 ⁶			Sb-125	5·10 ⁵	Pr-142	1·10 ⁵	Au-199	5·10 ⁵
Co-62m	1·10 ⁵					Pr-143	5·10 ⁵		

Quadro autorizzativo

Il D.Lgs. 230/95 contiene numerose disposizioni relative alla tematica dei rifiuti radioattivi sotto il profilo autorizzativo.

Capo IV-Lavorazioni minerarie

Capo V-Regime giuridico per importazione, produzione, commercio, trasporto e detenzione

Capo VI-Regime autorizzativo per le installazioni e particolari disposizioni per i rifiuti radioattivi

Capo VII-Impianti

L'autorizzazione all'impiego comprende tutto ciò che riguarda le attività con materie radioattive dalla detenzione alla utilizzazione, alla produzione e allo **smaltimento dei rifiuti radioattivi.**

Smaltimenti esenti dal sistema regolatorio

Nei casi in cui lo smaltimento di sostanze radioattive non e' soggetto al sistema regolatorio, cioe' non e' stato necessario richiedere provvedimento autorizzativo per la pratica effettuata, esso puo' avvenire secondo quanto di seguito indicato.

Sono esenti dall'applicazione del decreto gli smaltimenti di sostanze radioattive che soddisfino contemporaneamente le seguenti condizioni:

Tempo di dimezzamento	< 75 giorni	
Concentrazione	<1 Bq/g	(art.154, comma 2)

I dati relativi ad ogni smaltimento o conferimento di rifiuti a terzi, che dimostrino il rispetto delle condizioni sopra riportate, devono essere comunque registrati e trasmessi, su richiesta alle ARPA, alle ASL e all'APAT (art.154, comma 3).

Sono esenti dall'applicazione del decreto gli smaltimenti di sostanze radioattive in ambiente derivanti da pratiche con sostanze radioattive in concentrazioni ed attivita' al di sotto dell'applicazione dell'art. 22 del D.Lgs.230/95

[All.I, punto 6., lettera c)]. (Apposita autorizzazione ex art. 30)

I radionuclidi presenti nel corpo umano, compresi quelli dovuti a somministrazione di radiofarmaci, non sono soggetti alle disposizioni di cui ai capi V e VI. Deve essere comunque garantita la sicurezza dei lavoratori e della popolazione (art.105).

Smaltimenti soggetti al sistema regolatorio

Tutti gli smaltimenti esclusi quelli già trattati sono soggetti al sistema regolatorio

Smaltimento: collocazione dei rifiuti, secondo modalità idonee, in un deposito, o in un determinato sito, senza intenzione di recuperarli.

Smaltimento nell'ambiente: immissione pianificata di rifiuti radioattivi nell'ambiente in condizioni controllate, entro limiti autorizzati o stabiliti dalla legge.



I rifiuti vengono conferiti a terzi in possesso delle autorizzazioni alla raccolta (art.31) e al deposito degli stessi (art. 33). I terzi hanno l'obbligo di registrazione (tipo di rifiuto, quantità di radioattività, etc.) allo scopo di poter sempre identificare i rifiuti stessi e la loro provenienza. L'esercente deve ottemperare all'obbligo della registrazione di cui all'art. 22 comma 3.

Tempo di dimezzamento	≥ 75 giorni
o	
Concentrazione	>1 Bq/g

Se la pratica è stata soggetta alla sola comunicazione preventiva dell'art. 22 del D.Lgs.230/95, lo smaltimento necessita di provvedimento autorizzativo di cui all'art. 30, da parte delle autorità competenti identificate da leggi regionali

Se la pratica è stata soggetta ai sensi dell'art.27 del DLgs230/95, le prescrizioni relative ai rifiuti radioattivi sono contenute nel relativo nulla osta all'impiego

“La gestione dei rifiuti radioattivi”

Guida tecnica 26 CNEN-Disp, poi ENEA Disp, successivamente ANPA e ora APAT

La guida fu' pubblicata nella rivista Sicurezza e Protezione, n.14 Maggio-Agosto 1987

La guida tecnica 26 detta le linee guida per la corretta gestione dei rifiuti radioattivi prodotti nell'impiego pacifico dell'energia nucleare (essenzialmente produzione di energia elettrica ma non solo). Essa viene altresì applicata nella gestione dei rifiuti provenienti da macchine radiogene di notevole potenza.

- I rifiuti radioattivi si presentano sotto varie forme**
- Il contenuto di attività' puo' variare entro intervalli estesi**
- Le radiazioni emesse sono di natura diversa ed energia diversa (α , β , γ , n)**
- I tempi di dimezzamento arrivano fino ai miliardi di anno**

Quanto sopra indicato suggerisce la necessita' di una gestione differenziata dei rifiuti stessi

Definizioni

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.

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.

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.

Confinamento:

segregazione dei radionuclidi della 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 dei rifiuti radioattivi ai fini dello smaltimento.

La guida si pone l'obiettivo di **ridurre le dosi individuali e collettive alla popolazione e ai lavoratori**, derivanti dalla gestione dei rifiuti radioattivi, al livello piu' basso quanto ragionevolmente ottenibile, tenendo conto di fattori economici e sociali e dell'impatto sulle generazioni future.

A tal fine debbono essere adottati provvedimenti atti a

ridurre la produzione dei rifiuti radioattivi all'origine, in termini di massa, volume ed attività;

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 concernenti i procedimenti sopra indicati devono essere ottimizzati

I rifiuti radioattivi vengono classificati in tre categorie cui corrispondono tempi diversi per il loro confinamento.

Appartengono alla prima categoria i rifiuti radioattivi che richiedono alcuni mesi o pochi anni per decadere a concentrazioni di radioattività inferiori ai valori stabiliti dalla normativa vigente, oppure quelli contenenti radionuclidi a lungo periodo di dimezzamento purché in concentrazioni inferiori ai valori stabiliti per legge.

Questi rifiuti hanno origine essenzialmente dagli impieghi medici e di ricerca scientifica, dove i radionuclidi utilizzati hanno tempi di dimezzamento, a meno di alcune eccezioni (C-14, H-3), inferiori all'anno

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** 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 I.

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.

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

Radionuclidi	Concentrazioni	
α emettitori $T_{1/2} > 5$ anni	*370	Bq/g
β/γ emettitori $T_{1/2} > 100$ anni	*370	Bq/g
β/γ emettitori $T_{1/2} > 100$ anni in metalli attivati	3,7	kBq/g
β/γ emettitori $5 < T_{1/2} \leq 100$	37	kBq/g
Cs-137 e Sr-90	3,7	MBq/g
Co-60	37	MBq/g
H-3	1,85	MBq/g
Pu-241	13	kBq/g
Cm-242	74	kBq/g
Radionuclidi $T_{1/2} \leq 5$ anni	37	MBq/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**

Sono classificati in terza categoria 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.

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.

Rifiuti di prima categoria

- La conservazione deve avvenire in appositi depositi per un tempo sufficientemente lungo per il raggiungimento dei valori di concentrazione inferiori ai valori stabiliti dalla legge.
- 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.
- 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, la data prevista per lo smaltimento.

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.**

Rifiuti di seconda categoria (condizionati)

I rifiuti di seconda categoria, ad eccezione dei casi successivamente descritti, devono essere trattati e condizionati.

I criteri di gestione di tali rifiuti sono riferiti a soluzioni di smaltimento **nei fondali oceanici**
o
su **terraferma, in superficie o a piccole profondità;**

Detti criteri sono applicabili anche per gli smaltimenti
in miniere abbandonate,
in cavità rocciose naturali,

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**, 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.

Rifiuti di seconda categoria (che non necessitano di condizionamento)

I rifiuti di tipo solido 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 possono essere smaltiti in terraferma, nel rispetto degli obiettivi di protezione sanitaria e dell'ambiente, 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 genere diversi.

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
Cs-137 e Sr-90	740 Bq/g
Radionuclidi $T_{1/2} \leq 5$ anni	18,5 kBq/g
Co-60	8,5 kBq/g

Condizionamento dei rifiuti radioattivi

Resistenza alla compressione

Resistenza ai cicli termici

Resistenza alle radiazioni

Resistenza al fuoco

Lisciviabilita'

Liquidi liberi

Resistenza alla biodegradabilita'

Resistenza all'immersione

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 .

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);
- l) data di confezionamento del manufatto; m) sigla di identificazione.

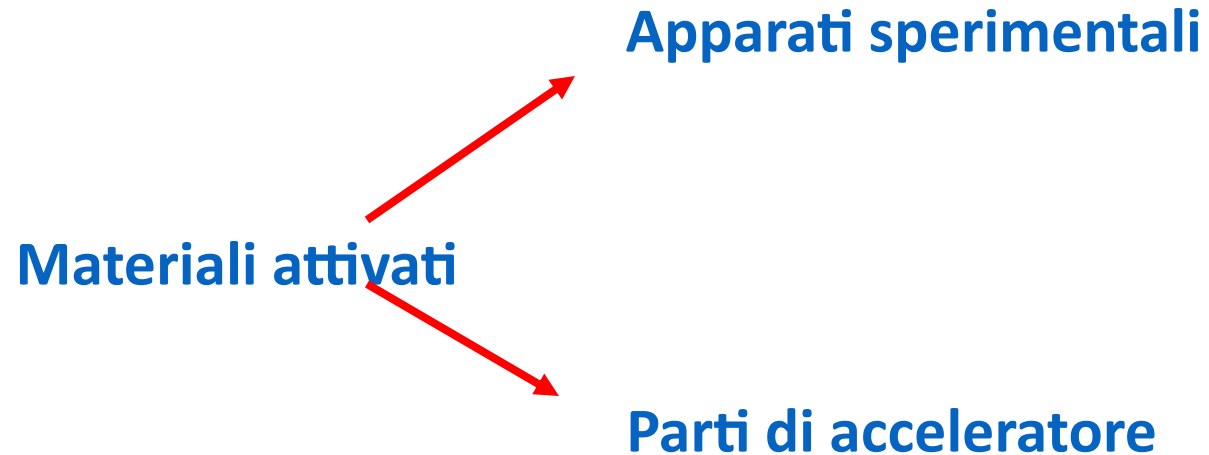
Le caratteristiche dei depositi temporanei devono essere tali da garantire:

- a) ispezione diretta o indiretta dei manufatti e dei rifiuti confezionati;**
- a) protezione dei manufatti e dei rifiuti condizionati da agenti meteorici;**
- b) protezione dei manufatti e dei rifiuti contro eventi esterni, quali ad es.: trombe d'aria, sisma;**
- c) sistemi di drenaggio sul pavimento con possibilità di raccolta e campionamento dei liquidi drenati;**
- d) sistemi per la rivelazione e prevenzione di incendio commisurati al carico di fuoco esistente;**
- e) non accessibilità da parte dei non addetti.**

I rifiuti radioattivi nell'INFN

Sorgenti radioattive al termine della loro “working life”

Le sorgenti detenute nelle strutture INFN sono per lo piu' sorgenti sigillate



Principali radionuclidi prodotti negli acceleratori

Target material	Radionuclide	Half-life	Main reaction path and radiation hazard
Plastics	^3H ^{36}Cl	12.2 y $3 \cdot 10^5$ y	Spallation; internal $^{35}\text{Cl}(n,\gamma)$; internal
Aluminum	As above plus ^{14}C ^{22}Na ^{26}Al	5730 y 2.6 y $8 \cdot 10^5$ y	$^{14}\text{N}(n,p)$; $^{17}\text{O}(n,\alpha)$; Spallation; internal Spallation; $^{23}\text{Na}(\gamma,n)$; external $^{27}\text{Al}(\gamma,n)$; external
Steel, stainless steel	As above plus ^{46}Sc ^{44}Ti ^{54}Mn ^{55}Fe ^{56}Co ^{57}Co ^{58}Co ^{60}Co ^{63}Ni	84 d 48y 312 d 2.94 y 77 d 270 d 72 d 5.27 y 92 y	Spallation; external Spallation; external $^{54}\text{Fe}(n,p)$; $^{55}\text{Mn}(\gamma,n)$; external $^{54}\text{Fe}(n,\gamma)$; internal $^{56}\text{Fe}(p,n)$; external $^{56}\text{Fe}(p,\gamma)$; $^{58}\text{Ni}(\gamma,p)$; external $^{59}\text{Co}(\gamma,n)$; $^{55}\text{Mn}(\alpha,n)$; external $^{59}\text{Co}(n,\gamma)$; $^{60}\text{Ni}(n,p)$; $^{63}\text{Cu}(n,\alpha)$; external $^{62}\text{Ni}(n,\gamma)$; external
Copper	As above plus ^{65}Zn	245 d	$^{65}\text{Cu}(p,n)$; $^{64}\text{Zn}(n,\gamma)$; external
Lead	As above plus ^{108}Ag $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ^{204}Tl	127y 254d 3.8y	$^{107}\text{Ag}(n,\gamma)$; external $^{109}\text{Ag}(n,\gamma)$; external $^{203}\text{Tl}(n,\gamma)$; external
Earth	As above plus ^{152}Eu ^{154}Eu	12.7 y 16 y	$^{151}\text{Eu}(n,\gamma)$; external $^{153}\text{Eu}(n,\gamma)$; external
Concrete (barytes)	As above plus ^{133}Ba ^{134}Cs ^{137}Cs	10.5 y 2.06 y 30y	$^{133}\text{Ba}(n,\gamma)$; external $^{133}\text{Cs}(n,\gamma)$; $^{134}\text{Ba}(n,p)$; external, internal $^{137}\text{Ba}(n,p)$; $^{138}\text{Ba}(\gamma,p)$; external, internal

Conclusioni

L'allontanamento, inteso come tutte le operazioni di gestione dei rifiuti radioattivi (manipolazione, spostamento, immagazzinamento in deposito temporaneo finalizzato allo smaltimento, smaltimento) e' regolato da norme di legge precise e dettagliate.

L'Esperto Qualificato della struttura e' la persona di riferimento, prevista dalla legge, per tutte le problematiche che prevedono l'uso di sostanze radioattive ivi incluso lo smaltimento delle stesse.