

ENEA

Ente per le Nuove tecnologie,
l'Energia e l'Ambiente

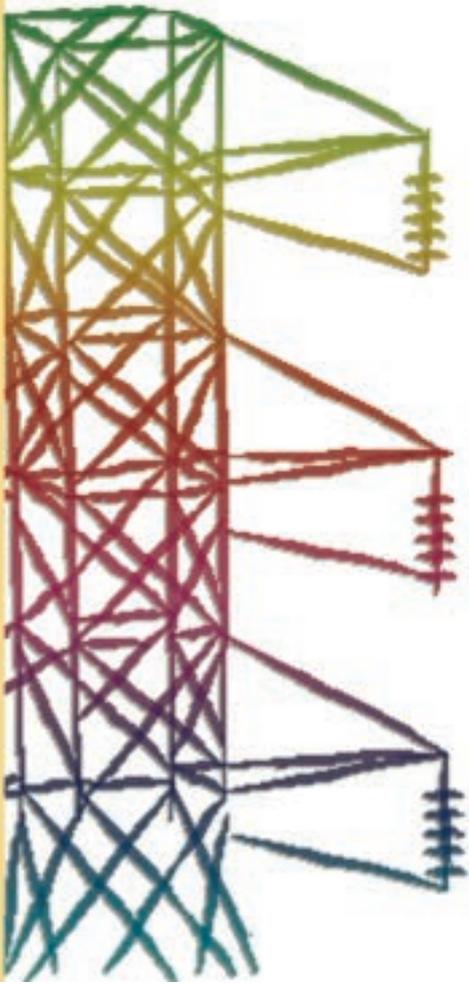


Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA SISTEMA ELETTRICO

Linee guida per il trasporto dei rifiuti radioattivi al deposito nazionale

Alberto Orsini, Rocco Bove



Report RSE/2009/131



Ente per le Nuove tecnologie,
l'Energia e l'Ambiente



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA SISTEMA ELETTRICO

Linee guida per il trasporto dei rifiuti radioattivi al deposito nazionale

Alberto Orsini, Rocco Bove

LINEE GUIDA PER IL TRASPORTO DEI RIFIUTI RADIOATTIVI AL DEPOSITO NAZIONALE

Alberto Orsini, Rocco Bove (ENEA)

Marzo 2009

Report Ricerca Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA

Area: Produzione e fonti energetiche

Tema: Nuovo Nucleare da Fissione

Responsabile Tema: Stefano Monti, ENEA

 FPN	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – LP4 - 004	0	L	2	17

INDICE

1.	La normativa italiana	3
1.1	Introduzione	3
1.2	Modalità stradale	3
1.3	Modalità ferrovia	4
1.4	Modalità marittima	4
1.5	Modalità aerea	4
2.	I trasportatori attuali e le tipologie di materiali	5
2.1	Panoramica	5
2.2	Tipi di trasportatori (stradali, ferroviari e navali)	5
2.3	Materiali movimentati	5
2.4	Dosi ai lavoratori	6
3.	I rifiuti	7
3.1	Classificazione per il trasporto	7
3.2	Localizzazione	8
3.3	Tipi di colli	10
3.4	Dimensioni e caratteristiche radiometriche	10
3.5	Manufatti senza imballo	11
4.	Il trasporto	12
4.1	Tipologia	12
4.2	Organizzazione	12
4.3	Influenza della localizzazione del deposito nazionale	12
4.4	Spedizioni	13
4.5	Analisi del rischio	13
	Dosi in condizioni normali	13
	Dosi in condizioni incidentali	14
5.	Conclusioni	15
6.	Bibliografia	16
	Normativa internazionale	16
	Normativa nazionale	16

 FPN	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – LP4 - 004	0	L	3	17

1. La normativa italiana

1.1 Introduzione

La normativa sul trasporto di tutte le merci pericolose è regolata da accordi internazionali come evidentemente necessario allo spostamento in sicurezza sia di beni che di essere umani su tutto il pianeta terra.

Anche la normativa sul trasporto delle materie radioattive e fissili è stata sviluppata ed aggiornata continuamente, per tener conto delle innovazioni tecnologiche e delle sempre più stringenti richieste di sicurezza provenienti dagli operatori e dal pubblico, dall’Agenzia Internazionale per l’Energia Atomica, che rappresenta una delle tante organizzazioni gestite dall’ONU.

Nel passato il Gruppo di Esperti sul Trasporto delle Merci Pericolose, che si riunisce periodicamente nella sede ONU di Ginevra, emetteva ed aggiornava la normativa sul trasporto di tutte le merci pericolose, esclusa la classe 7 dei materiali radioattivi, che invece oggi viene ripresa dalle pubblicazioni IAEA ed inserita in un’unica pubblicazione internazionale, comunemente nota come Orange Book [9].

Le raccomandazioni di Ginevra ed il regolamento di Vienna non hanno chiaramente valore cogente in Italia ma lo divengono attraverso altre organizzazioni internazionali, ognuna specializzata nelle varie modalità di trasporto.

Giova notare che mentre la definizione di rifiuto radioattivo è riportata in vari regolamenti nazionali ed internazionali, essa non trova riferimento alcuno nella normativa del trasporto dei materiali radioattivi, basati essenzialmente sulla pericolosità intrinseca del materiale e non sul suo non uso presunto. Infatti, nel “Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material - IAEA No. TS-R-1” [1] la parola waste compare una sola volta in un esempio di materiale radioattivo.

1.2 Modalità stradale

Il trasporto stradale delle materie radioattive è regolato in Italia dall’applicazione, stabilita con il decreto ministeriale 3 gennaio 2007 [15], che recepisce la direttiva europea, contenente la traduzione in lingua italiana dell’Accordo Europeo sul Trasporto Internazionale di merci Pericolose per Strada (ADR) [10] stipulato sotto gli auspici della Commissione Economica dell’Europa delle Nazioni Unite a Ginevra, sede di discussione dell’Accordo che viene integrato e modificato con scadenza biennale, in sintonia con l’Orange Book [9].

Tale Accordo prevede che le merci pericolose vengano trasportate su strada secondo le modalità di imballaggio ed etichettatura stabiliti nell’Annesso A e quelle di costruzione, attrezzature ed operazioni sui veicoli stabiliti nell’Annesso B.

Chiaramente le modalità di imballo, di etichettatura e dei controlli radiometrici sono quelli stabiliti dalla IAEA, mentre vengono aggiunti specifici requisiti tipici del trasporto stradale quali:

- training e patente “speciale” per gli autisti che trasportano materiali radioattivi con pericolosità tipica dei rifiuti radioattivi da impianto nucleare;

 FPN	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – LP4 - 004	0	L	4	17

- specifiche istruzioni per la sosta del veicolo con a bordo il materiale radioattivo;
- impegno del consulente per la sicurezza con compiti di indirizzo tecnico del datore i lavoro per l'equipaggiamento del veicolo e di eventuale rendicontazione di incidenti rilevanti;
- istruzioni anche di security per radioattività del materiale elevata;
- attrezzature a bordo del veicolo per far fronte anche a modeste situazioni di emergenza;
- omologazione specifica del veicolo.

Oltre a quanto stabilito dall'ADR [10] in Italia è prevista l'autorizzazione preventiva del trasportatore rilasciata dal Ministero per lo Sviluppo Economico di concerto con quello dei Trasporti, su parere dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) e del Ministero dell'Interno. Tale autorizzazione permette di verificare tutte le procedure, i controlli e le attrezzature del trasportatore prima che inizi la sua attività su tutto il territorio nazionale.

1.3 Modalità ferroviaria

Il trasporto ferroviario è anch'esso regolato dall'applicazione, stabilita con il decreto ministeriale del Decreto 7 novembre 2006 (Suppl G.U. n. 65 del 19-3-2007) [16], della direttiva europea, tradotta in lingua italiana, che recepisce l'allegato I - Regolamento Trasporti Ferroviari (RID) [11] alla Convenzione relativa ai trasporti internazionali per ferrovia (COTIF) [12].

Anche per il trasporto ferroviario vale quanto detto per il trasporto stradale con una differenza sostanziale dovuta alla presenza di un solo vettore autorizzato che può recapitare il materiale radioattivo soltanto nelle stazioni sufficientemente attrezzate a ricevere ed eventualmente immagazzinare per breve periodi il materiale.

Anche se il deposito nazionale non disponesse di collegamento ferroviario, tale modalità di trasporto può essere convenientemente usata per la parte intermedia del trasporto.

1.4 Modalità marittima

Il DPR n. 134 del 6 giugno 2005 [17] rende applicabili le procedure stabiliti a livello internazionale dall'International Maritime Organization con il codice IMDG [13] che riprende tutti i requisiti stabiliti dalla IAEA e dall'Orange Book [9] per il trasporto delle merci pericolose. Altri requisiti specifici sono stati aggiunti dal Decreto n. 278/2006 [18] del Ministero Infrastrutture e Trasporti "Procedure per il rilascio dell'autorizzazione all'imbarco e trasporto marittimo e per il nulla osta allo sbarco e al reimbarco su altre navi (transshipment) delle merci pericolose" che prevede, oltre l'autorizzazione all'imbarco e sbarco stabilita dal DPR 134/05 [19], anche la successiva notifica anticipata.

1.5 Modalità aerea

L'aereo viene escluso perché troppo costoso e quindi mai utilizzato per il trasporto dei rifiuti radioattivi che non necessitano di essere trasportati con celerità.

 FPN	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – LP4 - 004	0	L	5	17

2. I trasportatori attuali e le tipologie di materiali

2.1 Panoramica

In Italia l'attività di trasporto di materiale radioattivo è controllata da un punto di vista amministrativo, per motivi storici legati allo sviluppo dell'energia nucleare, dal Ministero per lo Sviluppo Economico. Tali autorizzazioni sono limitate esclusivamente alla modalità di trasporto e dal tipo di materiale che si intende trasportare, utilizzando a tale scopo i numeri ONU che distinguono chiaramente con UN 2910 un collo esente, con attività e livello di radiazione bassissimi, e con UN 3328 un collo contenente elementi di combustibile irraggiato.

Pertanto un trasportatore autorizzato al materiale UN 3328 ha superato il primo gradino per farsi carico di un trasporto di combustibile irraggiato su tutto il territorio nazionale: i successivi dettagli verranno riportati in seguito perché specifici delle varie modalità di trasporto.

2.2 Tipi di trasportatori (stradali, ferroviari e navali)

La maggioranza delle autorizzazioni al trasporto delle materie radioattive riguarda i trasportatori stradali, tra questi prevalgono i trasportatori ospedalieri e gli operatori gammagrafici. Ci sono alcuni operatori che trasportano conto terzi materiale ospedaliero e soltanto due aziende possono trasportare il combustibile nucleare e/o rifiuti ad alta attività. Negli ultimi anni il trasporto del combustibile irraggiato viene effettuato in regime di monopolio da una sola azienda in quanto nel passaggio da ENEL a SOGIN si è persa l'autorizzazione a tale tipo di trasporto dell'ente, gestore degli impianti nucleari in esercizio, che aveva una lunga tradizione in questo tipo di trasporti.

Il trasporto ferroviario è evidentemente operato dalle FFSS e copre sostanzialmente tutto il territorio italiano ad eccezione delle stazioni più piccole dove sarebbe difficile scaricare il materiale radioattivo senza un preventivo training.

I trasportatori navali sono anch'essi numerosi ma si limitano al trasporto di sorgenti utili ai pozzi petroliferi.

La società detentrica del monopolio stradale per il trasporto del combustibile nucleare dispone anche di autorizzazioni navale ed aerea per coprire qualsiasi necessità di trasporto, non essendo richiesto dalla normativa il possesso del mezzo di trasporto, ma la piena responsabilità del suo utilizzo

2.3 Materiali movimentati

Ogni anno in Italia vengono effettuate più di 100.000 tratte di trasporto come risulta dai riepiloghi che i vettori autorizzati debbono inviare ad ISPRA ogni tre mesi. Di queste tratte soltanto una ventina riguardano sorgenti di categoria 1 come definita dalla Safety Guide No. RS-G-1.9 della IAEA [8], 3000 per la categoria 2 e 5000 per la categoria 3. Negli ultimi anni sono ripresi i trasporti di combustibile verso il Regno Unito e la Francia dove saranno sottoposti a ritrattamento.

 FPN	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – LP4 - 004	0	L	6	17

2.4 Dosi ai lavoratori

Dai dati forniti da ISPRA nell'ambito del contratto EC Contract No. 4.1020/D/01 – 003 con la Commissione Europea (DG TREN) "Statistics on the Transport of Radioactive Materials and Statistical Analyses" risulta che i lavoratori addetti alla movimentazione dei materiali radioattivi assorbono dosi estremamente basse con l'unica eccezione degli operatori gammagrafici, per i quali però la dosi assorbite sono da imputare ragionevolmente all'uso delle sorgenti.

Dati sui trasporti (1987-2000)

	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
No colli	227000	336000	341000	345000	334000	465000	469000	449000	406000	458000	356000	287000	203000	193000
No spedizioni	61000	81000	78000	92000	83000	90000	148000	144000	134000	155000	134000	118000	99000	86000

Dose collettiva annuale per i lavoratori del trasporto (1996 – 2000)

Annor	No. Lavoratori	Dose collettiva annuale man – mSv/y	Dose media mSv/y	Dose	
				min mSv/y	max mSv/y
1996	399	203	0.508	0.024	5.3
1997	445	252	0.567	0.024	4.5
1998	489	341	0.698	0.019	7.2
1999	503	347	0.690	0.024	7.7
2000	456	461	1.011	0.01	5.4

Questi valori dipendono da circa 40% di colli esenti, con livello di radiazione esterno trascurabile, e pochi colli industriali come invece probabilmente verranno trasportati buona parte dei rifiuti, per i quali verrà fatta un'analisi specifica.

3. I rifiuti

3.1 Classificazione per il trasporto

Sebbene la normativa sui trasporti di materiale radioattivo non faccia mai riferimento ai rifiuti, si può prevedere che essi potranno essere classificati come materiale di debole attività – LSA dei gruppi II e III, oggetti contaminati superficialmente – SCO dei gruppi I e II e materiale radioattivo di “alta attività” e/o fissile.

Stante la definizione dei materiali di debole attività specifica del gruppo II – LSA II

“materiale nel quale l'attività è completamente distribuita e l'attività specifica media stimata non supera $10^{-4} A_2/g$ per i solidi” , dove A_2 rappresenta il valore in Bq del limite di attività stabilito per i singoli nuclidi relativamente al trasporto (vedi tabella nel documento IAEA TS-R-1 [1]),

e quella per il gruppo III -LSA-III

“ Solidi (es: rifiuti solidificati, materiali attivati), escludendo le polveri, nei quali:

- (i) Il materiale radioattivo è completamente distribuito in un solido o in un insieme di oggetti solidi, o è uniformemente distribuito in una matrice legante solida e compatta (come cemento, bitume, ceramica, etc.);*
- (ii) Il materiale radioattivo è relativamente insolubile, o è intrinsecamente contenuto in una matrice relativamente insolubile, in modo che, anche in caso di perdita completa dell'imballaggio, la perdita di materiale radioattivo per collo per lisciviazione, se immerso in acqua per sette giorni, non superi $0,1 A_2$; e*
- (iii) L'attività specifica media stimata del solido, escluso ogni materiale schermante, non superi $2 \times 10^{-3} A_2/g$. “*

è presumibile che i rifiuti condizionati rientrino nella definizione del gruppo LSA-III, almeno per quanto riguarda le caratteristiche ai punti (i) e (ii).

Gli oggetti contaminati superficialmente del gruppo I, se non inglobati in matrici cementizie, cioè:

“Un oggetto solido nel quale:

- (i) la contaminazione trasferibile sulla superficie accessibile mediata su 300 cm^2 (o l'area della superficie, se inferiore a 300 cm^2) non supera 4 Bq/cm^2 per emettitori beta e gamma ed emettitori alfa a bassa tossicità, o $0,4 \text{ Bq/cm}^2$ per tutti gli altri emettitori alfa; e*
- (ii) la contaminazione fissa sulla superficie accessibile mediata su 300 cm^2 (o l'area della superficie, se inferiore a 300 cm^2), non supera $4 \times 10^4 \text{ Bq/cm}^2$ per emettitori beta e gamma ed emettitori alfa a bassa tossicità, o $4 \times 10^3 \text{ Bq/cm}^2$ per tutti gli altri emettitori alfa; e*
- (iii) la contaminazione trasferibile più la contaminazione fissa sulla superficie inaccessibile mediata su 300 cm^2 (o l'area della superficie, se inferiore a 300*

 FPN	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – LP4 - 004	0	L	8	17

cm²) non supera 4x10⁴ Bq/cm² per emettitori beta e gamma ed emettitori alfa a bassa tossicità, o 4x10³ Bq/cm² per tutti gli altri emettitori alfa.”

o del gruppo II, cioè

“Un oggetto solido nel quale la contaminazione fissa o la contaminazione trasferibile sulla superficie supera i limiti stabiliti per SCO-I in (a) e nel quale:

- (i) la contaminazione trasferibile sulla superficie accessibile mediata su 300 cm² (o l'area della superficie, se inferiore a 300 cm²) non supera 400 Bq/cm² per emettitori beta e gamma ed emettitori alfa a bassa tossicità o 40 Bq/cm² per tutti gli altri emettitori alfa ; e*
- (ii) la contaminazione fissa sulla superficie accessibile mediata su 300 cm² (o l'area della superficie se inferiore a 300 cm²) non supera 8x10⁵ Bq/cm² per emettitori beta e gamma ed emettitori alfa a bassa tossicità, o 8x10⁴ Bq/cm² per tutti gli altri emettitori alfa; e*
- (iii) la contaminazione trasferibile più la contaminazione fissa sulla superficie non accessibile mediata su 300 cm² (o l'area della superficie, se inferiore a 300 cm²) non supera 8x10⁵ Bq/cm² per emettitori beta e gamma ed emettitori alfa a bassa tossicità, o 8x10⁴ Bq/cm², per tutti gli altri emettitori alfa. “*

potranno avere un peso notevole se si riuscirà a far sì che il Deposito Nazionale li accetti senza il condizionamento.

Se i limiti di concentrazione dell'attività per gli LSA o di contaminazione per gli SCO non vengono soddisfatti, il materiale viene considerato di “alta attività” e può essere trasportato solo con un imballaggio di Tipo B invece di un semplice imballaggio industriale. Ad alta attività sono certamente le sorgenti inserite negli irradiatoria a scopi medici o per sterilizzazioni industriali e tutti vetri che verranno prodotti all'estero durante il ritrattamento del combustibile irraggiato italiano.

Il combustibile irraggiato da spostare al deposito temporaneo dovrebbe essere costituito soltanto dagli elementi Elk River, attualmente stoccati nella piscina della Trisaia, in quanto non esiste un impianto di riprocessamento capace di trattare elementi del ciclo uranio-torio.

Il materiale fissile proveniente dagli impianti di riprocessamento attualmente non è considerato un rifiuto, anche se il plutonio da anni non trova collocamento sul mercato. Comunque tale materiale, sia uranio arricchito con o senza plutonio, o solo plutonio, deve essere considerato con attenzione per il rischio di criticità nucleare e può essere trasportato solo con contenitori approvati specificatamente per “materiale fissile”, in aggiunta alle altre classificazione come colli di tipo industriale, di tipo A o B.

3.2 Localizzazione

La localizzazione dei rifiuti è ben evidente sulla cartina mentre le quantità presenti sono elencate solo per i siti più grandi e non tiene conto dei rifiuti che saranno generati per il decommissioning degli impianti, cosa che porterà al raddoppio dei volumi, almeno per gli impianti di potenza. Inoltre le quantità non tengono conto dei rifiuti che

torneranno indietro dal riprocessamento del combustibile spedito all'estero. Appare evidente che alcune regioni non sono interessate dai rifiuti mentre altre ne detengono quantità significative, in particolare sulle isole maggiori è presente un solo impianto di dimensioni estremamente ridotte. Nessuna località è collegata alla linea ferroviaria ma tutte sono collegate da buone strade. Possono invece usufruire del trasporto marittimo o per fiume la centrale di Latina e quella di Caorso.



Sito	Trino	Caorso	Latina	Garigliano	Saluggia	Trisaia	Casaccia	Nucleo	Ispra	FN	CISAM	Fiat AVIO	Totale
Volume Manufatti (m ³)	3348	4121	12665	4107	3661	4312	3316	5482	9143	460	573	534	51.722

3.3 Tipi di colli

Per le caratteristiche presunte dei rifiuti, cioè prevalentemente LSA II ed LSA III, SCO I e SCO II, essi verranno trasportati in imballaggi industriali di Tipo 1 (Tipo IP-1); Tipo 2 (Tipo IP-2) e Tipo 3 (Tipo IP-3). Tali imballaggi richiedono il soddisfacimento di semplici test che dovranno essere garantiti dall'utilizzatore e consistono in una prova di caduta da 1,2 m per i colli fino a 5000 kg, prova di penetrazione con asta in acciaio che cade da 1,2 m, seguiti da controlli sulla tenuta e sullo schermaggio. L'Autorità Competente nazionale, ISPRA, potrà verificare se l'utilizzatore dispone di un programma di garanzia della qualità, attrezzature, competenza e documentazione tecnica sufficiente a soddisfare i requisiti previsti dalla normativa nazionale.

Per gli imballaggi di Tipo B e per quelli contenenti materiali fissili, la rispondenza alla normativa deve essere emessa dall'Autorità Competente con apposito certificato. Il certificato viene emesso a seguito di una lunga procedura che prevede un progetto, analisi meccaniche e termiche che simulano anche condizioni incidentali come la caduta da 9 m e l'incendio di 30 min a 800°C, integrate da risultati sperimentali, metodi di costruzione e garanzia della qualità per ogni fase. Ottenuto il certificato di modello di collo, bisogna notificare all'Autorità Competente il piano di costruzione in modo che possa presenziare alle fasi di costruzione più significative ai fini della sicurezza. Vale la pena specificare che generalmente il collo di Tipo B ha un contenuto ben definito in attività, radionuclidi, forma fisica, dimensioni, peso, calore di decadimento, ed il cambiamento di una di queste caratteristiche, se non prevista in fase di progetto, richiede una nuova istruttoria.

3.4 Dimensioni e caratteristiche radiometriche

Mentre il deposito può avere vincoli operativi che determinano dimensioni standard dei colli, le dimensioni del collo non sono un parametro rilevante nel trasporto fintanto si rimane nella sagoma del veicolo. Comunemente vengono impiegati fusti cilindrici da 220 e 440 litri e container ISO da 20' o 40'.

Nel trasporto invece sono importanti le caratteristiche radiometriche del collo che ne determinano l'etichettatura di pericolo nel seguente modo (ad ogni categoria corrisponde una etichetta):

CATEGORIE DEI COLLI

<i>Condizioni</i>		
<i>Indice di trasporto</i>	<i>Massimo livello di radiazione in ogni punto della superficie esterna</i>	<i>Categoria</i>
0^a	Non più di 0,005 mSv/h	I-BIANCA
Maggiore di 0 ma non più di 1^a	Maggiore di 0,005 mSv/h, ma non più di 0,5 mSv/h	II-GIALLA
Maggiore di 1 ma non più di 10	Maggiore di 0,5 mSv/h, ma non più di 2 mSv/h	III-GIALLA
Maggiore di 10	Maggiore di 2 mSv/h, ma non più di 10 mSv/h	III-GIALLA ^b

^a Se il TI misurato non è maggiore di 0,05, il valore indicato può essere zero.

^b Deve anche essere trasportato in uso esclusivo.

	Sigla di identificazione FPN – LP4 - 004	Rev. 0	Distrib. L	Pag. 11	di 17
---	--	------------------	----------------------	-------------------	-----------------

Il massimo livello di radiazione stabilito nella tabella potrebbe essere superato, almeno teoricamente, facendo ricorso ad un “trasporto in accordo speciale“ che deve essere approvato da ISPRA e dal Ministero dei Trasporti.

3.5 Manufatti senza imballo

Nel caso di componenti di grosse dimensioni risulta conveniente portarli al deposito con dei semplici accorgimenti senza imballo, riducendo così il rischio di contaminazione e di elevate dosi ai lavoratori nelle fasi di taglio e successivo condizionamento. Spesso i grandi componenti sono oggetti contaminati superficialmente e/o debolmente attivati, tali cioè da farli rientrare nelle categorie LSA II ed SCO II. In questo caso risulta abbastanza facile dimostrare la loro rispondenza ai requisiti degli imballaggi industriali di tipo 1 – 2 e 3.

Nel caso di livello di attività o di contaminazione elevato bisogna ricorrere ad un trasporto in accordo speciale, cosa che richiede un team specializzato in analisi di sicurezza, in quanto bisogna dimostrare all’Autorità Competente che le procedure di sicurezza messe in atto sono sufficienti a garantire lo stesso livello di sicurezza che offre un collo capace di resistere ad un fuoco di 800° C per 30 min ed una caduta da 9 m su piattaforma indeformabile (collo di Tipo B).

Nello smantellamento degli impianti nucleari tale tipo di trasporto rappresenta la routine e richiede forte specializzazione anche per quanto riguarda le analisi che dovranno essere eseguite per la sicurezza del deposito.

 FPN	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – LP4 - 004	0	L	12	17

4. Il trasporto

4.1 Tipologia

Tenendo conto che nessun impianto nucleare è dotato di collegamento ferroviario, un trasporto stradale sarà inevitabile almeno per raggiungere la più vicina stazione ferroviaria abilitata o marittima. Tali stazioni dovranno essere dotate di idonei mezzi di sollevamento, non particolarmente sofisticate in quanto il comportamento dei colli in caso di caduta è già stato analizzato nella scelta del tipo di imballaggio, e di procedure di controllo della contaminazione, che spesso genera inconvenienti dovuti ad accumuli di radionuclidi sui veicoli in condizioni meteorologiche sfavorevoli.

4.2 Organizzazione

L'organizzazione del trasporto fa parte della documentazione presentata alle autorità per ottenere l'autorizzazione al trasporto prevista dall'art. 21 del D.Lgs 20/95.

Il vettore deve utilizzare personale istruito, e munito di patentino ADR nel caso di trasporto stradale, mezzi omologati, procedure per le condizioni normali e per le condizioni accidentali, possesso delle specifiche autorizzazione nel caso di sorgenti ad "alta attività", attrezzature antincendio, istruzioni per la sosta ed eventuali istruzioni sui percorsi da seguire.

Per il trasporto in accordo speciale, l'organizzazione deve essere approvata dalle Autorità Competenti e, nel caso di ripetizioni frequenti, sarebbe opportuno organizzare un "sistema di trasporto" dove tutto è dettagliatamente definito ed approvato. Spesso è necessaria una scorta tecnica che segue il materiale radioattivo su veicolo separato munito di idonea attrezzatura antincendio, sistema di monitoraggio per le radiazioni dirette e per la misura della contaminazione, attrezzatura per isolare il veicolo dal pubblico, procedure per allertare le autorità del territorio attraversato. Può essere previsto un percorso preferenziale con alternative soltanto in casi eccezionali.

4.3 Influenza della localizzazione del deposito nazionale

La localizzazione del deposito nazionale sembrerebbe una variabile con poca influenza, visto il relativamente ridotto numero di trasporti che dovranno essere effettuati, specialmente se confrontato con le quantità di rifiuti urbani che vengono trasportati ogni giorno in una città come Roma. Infatti supponendo che i rifiuti radioattivi italiani ammontino a 100.000 m³ e quindi a circa 200.000 t, comprensivi di quelli provenienti dal decommissioning, sarebbero teoricamente sufficienti circa 50 giorni di trasporti al ritmo dei rifiuti di Roma per consegnarli al deposito nazionale.

Il paragone diventa però poco significativo in quanto si sta parlando di rifiuti radioattivi, che generano una forte apprensione nella pubblica opinione, e che richiedono un'accurata analisi di sicurezza al fine di minimizzare le dosi assorbite dai lavoratori e dalla popolazione sia in condizioni normali sia in condizioni incidentali.

In tale ottica, una localizzazione accurata del deposito dovrà tener accuratamente conto dell'impatto della fase di trasporto.

 FPN	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – LP4 - 004	0	L	13	17

Chiaramente un deposito vicino ad una stazione ferroviaria permetterà di utilizzare la ferrovia, particolarmente indicata per il trasporti di colli estremamente pesanti.

4.4 Spedizioni

Il trasporto dei rifiuti al deposito non richiede un numero di spedizioni elevato ma le spedizioni dovrebbero essere organizzate tentando di minimizzare le dosi ai lavoratori ed alle popolazione caricando i fusti sul mezzo di trasporto in modo appropriato: quelli con il livello di radiazione più elevato lontano dal personale e quelli con livelli più bassi utilizzati come schermi. Nel caso di trasferimenti tra due mezzi di trasporto l'etichetta sui colli indicherà quelli da maneggiare con cautela e le procedure indicheranno come procedere passo-passo.

4.5 Analisi del rischio

Per l'analisi del rischio associato al trasporto di materiali radioattivi è stato individuato un pacchetto di programmi denominato INTERTRAN2 che permette la valutazione delle conseguenze radiologiche e dei rischi associati al trasporto stesso. Esso è stato sviluppato all'interno di un Programma Coordinato di Ricerca della IAEA.

INTERTRAN2 permette lo studio separato sia in condizioni di incidenti che in caso di trasporti normali di routine senza incidenti.

Il codice è applicabile a tutti i modi di trasporto, anche a spedizioni multimodali, e può trattare i materiali nucleari, le sorgenti per uso industriale e i prodotti radiofarmaceutici.

Dosi in condizioni normali

In normali condizioni di trasporto (caso senza incidenti) la dose prevista ai lavoratori ed a differenti membri del pubblico lungo il percorso previsto è calcolato come dose collettiva, tenendo conto anche delle operazioni di carico e scarico. In questo caso l'esposizione delle persone è dovuta alla radiazione esterna che si origina dal materiale radioattivo contenuto nel collo durante il trasporto.

Quando si trasporta materiale radioattivo, nell'ipotesi di trasporto senza incidenti, è consentita una dose esterna regolata dalla normativa relativa al modo di trasporto specifico i cui valori debbono essere evidenziata sulla etichetta del collo.

Al fine della valutazione del rischio, nel caso normale, vengono considerate le sole radiazioni gamma.

Il carico radioattivo è considerato concentrato in un punto; la dose è normalmente inversamente proporzionale alla velocità del veicolo ed è direttamente proporzionale alla distanza percorsa ed al numero di spedizioni.

La sorgente radioattiva è valutata come il rateo di dose (mSv/h) misurato ad un metro dalla superficie del veicolo che stabilisce l'indice di trasporto . L'esperienza indica che il rateo di dose esterna è ben al di sotto del limite regolamentare nella maggioranza delle spedizioni.

La dose nel caso di assenza di incidenti è indipendente dal contenuto isotopico o dalla radioattività del materiale contenuto. Le dosi in caso di assenza di incidenti dipende solamente dai ratei di dose esterni misurati.

	Sigla di identificazione FPN – LP4 - 004	Rev. 0	Distrib. L	Pag. 14	di 17
---	--	------------------	----------------------	-------------------	-----------------

La dose è calcolata separatamente per l'equipaggio, per la popolazione residente ai lati del corridoio di trasporto, per gli occupanti dei veicoli che si trovano lungo il percorso e la popolazione prossime alla spedizione quando essa è ferma.

Dosi in condizioni incidentali

La composizione isotopica dei rifiuti e la loro attività divengono importanti quando si considera la condizione incidentale.

L'incidente può essere modellato come rischio di emissione di parte del carico radioattivo in aria. Per ogni radio-isotopo è valutata la parte fuoriuscita, la parte vaporizzata e la parte inalata in un particolare scenario incidentale.

I dati di cui bisogna tener conto sono relativi ai percorsi sia stradali che di altri modi di trasporto (marittimo, aereo, ferroviario, fluviale.), ai colli da trasportare, alla concentrazione della popolazione, all'incidentalità sui vari tratti da percorrere.

I dati sono necessari all'analisi del rischio e sono immagazzinati un'opportuna base di dati.

Uno strumento di configurazione dei casi di studio permette la combinazione dei vari aggregati di dati al fine di analizzare aspetti specifici del problema del trasporto.

Infine si potranno analizzare diverse alternative: di percorso, di composizione del carico, di locazione del deposito, per valutare la soluzione ottimale al problema del trasporto dei rifiuti radioattivi al deposito finale.

 FPN	Sigla di identificazione FPN – LP4 - 004	Rev. 0	Distrib. L	Pag. 15	di 17
--	--	------------------	----------------------	-------------------	-----------------

5. Conclusioni

Il presente documento rappresenta una buona base di partenza per poter successivamente quantificare con il software INTERTRAN le valutazioni di dosi ai lavoratori ed alla popolazione derivanti dal trasporto dei rifiuti, parametro significativo per la scelta del sito del deposito nazionale.

Tale analisi sarà effettuata sia nelle condizioni normali di trasporto che in eventuali condizioni accidentali.

Per poter completare l'analisi mancano chiaramente molti dettagli che verranno studiati prossimamente sulle caratteristiche reali radiometriche dei rifiuti, sulle caratteristiche dei percorsi, sui tipi di mezzi di trasporto e sulle persone coinvolte volontariamente e non nel trasporto

 FPN	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – LP4 - 004	0	L	16	17

6. Bibliografia

Normativa internazionale

- [1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY - Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, 2005 Edition Safety Requirements – IAEA Safety Standards Series No. TS-R-1 - September, 2005.
- [2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY - Advisory Material for the IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material Safety Guide – IAEA Safety Standards Series No. TS-G-1.1 (Rev.1) - September, 2008.
- [3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY - Planning and Preparing for Emergency Response to Transport Accidents Involving Radioactive Material Safety Guide – IAEA Safety Standards Series No. TS-G-1.2 (ST-3) - August, 2002.
- [4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY - Radiation Protection Programmes for the Transport of Radioactive Material Safety Guide – IAEA Safety Standards Series No. TS-G-1.3 - November, 2007.
- [5] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY - The Management System for Facilities and Activities Safety Requirements – IAEA Safety Standards Series No. GS-R-3 - August, 2006.
- [6] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY - Application of the Management System for Facilities and Activities Safety Guide – IAEA Safety Standards Series No. GS-G-3.1 - August, 2006.
- [7] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY - The Management System for the Safe Transport of Radioactive Material Safety Guide – IAEA Safety Standards Series No. TS-G-1.4 - December, 2008.
- [8] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY - Categorization of Radioactive Sources Safety Guide – IAEA Safety Standards Series No. RS-G-1.9 - September, 2005.
- [9] UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE (UNECE) - UN Orange Book. Recommendations for the Transport of Dangerous Goods
- [10] UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE (UNECE) - European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road (ADR) - Applicable as from 1 January 2009 - ECE/TRANS/202
- [11] UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE (UNECE) - Regulations Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Rail -January, 2009
- [12] Convention relative aux transports internationaux ferroviaires du 9 mai 1980 dans la teneur du Protocole de modification du 3 juin 1999 (COTIF).
- [13] INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION (IMO) - International Maritime Dangerous Goods (IMDG) Code - October, 2008
- [14] United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) - The European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Inland Waterways (ADN) – Applicable as from 28 February 2009 - ECE/TRANS/203

Normativa nazionale

- [15] DECRETO DEL MINISTRO DEI TRASPORTI DEL 3 GENNAIO 2007 (Gazzetta Ufficiale n. 66 del 20 marzo 2007) - Recepimento della direttiva 2006/89/CE della Commissione del 3 novembre 2006, che adatta per la sesta volta al progresso tecnico la direttiva 94/55/CE del Consiglio,

	Sigla di identificazione FPN – LP4 - 004	Rev. 0	Distrib. L	Pag. 17	di 17
---	--	------------------	----------------------	-------------------	-----------------

concernente il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri, relative al trasporto di merci pericolose su strada.

- [16] DECRETO DEL MISNISTRO DEI TRASPORTI DEL 7 NOVEMBRE 2006 (Gazzetta Ufficiale N. 65 del 19 Marzo 2007) - Recepimento delle direttive 2004/89/CE della Commissione, del 13 settembre 2004, e 2004/110/CE della Commissione, del 9 dicembre 2004, che adattano, rispettivamente per la quinta e la sesta volta al progresso tecnico, la direttiva 96/49/CE del Consiglio, del 23 luglio 1996 per il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative al trasporto di merci pericolose per ferrovia.
- [17] DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 6 giugno 2005, n.134 - Regolamento recante disciplina per le navi mercantili dei requisiti per l'imbarco, il trasporto e lo sbarco di merci pericolose.
- [18] DECRETO DEL MISNISTRO DEI TRASPORTI DEL 21 marzo 2006 - Imbarco/sbarco merci pericolose – Procedure per il rilascio dell'autorizzazione all'imbarco e trasporto marittimo e per il nulla osta allo sbarco e al reimbarco su altre navi (transshipment) delle merci pericolose. (Decreto n. 278/2006). (GU n. 90 del 18-4-2006- Suppl. Ordinario n.98).
- [19] DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 6 giugno 2005, n.134 - Regolamento recante disciplina per le navi mercantili dei requisiti per l'imbarco, il trasporto e lo sbarco di merci pericolose (G.u. N. 163 del 15 Luglio 2005)