

---

## AREA ECCELLENZA RADIOATTIVITA' AMBIENTALE

Relazione tecnica trasporti CAOR I/7-08/04, CAOR I/8-08/05, CAOR I/9-08/06 e CAOR I/10-08/07

### VALUTAZIONE DELL'IMPATTO RADIOLOGICO AMBIENTALE RELATIVO AL TERZO TRASPORTO (06/04/2008) DI COMBUSTIBILE NUCLEARE IRRAGGIATO DALLA CENTRALE NUCLEARE DI CAORSO (PC) ALL'IMPIANTO DI RITRATTAMENTO AREVA DI LA HAGUE (FRANCIA).

(R. Sogni, L. Gaidolfi, L. Achilli, A. Gazzola, C. Terzoni)

#### INDICE

1. Premessa
2. Il ruolo dell'ARPA
  - 2.1. *Controlli radiometrici in qualità di Ente Terzo*
  - 2.2. *Monitoraggio radiologico ambientale*
3. Metodologia di misura
  - 3.1. *Controlli radiometrici in qualità di Ente Terzo*
  - 3.2. *Monitoraggio radiologico ambientale*
4. Risultati delle misure
  - 4.1. *Controlli radiometrici in qualità di Ente Terzo*
  - 4.2. *Monitoraggio radiologico ambientale*
5. Conclusioni

## 1. PREMESSA

Il trasferimento di tutto il combustibile nucleare irraggiato presente nella centrale nucleare di Caorso all'impianto di ritrattamento Areva di La Hague (F) è previsto nell'ambito dei nuovi indirizzi strategici ed operativi di Sogin definiti nel decreto 2 dicembre 2004 del Ministero delle attività produttive e nell'accordo fra Sogin e Areva, sottoscritto il 27 aprile 2007, che prevede il trasporto, il trattamento ed il condizionamento delle circa 235 tonnellate di combustibile irraggiato ancora presente in Italia:

- ◆ 190 tonnellate nella centrale di Caorso;
- ◆ 32 tonnellate nella centrale di Trino;
- ◆ 13 tonnellate nel deposito Avogadro di Saluggia.

Il trattamento del combustibile irraggiato (riprocessamento) permette, infatti, di separare le materie ancora valorizzabili, per le quali Areva si è impegnata a individuare un futuro reimpiego, dai rifiuti finali, che saranno restituiti in una forma condizionata che ne riduce il volume e ne garantisce la sicurezza nel lungo termine presso il deposito nazionale (ancora da individuare).

Il contratto sottoscritto ha un valore di oltre 250 milioni di euro ed implementa l'accordo intergovernativo fra Italia e Francia in materia di trattamento di 235 tonnellate di combustibile nucleare irraggiato italiano sottoscritto il 24 novembre 2006 a Lucca.

La campagna di trasporti dall'Italia alla Francia durerà complessivamente cinque anni, tre dei quali sono pianificati per quelli originanti da Caorso. Entro il 2025, i rifiuti vetrificati derivanti dal riprocessamento rientreranno in Italia in 11 contenitori speciali.

I trasporti del combustibile di Caorso sono effettuati con i contenitori denominati TN17-2 e messi a disposizione dalla TN International (azienda specializzata nei trasporti internazionali del gruppo Areva). Tali contenitori (di massa complessiva di circa 80 tonnellate) sono conformi agli standard IAEA per il trasporto di materiale radioattivo e sono stati approvati sia dalla Competente Autorità Francese sia da quella Italiana (APAT) e sono progettati per trasportare fino a 17 elementi di combustibile di tipo BWR (biossido di uranio arricchito (UO<sub>2</sub>)).

Il trasporto in Italia è realizzato da vettori autorizzati al trasporto di materiale radioattivo e fissili speciali ai sensi dell'art.5 della Legge n°1860 del 31/12/1962 c.m.e.i. e dell'art.21 del D.Lgs 230/95 c.m.e.i. Nel caso specifico di Caorso i trasporti sul territorio Italiano sono affidati dalla TN International alla MIT Nucleare (vettore stradale e titolare delle autorizzazioni di trasporto) e a Trenitalia (vettore ferroviario).

Vari Ministeri, Agenzie ministeriali ed Autorità/Enti locali sono coinvolti secondo le rispettive competenze nel processo autorizzativo e di sorveglianza sui trasporti.

Il **terzo trasporto** (del 06/04/2008) ha interessato 4 contenitori, ovvero 68 elementi di combustibile dei 930 ancora stoccati nella piscina della centrale di Caorso.

La logistica del trasporto si compone dell'arrivo dei contenitori vuoti (in una o più spedizioni) e la partenza contemporanea di al massimo 4 contenitori (colli classificati come UN 3329).

Il ciclo completo di ciascuna spedizione è denominato round trip.

Sono complessivamente previste 16 spedizioni (round trip) per un totale di 61 movimenti del contenitore TN 17/2 di tipo multimodale: su strada dalla centrale nucleare di Caorso al nodo di scambio multimodale presso la stazione ferroviaria di Caorso, su ferrovia dalla stazione ferroviaria di Caorso al punto di trasferimento multimodale di Valognes (F) e nuovamente su strada da Valognes all'impianto di La Hague. Annualmente è ipotizzabile l'effettuazione di 7 spedizioni (round trip) al massimo.

Il raccordo ferroviario di Caorso adibito a sito di trasferimento (transfer point) è stato realizzato dalla Sogin, che ha acquisito l'asset dello scalo ferroviario della stazione ferroviaria di Caorso, modificandolo ed attrezzandolo secondo uno specifico progetto approvato da RFI e presentato all'APAT, sotto la cui vigilanza saranno effettuate tutte le operazioni di movimentazione.

In base a precisi accordi contrattuali la gestione del raccordo ferroviario durante la campagna di trasporto sarà a cura del vettore autorizzato MIT Nucleare, titolare delle necessarie autorizzazioni, mentre le operazioni di movimento ferroviario sono effettuate dal Vettore Autorizzato ferroviario Trenitalia.

Nell'ambito dei trasporti, l'ARPA di Piacenza svolge un ruolo sia di garanzia sul rispetto delle normative di trasporto (Ente Terzo) sia istituzionale per il monitoraggio della radioattività ambientale.

In questa relazione tecnica sono riportati i risultati delle misure radiometriche effettuate durante le prime tre operazioni di trasferimento (intese come cicli completi di estrazione dalla piscina, caricamento nei contenitori di trasporto e trasporto) del combustibile nucleare irraggiato.

## 2. IL RUOLO DELL'ARPA

Le operazioni di trasferimento del combustibile nucleare irraggiato vedono il Dipartimento tecnico – Area di Eccellenza "Radioattività ambientale" ARPA di Piacenza impegnato su due fronti:

### 2.1. Controlli radiometrici in qualità di Ente Terzo

I controlli radiometrici dei livelli di contaminazione e di irraggiamento dei contenitori sono effettuati da parte dell'Esercente (Sogin) e del Vettore (MIT Nucleare) secondo le rispettive competenze attribuite dalla normativa specifica e secondo un protocollo di misura condiviso ed approvato.

Ai controlli di cui sopra, l'accordo tra operatori del settore, prevede, per il trasporto transfrontaliero di combustibile nucleare, l'intervento di un Ente terzo, organismo super partes, che ha il compito di certificare per ogni trasporto il rispetto dei limiti fissati a livello internazionale dalla IAEA per il trasporto di materie radioattive.

Il pertinente certificato viene trasmesso, da parte del Vettore, alle ferrovie francesi per ottenere l'autorizzazione al transito del convoglio ferroviario sul territorio francese.

L'Ente Terzo prescelto gode di massima autonomia decisionale rispetto ai protocolli tecnici da adottare per le misure radiometriche.

Il Dipartimento tecnico – Area di Eccellenza "Radioattività ambientale" ARPA di Piacenza è stato individuato come Ente terzo.

L'ARPA ha infatti stipulato una convenzione col vettore MIT Nucleare per svolgere l'incarico di Ente Terzo per la radiometria dei contenitori trasportati.

In particolare, vengono eseguiti controlli:

- ◆ sui vagoni ferroviari che hanno trasportato i contenitori vuoti in arrivo dall'impianto di La Hague (contaminazione trasferibile e fissa, rateo di dose gamma);
- ◆ sui contenitori pieni in assetto di trasporto prima della partenza dalla centrale di Caorso (contaminazione trasferibile alfa e beta-gamma, rateo di dose gamma e neutronico).

### 2.2. Monitoraggio radiologico ambientale

Al fine di valutare l'impatto radiologico che le operazioni di trasferimento del combustibile nucleare irraggiato producono sull'ambiente e sulla popolazione è stato messo a punto da parte di ARPA un piano di monitoraggio.

Il piano di monitoraggio messo in atto per ogni spedizione è strutturato su:

- ◆ l'esecuzione di misure di rateo di dose ambientale, eseguite sia con strumenti radiometrici in campo sia con dosimetri passivi ad integrazione, per la valutazione della dose alla popolazione;
- ◆ il prelievo e l'analisi di varie matrici ambientali: suolo ed erba, matrici ritenute significative per la rilevazione di eventuali deposizioni al suolo e particolato atmosferico (aria), per rilevare eventuali rilasci di effluenti gassosi;
- ◆ l'esecuzione di misure di spettrometria gamma in campo al fine di verificare l'assenza di contaminazione al punto di scambio multimodale presso la stazione ferroviaria di Caorso, dopo le operazioni di trasferimento.

Le matrici da campionare, le analisi e le misure da eseguire sono state scelte nei vari punti di prelievo in funzione delle differenti operazioni che si svolgono in ognuno di essi.

Sono stati individuati due siti oggetto di indagine:

- presso l'idrovora Chiavenna, punto ritenuto rappresentativo relativamente alle operazioni di movimentazione del combustibile nucleare irraggiato svolte nella centrale nucleare di Caorso, operazioni effettuate per il trasferimento del combustibile stesso nei contenitori di trasporto (cask). La peculiarità delle attività svolte ha infatti suggerito l'introduzione di un nuovo punto di campionamento intorno alla centrale, ubicato presso l'idrovora Chiavenna, lungo la direzione prevalente dei venti, che va ad integrare quelli già individuati per le campagne di monitoraggio annualmente effettuate nel comprensorio nucleare di Caorso a partire dal 1980;

- il punto di trasferimento multimodale di Caorso, presso la stazione ferroviaria di Caorso, dove vengono effettuate le operazioni di trasferimento dei casks dai veicoli stradali ai vagoni ferroviarie la sosta tecnica per la composizione del treno prima della partenza per la Francia.

Sono altresì eseguite specifiche misure in punti sensibili individuati lungo il percorso stradale dalla centrale alla stazione ferroviaria.

Le figure seguenti riportano le planimetrie delle due aree individuate con indicati i punti di misura istituiti.

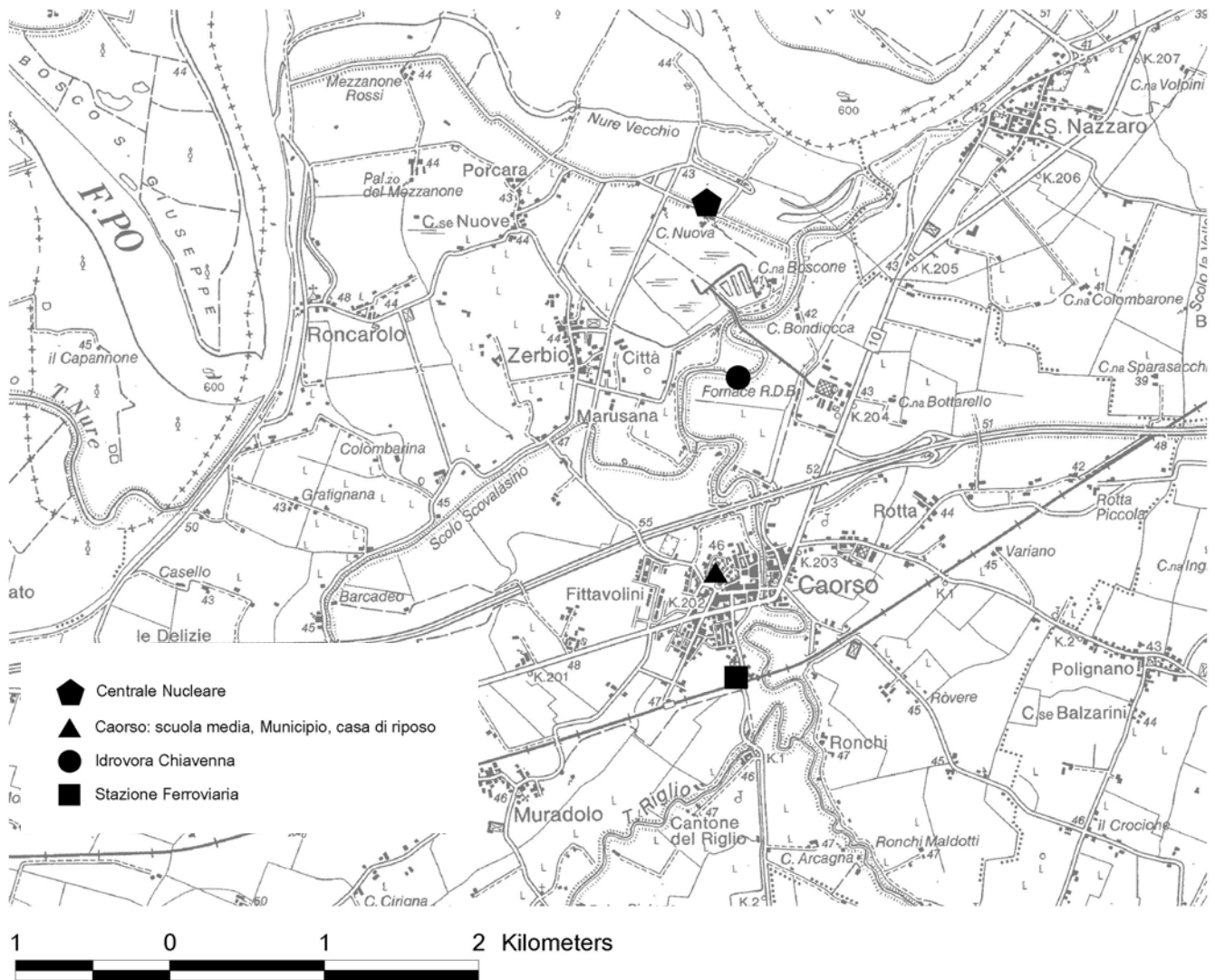
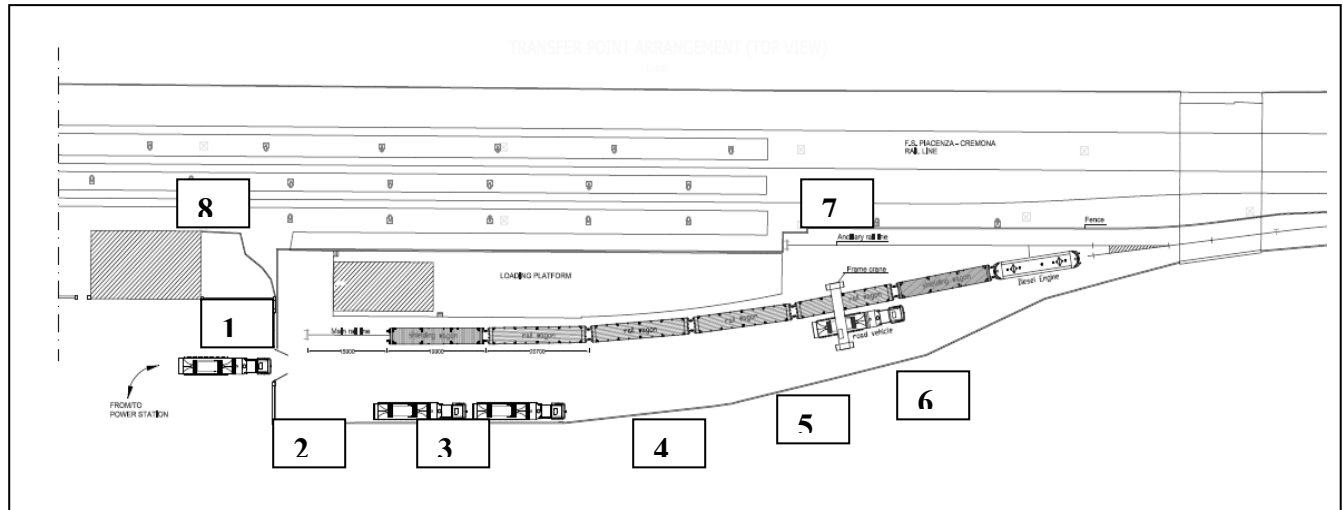


Fig. 1 Rete Locale di sorveglianza ambientale attorno alla Centrale nucleare di Caorso: implementazione con indicazione punti di misura/prelievo campioni.

Fig. 2 Area di trasferimento multimodale, presso la stazione ferroviaria di Caorso, con indicazione punti di misura



dose gamma ambientale mediante dosimetri passivi.  
 Nelle Tabelle seguenti sono invece riassunte le indagini eseguite

Tabella 1: Punto attorno al sito della centrale nucleare di Caorso in località Idrovora Chiavenna

Matrice	Nr. punti di prelievo/misura	Frequenza prelievo	Frequenza misura	Quantità prelevata	Tipo misura
Aria	1	Settimanale	Settimanale	Circa 500 m <sup>3</sup>	Spettr gamma Alfa e beta totale ritardata
Suolo (terreno indisturbato)	1	Dopo ogni trasporto	Dopo ogni trasporto	5 kg	Spettr gamma
Erba	1	Dopo ogni trasporto	Dopo ogni trasporto	3 kg	Spettr gamma
Dose ambientale	1	Dopo ogni trasporto	Dopo ogni trasporto	-	Intensità esposizione gamma

Tabella 2: Punto di trasferimento multimodale presso la stazione ferroviaria di Caorso

Matrice	Nr. punti di prelievo/misura	Frequenza prelievo	Frequenza misura	Quantità prelevata	Tipo misura
Aria	1	Durante la giornata in cui si svolgono le operazioni trasferimento cask	Dopo le operazioni trasferimento cask	Circa 500 m <sup>3</sup>	Spettr gamma Alfa e beta totale ritardata
Suolo (asfalto)	1	Dopo le operazioni trasferimento cask	Dopo le operazioni trasferimento cask	-	Spettr gamma campo
Dose ambientale	3 (°)	Dopo le operazioni trasferimento	Dopo le operazioni trasferimento	-	Intensità esposizione gamma

	8 (**)	cask “	cask “	-	Intensità esposizione gamma e neutronica
--	--------	-----------	-----------	---	---

(\*) Punti sensibili lungo il percorso stradale dalla centrale alla stazione ferroviaria ubicati:

- ◆ Scuola media Caorso
- ◆ Comune Caorso
- ◆ Casa di riposo Corso

(\*\*) al perimetro dello scalo ferroviario della stazione FFSS di Caorso si effettueranno altresì misure di Intensità di esposizione  $\gamma$  e n in aria con strumentazione radiometrica portatile durante la movimentazione dei contenitori di trasporto del combustibile irraggiato dai carrelli stradali ai carri ferroviari.

### 3. METODOLOGIA DI MISURA

#### 3.1. Controlli radiometrici in qualità di Ente Terzo

Le misure di contaminazione trasferibile alfa e beta-gamma sono state realizzate, secondo protocolli prestabiliti, tramite l'effettuazione di smear test in diversi punti delle superfici accessibili dei contenitori pieni e dei vagoni ferroviari e successive determinazioni di laboratorio con contatori proporzionali a flusso di gas a basso fondo. Sono altresì eseguite misure in situ di attività beta-gamma totale, tramite l'esecuzione di screening test con appositi fazzoletti di carta, utilizzando contaminometri portatili a larga superficie.

Le misure di rateo di dose  $H^*(10)$  gamma e neutronica sono state realizzate, anch'esse secondo protocolli prestabiliti, con monitori portatili con sonde, rispettivamente, plastico scintillatore e He-3.

#### 3.2. Monitoraggio radiologico ambientale

Le metodologie di analisi utilizzate sono state scelte per permettere la determinazione quantitativa dei radionuclidi artificiali maggiormente rilevanti dal punto di vista radioprotezionistico rispetto alla natura delle operazioni oggetto del monitoraggio.

I risultati delle analisi sono espressi come concentrazioni di attività per il singolo radionuclide riferite alla massa, alla superficie o al volume della matrice considerata ( $Bq/kg$ ,  $Bq/m^2$  e  $Bq/m^3$  rispettivamente). La sensibilità della misura viene indicata dalla M.A.R. (Minima Attività Rivelabile): tale grandezza rappresenta la minima quantità di radioattività che lo strumento di misura è in grado di rivelare. Nel caso in cui non si riveli contaminazione da parte di un certo radionuclide verrà comunque considerata la M.A.R. come limite superiore per la concentrazione del radionuclide stesso (nelle tabelle si vedrà il simbolo <).

Particolare attenzione viene posta, attraverso adeguate procedure, alla riferibilità e ripetibilità del dato: ad esempio le concentrazioni di contaminanti dei suoli e dell'erba sono sempre riferite al peso secco, in modo da risultare indipendenti dalla quantità di acqua presente al momento del prelievo.

Sui campioni di suolo, erba ed aria viene eseguita una misura di spettrometria gamma per la determinazione qualitativa e quantitativa dei radionuclidi gamma emettitori eventualmente presenti nella matrice considerata: tale analisi permette infatti la determinazione simultanea di un gran numero di radionuclidi, sia artificiali che naturali, ed in particolare permette di individuare la presenza dei radioisotopi Cs-137, principale prodotto di fissione e Co-60, principale prodotto di attivazione.

Sul campione di aria sono inoltre eseguite misure attività alfa e beta totale con contatori proporzionali a flusso di gas a basso fondo.

I dosimetri a termoluminescenza (TLD 100) utilizzati per la misura della dose ambientale gamma sono lasciati esposti per tutto l'intervallo di tempo compreso tra due trasporti successivi e sottoposti a lettura presso il laboratorio ARPA.

Presso la stazione ferroviaria di Caorso sono altresì eseguite ulteriori misure dosimetriche ambientali, i cui punti sono stati ridefiniti nel dettaglio a seguito del primo trasporto in funzione delle procedure operative verificate.

Durante la giornata in cui vengono effettuati i trasporti, presso il raccordo ferroviario sono altresì svolte misure di dose ambientale gamma e neutronica mediante l'utilizzo di strumentazione portatile. Presso la stazione ferroviaria di Caorso, dopo ogni trasporto, sono eseguite misure di spettrometria gamma in campo utilizzando uno spettrometro portatile dotato di rivelatore al Germanio iperpuro. Sono state eseguite misure di "zero" prima dell'inizio delle operazioni di trasporto negli stessi punti e sulla stesse matrici individuate.

La dosimetria ambientale neutronica è altresì effettuata mediante dosimetri passivi per neutroni (termici e veloci), forniti dal servizio dosimetrico dell'Enea di Bologna.

#### 4. RISULTATI DELLE MISURE

##### 4.1. Controlli radiometrici in qualità di Ente Terzo

La normativa internazionale (Regolamentazione AIEA per il trasporto di materiali radioattivi - Safety Standards Series No. ST-1 – IAEA – Vienna 1996; Regolamento per il trasporto internazionale di sostanze pericolose su strada (ADR) - direttiva 96/35/CE; Regolamento per il trasporto internazionale di sostanze pericolose su ferrovia (RID) - direttiva 96/49/CE) fissa i limiti per la contaminazione trasferibile e per il rateo di dose, sia per l'imballaggio pieno (collo) che per il veicolo di trasporto, così come riassunto in tabella 3.

Tabella 3: limiti ammissibili per il trasporto previsti dalla IAEA

Grandezza	Limite sulla superficie del cask (collo)	Limite sulla superficie del vagone ferroviario vuoto
Contaminazione trasferibile alfa	0,4 Bq/cm <sup>2</sup> *	0,04 Bq/cm <sup>2</sup> *
Contaminazione trasferibile beta/gamma ed alfa a bassa tossicità **	4 Bq/cm <sup>2</sup> *	0,4 Bq/cm <sup>2</sup> *
Rateo di dose a contatto	2 mSv/h (γ + n)	5μSv/h (γ )

\* mediato su una superficie di 300 cm<sup>2</sup> per ogni punto della superficie accessibile; efficienza di rimozione 10%.

\*\* per emettitori alfa a bassa tossicità si intendono: uranio naturale; uranio impoverito; torio naturale; uranio 235 o uranio 238; torio 232; torio 228 e torio 230 quando contenuti in minerali o concentrati fisici e chimici; o emettitori alfa con tempo di dimezzamento inferiore a 10 giorni.

Sono altresì fissati ulteriori livelli massimi di rateo di dose in assetto di trasporto:

- 2 mSv/h (γ+ n) alla superficie esterna (a contatto) del veicolo stradale;
- 0.1 mSv/h (γ+ n) a 2 metri dalle superfici verticali del veicolo stradale.

In tabella 4 sono riportati i valori massimi riscontrati nel primo trasporto.

Tabella 4: valori massimi di contaminazione trasferibile (Bq/cm<sup>2</sup>) e di rateo di dose misurati (mSv/h) su casks e vagoni ferroviari

		Contaminazione α		Contaminazione β		Rateo di dose γ+n H*(10) a contatto		Rateo di dose γ H*(10) a contatto	
		Bq/cm <sup>2</sup>	2 σ	Bq/cm <sup>2</sup>	2 σ	mSv/h	2 σ	mSv/h	2 σ
trasporto n° 1	Cask 1	< 0.0007		0.0178	0.0014	0.0139	6%	0.0059	5%
	Cask 2	0.0015	0.0004	0.0747	0.0034	0.0195	6%	0.0095	5%
	Vagone 1	0.0030	0.0006	0.0039	0.0008	-		Fondo	

16/12/2007	Vagone 2	0.0009	0.0003	0.0331	0.0020	-		ambientale	
								Fondo ambientale	
trasporto n° 2	Cask 3	< 0.0007		0.0068	0.0007	0.0074	6%	0.0027	5%
	Cask 4	< 0.0007		0.0049	0.0009	0.0098	6%	0.0038	5%
	Cask 5	< 0.0007		0.1467	0.0067	0.0136	6%	0.0056	5%
	Cask 6	< 0.0007		0.0114	0.0012	0.0100	6%	0.0040	5%
24/02/2008	Vagone 1	Non sottoposto a controllo *		Non sottoposto a controllo *		-		Non sottoposto a controllo *	
	Vagone 2	< 0.0010		0.0043	0.0008	-		Fondo ambientale	
	Vagone 3	0.0021	0.0005	0.0070	0.0011	-		Fondo ambientale	
	Vagone 4	0.0050	0.0007	0.0338	0.0023	-		Fondo ambientale	
trasporto n° 3	Cask 7	0.0010	0.0004	0.0950	0.0039	0.0074	6%	0.0036	5%
	Cask 8	< 0.0008		0.0043	0.0007	0.0094	6%	0.0046	5%
	Cask 9	< 0.0009		< 0.0021		0.0055	6%	0.0028	5%
	Cask 10	< 0.0007		0.0058	0.0008	0.0111	6%	0.0051	5%
06/04/2008	Vagone 1	< 0.0009		< 0.0023		-		Fondo ambientale	
	Vagone 2	0.0018	0.0005	0.0048	0.0010	-		Fondo ambientale	
	Vagone 3	0.0016	0.0005	0.0039	0.0008	-		Fondo ambientale	
	Vagone 4	0.0020	0.0005	0.0026	0.0008	-		Fondo ambientale	

\* Non sottoposto a controllo in quanto accompagnato in arrivo da un "Certificato di non contaminazione"

Le misure eseguite hanno confermato l'ampio rispetto dei limiti.

Come si evidenzia i valori misurati della contaminazione trasferibile, sia alfa che beta, si sono sempre mantenuti al di sotto di un decimo dei limiti riportati in tabella 3.

I valori del rateo di dose gamma H\*(10) misurati sui vagoni ferroviari non si discostano dal fondo naturale medio della zona.

I valori del rateo di dose gamma e neutronica H\*(10) misurati sui cask sono inferiori di due ordini di grandezza ai limiti riportati in tabella 3 ed altresì sensibilmente inferiori ai valori previsionali calcolati da AREVA assumendo stime cautelative dell'inventario di radioattività presente negli elementi di combustibile.

#### 4.2. Monitoraggio radiologico ambientale

Prima dell'inizio delle operazioni di trasferimento del combustibile irraggiato sono state effettuate misure di "zero" (bianco) sulle matrici individuate.

Successivamente, durante e/o a conclusione di ogni ciclo completo di operazioni, le misure sono state ripetute negli stessi punti.

Nelle tabelle seguenti sono riassunti i risultati delle misure.

Tabella 5: contaminazione del suolo (Bq/kg peso secco)

Trasporto	Località	Co-60	Cs-137	Am-241	K-40
Situazione "zero"	Idrovora Chiavenna	< 0.14	14.50±0.73	< 0.98	496.30±23.90
		< 0.15	5.07±0.31	< 1.37	404.12±20.09
n° 1 16/12/2007	Idrovora Chiavenna	< 1.14	14.88±0.77	< 1.14	476.90±23.30
	Idrovora				



n° 2 24/02/2008	Chiavenna	< 0.13	15.10±0.75	< 0.91	425.30±20.60
n° 3 06/04/2008	Idrovora Chiavenna	< 0.12	11.68±0.63	< 0.23	453.60±23.30

I valori di concentrazione di Cs-137 nel suolo sono comparabili con la media della zona dopo l'incidente di Chernobyl: le concentrazioni attualmente riscontrate nell'area circostante la centrale di Caorso variano infatti nell'intervallo 1-20 Bq/kg peso secco.

Tabella 6: contaminazione del suolo mediante spettrometria  $\gamma$  in campo (Bq/m<sup>2</sup>)

Trasporto	Località	Co-60	Cs-137	Am-241	K-40
Situazione "zero"	stazione ferroviaria	< 51.90	112.80±39.70	< 56.80	10300.00±669.50
		< 31.85	102.90±47.10	< 56.17	10270.00±651.00
n° 1 16/12/2007	stazione ferroviaria	< 39.20	41.16±23.70	< 69.55	8876.00±612.00
n° 2 24/02/2008	stazione ferroviaria	< 30.30	88.67±47.80	< 58.50	6880.00±542.00
n° 3 06/04/2008	stazione ferroviaria	< 14.05	< 55.04	< 56.82	7267.00±537.00

Le concentrazioni di Cs-137 misurate sul piazzale di movimentazione dei contenitori di trasporto sono correlabili esclusivamente all'incidente di Chernobyl: le concentrazioni normalmente riscontrate in aree lastricate o asfaltate variano nell'intervallo 10-1000 Bq/m<sup>2</sup>.

Tabella 7: contaminazione dell'erba (Bq/kg peso secco)

Trasporto	Località	Co-60	Cs-137	Am-241	K-40
Situazione "zero"	Idrovora Chiavenna	< 0.40	2.06±0.80	< 4.04	587.60±47.00
		< 0.89	3.39±0.89	< 6.92	631.34±44.51
n° 1 16/12/2007	Idrovora Chiavenna	< 0.61	8.46±0.99	< 7.18	679.61±42.90
n° 2 24/02/2008	Idrovora Chiavenna	< 0.62	1.23±0.48	< 0.88	902.30±48.40
n° 3 06/04/2008	Idrovora Chiavenna	< 0.75	1.18±0.63	< 6.80	814.40±50.20

I valori di concentrazione di Cs-137 nell'erba sono rilevabili, anche se prossimi alla M.A.R.; le concentrazioni attualmente riscontrate nell'area variano nell'intervallo 0.5-10 Bq/kg peso secco.

Tabella 8: contaminazione dell'aria (Bq/m<sup>3</sup>)

Trasporto	Località	Co-60	Cs-137	Am-241	$\alpha$ totale	$\beta$ totale
Situazione "zero", ovvero precedente inizio operazioni trasporto	Idrovora Chiavenna					
dal 18 al		< 0.04e-03	< 0.05e-03	< 0.34e-	(0.33±0.01)e-	(1.00±0.01) e-

26/09/2007		< 0.06e-03	< 0.05e-03	03	03	03
dal 26 al 03/10/2007		< 0.06e-03	< 0.06e-03	< 0.34e-03	(0.24±0.01)e-03	(0.73±0.019 e-03
dal 03 al 10/10/2007		< 0.04e-03	< 0.03e-03	< 0.35e-03	(0.51±0.01)e-03	(1.40±0.01) e-03
dal 10 al 17/10/2007		< 0.05e-03	< 0.04e-03	< 1.11e-03	(0.47±0.01)e-03	(1.60±0.02) e-03
dal 17 al 24/10/2007		< 0.04e-03	< 0.04e-03	< 1.15e-03	(0.13±0.01)e-03	(0.46±0.01) e-03
dal 24 al 31/10/2007		< 0.05e-03	< 0.04e-03	< 1.13e-03	(0.23±0.01)e-03	(0.73±0.01) e-03
dal 31 al 07/11/2007		< 0.05e-03	< 0.04e-03	< 0.16e-03	(0.22±0.01)e-03	(0.79±0.01) e-03
dal 07 al 14/11/2007				< 1.05e-03	(0.23±0.01)e-03	(0.90±0.01) e-03
dal 14 al 21/11/2007		< 0.04e-03	< 0.04e-03	< 1.20e-03	(0.40±0.01)e-03	(1.80±0.02) e-03
dal 21 al 28/11/2007		< 0.08e-03	< 0.05e-03	< 1.10e-03	(0.30±0.01)e-03	(1.20±0.10) e-03
Situazione successiva inizio operazioni trasporto		< 0.06e-03	< 0.06e-03			
dal 28 al 05/12/2007		< 0.05e-03	< 0.04e-03			
dal 28 al 05/12/2007		< 0.04e-03	< 0.04e-03	< 1.04e-03	(0.20±0.01)e-03	(0.98±0.02) e-03
dal 05 al 12/12/2007		< 0.04e-03	< 0.04e-03	< 0.22e-03	(0.34±0.01)e-03	(1.60±0.02) e-03
<b>dal 12 al 19/12/2007</b>		< 0.04e-03	< 0.03e-03	< 1.03e-03	(0.19±0.01)e-03	(1.00±0.01)e-03
dal 19 al 27/12/2007		< 0.04e-03	< 0.03e-03			
dal 19 al 27/12/2007		< 0.05e-03	< 0.04e-03	< 0.38e-03	(0.30±0.01)e-03	(1.90±0.02)e-03
dal 27 al 02/01/2008		< 0.03e-03	< 0.03e-03	< 1.17e-03	(0.45±0.01)e-03	(2.20±0.02)e-03
dal 02 al 09/01/2008		< 0.83e-03	< 0.82e-03			
dal 02 al 09/01/2008		< 0.07e-03	< 0.06e-03	< 1.05e-03	(0.10±0.01)e-03	(0.74±0.01)e-03
dal 09 al 16/01/2008		< 0.05e-03	< 0.04e-03	< 1.18e-03	(0.06±0.01)e-03	(0.43±0.01)e-03
dal 16 al 23/01/2008		< 0.05e-03	< 0.08e-03			
dal 16 al 23/01/2008		< 0.04e-03	< 0.03e-03	< 1.09e-03	(0.06±0.01)e-03	(0.50±0.01)e-03

dal 23 al 30/01/2008		< 0.04e-03	< 0.03e-03	< 0.95e-03	(0.15±0.01)e-03	(0.87±0.01)e-03
dal 30 al 06/02/2008		< 0.06e-03	< 0.05e-03	< 0.94e-03	(0.14±0.01)e-03	(0.77±0.01)e-03
dal 06 al 13/02/2008				< 1.09e-03	(0.13±0.01)e-03	(0.81±0.01)e-03
dal 13 al 20/02/2008				< 0.88e-03	(0.13±0.01)e-03	(1.10±0.01)e-03
<b>dal 20 al 27/02/2008</b>				< 0.76e-03	(0.13±0.01)e-03	(1.20±0.01)e-03
dal 27 al 05/03/2008				< 0.42e-03	(0.04±0.01)e-03	(0.70±0.01)e-03
dal 05 al 12/03/2008				< 1.23e-03	(0.02±0.01)e-03	(0.37±0.01)e-03
dal 12 al 19/03/2008				< 0.41e-03	(0.02±0.01)e-03	(0.27±0.01)e-03
dal 19 al 26/03/2008				< 0.91e-03	(0.02±0.01)e-03	(0.30±0.01)e-03
dal 26 al 02/04/2008				< 0.90e-03	(0.02±0.01)e-03	(0.39±0.01)e-03
<b>dal 02 al 09/04/2008</b>				< 0.34e-03	(0.05±0.01)e-03	(0.51±0.01)e-03
Situazione "zero" dal 05 al 06/11/2007	stazione ferroviaria	< 0.25e-03	< 0.22e-03	< 0.22e-03	(0.18±0.01)e-03	(1.00±0.03)e-03
dal 27 al 28/11/2007		< 0.18e-03	< 0.25e-03	< 0.16e-03	(0.16±0.01)e-03	(0.88±0.03)e-03
dal 03 al 04/12/2007		< 0.15e-03	< 0.28e-03	< 1.29e-03	(0.15±0.01)e-03	(0.81±0.03)e-03
n° 1 16/12/2007	stazione ferroviaria	< 0.16e-03	< 0.17e-03	< 0.19e-03	(0.13±0.01)e-03	(0.91±0.03)e-03
n° 2 24/02/2008	stazione ferroviaria	< 0.10e-03	< 0.11e-03	< 2.45e-03	(0.09±0.01)e-03	(1.20±0.02)e-03
n° 3 06/04/2008	stazione ferroviaria	< 0.24e-03	< 0.22e-03	< 0.20e-03	(0.02±0.01)e-03	(0.62±0.02)e-03

Nell'aria non è mai stata riscontrata la presenza di radionuclidi di origine artificiale (concentrazioni sempre inferiori alla M.A.R.). Le attività alfa e beta totali sono riferibili a nuclidi di origine naturale e cosmogenici: le concentrazioni normalmente riscontrate nell'ambiente circostante la centrale di Caorso variano nell' intervallo 0,0001-0,0025 Bq/m<sup>3</sup> per l'attività beta totale (vedi Rapporti semestrali Sogin relativi alla "Protezione dell'ambiente").

Tabella 9: dose ambientale  $\gamma$  e n – strumentazione portatile ( $\mu\text{Sv/h}$ ) H\*(10)

Trasporto	Località	$\gamma$	n
Situazione "zero"	stazione ferroviaria punto 1	0.070	< 0.025 (**)
	stazione ferroviaria punto 2	0.065	< 0.025 (**)
	stazione ferroviaria punto 3	0.058	< 0.025 (**)
	stazione ferroviaria punto 4	0.078	< 0.025 (**)
	stazione ferroviaria punto 5	0.063	< 0.025 (**)
	stazione ferroviaria punto 6	0.060	< 0.025 (**)
	stazione ferroviaria punto 7	0.055	< 0.025 (**)
	stazione ferroviaria punto 8	0.091	< 0.025 (**)
n°3 06/04/2008	stazione ferroviaria punto 1	0.070	< 0.025 (**)
	stazione ferroviaria punto 2	0.079	< 0.025 (**)
	stazione ferroviaria punto 3 (*)	0.076	0.040
	stazione ferroviaria punto 4 (*)	0.070	0.060
	stazione ferroviaria punto 5	0.100	0.140
	stazione ferroviaria punto 6	0.080	0.040
	stazione ferroviaria punto 7	0.088	0.060
	stazione ferroviaria punto 8	0.090	< 0.025 (**)

(\*) misure eseguite in prossimità della recinzione perimetrale, ma dietro i rimorchi "8 assi" dei veicoli utilizzati per il trasporto stradale (posizionati presso la recinzione).

(\*\*) valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale (0.025  $\mu\text{Sv/h}$ ), considerato corrispondente al fondo ambientale

Così come in occasione dei primi due trasporti, i valori del rateo di dose ambientale gamma e neutronica H\*(10) misurati con strumentazione portatile al perimetro dell'area di trasferimento e sosta dei contenitori presso la stazione ferroviaria di Caorso di proprietà Sogin si discostano dal fondo naturale medio della zona nei punti mediamente più vicini alla zona di trasferimento e sosta dei contenitori; nello specifico i valori più elevati si sono riscontrati dal lato sud dell'area in corrispondenza della linea ferroviaria. Durante la giornata in cui è stato effettuato il trasporto la stazione è stata comunque preclusa al traffico passeggeri/popolazione in generale. Sul lato nord i valori rilevati risultano conformi alle valutazioni di dose effettuate da Sogin in una relazione prodotta a monte della realizzazione di tale area.

Comunque i valori rilevati risultano inferiori ai valori previsionali calcolati da AREVA assumendo stime cautelative dell'inventario di radioattività presente negli elementi di combustibile.

## **5. CONCLUSIONI**

I risultati delle misure effettuate durante e dopo le operazioni di trasferimento non hanno evidenziato fenomeni di incremento dei livelli di contaminazione ambientale rispetto al fondo naturale medio della zona.

Le misure di contaminazione trasferibile e di rateo di dose eseguite sui contenitori pieni e sui vagoni ferroviari hanno confermato l'ampio rispetto dei limiti previsti per il trasporto.

Pertanto è possibile affermare che anche il terzo trasporto non ha evidenziato alcun impatto radiologico sull'ambiente e sulla popolazione.