

**DIPARTIMENTO RISCHI FISICI E TECNOLOGICI**  
**Struttura Semplice Radiazioni ionizzanti e Siti nucleari**

**Controllo dei materiali metallici allontanabili  
dal sito di Trino - Lotto 13**

Relazione tecnica n. 38/SS21.02/2019

<b>Redazione</b>	<b>Funzione:</b> Componente SS Radiazioni ionizzanti e Siti nucleari	
	<b>Nome:</b> Luca Albertone	
	<b>Funzione:</b> Componente SS Radiazioni ionizzanti e Siti nucleari	
<b>Verifica</b>	<b>Nome:</b> Manuela Marga	
	<b>Funzione:</b> Componente SS Radiazioni ionizzanti e Siti nucleari	
	<b>Nome:</b> Giuseppe Tozzi	
<b>Approvazione</b>	<b>Funzione:</b> Responsabile Dipartimento Rischi fisici e tecnologici	
	<b>Nome:</b> Giovanni d'Amore	

**ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Rischi fisici e tecnologici**

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 0125645358 - Codice Fiscale - Partita IVA 07176380017

Pec: [radiazioni@pec.arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni@pec.arpa.piemonte.it) E-mail: [dip.rischi.fisici.tecnologici@arpa.piemonte.it](mailto:dip.rischi.fisici.tecnologici@arpa.piemonte.it)

**Struttura Semplice Radiazioni ionizzanti e Siti nucleari**

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850 - E-mail: [ionizzanti.siti.nucleari@arpa.piemonte.it](mailto:ionizzanti.siti.nucleari@arpa.piemonte.it)

## INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	STRATEGIE GENERALI DI CONTROLLO E LIVELLI DI ALLONTANAMENTO	3
3.	ESTRAZIONE CAMPIONE STATISTICAMENTE SIGNIFICATIVO DI COLLI DA CONTROLLARE	5
4.	STRUMENTAZIONE DI MISURA UTILIZZATA	6
5.	METODOLOGIA DI MISURA	6
6.	RISULTATI DELLE MISURE EFFETTUATE SUI COLLI	7
7.	VALUTAZIONI DI RADIOPROTEZIONE	9

**ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Rischi fisici e tecnologici**

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 0125645358 - Codice Fiscale - Partita IVA 07176380017

Pec: [radiazioni@pec.arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni@pec.arpa.piemonte.it) E-mail: [dip.rischi.fisici.tecnologici@arpa.piemonte.it](mailto:dip.rischi.fisici.tecnologici@arpa.piemonte.it)

**Struttura Semplice Radiazioni ionizzanti e Siti nucleari**

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850 - E-mail: [ionizzanti.siti.nucleari@arpa.piemonte.it](mailto:ionizzanti.siti.nucleari@arpa.piemonte.it)

## 1. PREMESSA

Il decommissioning degli impianti nucleari implica la produzione e la gestione di notevoli quantità di materiali solidi parte dei quali, a causa della provenienza all'interno dell'area o per i trattamenti di decontaminazione subiti, presenta un'attività inferiore al livello di allontanamento assegnato dall'autorità nazionale di controllo. Questi materiali possono essere dichiarati esenti da vincoli radiologici e quindi allontanati come materiali non soggetti alle disposizioni di legge in materia di radioprotezione.

Prima del loro allontanamento Arpa Piemonte, in attuazione del "Protocollo operativo tra Arpa Piemonte e Apat" (ora ISIN) del 15/06/2005, rinnovato nel 2015, effettua controlli indipendenti sui lotti destinati al rilascio.

La Centrale nucleare di Trino ha dato inizio ad un'attività di trattamento e riconfezionamento di parte dei rifiuti radioattivi pregressi. Tali rifiuti sono costituiti da materiale proveniente da lavorazioni condotte in zona controllata e, pur non appartenendo ad alcun sistema di impianto, è stato classificato come rifiuto radioattivo al momento della produzione. In particolare, il riconfezionamento di una partita di 712 fusti, denominata Matrioske, ha generato una ingente quantità di materiale metallico, sabbioso e cementizio che aveva funzione di schermo dei rifiuti stessi e che adesso è potenzialmente allontanabile. In questa relazione sono riportati i risultati delle misurazioni effettuate sul Lotto 13 costituito da materiale metallico.

## 2. STRATEGIE GENERALI DI CONTROLLO E LIVELLI DI ALLONTANAMENTO

Dalla Centrale "Enrico Fermi" di Trino possono essere allontanati materiali metallici o altri materiali destinati allo smaltimento, al riciclo o al riuso.

I livelli di allontanamento sono contenuti nelle Prescrizioni per la disattivazione allegate al DM 02/08/2012 di autorizzazione alla disattivazione dell'impianto (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

Radionuclide	Riuso	Riciclo	Riuso/Riciclo
	Superficie (Bq/cm <sup>2</sup> )	Superficie (Bq/cm <sup>2</sup> )	Massa (Bq/g)
H-3	10000	100000	1
C-14	1000	1000	1
Mn-54	10	10	1
Fe-55	1000	10000	1
Co-60	1	10	1
Ni-59	10000	10000	1
Ni-63	1000	10000	1
Sr-90	10	10	1
Sb-125	10	100	1
Cs-134	1	10	0,1
Cs-137	10	100	1
Eu-152	1	10	1
Eu-154	1	10	1
Alfa emettitori	0.1	0.1	0,1
Pu-241	10	10	1

Tabella 1. Allontanamento incondizionato di materiali metallici.

### ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Rischi fisici e tecnologici

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 0125645358 - Codice Fiscale - Partita IVA 07176380017

Pec: [radiazioni@pec.arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni@pec.arpa.piemonte.it) E-mail: [dip.rischi.fisici.tecnologici@arpa.piemonte.it](mailto:dip.rischi.fisici.tecnologici@arpa.piemonte.it)

Struttura Semplice Radiazioni ionizzanti e Siti nucleari

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850 - E-mail: [ionizzanti.siti.nucleari@arpa.piemonte.it](mailto:ionizzanti.siti.nucleari@arpa.piemonte.it)

Per soddisfare il criterio di allontanamento in presenza di miscele di radionuclidi, deve essere soddisfatta la seguente condizione:

$$\sum_i \frac{C_i}{C_{i,i}} < 1$$

Dove:

- $C_i$  è la concentrazione di massa dell'i-esimo radionuclide;
- $C_{i,i}$  è il livello di allontanamento per lo stesso radionuclide.

Arpa effettua i controlli indipendenti sui materiali già dichiarati allontanabili dall'Esercente tramite documentazione che riporta il benessere all'allontanamento da parte dell'Esperto Qualificato dell'Impianto e l'autorizzazione all'allontanamento da parte del Responsabile dell'Impianto. I controlli sono effettuati misurando i nuclidi direttamente rivelabili ETM (Easy to Measure) Co-60, Cs-137, Sb-125, Eu-154, Eu-152, Mn-54 e Cs-134 attraverso misure di spettrometria gamma in situ sui colli destinati al rilascio.

Nei materiali, però, possono essere presenti in quantità significative anche radionuclidi non direttamente rivelabili DTM (Difficult to Measure), di cui si deve valutare il contributo. È pertanto necessario determinare gli specifici *fattori di correlazione*  $FC_i$  dati dal rapporto tra l'attività del radionuclide i-esimo e l'attività del radionuclide di riferimento corrispondente (Tabella 2).

Radionuclide DTM	Radionuclide ETM
Fe-55, Ni-59, Ni-63	Co-60
Sr-90, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-241, Am-241	Cs-137

Tabella 2. Corrispondenza con i radionuclidi di riferimento.

Per determinare i *fattori di correlazione*  $FC_i$  relativi al lotto, è stato necessario determinare a priori, attraverso analisi radiochimiche, i radionuclidi non direttamente rivelabili, scelti tra H-3, C-14, Fe-55, Ni-59, Ni-63, Sr-90, Alfa totale.

Sogin ha effettuato queste determinazioni su tutti i campioni che ha definito essere rappresentativi per la caratterizzazione del lotto. Arpa Piemonte ha scelto di effettuare le stesse analisi in doppio su alcuni campioni che, valutati i risultati delle analisi in spettrometria gamma effettuate dall'esercente, ha ritenuto significativi. Relativamente al materiale metallico – proveniente dalle carcasse dei fusti riconfezionati – sono pertanto stati scelti complessivamente 5 campioni tra i più attivi rispetto alla concentrazione di attività in massa di Cs-137 e Co-60.

Arpa Piemonte ha assistito al pretrattamento, avvenuto nei laboratori Sogin, tramite attacco acido, dei campioni individuati ed ha successivamente analizzato la soluzione ottenuta al fine di effettuare valutazioni sui fattori di correlazione.

Vengono riportati nel seguito gli esiti delle analisi di Arpa sulle soluzioni ottenute dai cinque campioni di materiale metallico relativi al Lotto 13 oggetto di questa relazione.

Campione	ID SO.G.I.N.	Co-60	Cs-137	Sr-90	Fe-55	Ni-63	Pu-238	Pu-239/240
18/039069	MAC A009/E36/00157	< 7,17E-01	< 8,07E-01	< 6,08E-01	< 9,26E+01	< 4,45E+01	< 3,20E-01	< 1,20E-01
18/039123	MAC A009/E36/00382	< 1,21E+00	< 8,48E-01	< 8,13E-01	< 7,64E+02	< 4,21E+02	< 2,09E+00	< 4,60E-01
18/039246	MAC A009/E36/00812	< 1,23E+00	< 9,31E-01	< 7,32E-01	< 3,78E+02	< 1,56E+02	< 9,01E-01	< 7,71E-01
18/039247	MAC A009/E36/01081	< 1,59E+00	< 1,18E+00	< 7,52E-01	< 2,42E+01	< 1,18E+02	< 6,54E-01	< 1,81E-01
18/039654	MAC A009/E36/01276	< 1,97E+00	< 8,33E-01	< 7,02E-01	< 7,77E+02	< 4,19E+02	< 2,03E+00	< 5,25E-01

**ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Rischi fisici e tecnologici**

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 0125645358 - Codice Fiscale - Partita IVA 07176380017

Pec: [radiazioni@pec.arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni@pec.arpa.piemonte.it) E-mail: [dip.rischi.fisici.tecnologici@arpa.piemonte.it](mailto:dip.rischi.fisici.tecnologici@arpa.piemonte.it)

**Struttura Semplice Radiazioni ionizzanti e Siti nucleari**

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850 - E-mail: [ionizzanti.siti.nucleari@arpa.piemonte.it](mailto:ionizzanti.siti.nucleari@arpa.piemonte.it)

Tabella 3. Risultati delle misure sulle soluzioni ottenute dal materiale metallico (Bq/l).

Le analisi di laboratorio, effettuate sia sui radionuclidi ETM in spettrometria gamma sia sui radionuclidi DTM tramite metodi di radiochimica, hanno confermato nel complesso una bassa contaminazione ed hanno consentito di verificare che:

- i risultati delle misure effettuate da Sogin sono del tutto confrontabili con i risultati delle misure effettuate in parallelo da Arpa Piemonte;
- è confermata l'omogeneità del Lotto 13.

Tuttavia, sono stati ottenuti risultati sempre al di sotto del limite di rivelabilità che non hanno permesso di calcolare i fattori di correlazione.

Su approvazione di ISIN, l'esercente ha elaborato un set di fattori di correlazione calcolati su 50 campioni provenienti dai rifiuti contenuti all'interno dei fusti riconfezionati, supponendo ragionevolmente che gli schermi abbiano una contaminazione correlabile al contenuto dei fusti, Arpa Piemonte, sulla scorta della congruità delle misurazioni effettuate in doppio, ha adottato il set di fattori di correlazione così ottenuto aggiornando i valori al 01/09/2019.

Fattori di correlazione	
Sr-90/Cs-137	4,2E+00
Pu-238/Cs-137	1,7E-01
Pu-239/Cs-137	5,8E-01
Pu-241/Cs-137	3,5E+00
Am-241/Cs-137	5,7E-01
Pu-240/Cs-137	3,5E-02
Fe-55/Co-60	2,5E-01
Ni-59+63/Co-60	2,0E+01

Tabella 4. Fattori di correlazione ricalcolati al 01/09/2019.

Analogamente sono stati adottati i valori di concentrazione di attività per trizio e carbonio 14, riferiti alla data 01/09/2019, riportati in tabella 5.

C-14	3,64E-02
H-3	4,17E-02

Tabella 5. Valori di concentrazione di attività per H-3 e di C-14 (Bq/kg).

### 3. ESTRAZIONE CAMPIONE STATISTICAMENTE SIGNIFICATIVO DI COLLI DA CONTROLLARE

I materiali solidi che originano dal decommissioning degli impianti nucleari e che sono destinati all'allontanamento dal sito sono raggruppati in lotti omogenei. Ai fini del controllo, il materiale è inserito in appositi contenitori (colli) costituiti da cassoni metallici del volume di 0,52 m<sup>3</sup> e 0,78 m<sup>3</sup>. L'Esercente ha effettuato il controllo del 100% del quantitativo totale di materiale metallico, inserito in 107 colli e ne ha dichiarato l'allontanabilità.

Arpa ha determinato a priori il numero di colli da sottoporre a verifica applicando l'approccio non parametrico di Noether. Tale approccio richiede, come dato di ingresso, la distribuzione presunta della contaminazione e non tiene conto della numerosità dei colli.

Assumendo l'indice di allontanamento medio del 21%, con uno scarto tipo del 10% e come probabilità per gli errori di prima e seconda specie il 5%, è stato determinato in 11 il numero di colli da sottoporre a controllo indipendente, scelti casualmente tra i 107 costituenti il lotto 13.

#### ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Rischi fisici e tecnologici

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 0125645358 - Codice Fiscale - Partita IVA 07176380017

Pec: [radiazioni@pec.arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni@pec.arpa.piemonte.it) E-mail: [dip.rischi.fisici.tecnologici@arpa.piemonte.it](mailto:dip.rischi.fisici.tecnologici@arpa.piemonte.it)

Struttura Semplice Radiazioni ionizzanti e Siti nucleari

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850 - E-mail: [ionizzanti.siti.nucleari@arpa.piemonte.it](mailto:ionizzanti.siti.nucleari@arpa.piemonte.it)

#### 4. STRUMENTAZIONE DI MISURA UTILIZZATA

Per l'esecuzione delle misure radiometriche è stata utilizzata la seguente strumentazione:

- catena spettrometrica alfa con rivelatori al silicio a barriera superficiale e software di elaborazione ORTEC "AlphaVision";
- catene spettrometriche gamma con rivelatore al germanio iperpuro di tipo *p* o di tipo *n* e software di elaborazione ORTEC "GammaVision";
- catena spettrometrica gamma per misure in campo tipo Transpec con rivelatore al germanio iperpuro di tipo *p* e software di elaborazione ORTEC "Isotopic";
- contatore proporzionale a flusso di gas Berthold mod. LB 770;
- contatore a scintillazione liquida Perkin Elmer mod. Quantulus.

#### 5. METODOLOGIA DI MISURA

Per l'esecuzione delle analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi contenuti nel "Catalogo prove" di Arpa Piemonte:

- U.RP.M993 "Misure in situ di radionuclidi gamma emettitori" UNI EN ISO18589-7 (2016) Misurazione della radioattività nell'ambiente - Suolo - Parte 7: Misurazione in situ di radionuclidi gamma emettitori;
- U.RP.MA008 "Determinazione di Stronzio 89 e Stronzio 90 in acqua" – UNI EN ISO 13160: 2015 Water quality - Strontium 90 and strontium 89 – Test methods using liquid scintillation counting or proportional counting – metodo normalizzato accreditato ISO 17025 (Certificato ACCREDIA n. 0203 Sede H Vercelli – Elenco prove revisione 18 del 18/07/2018 e revisione 19 del 23/05/2019);
- U.RP.MA076: "Determinazione dei radionuclidi gamma emettitori mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione" – UNI 11665: 2017 Determinazione di radionuclidi gamma emettitori mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione – metodo normalizzato accreditato ISO 17025 (Certificato ACCREDIA n. 0203 Sede H Vercelli – Elenco prove revisione 18 del 18/07/2018 e revisione 19 del 23/05/2019);
- U.RP.MA079 "Determinazione degli isotopi di americio, curio, nettunio e plutonio in acqua" – ISO 13167: 2015 Water quality - Plutonium, americium, curium and neptunium - Test method using alpha spectrometry – metodo normalizzato accreditato ISO 17025 (Certificato ACCREDIA n. 0203 Sede H Vercelli – Elenco prove revisione 18 del 18/07/2018 e revisione 19 del 23/05/2019);
- U.RP.M834 "Determinazione di Fe-55 in acqua - Eichrom Technologies, Inc. FEW01 Rev. 1.0 April 30, 2001 Iron 55 in water" - metodo esterno non normalizzato;
- U.RP.M835 "Determinazione di Ni-63 e Ni-59 in acqua - Eichrom Technologies, Inc. NIW01 Rev. 1.2 February 25, 2003 Nickel 63/59 in water"- metodo esterno non normalizzato;
- U.RP.T085 "Campionamento di matrici ambientali ed alimentari da sottoporre a misure radiometriche" – metodo interno.

Al fine di garantire la qualità dei dati erogati il laboratorio della struttura Siti Nucleari:

- è accreditato UNI CEI EN ISO/IEC 17025 (certificato ACCREDIA n. 0203) per i principali metodi di prova;
- partecipa con cadenza annuale a circuiti di interconfronto nazionali ed internazionali (EC, IAEA ed altri).

L'accreditamento testimonia la competenza tecnica del Laboratorio e la conformità del sistema di gestione alla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025 ed a qualsiasi altro criterio prescritto dall'Ente di accreditamento

**ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Rischi fisici e tecnologici**

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 0125645358 - Codice Fiscale - Partita IVA 07176380017

Pec: [radiazioni@pec.arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni@pec.arpa.piemonte.it) E-mail: [dip.rischi.fisici.tecnologici@arpa.piemonte.it](mailto:dip.rischi.fisici.tecnologici@arpa.piemonte.it)

**Struttura Semplice Radiazioni ionizzanti e Siti nucleari**

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850 - E-mail: [ionizzanti.siti.nucleari@arpa.piemonte.it](mailto:ionizzanti.siti.nucleari@arpa.piemonte.it)

## 6. RISULTATI DELLE MISURE EFFETTUATE SUI COLLI

Le misure di spettrometria gamma in situ sono state effettuate presso la postazione Arpa situata in un'area non classificata dell'impianto – denominata Box Counter – adeguatamente delimitata (Figura 1).



Figura 1. Postazione di misura Arpa Piemonte.

In Tabella 6 vengono riportati i risultati di spettrometria gamma sui radionuclidi direttamente rivelabili con questa tecnica di misura.

Campione	ID SO.G.I.N.	Massa netta kg	Cs-137	Co-60	Mn-54	Sb-125	Cs-134	Eu-152	Eu-154
2019/056661	A009-E36-00396	295	5,32E+00 ± 1,40E+00	1,92E+01 ± 4,70E+00	< 9,18E-01	< 2,80E+00	< 9,87E-01	< 1,64E+01	< 1,15E+01
2019/058708	A009-E36-00392	68	< 2,82E+00	< 1,84E+00	< 2,34E+00	< 5,71E+00	< 2,46E+00	< 2,72E+01	< 1,92E+01
2019/056372	A009-E36-00184	259	6,32E+00 ± 1,56E+00	< 6,63E-01	< 8,97E-01	< 3,53E+00	< 9,66E-01	< 1,58E+01	< 1,08E+01
2019/057340	A009-E36-00303	267	1,36E+01 ± 3,40E+00	< 7,26E-01	< 8,83E-01	< 3,36E+00	< 9,86E-01	< 1,61E+01	< 1,13E+01
2019/055532	A009-E36-00569	109	8,04E+00 ± 1,92E+00	< 1,25E+00	< 1,46E+00	< 4,48E+00	< 1,51E+00	< 1,79E+01	< 1,26E+01
2019/058051	A009-E36-00907	41	< 4,29E+00	< 2,74E+00	< 3,53E+00	< 1,18E+01	< 3,56E+00	< 3,24E+01	< 1,93E+01
2019/058781	A009-E36-01275	87	3,42E+00 ± 8,30E-01	< 1,61E+00	< 2,02E+00	< 7,08E+00	< 2,10E+00	< 2,52E+01	< 1,78E+01
2019/058636	A009-E36-00391	114	< 2,20E+00	< 1,34E+00	< 1,66E+00	< 6,26E+00	< 1,78E+00	< 2,42E+01	< 1,65E+01
2019/056982	A009-E36-00417	279	< 1,29E+00	< 7,20E-01	< 8,79E-01	< 3,18E+00	< 9,50E-01	< 1,59E+01	< 9,81E+00
2019/056433	A009-E36-00255	275	5,41E+00 ± 1,35E+00	< 8,23E-01	< 9,25E-01	< 3,04E+00	< 9,98E-01	< 1,60E+01	< 9,32E+00
2019/057417	A009-E36-01277	60	< 2,80E+00	< 2,18E+00	< 2,25E+00	< 5,64E+00	< 2,23E+00	< 2,13E+01	< 1,55E+01

Tabella 6. Valori di concentrazione di massa misurati in spettrometria gamma dei radionuclidi ETM (Bq/kg).

In Tabella 7 vengono riportati i valori di concentrazione di massa per i radionuclidi non direttamente rivelabili DTM (Difficult to measure), determinati tramite gli specifici fattori di

### ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Rischi fisici e tecnologici

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 0125645358 - Codice Fiscale - Partita IVA 07176380017

Pec: [radiazioni@pec.arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni@pec.arpa.piemonte.it) E-mail: [dip.rischi.fisici.tecnologici@arpa.piemonte.it](mailto:dip.rischi.fisici.tecnologici@arpa.piemonte.it)

Struttura Semplice Radiazioni ionizzanti e Siti nucleari

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850 - E-mail: [ionizzanti.siti.nucleari@arpa.piemonte.it](mailto:ionizzanti.siti.nucleari@arpa.piemonte.it)

correlazione  $FC_i$  (Tabella 4). Vengono inoltre riportati i valori di concentrazione di massa calcolati per i radionuclidi H-3 e C-14 (Tabella 5).

Campione	ID SO.G.I.N.	Sr-90	Pu-238	Pu-239	Pu-240	Pu-241	Am-241	Ni-59 + Ni-63	Fe-55	H-3	C-14
2019/056661	A009-E36-00396	2,83E+01	1,11E+00	3,87E+00	2,35E-01	2,37E+01	3,85E+00	4,76E+02	6,09E+00	4,17E-02	3,64E-02
2019/058708	A009-E36-00392	1,26E+01	4,93E-01	1,72E+00	1,05E-01	1,06E+01	1,71E+00	3,88E+01	4,97E-01	4,17E-02	3,64E-02
2019/056372	A009-E36-00184	3,29E+01	1,29E+00	4,50E+00	2,74E-01	2,76E+01	4,48E+00	1,32E+01	1,69E-01	4,17E-02	3,64E-02
2019/057340	A009-E36-00303	7,16E+01	2,81E+00	9,79E+00	5,95E-01	6,00E+01	9,74E+00	1,44E+01	1,85E-01	4,17E-02	3,64E-02
2019/055532	A009-E36-00569	4,35E+01	1,70E+00	5,95E+00	3,62E-01	3,65E+01	5,92E+00	2,49E+01	3,19E-01	4,17E-02	3,64E-02
2019/058051	A009-E36-00907	1,92E+01	7,52E-01	2,63E+00	1,60E-01	1,61E+01	2,61E+00	5,79E+01	7,42E-01	4,17E-02	3,64E-02
2019/058781	A009-E36-01275	1,79E+01	7,01E-01	2,45E+00	1,49E-01	1,50E+01	2,44E+00	3,20E+01	4,11E-01	4,17E-02	3,64E-02
2019/058636	A009-E36-00391	9,85E+00	3,86E-01	1,35E+00	8,19E-02	8,26E+00	1,34E+00	2,83E+01	3,62E-01	4,17E-02	3,64E-02
2019/056982	A009-E36-00417	5,43E+00	2,13E-01	7,43E-01	4,52E-02	4,55E+00	7,39E-01	1,43E+01	1,84E-01	4,17E-02	3,64E-02
2019/056433	A009-E36-00255	2,88E+01	1,13E+00	3,95E+00	2,40E-01	2,42E+01	3,93E+00	1,64E+01	2,10E-01	4,17E-02	3,64E-02
2019/057417	A009-E36-01277	1,18E+01	4,62E-01	1,61E+00	9,80E-02	9,88E+00	1,60E+00	4,34E+01	5,56E-01	4,17E-02	3,64E-02

Tabella 7. Valori calcolati di concentrazione di massa dei radionuclidi DTM, di H-3 e di C-14 (Bq/kg).

In tabella 8, infine, vengono riportati, per ciascun collo, i rapporti tra i valori di concentrazione di massa di ciascun radionuclide ed il pertinente limite di allontanamento (Tabella 1), nonché le somme dei suddetti rapporti per il giudizio di conformità.

Campione	ID SO.G.I.N.	$C_i/C_{li}$														$\sum C_i/C_{li}$	Limite	Conformità			
		Cs-137	Co-60	Sr-90	Pu-238	Pu-239	Pu-240	Pu-241	Am-241	Ni-59 + Ni-63	Mn-54	Sb-125	Cs-134	Eu-152	Eu-154				Fe-55	H-3	C-14
2019/056661	A009-E36-00396	0,007	0,024	0,028	0,011	0,039	0,002	0,024	0,039	0,476	0,001	0,003	0,010	0,016	0,012	0,006	0,000	0,000	<b>0,697</b>	1	POSITIVA
2019/058708	A009-E36-00392	0,003	0,002	0,013	0,005	0,017	0,001	0,011	0,017	0,039	0,002	0,006	0,025	0,027	0,019	0,000	0,000	0,000	<b>0,187</b>	1	POSITIVA
2019/056372	A009-E36-00184	0,008	0,001	0,033	0,013	0,045	0,003	0,028	0,045	0,013	0,001	0,004	0,010	0,016	0,011	0,000	0,000	0,000	<b>0,229</b>	1	POSITIVA
2019/057340	A009-E36-00303	0,017	0,001	0,072	0,028	0,098	0,006	0,060	0,097	0,014	0,001	0,003	0,010	0,016	0,011	0,000	0,000	0,000	<b>0,435</b>	1	POSITIVA
2019/055532	A009-E36-00569	0,010	0,001	0,043	0,017	0,060	0,004	0,036	0,059	0,025	0,001	0,004	0,015	0,018	0,013	0,000	0,000	0,000	<b>0,308</b>	1	POSITIVA
2019/058051	A009-E36-00907	0,005	0,003	0,019	0,008	0,026	0,002	0,016	0,026	0,058	0,004	0,012	0,036	0,032	0,019	0,001	0,000	0,000	<b>0,266</b>	1	POSITIVA
2019/058781	A009-E36-01275	0,004	0,002	0,018	0,007	0,024	0,001	0,015	0,024	0,032	0,002	0,007	0,021	0,025	0,018	0,000	0,000	0,000	<b>0,202</b>	1	POSITIVA
2019/058636	A009-E36-00391	0,002	0,001	0,010	0,004	0,013	0,001	0,008	0,013	0,028	0,002	0,006	0,018	0,024	0,017	0,000	0,000	0,000	<b>0,149</b>	1	POSITIVA
2019/056982	A009-E36-00417	0,001	0,001	0,005	0,002	0,007	0,000	0,005	0,007	0,014	0,001	0,003	0,010	0,016	0,010	0,000	0,000	0,000	<b>0,083</b>	1	POSITIVA
2019/056433	A009-E36-00255	0,007	0,001	0,029	0,011	0,039	0,002	0,024	0,039	0,016	0,001	0,003	0,010	0,016	0,009	0,000	0,000	0,000	<b>0,209</b>	1	POSITIVA
2019/057417	A009-E36-01277	0,003	0,002	0,012	0,005	0,016	0,001	0,010	0,016	0,043	0,002	0,006	0,022	0,021	0,016	0,001	0,000	0,000	<b>0,175</b>	1	POSITIVA

Tabella 8. Rapporto tra la concentrazione di massa dell'i-esimo radionuclide ed il pertinente livello di allontanamento.

**ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Rischi fisici e tecnologici**

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 0125645358 - Codice Fiscale - Partita IVA 07176380017

Pec: [radiazioni@pec.arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni@pec.arpa.piemonte.it) E-mail: [dip.rischi.fisici.tecnologici@arpa.piemonte.it](mailto:dip.rischi.fisici.tecnologici@arpa.piemonte.it)

**Struttura Semplice Radiazioni ionizzanti e Siti nucleari**

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850 - E-mail: [ionizzanti.siti.nucleari@arpa.piemonte.it](mailto:ionizzanti.siti.nucleari@arpa.piemonte.it)



## 7. VALUTAZIONI DI RADIOPROTEZIONE

I controlli radiometrici, eseguiti a campione su 11 dei 107 colli appartenenti al Lotto 13, hanno confermato che i livelli di concentrazione di massa dei radionuclidi presenti sono tali da garantire la conformità ai livelli di allontanamento incondizionato di materiali metallici.

**ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Rischi fisici e tecnologici**

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 0125645358 - Codice Fiscale - Partita IVA 07176380017

Pec: [radiazioni@pec.arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni@pec.arpa.piemonte.it) E-mail: [dip.rischi.fisici.tecnologici@arpa.piemonte.it](mailto:dip.rischi.fisici.tecnologici@arpa.piemonte.it)

**Struttura Semplice Radiazioni ionizzanti e Siti nucleari**

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850 - E-mail: [ionizzanti.siti.nucleari@arpa.piemonte.it](mailto:ionizzanti.siti.nucleari@arpa.piemonte.it)