

**Titolo**

**ESITI DELLA CARATTERIZZAZIONE RADIOLOGICA DELLE PARTI RESIDUE IN AREA  
 ENEA DELL'IMPIANTO CO.NU. MAGNOX E VERIFICA DELLE CONDIZIONI DI  
 ALLONTANABILITA' DEI MATERIALI: CONDOTTA DI ADDUZIONE DEI LIQUIDI DI  
 PROCESSO DALL'EDIFICIO R21 AL SERBATOIO METALLICO E TERRENO SOTTOSTANTE**

**Descrittori**

Tipologia del documento: Rapporto Tecnico

Collocazione contrattuale:

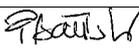
Argomenti trattati: Risultati di misura per caratterizzazione radiologica di matrici varie

**Sommario**

Vengono presentati i risultati delle misure di caratterizzazione radiologica delle parti residue relative all'ex-impianto CO.NU Magnox e connesse all'edificio R21, In specifico: condotta di adduzione degli effluenti liquidi dall'edificio R21 al serbatoio Magnox, contenuto riscontrato all'interno di tale condotta, terreno ad essa circostante ed asfalto sovrastante.

Vengono inoltre esposti gli esiti della verifica attraverso i criteri di allontanabilità definiti nel doc IRP-P000-015 e condivisi da ISIN ai fini dell'allontanamento/riutilizzo dei materiali o del loro conferimento come rifiuti radioattivi.

Si precisa che il documento non tratta la parte di condotta sottostante l'edificio R21 per la quale si procederà separatamente con operazioni specifiche ed emissione di documento dedicato, così come da indicazioni ISIN del 22/12/2022.

2			NOME			
			FIRMA			
1			NOME			
			FIRMA			
0	EMISSIONE	11/10/2023	NOME	P. Battisti	E. M. Borra	E. Fantuzzi
			FIRMA			
REV.	DESCRIZIONE	DATA		REDAZIONE	CONVALIDA	APPROVAZIONE

	Istituto di Radioprotezione	IRP-P000-025	Rev. 0	Distrib. L	Pag. 2	di 26
---	-----------------------------	--------------	-----------	---------------	-----------	----------

## Indice

<b>1</b>	<b>SCOPO</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>OGGETTO</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>GRUPPI OMOGENEI PRESI IN ESAME: CAMPIONAMENTI E MISURE DA EFFETTUARE PER LA LORO CARATTERIZZAZIONE</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>GRUPPO OMOGENEO: CONDOTTA R21</b>	<b>6</b>
	4.1. Campionamento	6
	4.2. Trattamento dei campioni e tipologie di misure impiegate	7
	4.3. Strumentazione utilizzata e modalità di effettuazione delle misurazioni	7
	4.4. Pre-caratterizzazione del gruppo omogeneo "condotta R21"	8
	4.4.1 Verifica della condizione di omogeneità	8
	4.4.2 Calcolo della numerosità minima N di campioni di caratterizzazione	10
	4.5. Caratterizzazione del gruppo "condotta R21"	11
	4.6. Verifica delle condizioni di allontanabilità del gruppo "condotta R21"	13
<b>5</b>	<b>GRUPPO OMOGENEO: MATERIALE INTERNO CONDOTTA R21</b>	<b>14</b>
	5.1 Campionamento	14
	5.2 Trattamento dei campioni e tipologie di misure impiegate	15
	5.3 Strumentazione utilizzata e modalità di effettuazione delle misurazioni	15
	5.4 Caratterizzazione del gruppo omogeneo "materiale interno condotta R21"	15
	5.5 Verifica delle condizioni di allontanabilità del gruppo omogeneo "materiale interno condotta R21"	16
<b>6</b>	<b>GRUPPO OMOGENEO: TERRENO SOTTOSTANTE CONDOTTA R21</b>	<b>18</b>
	6.1 Campionamento	18
	6.2 Trattamento dei campioni e tipologie di misure impiegate	18
	6.3 Strumentazione utilizzata e modalità di effettuazione delle misurazioni	18
	6.4 Pre-caratterizzazione del gruppo omogeneo "terreno sottostante la condotta R21"	19
	6.4.1 Verifica delle condizioni di omogeneità	19
	6.4.2 Calcolo della numerosità minima N di campioni di caratterizzazione	20
	6.5 Caratterizzazione del gruppo omogeneo "terreno sottostante la condotta R21"	21
	6.6 Verifica delle condizioni di allontanabilità del gruppo omogeneo "terreno sottostante la condotta R21"	23
<b>7</b>	<b>GRUPPO OMOGENEO: ASFALTO SOVRASTANTE LA CONDOTTA R21</b>	<b>24</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>24</b>
<b>9</b>	<b>RIFERIMENTI</b>	<b>25</b>
	<b>ALLEGATO: REFERTI DELLE MISURE</b>	<b>26</b>

	Istituto di Radioprotezione	IRP-P000-025	Rev. 0	Distrib. L	Pag. 3	di 26
---	-----------------------------	--------------	-----------	---------------	-----------	----------

## 1. SCOPO

Il presente documento ha lo scopo di presentare gli esiti delle misure di caratterizzazione radiologica progettata e realizzata sulla base di:

- *Piano di caratterizzazione radiologica della condotta di adduzione dei liquidi di processo dell'impianto CO.NU - Magnox dall'edificio R21 al serbatoio metallico* Documento IRP-P000-019. [1]
- *Piano Operativo per la rimozione del tratto di condotta di adduzione al serbatoio ex Magnox sottostante l'edificio R21. RTI 2021 (1) ISER-TRI del 30/05/2021* [2]

determinando la presenza o l'assenza di vincoli di natura radiologica al fine, del successivo smaltimento dei materiali come rifiuti radioattivi o loro allontanamento/riutilizzo ai sensi del D.Lgs.101/2020 e s.m.i.

Gli obiettivi indicati in IRP-P000-019, di seguito indicato come *Piano di Caratterizzazione*, sono schematizzabili come segue:

- caratterizzazione radiologica della condotta di adduzione (in metallo) dei reflui di lavorazione dell'ex impianto MAGNOX dall'edificio R21 al serbatoio metallico di raccolta (gruppo omogeneo "condotta R21");
- estensione della caratterizzazione ad eventuale materiale (liquido, fanghi/sedimenti) presente all'interno della condotta stessa (gruppo omogeneo "materiale interno condotta R21");
- caratterizzazione radiologica del terreno sottostante la condotta R21, al fine di comprovarne la possibilità di allontanamento come materiale "esente da vincoli di natura radiologica" e renderlo disponibile per le analisi convenzionali, al fine di procedere all'eventuale re-interro lungo tutta l'estensione dello scavo (gruppo omogeneo "terreno sottostante la condotta R21")
- eventuale caratterizzazione radiologica dell'asfalto sovrastante il percorso della condotta con esecuzione subordinata agli esiti della caratterizzazione del terreno di cui al punto precedente. (gruppo omogeneo "asfalto sovrastante la condotta R21")

Tutte le misurazioni, inclusi pretrattamenti e trattamenti chimico fisici dei campioni, sono state eseguite presso il *Laboratorio Integrato di Monitoraggio e Misura della radioattività* (IRP-MIR) dell'Istituto di Radioprotezione dell'ENEA.

Si sottolinea che l'attuazione del *Piano di Caratterizzazione*:

- tiene conto delle indicazioni ricevute da Centro Nazionale per la Sicurezza Nucleare e la Radioprotezione di I.S.P.R.A. con lettera Prot. 4918 del 02/08/2022 [3];
- in analogia con quanto fatto in Fase2 in relazione alla condotta di abduzione dal serbatoio Magnox, definisce, secondo specifici criteri statistici di rappresentatività dei campioni prelevati e misurati, le modalità di pre-caratterizzazione e caratterizzazione finale per i gruppi omogenei precedentemente elencati, sulla base dei rispettivi livelli di allontanamento, espressi in concentrazione massica;
- confronta gli esiti delle misure con i livelli di allontanamento individuati per i materiali in esame così come proposti per la suddetta condotta di abduzione nel doc. IRP-P000-015 [4], e condivisi, precisandoli, da ISIN con lettera Prot. 2606 del 08/05/2019, che ne specifica altresì le condizioni di applicazione [5].

I livelli di allontanamento sono stati individuati per l'Uranio naturale (unico contaminante radioattivo potenzialmente presente in seguito alle attività Magnox) riferendosi al solo U-238 attraverso il cosiddetto *livello di allontanamento normalizzato*,  $LAN_{238}$ , determinato

	Istituto di Radioprotezione	IRP-P000-025	Rev. 0	Distrib. L	Pag. 4	di 26
---	-----------------------------	--------------	-----------	---------------	-----------	----------

nell'assunto che gli ulteriori due radionuclidi costituenti l'uranio naturale, U-235 e U-234, siano sempre nelle proporzioni standard. Oltre che giustificata dalle attività svolte presso l'impianto, tale assunzione ha trovato conferma dagli esiti delle misure di caratterizzazione già effettuate sulle matrici liquide presenti nelle altre parti residue dell'impianto [6, 7], sulla condotta di abduzione dal sebatoio metallico e nel terreno ad essa sottostante [8].

In tutti i casi i valori dei livelli di allontanamento,  $LAN_{238}$ , sono stati stabiliti affinché sia soddisfatto il criterio del limite di dose efficace di  $10 \mu\text{Sv}/\text{anno}$  per qualsiasi individuo della popolazione, in ottemperanza alla condizione a) per la parte ENEA, indicata dal Centro Nazionale per la Sicurezza Nucleare e la Radioprotezione dell' I.S.P.R.A. con lettera ISPRACNSNR del 23 aprile 2018 [9].

## 2. OGGETTO

Oggetto del presente documento è riferire relativamente a:

- le modalità di effettuazione dei prelievi dei campioni attraverso i quali è stata eseguita la caratterizzazione radiologica per ciascuno dei gruppi omogenei in esame;
- le modalità di effettuazione dei prelievi dei campioni di "bianco" per la matrice terreno, ove con "bianco" si intende una matrice della stessa natura ma non coinvolta dalle attività dell'impianto Magnox o più in generale da attività comportanti impiego di materiale radioattivo, in particolare uranio;
- gli esiti della verifica della condizione di *gruppo omogeneo*, effettuata sulla base dei risultati delle misurazioni relative ad un sottoinsieme di campioni di numerosità  $N_{pre}$
- le modalità di calcolo e i risultati della numerosità minima di campioni,  $N$ , da sottoporre a misurazione per le tipologie di matrici per cui non è previsto un bianco corrispondente (metallo condotta R21, materiale eventualmente presente all'interno della condotta R21);
- le modalità di calcolo e i risultati circa la numerosità minima di campioni  $N/2$  da sottoporre a misura per le tipologie di matrici per cui è previsto un bianco corrispondente (terreno ed eventualmente asfalto);
- tutti i risultati delle misure effettuate;
- gli esiti della verifica delle condizioni di allontanabilità/riutilizzo dei gruppi omogenei indicate da ISIN [5] e del Livello di allontanamento normalizzato all'U-238,  $LAN_{238}$ ;
- le conclusioni derivate dagli esiti delle misure e delle verifiche su di essi.

## 3. GRUPPI OMOGENEI: CAMPIONAMENTI E MISURE DI CARATTERIZZAZIONE DA EFFETTUARE

In relazione al *Piano di caratterizzazione* [1] così come proposto da ENEA e condiviso da ISIN ed in attuazione del relativo Piano Operativo [2], si riportano in Tabella 1 il numero e la tipologia dei campioni prelevati, il numero di campioni su cui effettuare le misurazioni in fase di pre-caratterizzazione, gli specifici radionuclidi da determinare e le tipologie di misura adottate allo scopo.

**Tabella 1.** Numero dei campioni prelevati, numero di corrispondenti campioni di bianco prelevati (ove applicabile), numero di campioni sottoposti a misura in fase di pre-caratterizzazione per la verifica di omogeneità, radionuclidi da determinare e tipologie di misura adottata per ciascuno dei sette gruppi omogenei sottoposti a indagine

Gruppo omogeneo	Numero campioni prelevati	Numero campioni di "bianco"	Numero campioni di pre-caratterizzazione ( $N_{pre}$ )	Radioisotopi da misurare	Tipologie di misure adottate
condotta R21	18	--	7	U-238 U-235	spettrometria $\gamma$ ICP-MS
materiale interno alla condotta R21	6	--	NE	U-238 U-235	spettrometria $\gamma$
terreno sottostante la condotta R21	17	10	7	U-238 U-235	spettrometria $\gamma$
asfalto sovrastante la condotta R21	18	10	7	U-238 U-235	spettrometria $\gamma$

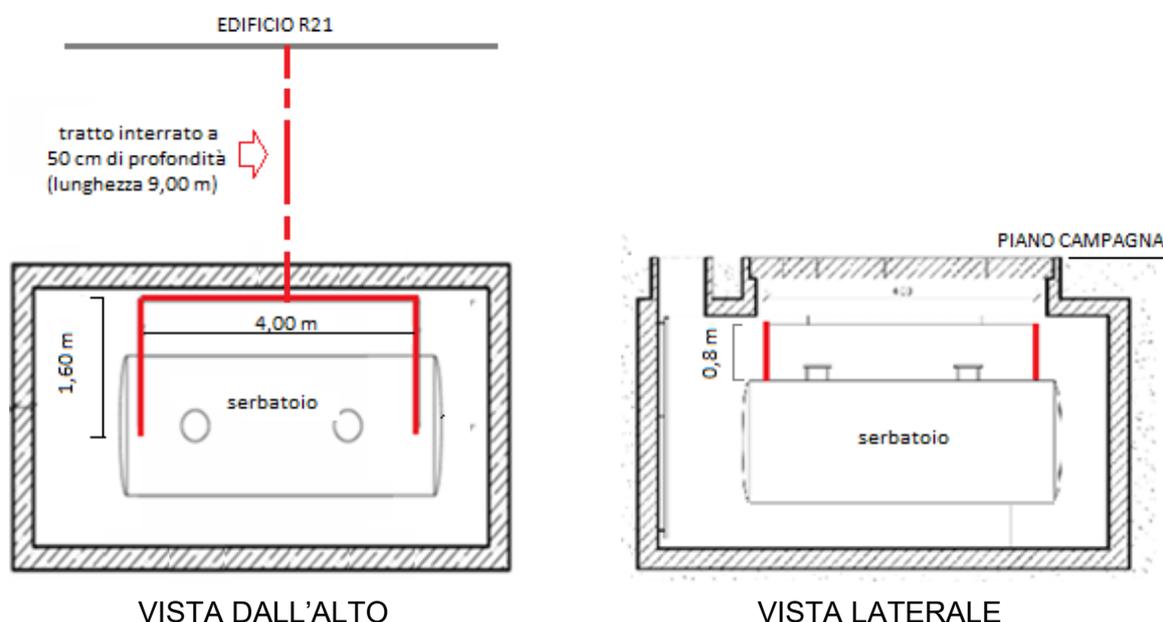
A tale riguardo si sottolinea che:

- per ciascuno dei gruppi omogenei i campioni da misurare in pre-caratterizzazione (ove realizzabile) sono stati selezionati in modo casuale tra tutti quelli prelevati,
- il set di campioni della condotta R21, inizialmente previsto in  $N^\circ$  di 20, è stato limitato a soli 18 a seguito delle difficoltà riferite da Nucleco (incaricata del campionamento) nel prelievo dei tratti di tubazione successivi alla parte interrata,
- la pre-caratterizzazione del materiale interno alla condotta R21 non è stata effettuata (NE) in ragione della natura della matrice e del ridotto numero di campioni disponibili,
- Il set di campioni del terreno sottostante la condotta R21, inizialmente previsto in  $N^\circ$  di 18, è stato limitato a soli 17 causa l'impossibilità di esecuzione del prelievo in uno dei tratti in cui è stato suddiviso il percorso di campionamento per la presenza di un grosso blocco di cemento in corrispondenza del punto di passaggio della condotta

#### 4. GRUPPO OMOGENEO: “CONDOTTA R21”

Il gruppo omogeneo è costituito dai campioni della condotta metallica di abduzione degli effluenti di lavorazione dall’edificio R21 del CR ENEA Trisaia verso il serbatoio metallico (vedi figura 1), dopo sua estrazione dal terreno (tratto interrato) e dal vano serbatoio (tratto libero situato all’interno del vano, suddiviso in due “rami” simmetrici separati). Tale condotta, risultata integra in tutta la sua lunghezza, era composta da poco più di 17 m di tubo in acciaio di 3” di diametro e 4 mm di spessore.

Data la natura del materiale, anche in questo caso trattasi di gruppo omogeneo la cui caratterizzazione non prevede un “bianco” di riferimento.



**Figura 1.** Vista dall’alto e frontale della condotta di adduzione reflui (in rosso) dall’edificio R21 al serbatoio

##### 4.1 Campionamento

Dopo segmentazione della condotta in 18 sezioni di lunghezza approssimativamente pari a 90 cm (da CR21-S01 a CR21-S18 a partire dall’uscita dall’edificio R21), per taglio con apposita cesoia per metalli è stato estratto al centro di ciascuna di esse un campione di misura costituito da una sottosezione di tubo lunga 2-3 cm (Tabella 2). Di tali 18 campioni di prova, 10 sono stati prelevati dal tratto interrato (indicati con codice progressivo da CR21-C-S01 a CR21-C-S10) e 4 (rispetto ai 5 inizialmente previsti) da ciascuno dei 2 rami in cui si biforca la condotta stessa all’ingresso del vano serbatoio (campioni da CR21-C-S11 a CR21-C-S14 per il ramo destro, campioni da CR21-C-S15 a CR21-C-S18 per quello sinistro).

Come si può rilevare dal confronto con quanto indicato nel Piano di caratterizzazione [1], la procedura di prelievo e formazione dei campioni di prova è stata significativamente modificata rispetto alla pianificazione iniziale in ragione della nuova tecnica di dissoluzione totale nel frattempo messa a punto dal Laboratorio e delle possibilità di maggior rappresentatività dei campioni stessi che essa permette di utilizzare.

Si deve peraltro segnalare che all’interno del tratto interrato, specificatamente nelle prime 5 sezioni da CR21-S01 a CR21-S05 e nella CR21-S10, immediatamente precedente la

biforcazione della condotta, è stato rinvenuto materiale al momento identificato come fango/sedimento. Il prelievo dei campioni sulla condotta è stato pertanto effettuato solo dopo rimozione accurata di tale materiale, eseguita a secco con mezzi meccanici, incluse spazzole per l'asportazione dei residui aderenti sulle pareti interne. Il materiale rinvenuto è stato collezionato separatamente per ciascuna delle sezioni in cui esso è risultato presente. I sei campioni così ottenuti sono andati a comporre un ulteriore gruppo omogeneo "materiale interno condotta R21" per cui si è poi resa necessaria una caratterizzazione separata ad hoc.

**Tabella 2.** Campioni costituenti il gruppo omogeneo "condotta R21"

codice campione	gruppo omogeneo	punto di prelievo	materiale	massa campione (g)
CR21-C-S01	condotta R21	tratto interrato	acciaio	39,5
CR21-C-S02	condotta R21	tratto interrato	acciaio	49,5
CR21-C-S03	condotta R21	tratto interrato	acciaio	48,7
CR21-C-S04	condotta R21	tratto interrato	acciaio	52,5
CR21-C-S05	condotta R21	tratto interrato	acciaio	55,1
CR21-C-S06	condotta R21	tratto interrato	acciaio	57,0
CR21-C-S07	condotta R21	tratto interrato	acciaio	55,8
CR21-C-S08	condotta R21	tratto interrato	acciaio	57,1
CR21-C-S09	condotta R21	tratto interrato	acciaio	61,5
CR21-C-S10	condotta R21	tratto interrato	acciaio	42,1
CR21-C-S11	condotta R21	tratto libero interno vano – ramo destro	acciaio	62,5
CR21-C-S12	condotta R21	tratto libero interno vano – ramo destro	acciaio	52,4
CR21-C-S13	condotta R21	tratto libero interno vano – ramo destro	acciaio	51,7
CR21-C-S14	condotta R21	tratto libero interno vano – ramo destro	acciaio	46,8
CR21-C-S15	condotta R21	tratto libero interno vano – ramo sinistro	acciaio	57,6
CR21-C-S16	condotta R21	tratto libero interno vano – ramo sinistro	acciaio	44,4
CR21-C-S17	condotta R21	tratto libero interno vano – ramo sinistro	acciaio	51,8
CR21-C-S18	condotta R21	tratto libero interno vano – ramo sinistro	acciaio	56,4

## 4.2 Pretrattamento dei campioni e tipologie di misure impiegate

Applicando una procedura di trattamento estremamente efficace messa recentemente a punto da IRP MIR per le matrici metalliche, si è reso possibile portare a dissoluzione totale con un unico passaggio i campioni in acciaio prelevati dalla condotta R21. Ciò ha permesso di semplificare notevolmente la caratterizzazione radiologica della matrice, potendola limitare ad un'unica misurazione della concentrazione massica di attività di uranio (U-238 e U-235) in ciascuna delle soluzioni così ottenute. Per l'esecuzione delle misure tali soluzioni sono state prima diluite con acqua distillata al fine di ridurre l'acidità. In forza dei volumi di risulta (dell'ordine di alcune centinaia di mL) si è deciso di far precedere la prevista misurazione in spettrometria di massa tipo ICP con una misura diretta in spettrometria gamma ad alta risoluzione al fine di effettuare una prima verifica sui livelli di attività di uranio presenti, nonché sull'eventuale presenza di altri contaminanti radioattivi, in particolare Cs-137.

## 4.3 Strumentazione utilizzata e modalità di effettuazione delle misurazioni

Dopo aver portato a volume la soluzione con aggiunta di opportune quantità di acqua distillata, la misurazione in spettrometria gamma è stata eseguita utilizzando un rivelatore HPGe coassiale tipo *extended range* con tempo di conteggio tipico di 80.000 s in geometria "beker di Marinelli" da 500 mL appositamente sigillato per permettere il conseguimento, dopo circa 20 giorni, dell'equilibrio secolare fra Ra-226 e figli. La determinazione della

	Istituto di Radioprotezione	IRP-P000-025	Rev. 0	Distrib. L	Pag. 8	di 26
---	-----------------------------	--------------	-----------	---------------	-----------	----------

concentrazione di attività di U-235 è stata quindi ricavata attraverso la sua emissione gamma caratteristica a 185 keV, con correzione del contributo al conteggio da Ra-226 (ricavato dall'attività di Pb-214 e Bi-214). Per quanto attiene l'isotopo U-238 si è invece sfruttata la rivelazione dei suoi primi prodotti di decadimento, Th-234 e Pa-234m, supposti in equilibrio secolare col progenitore. Trattandosi sempre di campioni con densità prossima a quella della soluzione di taratura (1,02 g/mL), per le analisi non è stato necessario applicare correzioni da auto-assorbimento.

Per la spettrometria di massa si è impiegato uno spettrometro a plasma induttivamente accoppiato (ICP-MS) a doppio quadrupolo del tipo Agilent™ 7700e. La misurazione dei campioni metallici è stata eseguita prelevando dopo accurata miscelazione, un'aliquota di circa 3 ml della soluzione di dissoluzione, SD, da cui, per opportune diluizioni con acqua distillata, si sono ricavati i campioni di prova da iniettare nello spettrometro. Al fine di valutare l'eventuale contributo di uranio dovuto ai reagenti impiegati nel trattamento è stato misurato anche un campione ottenuto dall'applicazione della procedura di dissoluzione su un campione dell'acqua distillata utilizzata per le diluizioni ("bianco reagenti"). Tale misurazione è stata poi utilizzata anche per la determinazione delle minime concentrazioni misurabili (MDC).

Per ottenere il dato in concentrazione di attività massica del radionuclide (Rn) nel campione ( $C_{A,Rn}$  in  $Bq_{Rn}/g_{cam}$ ), il dato di concentrazione in massa nella soluzione iniettata,  $C_{M,Rn,SI}$  (in  $g_{Rn.}/mL_{SI}$ ), ottenuto con ICP-MS (al netto del "bianco reagenti") è stato corretto attraverso:

- il fattore di diluizione FD della soluzione di dissoluzione SD, (espresso in  $mL_{SI}/mL_{SD}$ ),
- il dato calcolato di concentrazione di campione di metallo nella soluzione dissolta,  $C_{M,camp}$  (in  $g_{cam.}/mL_{SD}$ ),
- il valore di attività specifica del radionuclide,  $AS_{Rn}$  (in  $Bq/g_{Rn}$ )

secondo la seguente formula:

$$C_{A,Rn} = C_{M,Rn,SI} \times FD \times AS_{Rn} / C_{M,camp}$$

#### 4.4 Pre-caratterizzazione del gruppo omogeneo "condotta R21"

I 18 campioni per la caratterizzazione della condotta R21 sono stati prelevati da Nucleco secondo le modalità precedentemente descritte e consegnati al Laboratorio IRP MIR Trisaia dove sono stati pretrattati modificando, come testé enunciato, quanto inizialmente previsto dal Piano di caratterizzazione [2]

##### 4.4.1 Verifica delle condizioni di omogeneità

Al fine di verificare le condizioni di omogeneità del gruppo sono stati sottoposti a misura per la determinazione della concentrazione in attività di U-238 e U-235  $N_{pre}=7$  campioni individuati per estrazione a caso fra quelli prelevati. Gli esiti di tali misurazioni sono presentati, rispettivamente per la spettrometria gamma e la spettrometria di massa, in Tabella 3 e Tabella 4 ove, oltre ai dati singoli di concentrazione in attività ( $C_{A,U238}$  e  $C_{A,U235}$ ), di incertezza associata ( $u(C_{A,U238})$  e  $u(C_{A,U235})$ ) espressa in termini relativi e di minima concentrazione in attività rilevabile (MDC), sono altresì riportati i dati statistici essenziali per la valutazione di omogeneità del gruppo:

- media aritmetica
- scarto tipo
- media geometrica
- deviazione standard geometrica (DSG)
- valore massimo
- valore minimo

**Tabella 3.** Esiti delle misure di precaratterizzazione eseguite mediante spettrometria gamma per il gruppo omogeneo “condotta R21”

Codice campione	Massa (g)	$C_{A,U238}^1$ (Bq/g <sub>cam</sub> )	$u(C_{A,U238})^2$ (%)	MDC (Bq/g <sub>cam</sub> )	$C_{A,U235}$ (Bq/g <sub>cam</sub> )	$u(C_{A,U235})^2$ (%)	MDC (Bq/g <sub>cam</sub> )	Ratio $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$
CR21-C-S02	49,5	< MDC	---	4,5E-02	< MDC	---	6,3E-03	---
CR21-C-S07	55,8	< MDC	---	4,0E-02	< MDC	---	5,6E-03	---
CR21-C-S9	61,5	< MDC	---	3,6E-02	< MDC	---	5,1E-03	---
CR21-C-S10	42,1	< MDC	---	5,3E-02	< MDC	---	7,4E-03	---
CR21-C-S12	52,4	< MDC	---	4,3E-02	< MDC	---	6,0E-03	---
CR21-C-S15	57,6	< MDC	---	3,9E-02	< MDC	---	5,4E-03	---
CR21-C-S17	51,8	< MDC	---	4,3E-02	< MDC	---	6,0E-03	---
Media arit.	53,0							
Scarto tipo	6,3							
Media geo.	52,6							
DSG	1,13							
Val. max.	61,5			5,3E-02			7,4E-03	
Val. min.	42,1			3,6E-02			5,1E-03	

<sup>1</sup> valore determinato sulla base della concentrazione di attività misurata di Th-234 e Pa-234m supposti in equilibrio secolare col progenitore

<sup>2</sup> incertezza espressa con fattore di copertura k=1

**Tabella 4.** Esiti delle misure di precaratterizzazione eseguite mediante spettrometria di massa (ICP-MS) per il gruppo omogeneo “condotta R21”

Codice campione	Massa (g)	$C_{A,U238}^1$ (Bq/g <sub>cam</sub> )	$u(C_{A,U238})^2$ (%)	MDC (Bq/g <sub>cam</sub> )	$C_{A,U235}$ (Bq/g <sub>cam</sub> )	$u(C_{A,U235})^2$ (%)	MDC (Bq/g <sub>cam</sub> )	Ratio $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$
CR21-C-S02	49,5	8,76E-03	4,6	8,4E-06	4,37E-04	5,7	8,9E-06	20,0
CR21-C-S07	55,8	1,54E-04	8,8	1,6E-06	7,21E-06	18	1,9E-06	21,3
CR21-C-S9	61,5	1,00E-03	6,5	5,0E-06	5,41E-05	13	2,6E-06	18,5
CR21-C-S10	42,1	1,50E-03	6,1	5,0E-06	6,87E-05	7,1	3,5E-06	21,8
CR21-C-S12	52,4	5,08E-03	5,9	4,1E-06	2,59E-04	7,6	4,7E-06	19,6
CR21-C-S15	57,6	5,26E-03	5,2	7,5E-06	2,47E-04	7,7	7,7E-06	21,3
CR21-C-S17	51,8	3,68E-04	7,9	3,2E-06	1,71E-05	20	3,6E-06	21,5
Media arit.	53,0	3,16E-03	6,4		1,56E-04	11,9		20,6
Scarto tipo	6,3	3,26E-03	1,5		1,62E-04	6,1		1,22
Media geo.	52,6	1,53E-03			7,46E-05			20,5
DSG	1,13	4,48			4,57			1,06
Val. max.	61,5	8,76E-03	8,8	8,4E-06	4,37E-04	20	8,9E-06	21,8
Val. min.	42,1	1,54E-04	4,6	1,6E-06	7,21E-06	5,7	1,9E-06	18,5

<sup>1</sup> valore determinato sulla base della concentrazione di attività misurata di Th-234 e Pa-234m

<sup>2</sup> incertezza espressa con fattore di copertura k=1

	Istituto di Radioprotezione	IRP-P000-025	Rev. 0	Distrib. L	Pag. 10	di 26
---	-----------------------------	--------------	-----------	---------------	------------	----------

Dall'analisi dei risultati di Tabella 3 e Tabella 4 si osserva che:

- per quanto attiene le misure in spettrometria gamma non si rilevano concentrazioni in attività superiori alla MDC per alcun radionuclide, siano essi artificiali o di origine naturale. Per U-238 e U-235 si ha indicazione di un limite superiore di concentrazione in attività nella matrice (valore più elevato di MDC) pari rispettivamente a  $5,3 \times 10^{-2}$  Bq/g<sub>cam</sub> e  $7,4 \times 10^{-3}$  Bq/g<sub>cam</sub>;
- per quanto attiene la spettrometria di massa, misura sui cui esiti si basano tutte le considerazioni che seguono, le concentrazioni in attività di U-238 risultano comprese fra  $1,54 \times 10^{-4}$  Bq/g<sub>camp</sub> e  $8,76 \times 10^{-3}$  Bq/g<sub>cam</sub> mentre quelle di U-235 tra  $7,21 \times 10^{-6}$  Bq/g<sub>cam</sub> e  $4,37 \times 10^{-4}$  Bq/g<sub>cam</sub>
- l'incertezza associata alle concentrazioni in attività misurate di U-238 è compresa fra 4,6% e 8,8% con un valore medio del 6,4%, mentre quella associata alle concentrazioni in attività misurate di U-235 si attesta fra 5,7% e 20% con un valore medio pari al 12%; i dati di incertezza sono compatibili con i valori di concentrazione presente nella soluzione effettivamente sottoposta a misura a seguito della diluizione;
- i rapporti tra le concentrazioni in attività di U-238 e U-235 sono compresi tra 18,5 e 21,8 con un valore medio aritmetico pari a 20,6 ed uno scarto tipo campionario di 1,2 a fronte di un valore pari a 21,45 atteso per l'uranio naturale.

Sulla base di tali risultati di misura si può dunque affermare che **l'uranio presente nei campioni ha una composizione isotopica compatibile con quella propria dell'uranio naturale.**

Considerando tuttavia il valore pari a 4,48 della deviazione standard geometrica campionaria per gli  $N_{pre} = 7$  valori di concentrazione in attività ottenuti per l'U-238, si ha:

$$DSG^2 = (4,48)^2 = 20,1$$

Risultando  $DSG^2 > 6$ , il test sulla deviazione standard geometrica campionaria proposto da IAEA[10] per l'omogeneità del gruppo risulta non soddisfatto. Ciò comporta che **per quanto attiene il contenuto di uranio naturale i campioni dell'acciaio costituente la condotta R21 non possono essere considerati provenienti da un unico gruppo omogeneo di materiali.**

#### 4.4.2 Calcolo della numerosità minima N di campioni di caratterizzazione

Stante l'esito della precaratterizzazione, non risulta dunque applicabile la procedura per determinare il numero minimo di campioni da analizzare ai fini della rappresentatività statistica della caratterizzazione.

Essendo stata ritenuta inutile una reiterazione della procedura su un numero  $N_{pre}$  di campioni superiore, per la caratterizzazione si è pertanto proceduto con la misurazione di tutti i campioni raccolti, tenuto anche conto della comparazione dei 7 valori misurati di concentrazione di attività di U-238 rispetto al limite di allontanamento normalizzato ( $LAN_{238}$ ) approvato da ISIN per le matrici metalliche.

#### 4.5 Caratterizzazione del gruppo “condotta R21”

Gli esiti delle misure in spettrometria gamma ad alta risoluzione e in spettrometria di massa (ICP-MS) eseguite sui 18 campioni di caratterizzazione del gruppo condotta R21 sono presentati in Tabella 5 e Tabella 6.

**Tabella 5** Esiti delle misure di caratterizzazione eseguite mediante spettrometria gamma per il gruppo “condotta R21”

Codice campione	Massa (g)	$C_{A,U238}$ (Bq/g <sub>cam</sub> )	$u(C_{A,U238})^1$ (%)	MDC (Bq/g <sub>cam</sub> )	$C_{A,U235}$ (Bq/g <sub>cam</sub> )	$u(C_{A,U235})^1$ (%)	MDC (Bq/g <sub>cam</sub> )	Ratio $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$
CR21-C-S01	39,5	< MDC	---	5,7E-02	< MDC	---	7,9E-03	---
CR21-C-S02	49,5	< MDC	---	4,5E-02	< MDC	---	6,3E-03	---
CR21-C-S03	48,7	< MDC	---	4,6E-02	< MDC	---	6,4E-03	---
CR21-C-S04	52,5	< MDC	---	4,3E-02	< MDC	---	6,0E-03	---
CR21-C-S05	55,1	< MDC	---	4,3E-02	< MDC	---	5,7E-03	---
CR21-C-S06	57,0	< MDC	---	4,1E-02	< MDC	---	5,5E-03	---
CR21-C-S07	55,8	< MDC	---	4,0E-02	< MDC	---	5,6E-03	---
CR21-C-S08	57,1	< MDC	---	4,0E-02	< MDC	---	5,5E-03	---
CR21-C-S09	61,5	< MDC	---	3,9E-02	< MDC	---	5,1E-03	---
CR21-C-S10	42,1	< MDC	---	5,3E-02	< MDC	---	7,4E-03	---
CR21-C-S11	62,5	< MDC	---	3,6E-02	< MDC	---	5,0E-03	---
CR21-C-S12	52,4	< MDC	---	4,3E-02	< MDC	---	6,0E-03	---
CR21-C-S13	51,7	< MDC	---	4,4E-02	< MDC	---	6,0E-03	---
CR21-C-S14	46,8	< MDC	---	4,8E-02	< MDC	---	6,7E-03	---
CR21-C-S15	57,6	< MDC	---	3,9E-02	< MDC	---	5,4E-03	---
CR21-C-S16	44,4	< MDC	---	5,2E-02	< MDC	---	7,0E-03	---
CR21-C-S17	51,8	< MDC	---	4,3E-02	< MDC	---	6,0E-03	---
CR21-C-S18	56,4	< MDC	---	4,1E-02	< MDC	---	5,5E-03	---
Media arit.	52,4							
Scarto tipo	6,3							
Val. max.	62,5			5,7E-02			7,9E-03	
Val min.	39,5			3,6E-02			5,0E-03	

1 valore determinato sulla base della concentrazione di attività misurata di Th-234 e Pa-234m supposti in equilibrio secolare col progenitore

2 incertezza espressa con fattore di copertura k=1

**Tabella 6** Esiti delle misure di caratterizzazione eseguite mediante spettrometria di massa tipo ICP per il gruppo "condotta R21

Codice campione	Massa (g)	$C_{A,U238}$ (Bq/g <sub>cam</sub> )	$u(C_{A,U238})^1$ (%)	MDC (Bq/g <sub>cam</sub> )	$C_{A,U235}$ (Bq/g <sub>cam</sub> )	$u(C_{A,U235})^1$ (%)	MDC (Bq/g <sub>cam</sub> )	Ratio $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$
CR21-C-S01	39,5	5,43E-03	4,5	1,7E-06	2,49E-04	7,7	3,8E-07	21,8
CR21-C-S02	49,5	8,76E-03	4,6	8,4E-06	4,37E-04	6,7	8,9E-06	20,0
CR21-C-S03	48,7	6,60E-03	4,5	1,1E-06	3,17E-04	9,8	2,5E-07	20,8
CR21-C-S04	52,5	6,96E-03	5,0	9,9E-06	3,35E-04	7,7	2,2E-06	20,8
CR21-C-S05	55,1	9,45E-04	9,3	1,7E-05	4,40E-05	11	3,9E-06	21,5
CR21-C-S06	57,0	9,56E-03	4,6	6,7E-06	4,58E-04	8,3	1,5E-06	20,9
CR21-C-S07	55,8	1,54E-04	8,8	1,1E-05	7,21E-06	18	1,9E-06	21,3
CR21-C-S08	57,1	6,98E-04	8,1	3,2E-05	2,97E-05	11	7,2E-06	23,5
CR21-C-S09	61,5	1,00E-03	7,1	5,0E-06	5,41E-05	13	5,6E-06	18,5
CR21-C-S10	42,1	1,50E-03	6,5	5,0E-06	6,87E-05	7,1	5,4E-06	21,8
CR21-C-S11	62,5	8,27E-03	4,8	4,4E-06	3,76E-04	7,9	9,8E-07	22,0
CR21-C-S12	52,4	5,08E-03	5,9	4,1E-06	2,59E-04	7,6	4,7E-06	19,6
CR21-C-S13	51,7	1,09E-02	5,1	4,0E-06	5,34E-04	8,7	5,5E-06	20,4
CR21-C-S14	46,8	7,40E-03	6,5	6,5E-06	3,46E-04	7,0	6,9E-06	21,4
CR21-C-S15	57,6	5,26E-03	6,2	7,5E-06	2,47E-04	7,9	7,7E-06	21,3
CR21-C-S16	44,4	2,77E-03	5,5	3,8E-06	1,28E-04	11	4,1E-06	21,6
CR21-C-S17	51,8	3,68E-04	7,9	3,2E-06	1,71E-05	20	3,6E-06	21,5
CR21-C-S18	56,4	5,61E-03	6,4	7,5E-06	2,69E-04	8,2	8,3E-06	20,9
<b>Media arit.</b>	52,4	4,85E-03	6,8		2,32E-04	9,9		21,1
<b>Scarto tipo</b>	6,3	3,48E-03	2,7		1,68E-04	3,7		1,1
<b>Val. max.</b>	62,5	1,09E-02		3,2E-05	5,34E-04		8,9E-06	23,5
<b>Val min.</b>	39,5	1,54E-04		1,1E-06	1,71E-05		3,8E-07	18,5

1 incertezza espressa con fattore di copertura k=1

Premesso che i dati di spettrometria gamma non offrono informazioni quantitative sulla presenza di uranio nè di altri radionuclidi, artificiali o di origine naturale, dall'analisi dei risultati ottenuti con la misura ICP-MS presentati in Tabella 5 si osserva che:

- l'insieme dei dati di concentrazione di attività sono caratterizzati:
  - per U-238 da un valore medio aritmetico pari a 4,9 mBq/g<sub>cam</sub> deviazione standard campionaria pari a 3,5, mBq/g<sub>cam</sub>, ed incertezza di misura media pari a 6,8%
  - per U-235 da un valore medio aritmetico pari a 0,23 mBq/g<sub>cam</sub> deviazione standard campionaria pari a 0,17 mBq/g<sub>cam</sub>, ed incertezza di misura media pari a 9,9%.
- il valore medio dei rapporti tra le concentrazioni in attività di U-238 e di U-235 è pari a 21,1 con valori compresi tra 18,5 e 23,8 a conferma che in tutti i campioni la composizione isotopica è compatibile con quella propria dell'uranio naturale
- la deviazione standard geometrica dei 18 valori disponibili di concentrazione di attività di U-238, pur migliorando la situazione emersa con la pre-caratterizzazione, conferma che l'acciaio costituente la condotta R21 non è un gruppo omogeneo ( $DSG^2=11,6 > 6$ ).

Su quest'ultimo punto si rileva che dalla semplice osservazione dei dati appare evidente l'impossibilità di individuare un andamento spaziale dei livelli di concentrazione di uranio lungo il percorso della condotta, né tantomeno di suddividerla in zone sulla base dei valori di attività. Considerando che i valori massimo e minimo di concentrazione di attività registrati si differenziano di poco meno di due ordini di grandezza e che non si evidenzia una correlabilità con la citata, significativa presenza di fango/sedimento in 6 delle 18 sezioni di pari lunghezza in cui è stata suddivisa la condotta stessa (le prime 5 e la decima), verosimilmente tale situazione è da attribuire a concrezioni non asportabili presenti in modo non omogeneo sulle pareti interne della tubazione.

E' in ogni caso importante sottolineare a tale riguardo che la massima concentrazione di attività di U-238 (pari a 0,011 Bq/g) è stata rilevata in una sezione del ramo sinistro, risultato totalmente esente dalla presenza di fango/sedimento, e che comunque tale valore è oltre 40 volte inferiore del limite di allontanamento normalizzato al U-238 ( $LAN_{238}$ ).

#### 4.6 Verifica delle condizioni di allontanabilità del gruppo "condotta R21"

Sulla base di quanto proposto da ENEA e condiviso da ISIN [4], la condizione richiesta per l'allontanabilità dell'intero gruppo è che, stabilita la composizione naturale dell'uranio in oggetto, la concentrazione in attività di U-238 ( $C_{A,U238}$ ) sia minore del *Livello di Allontanamento Normalizzato* all'U-238 per tutti i campioni. In formula:

$$C_{A,U238} < LAN_{238} = 0,487 \text{ Bq/g}_{\text{cam.}} \quad \text{per tutti i campioni}$$

In Tabella 7 si riportano i risultati di misura della concentrazione in attività di U-238 ( $C_{A,U238}$ ) ottenuti mediante spettrometria di massa (ICP.MS) ed i relativi esiti delle verifiche effettuate singolarmente su tutti i campioni prelevati.

**Tabella 7.** Esiti delle verifiche delle condizioni di allontanabilità per il gruppo "condotta R21"

Codice campione	$C_{A,U238}$ (Bq/g <sub>cam</sub> )	$LAN_{238}$ (Bq/g <sub>cam</sub> )	Esito della verifica	Codice campione	$C_{A,U238}$ (Bq/g <sub>cam</sub> )	$LAN_{238}$ (Bq/g <sub>cam</sub> )	Esito della verifica
CR21-C-S01	5,43E-03	4,87E-01	allontanabile	CR21-C-S10	1,50E-03	4,87E-01	allontanabile
CR21-C-S02	8,76E-03	4,87E-01	allontanabile	CR21-C-S11	8,27E-03	4,87E-01	allontanabile
CR21-C-S03	6,60E-03	4,87E-01	allontanabile	CR21-C-S12	5,08E-03	4,87E-01	allontanabile
CR21-C-S04	6,96E-03	4,87E-01	allontanabile	CR21-C-S13	1,09E-02	4,87E-01	allontanabile
CR21-C-S05	9,45E-04	4,87E-01	allontanabile	CR21-C-S14	7,40E-03	4,87E-01	allontanabile
CR21-C-S06	9,56E-03	4,87E-01	allontanabile	CR21-C-S15	5,26E-03	4,87E-01	allontanabile
CR21-C-S07	1,54E-04	4,87E-01	allontanabile	CR21-C-S16	2,77E-03	4,87E-01	allontanabile
CR21-C-S08	6,98E-04	4,87E-01	allontanabile	CR21-C-S17	3,68E-04	4,87E-01	allontanabile
CR21-C-S09	1,00E-03	4,87E-01	allontanabile	CR21-C-S18	5,61E-03	4,87E-01	allontanabile

Pur avendo constatato la non omogeneità del gruppo, considerando la numerosità elevata dei campioni prelevati in relazione alle dimensioni del manufatto e risultando ampiamente verificata la condizione di allontanabilità per ognuno di essi, incluso ovviamente quello a maggior concentrazione di uranio, essendo stata altresì accertato che la composizione dell'uranio presente è compatibile con quella naturale, si conclude che il **gruppo "condotta R21" può essere allontanato/riutilizzato senza vincoli di natura radiologica.**

## 5. GRUPPO OMOGENEO: “MATERIALE INTERNO CONDOTTA R21”

Il gruppo omogeneo è costituito dai campioni di materiale la cui presenza all'interno della condotta R21 è stata scoperta a seguito della rimozione della condotta stessa e del suo successivo sezionamento.

Detto materiale, inatteso, sia per natura che per entità, e pertanto non incluso nel Piano di caratterizzazione originale, si è constatato avere caratteristiche di consistenza e densità tali da non permetterne una classificazione chiara (vedi Tabella 8), né individuarne un'affinità con matrici di origine ambientale quali limo o terreno. Per tali ragioni anch'esso è stato trattato ai fini della caratterizzazione come costituente un gruppo omogeneo che non prevede un “bianco” di riferimento.

### 5.1 Campionamento

All'atto della segmentazione della condotta R21 in 6 delle 10 sezioni del tratto interrato, specificatamente le 5 consecutive dalla CR21-S01 alla CR21-S05 e la CR21-S10, immediatamente precedente la biforcazione della condotta, è stata rinvenuta una significativa quantità di materiale dall'aspetto di fango essiccato. Il ritrovamento ha obbligatoriamente comportato la raccolta di tale matrice (che verrà da qui in poi indicata come “fanghi di lavorazione”) separatamente per ogni sezione interessata a formare un nuovo gruppo omogeneo “materiale interno condotta R21” composto di 6 campioni identificati con le sigle da CR21-F-S01 a CR-F-S05 e CR-F-S10, le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 29.

Il prelievo di tali fanghi di lavorazione è stato effettuato a secco utilizzando esclusivamente mezzi meccanici, inclusi raschietti e spazzole per l'asportazione estremamente accurata dei residui aderenti alle pareti interne delle sezioni di condotta interessate, in modo da raccogliere quanto più materiale possibile senza produrne di aggiuntivo (come sarebbe derivato dall'impiego di acqua o solventi) e allo stesso tempo ridurne al minimo l'interferenza sulla caratterizzazione della condotta R21 vera e propria in ragione dell'eventuale uranio in esso presente.

**Tabella 8.** Campioni costituenti il gruppo omogeneo “materiale interno condotta R21”

codice Id.	gruppo omogeneo	punto di prelievo	materiale	massa (g)*	Densità** (g/cm <sup>3</sup> )
CR21-F-S01	materiale interno condotta R21	sezione CR21-S01	fanghi di lavorazione	433	0,613
CR21-F-S02	materiale interno condotta R21	sezione CR21-S02	fanghi lavorazione	342	0,588
CR21-F-S03	materiale interno condotta R21	sezione CR21-S03	fanghi lavorazione	292	0,598
CR21-F-S04	materiale interno condotta R21	sezione CR21-S04	fanghi lavorazione	296	0,572
CR21-F-S05	materiale interno condotta R21	sezione CR21-S05	fanghi lavorazione	305	0,601
CR21-F-S10	materiale interno condotta R21	sezione CR21-S10	fanghi lavorazione	143	0,616

\* valore ottenuto dopo essiccazione a peso costante

\*\* valore determinato sulla base di un volume di campione di 10 cm<sup>3</sup>

	Istituto di Radioprotezione	IRP-P000-025	Rev. 0	Distrib. L	Pag. 15	di 26
---	-----------------------------	--------------	-----------	---------------	------------	----------

## 5.2 Trattamento dei campioni e tipologie di misure impiegate

Ciascuno dei 6 campioni di “materiale interno condotta R21” è stato trattato separatamente, dapprima portandolo a peso costante mediante essiccazione in stufa a 80 °C, quindi uniformato in granulometria con l’uso di un semplice pestello ed infine omogeneizzato per miscelazione.

Il campione così ottenuto è risultato una polvere omogenea simile a talco di granulometria ampiamente inferiore a 2 mm e con densità finale risultata per i 6 campioni pari in media a 0,598 g/cm<sup>3</sup> (scarto tipo 2,8%) con valore massimo misurato di 0,617 g/cm<sup>3</sup> e valore minimo di 0,572 g/cm<sup>3</sup>

Considerata la natura ignota del materiale in oggetto, la sua consistenza e la massa disponibile per ogni campione, si è programmato di determinarne il contenuto di uranio adottando la procedura già utilizzata per i terreni, che prevede primariamente l’esecuzione di una misurazione in spettrometria gamma ad alta risoluzione, riservandosi l’eventuale impiego della spettrometria di massa tipo ICP (ICP-MS) solo in caso di necessità di verifiche o approfondimenti specifici.

Per quanto attiene la verifica di allontanamento si è adottato parimenti il valore di LAN<sub>238</sub> pari a 0,487 Bq/g<sub>cam</sub> già approvato da ISIN per il terreno, come per tutti i materiali solidi fin qui investigati (metalli e plastiche). Si sottolinea al riguardo che tale valore è ampiamente inferiore a quello di minima concentrazione rivelabile (MDC) facilmente ottenibile in spettrometria gamma quando si hanno a disposizione campioni di massa e volume come quelli in esame.

## 5.3 Strumentazione utilizzata e modalità di effettuazione delle misurazioni

La misurazione in spettrometria gamma è stata eseguita con la medesima strumentazione e metodologia utilizzata per il gruppo omogeneo “condotta R21” (vedi paragrafo 4.3) adottando, in ragione dei volumi di campione disponibili, la geometria beker di Marinelli sia da 500 mL, corrispondenti a circa 300 g (campioni da CR21-F-S01 a CR-F-S05), che da 180 mL corrispondenti a circa 110 g (campione CR21-F-S10). Il conteggio è stato avviato passati almeno 20 giorni dalla sigillatura del Marinelli per l’ottenimento dell’equilibrio in attività fra Ra-226 e figli. In fase di analisi spettrale la correzione per la densità è stata eseguita con il metodo di SIMA [11].

Per quanto attiene la spettrometria di massa tipo ICP era previsto di effettuare la misura, se necessaria, anche in questo caso con la strumentazione e metodologia precedentemente descritta, utilizzando un campione di prova ottenuto dalla dissoluzione totale in muffola a microonde di 1 grammo di materiale.

## 5.4 Caratterizzazione del gruppo omogeneo “materiale interno condotta R21”

Tenuto conto che il gruppo omogeneo era costituito da soli 6 campioni e non ritenendo utile né corretta una loro ulteriore suddivisione ai solo fine di aumentarne artificialmente la numerosità, anche alla luce del fatto che la totalità del materiale presente era stato raccolto e poteva essere sottoposto pressoché interamente a misurazione, la fase di pre-caratterizzazione è stata tralasciata demandando tutte le verifiche alla caratterizzazione vera e propria dell’intero gruppo omogeneo, incluse quelle sulla omogeneità del gruppo e sulla compatibilità della composizione isotopica dell’uranio presente con quella propria della uranio naturale,

In Tabella 30 sono presentati gli esiti delle misurazioni di caratterizzazione del gruppo mediante spettrometria gamma. Essi sono risultati del tutto esustivi ai fini della

caratterizzazione, e delle successive verifiche di allontanabilità/riutilizzo del materiale, ragione per la quale non si è ritenuto necessario effettuare anche le misurazioni ICP-MS.

**Tabella 9.** Esiti delle misure di caratterizzazione eseguite mediante spettrometria gamma per il gruppo omogeneo “materiale interno condotta R21” (incertezze espresse con fattore di copertura  $k=1$ )

Codice campione	massa (g)	$C_{A,U238}$ (Bq/g <sub>cam</sub> )	$u(C_{A,U238})$ (%)	MDC (Bq/g <sub>cam</sub> )	$C_{A,U235}$ (Bq/g <sub>cam</sub> )	$u(C_{A,U235})$ (%)	MDC (Bq/g <sub>cap</sub> )	Ratio $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$
CR21-F-S01	433	2,57E+00	4,4	3,3E-02	1,21E-01	9,1	5,0E-03	21,2
CR21-F-S02	342	1,82E+00	4,5	3,5E-02	8,86E-02	3,4	5,2E-03	20,5
CR21-F-S03	292	1,88E+00	4,3	3,6E-02	9,09E-02	3,4	5,4E-03	20,6
CR21-F-S04	296	2,03E+00	4,5	3,6E-02	1,00E-01	3,5	5,4E-03	20,3
CR21-F-S05	305	1,50E+00	4,7	3,5E-02	7,03E-02	3,7	5,3E-03	21,3
CR21-F-S10	143	1,33E+00	4,9	4,0E-02	6,34E-02	4,9	5,7E-03	21,0
Media arit.	302	1,86E+00	4,5		8,90E-02	4,7		20,8
Scarto tipo	94	4,35E-01	0,2		2,08E-02	2,2		0,4
Media geo.	351	2,06E+00			9,91E-02			20,8
DSG	1,48	1,28			1,29			1,02
Val. max.	433	2,57E+00		4,0E-02	1,21E+01		5,7E-03	21,3
Val. min.	143	1,82E+00		3,3E-02	6,34E-03		5,0E-03	20,3

Premesso che dalle misure non sono emersi elementi che indichino la presena di altri radionuclidi di origine naturale o artificiale, oltre l'uranio, dall'analisi dei risultati si osserva che:

- il valore medio dei rapporti tra le concentrazioni in attività di U-238 e di U-235 è 20,8 (scarto tipo 0,4) con valori compresi tra 21,3 e 20,3 a conferma che in tutti i campioni la composizione isotopica è compatibile con quella propria dell'uranio naturale;
- l'insieme dei dati di concentrazione di attività sono caratterizzati:
  - per U-238 da un valore medio aritmetico di 1,86 Bq/g<sub>cam</sub>, una deviazione standard campionaria di 0,44 Bq/g<sub>cam</sub>, ed una incertezza di misura media pari al 4,5%
  - per U-235 da un valore medio aritmetico di 0,089 Bq/g<sub>camp</sub>, una deviazione standard campionaria di 0,022 Bq/g<sub>cam</sub>, ed una incertezza di misura media pari al 4,7%.
- la deviazione standard geometrica calcolata sul set di 6 valori di concentrazione di attività di U-238 disponibili, permette di classificare il materiale rinvenuto all'interno della condotta R21 come gruppo omogeneo ( $DSG^2 = 2,19 < 6$ )

## 5.5 Verifica delle condizioni di allontanabilità del gruppo omogeneo “materiale interno condotta R21”

Stabilito che il materiale, in virtù della sua natura, non può che essere classificato come tale da non rischiederne un bianco di riferimento e considerato, come già detto, che la pressochè totale quantità presente di tale materiale è stata sottoposta a misurazione (il che di fatto permette di vanificare la necessità di determinare un numero minimo di campioni da sottoporre a misurazione per conseguire la significatività statistica della caratterizzazione), sulla base di quanto proposto da ENEA e condiviso da ISIN, la condizione richiesta per l'allontanabilità del gruppo omogeneo è che verificata la composizione naturale dell'uranio in

	Istituto di Radioprotezione	IRP-P000-025	Rev. 0	Distrib. L	Pag. 17	di 26
---	-----------------------------	--------------	-----------	---------------	------------	----------

esso contenuto, in tutti i campioni raccolti la concentrazione in attività di U-238 ( $C_{A,U238}$ ) sia minore del *Livello di Allontanamento Normalizzato* all'U-238. In formula:

$$C_{A,U238} < LAN_{238} = 0,487 \text{ Bq/g}_{\text{cam.}} \quad \text{per tutti i campioni}$$

Dall'analisi dei dati di Tabella 30 si osserva che **nessuno dei 6 campioni soddisfa questa condizione ed il gruppo omogeneo deve pertanto essere trattato come rifiuto radioattivo** secondo quanto prescritto dallo schema presentato in Tabella 10

**Tabella 10:** Verifica delle condizioni di allontanabilità per i gruppi omogenei per i quali non è previsto un "bianco" di riferimento

risultato delle N misure	conclusioni	allontanamento senza vincoli	azioni
Per il gruppo omogeneo in esame tutti i valori di concentrazione in attività di U-238 (in Bq/g <sub>cam</sub> ) sono superiori al valore di LAN <sub>238</sub>	Il gruppo omogeneo non soddisfa il criterio di allontanamento	NO	Il gruppo omogeneo è conferito come rifiuto radioattivo per trattamento, confezionamento e restituzione.

	Istituto di Radioprotezione	IRP-P000-025	Rev. 0	Distrib. L	Pag. 18	di 26
---	-----------------------------	--------------	-----------	---------------	------------	----------

## 6. GRUPPO OMOGENEO: “TERRENO SOTTOSTANTE LA CONDOTTA R21”

Il gruppo omogeneo è costituito dal terreno interessato dal passaggio della condotta di abduzione reflui nel tratto di circa 9 m che va dall'uscita della condotta stessa dall'edificio R21 fino al suo ingresso nel vano in cemento ove è riposto il serbatoio metallico (Figura 2 di pag. 6). E' stato pertanto programmato un gruppo composto da 18 campioni la cui caratterizzazione prevede tipicamente un “bianco” di riferimento.

### 6.1 Campionamento

Il prelievo dei campioni è stato effettuato lungo l'incavo lasciato dalla rimozione della condotta utilizzando una dima di dimensioni 20x20x5 cm e prelevando per ogni tratta dello scavo un'unica aliquota di 2 litri del terreno immediatamente sottostante il livello di stazionamento originale della tubazione. A tal fine il percorso della condotta era stato precedentemente suddiviso in 18 sezioni di circa 50 cm al centro di ciascuna delle quali era stato individuato il punto di prelievo. Come già segnalato, in corrispondenza del tredicesimo tratto dall'edificio R21 è stato rinvenuto un blocco di cemento di dimensioni tali da rendere impossibile il campionamento, ragione per la quale il gruppo omogeneo è risultato infine composto da n. 17 campioni rispetto ai 18 inizialmente previsti.

I campioni, identificati con i codici da CR21-T-T01 a CR21-T-T18 a partire dall'edificio R21 (per quanto testé ricordato, con esclusione di CR21-T-T13), sono stati dapprima riposti singolarmente in busta di plastica nuova pre-etichettata e quindi inviati al laboratorio incaricato per le analisi. Ciascun di essi, dopo omogeneizzazione per mescolamento, è stato suddiviso in 2 aliquote di volume pari a 1L, a loro volta riposte in due contenitori uguali di idonea capacità, di cui una utilizzata per l'analisi e l'altra conservata per eventuali necessità o richieste aggiuntive. Non si è invece prelevato un nuovo set di campioni di bianco (terreno sicuramente non contaminato) avendo optato per l'utilizzo di quello già campionato ed analizzato per il terreno sottostante la condotta di abduzione dal serbatoio MAGNOX [8].

### 6.2 Trattamento dei campioni e tipologie di misure impiegate

L'aliquota da 1 L di terreno utilizzata per l'analisi è stata trattata secondo la procedura prevista dal Piano di caratterizzazione e già utilizzata per il terreno sottostante la condotta di abduzione dal serbatoio MAGNOX; specificatamente:

- eliminazione di frammenti grossolani,
- essiccazione in stufa,
- frantumazione con mulino planetario,
- setacciatura (diametro < 2 mm),
- omogeneizzazione per miscelazione,
- riempimento di un becker di Marinelli da 500 mL in materiale a tenuta di radon,
- sua sigillatura con tappo e colla ciano-acrilica entrambe a tenuta di radon.
- conservazione dell'aliquota residua nel suo contenitore per eventuali necessità.

Le misurazioni sono state eseguite mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione.

### 6.3 Strumentazione utilizzata e modalità di effettuazione delle misurazioni

Ricalcando esattamente la procedura adottata per la condotta e il materiale reperito al suo interno, la misurazione in spettrometria gamma è stata eseguita utilizzando un rivelatore HPGe coassiale tipo extended range in geometria “beker di Marinelli” da 500 mL con tempo di conteggio tipico di 80.000 s da avviarsi non prima di 20 giorni dalla sigillatura del campione per operare correttamente la correzione da interferenza del Ra-226 nel picco di emissione

a 185 keV dell'U-235. La correzione per la densità è stata eseguita applicando il metodo di SIMA [11].

## 6.4 Precaratterizzazione del gruppo omogeneo “terreno sottostante la condotta R21”

I 17 campioni utili per la caratterizzazione del terreno sottostante la condotta R21 sono stati prelevati seguendo puntualmente le modalità previste del Piano di caratterizzazione [2] e consegnati da Nucleco al Laboratorio IRP MIR Trisaia per l'effettuazione della caratterizzazione.

### 6.4.1 Verifica della condizione di omogeneità

Al fine di verificare le condizioni di omogeneità del gruppo sono stati sottoposti a misura per la determinazione della concentrazione in attività di U-238 e U-235  $N_{pre}=7$  campioni individuati per estrazione a caso fra quelli prelevati. Gli esiti di tali misurazioni, effettuate come detto mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione, sono presentati in Tabella 11 ove, oltre ai dati singoli di concentrazione in attività ( $C_{A,U238}$  e  $C_{A,U235}$ ), di incertezza associata ( $u(C_{A,U238})$  e  $u(C_{A,U235})$ ) espressa in termini relativi e di minima concentrazione in attività rilevabile (MDC), sono altresì riportati i dati statistici essenziali per la valutazione di omogeneità del gruppo:

- media aritmetica
- scarto tipo
- media geometrica
- deviazione standard geometrica (DSG)
- valore massimo
- valore minimo

**Tabella 11.** Esiti delle misure di pre-caratterizzazione per la matrice “terreno sottostante la condotta R21”

Codice campione	$C_{A,U238}$ (Bq/kg <sub>cam</sub> )	$u(C_{A,U238})^*$ (%)	MDC (Bq/kg <sub>cam</sub> )	$C_{A,U235}$ (Bq/kg <sub>cam</sub> )	$u(C_{A,U235})^*$ (%)	MDC (Bq/kg <sub>cam</sub> )	Rapporto U-238/U-235
CR21-T-T01	2,04E+01	12	6,0E+00	8,96E-01	18	1,7E-01	22,8
CR21-T-T05	1,68E+01	18	6,4E+00	8,20E-01	21	2,0E-01	20,5
CR21-T-T09	1,52E+01	12	6,2E+00	7,18E-01	21	1,8E-01	21,2
CR21-T-T12	1,59E+01	15	6,3E+00	7,00E-01	20	2,0E-01	22,7
CR21-T-T14	2,09E+01	13	6,1E+00	1,02E+00	17	1,9E-01	20,5
CR21-T-T15	1,73E+01	16	6,6E+00	8,81E-01	16	2,3E-01	19,6
CR21-T-T17	2,91E+01	10	6,4E+00	1,41E+00	10	2,1E-01	20,6
Media arit.	1,94E+01	13,3		9,21E-01	16,6		21,1
Scarto tipo	4,8E+00	3,1		2,42E-01	4,8		1,2
Media geo.	1,89E+01			8,97E-01			
DSG	1,25			1,27			
Val. max	2,91E+01		6,4E+00	1,41E+00		1,8E-01	
Val. min.	1,52E+01		6,0E+00	7,00E-01		2,0E-01	

\*incertezza espressa con fattore di copertura  $k=1$

Dall'analisi dei risultati di 11 si osserva in particolare che:

- il valore medio dei rapporti tra le concentrazioni in attività di U-238 e di U-235 è 21,1 (scarto tipo 1,2) con valori compresi tra 19,6 e 22,8 a conferma che in tutti i campioni

	Istituto di Radioprotezione	IRP-P000-025	Rev. 0	Distrib. L	Pag. 20	di 26
---	-----------------------------	--------------	-----------	---------------	------------	----------

la composizione isotopica è compatibile con quella propria dell'uranio naturale (valore atteso 21,45);

- i dati di concentrazione di attività sono caratterizzati:
  - per U-238 da un range di valori che va da 15,2 a 29,1 Bq/kg<sub>cam</sub>, con valore medio di 19,4 Bq/kg<sub>cam</sub>, una deviazione standard campionaria di 4,8 Bq/kg<sub>cam</sub>, ed una incertezza di misura media pari al 13,3%
  - per U-235 da un range di valori che va da 0,70 a 1,41 Bq/kg<sub>cam</sub>, con valor medio di 0,92 Bq/kg<sub>cam</sub>, una deviazione standard campionaria di 0,24 Bq/kg<sub>cam</sub>, ed una incertezza di misura media pari al 16,6%

Sulla base di tali risultati si può dunque affermare **che l'uranio presente nel terreno sottostante la condotta ha una composizione isotopica del tutto compatibile con quella dell'uranio naturale**

Considerando dunque il valore pari a **1,25** della deviazione standard geometrica campionaria per gli  $N_{pre} = 7$  valori di concentrazione in attività ottenuti per l'U-238, si ha:

$$DSG^2 = (1,25)^2 = 1,57 < 6$$

il test sulla *deviazione standard geometrica campionaria* proposto dalla IAEA [10], risulta pertanto soddisfatto il che permette di affermare che **per quanto attiene il contenuto di uranio naturale i campioni di terreno sottostante la condotta appartengono ad un unico gruppo omogeneo di materiali.**

#### 6.4.2 Calcolo della numerosità N dei campioni di caratterizzazione

Il calcolo della numerosità N di campioni necessari (di cui N/2 per il terreno di indagine e N/2 per il terreno "bianco") per la verifica della allontanabilità di tutto il gruppo omogeneo "terreno sottostante la condotta R21" viene effettuato sulla base delle equazioni da 5 a 8 di Paragrafo 5.2 del *Piano di Caratterizzazione* [4] per quanto attiene ai gruppi omogenei **caratterizzati rispetto a un campione di riferimento "bianco"**.

Dagli esiti delle misure per U-238 si ha:

$$\sigma_{cam} = 4,80 \text{ Bq/kg}_{cam}, \quad \sigma_{cam}^2 = 23,1 \text{ (Bq/kg}_{cam})^2.$$

Per la valutazione dell'*incertezza di misura* (intesa con fattore di copertura  $k=1$ ),  $S_s$ , si valuta l'incertezza media percentuale dei risultati di misura, pari al 13,3% per U-238 e la si moltiplica per il massimo valore misurato 29,1 Bq/kg<sub>camp</sub>. Da ciò si ottiene

$$S_s = 3,87 \text{ Bq/kg}_{cam}, \quad S_s^2 = 14,9 \text{ (Bq/kg}_{cam})^2.$$

da cui  $\sigma = (\sigma_{cam}^2 + S_s^2)^{1/2} = 6,17 \text{ Bq/kg}_{cam}.$

Ponendo quindi  $\Delta = LAN_{238}/2 = 487/2 = 244 \text{ Bq/kg}_{cam}$

si ha pertanto:  $\frac{\Delta}{\sigma} = \frac{LAN_{238}}{2 * \sigma} = 39,5$

Utilizzando tale valore di  $\Delta/\sigma$  nelle testè citate equazioni, si ottiene **P= 1**, il che porta a concludere che **il numero minimo di campioni complessivi N da sottoporre a misura per la verifica delle condizioni di allontanabilità del gruppo omogeneo "terreno sottostante" è pari a 18, di cui N/2 = 9 del terreno in esame e N/2 = 9 del terreno "bianco".**

## 6.5 Caratterizzazione del gruppo omogeneo “terreno sottostante la condotta R21”

In Tabella 12 vengono riportati gli esiti delle misure di spettrometria gamma ad alta risoluzione effettuate su tutti i 17 campioni di terreno sottostante la condotta R21 prelevati per l'indagine. Il numero di campioni sottoposti a misura è dunque ampiamente superiore al valore minimo  $N/2=9$  identificato in precedenza come necessario per la verifica di allontanabilità dell'intero gruppo omogeneo.

Come specificato nel *Piano di caratterizzazione* [1] la scelta di campionare il solo terreno sottostante la condotta, invece che tutto quello ad essa circostante, è stata valutata come la più conservativa in relazione alla potenziale via di contaminazione della matrice (fessurazione della tubatura e successivo percolamento).

**Tabella 12:** Esiti delle misure di caratterizzazione per il gruppo omogeneo “terreno sottostante la condotta R21”

Codice campione	$C_{A,U238}$ (Bq/kg <sub>cam</sub> )	$u(C_{A,U238})^1$ (%)	MDC (Bq/kg <sub>cam</sub> )	$C_{A,U235}$ (Bq/kg <sub>cam</sub> )	$u(C_{A,U235})^1$ (%)	MDC (Bq/kg <sub>cam</sub> )	Rapporto U-238/U-235
CR21-T-T01	2,04E+01	12	6,0E+00	8,96E-01	18	1,7E-01	22,8
CR21-T-T02	1,52E+01	13	6,1E+00	7,11E-01	21	1,9E-01	21,4
CR21-T-T03	2,18E+01	11	6,3E+00	9,74E-01	17	2,0E-01	22,4
CR21-T-T04	1,37E+01	19	6,4E+00	6,82E-01	25	2,2E-01	20,1
CR21-T-T05	1,68E+01	18	6,4E+00	8,20E-01	21	2,0E-01	20,5
CR21-T-T06	1,79E+01	15	5,9E+00	8,08E-01	17	1,8E-01	22,1
CR21-T-T07	1,33E+01	14	6,5E+00	6,05E-01	20	2,4E-01	22,0
CR21-T-T08	1,66E+01	16	6,3E+00	7,41E-01	18	2,2E-01	22,4
CR21-T-T09	1,52E+01	12	6,2E+00	7,18E-01	21	1,9E-01	21,2
CR21-T-T10	2,33E+01	12	6,4E+00	1,16E+00	15	1,8E-01	20,1
CR21-T-T11	2,06E+01	13	5,8E+00	1,07E+00	16	1,7E-01	19,3
CR21-T-T12	1,59E+01	15	6,3E+00	7,00E-01	20	2,0E-01	22,7
CR21-T-T14	2,09E+01	13	6,0E+00	1,02E+00	17	1,9E-01	20,5
CR21-T-T15	1,72E+01	16	6,6E+00	8,80E-01	18	2,3E-01	19,5
CR21-T-T16	1,63E+01	17	5,8E+00	8,50E-01	16	1,6E-01	19,2
CR21-T-T17	2,91E+01	10	6,4E+00	1,42E+00	13	2,1E-01	20,5
CR21-T-T18	2,90E+01	10	6,1E+00	1,37E+00	12	2,0E-01	21,2
Media arit.	1,90E+01	13,9		9,07E-01	17,9		21,1
Scarto tipo	4,7E+00	2,7		2,36E-01	3,2		1,1
Val. max	2,91E+01	19	6,6E+00	1,42E+00	25	2,4E-01	22,8
Val. min.	1,33E+01	10	5,8E+00	6,05E-01	12	1,6E-01	19,2

1 incertezza espressa con fattore di copertura  $k=1$

2 non prelevabile

Dall'analisi dei risultati si rileva che:

- le concentrazioni di attività misurate di U-238 vanno da un minimo di 13,3 Bq/kg<sub>cam</sub> a un massimo di 29,1 Bq/kg<sub>cam</sub> con media aritmetica di 19,0 Bq/kg<sub>cam</sub> e scarto tipo 4,7 Bq/kg<sub>cam</sub> (25%) mentre l'incertezza di misura media è pari al 14%;
- le concentrazioni di attività misurate di U-235 vanno da un minimo di 0,61 Bq/kg<sub>cam</sub> a un massimo di 1,42 Bq/kg<sub>cam</sub> con media aritmetica di 0,91 Bq/kg<sub>cam</sub> e scarto tipo 0,24 Bq/kg<sub>cam</sub> (26%), mentre l'incertezza di misura media è pari al 18%;

- i rapporti tra le concentrazioni in attività di U-238 e di U-235 sono compresi tra 19,2 e 22,8, con media aritmetica 21,1 e scarto tipo 1,2 confermando che la composizione dell'Uranio presente nella matrice è compatibile con quella dell'uranio naturale.

In modo analogo in Tabella 13 vengono presentati i risultati di misura, eseguita sempre in spettrometria gamma, di 10 campioni di "bianco" prelevati nell'ambito della caratterizzazione del terreno coinvolto dal passaggio della condotta di abduzione dal serbatoio [7]. Il numero di campioni prelevati è superiore al valore minimo  $N/2 = 9$  identificato in precedenza come necessario per la verifica di allontanabilità dell'intero gruppo omogeneo del terreno in esame.

**Tabella 13:** Esiti delle misure di caratterizzazione per il "terreno bianco"

Codice campione	$C_{A,U238}$ (Bq/kg)	$u(C_{A,U238})^*$ (%)	MDC (Bq/kg)	$C_{A,U235}$ (Bq/kg)	$u(C_{A,U235})^*$ (%)	MDC (Bq/kg)	Rapporto U-238/U-235
PB1A	1,87E+01	8,4	5,8E+00	9,83E-01	11	1,6E-01	19,0
PB2	1,52E+01	9,0	6,5E+00	8,46E-01	17	1,9E-01	18,0
PB3A	1,12E+01	11	6,3E+00	6,10E-01	11	2,3E-01	18,4
PB4	1,82E+01	12	6,2E+00	7,79E-01	7,1	2,1E-01	23,4
PB5	1,83E+01	7,6	6,2E+00	7,97E-01	16	2,1E-01	23,0
PB6	1,56E+01	8,6	5,7E+00	7,00E-01	16	1,8E-01	22,3
PB7	1,37E+01	9,4	6,3E+00	6,97E-01	13	1,9E-01	19,7
PB8	2,74E+01	7,4	5,8E+00	1,27E+00	12	1,9E-01	21,6
PB9	1,90E+01	8,6	6,0E+00	1,02E+00	11	2,5E-01	18,6
PB10	1,36E+01	10	6,1E+00	6,40E-01	9,6	2,3E-01	21,3
Media arit.	1,71E+01	9,2		8,34E-01	13		20,5
Val. max	2,74E+01	11	6,5E+00	1,27E+00	17	2,5E-01	23,4
Val. min.	1,12E+01	7,6	5,7E+00	6,1E-01	7,1	1,6E-01	18,0

\*incertezza espressa con fattore di copertura  $k=1$

Dall'analisi dei risultati presentati in Tabella 13 si osserva in particolare che:

- le concentrazioni di attività di U-238 misurate hanno valore medio 17,1 Bq/kg<sub>cam</sub> e incertezza media di misura 9,2% con valore minimo misurato pari a 11,2 Bq/kg<sub>cam</sub>, e massimo pari a 27,4 Bq/kg<sub>cam</sub>
- le concentrazioni di attività di U-235 misurate hanno valore medio di 0,83 Bq/kg<sub>cam</sub> con una incertezza di misura media del 13%;
- il valore medio dei rapporti tra le concentrazioni in attività di U-238 e di U-235, è pari a 20,5 con valori compresi tra 18,0 e 23,4, confermando anche in questo caso che la composizione isotopica dell'Uranio presente nei campioni è compatibile, come atteso, con quella dell'uranio naturale (21,45)

I dati fanno riferimento a terreno bianco prelevato alle profondità fra 1,2 m e 1,7 m a cui correva la condotta di abduzione dal serbatoio Magnox. Come riportato in apposito documento [12] inerente la caratterizzazione del terreno ad essa sovrastante, l'andamento della concentrazione di uranio nei terreni prelevati nello strato 0-2 m in varie zone del CR Trisaia, fossero esse potenzialmente contaminate o meno, hanno regolarmente mostrato un andamento crescente al diminuire della profondità. Le misure eseguite ad esempio su alcuni campioni di terreno bianco prelevati rispettivamente fra 1 m e 0,5 m di profondità e fra 0,5 m e la superficie hanno rivelato livelli di concentrazione di U-238 dell'ordine rispettivamente di oltre 35 Bq/kg e di oltre 40 Bq/kg. Risultati simili si sono riscontrati nel terreno sovrastante la stessa condotta di abduzione dal serbatoio Magnox, il che rende quantomeno conservativa l'adozione dei dati di Tabella 13 ai fini della verifica delle condizioni di allontanabilità.

## 6.6 Verifica delle condizioni di allontanabilità del gruppo omogeneo “terreno sottostante la condotta R21”

La matrice è stata prelevata sia come “terreno in esame” che come “terreno bianco” con un numero di campioni rispettivamente pari a  $N_{\text{terreno}} = 17$  e  $N_{\text{bianco}} = 10$ , in entrambi i casi superiori al numero minimo necessario. Per la verifica delle condizioni di allontanabilità sono stati utilizzati i risultati di misura ottenuti per tutti i campioni disponibili

La condizione indicata per l’allontanabilità del terreno impone che la differenza tra il valore massimo di concentrazione in attività di U-238 misurato nel gruppo omogeneo costituito dal terreno sottostante la condotta ( $C_{A,U238,T}$ ), ed il corrispondente valore minimo misurato nel “bianco” ( $C_{A,U238,B}$ ) sia inferiore al livello di allontanamento normalizzato ( $LAN_{238}$ ), pari a 487 Bq/kg (vedasi Tabella 14).

**Tabella 14:** Verifica delle condizioni per l’allontanabilità per il terreno sottostante la condotta R21

Risultato delle misure	Conclusioni	Disponibilità del terreno senza vincoli	Azione
La differenza tra il valore massimo di concentrazione di U-238 (in Bq/kg <sub>campione</sub> ) misurato nel gruppo omogeneo in esame e il valore minimo di concentrazione di U-238 misurato nel “bianco” è inferiore a $LAN_{238}$ .	Il gruppo omogeneo in indagine soddisfa il criterio di allontanamento	SI	Il gruppo omogeneo (terreno) può essere allontanato senza vincoli di natura radiologica.  Il materiale è disponibile per i prelievi per le analisi chimiche convenzionali.

In formula: 
$$\left[ \max_{i=1,..,20} (C_{A,U238,T,i}) - \min_{j=1,..,10} (C_{A,U238,B,j}) \right] < LAN_{238}$$

ove :  $(C_{A,U238,T,i})$  è la concentrazione in attività di U-238 (in Bq/kg) nella misura i-ma del gruppo omogeneo del terreno sottostante la condotta (T);

$(C_{A,U238,B,j})$  è la concentrazione in attività di U-238 (in Bq/kg) nella misura j-ma del campione di terreno “bianco” (B)

Sostituendo dunque i valori numerici del massimo e del minimo indicati nell’equazione precedente con i valori identificati in Tabella 12 e Tabella 13 si ha:

$$\max_{i=1,..,18} (C_{A,U238,T,i}) = 29,1 \text{ Bq/kg} \qquad \min_{j=1,..,10} (C_{A,U238,B,j}) = 11,2 \text{ Bq/kg}$$

da cui

$$\max_{i=1,..,18} (C_{A,U238,T,i}) - \min_{j=1,..,10} (C_{A,U238,B,j}) = 17,9 \text{ Bq/kg} < 487 \text{ Bq/kg} (= LAN_{238})$$

Tenuto conto che il criterio di allontanabilità sarebbe ampiamente superato anche utilizzando il dato tal quale di concentrazione di attività di U-238 nei campioni del gruppo omogeneo e che quindi la scelta fatta nella individuazione del bianco non incide comunque sull’esito della verifica, si può concludere che **per il gruppo omogeneo “terreno sottostante la condotta R21” la condizione di allontanabilità/riutilizzabilità senza vincoli di natura radiologica risulta soddisfatta.**

## 7. GRUPPO OMOGENEO: “ASFALTO SOVRASTANTE LA CONDOTTA R21”

Sulla base della constatazione di assenza di fessurazioni nella condotta e specificatamente nel suo tratto interrato, nonché degli esiti della caratterizzazione del terreno ad essa sottostante (materiale allontanabile senza vincoli radiologici), come da assunzioni iniziali **si è valutato non necessario procedere con la caratterizzazione del gruppo omogeneo “asfalto sovrastante la condotta R21”** che potrà pertanto essere anch'esso essere allontanato senza vincoli radiologici

## 8. CONCLUSIONI

Per ognuno dei 3 gruppi di materiali per cui si è eseguita la caratterizzazione:

- si è valutata la natura dell'uranio in essi presente attraverso il rapporto delle concentrazioni di attività si U-238 e U-235,
- si è valutata, con verifica statistica, l'appartenenza dei campioni dei materiali da allontanare/rilasciare a specifici gruppi omogenei,
- si è valutata per i diversi gruppi (omogenei o meno) la numerosità dei campioni da sottoporre a caratterizzazione ai fini della verifica delle condizioni di allontanabilità/riutilizzo,
- si sono presentati i risultati delle misure di pre-caratterizzazione e di caratterizzazione eseguite in spettrometria gamma ad alta risoluzione ed in spettrometria di massa a plasma induttivamente accoppiato (ICP-MS),
- sono riportati in allegato tutti i referti di misura.

Sulla base dei risultati delle suddette misurazioni ed in applicazione delle procedure specificatamente condivise da ISIN, in Tabella 14 vengono riassunti gli esiti dei test di verifica sulla composizione isotopica dell'uranio presente nei diversi gruppi di materiali, la loro omogeneità ed il superamento, o meno, delle condizioni di allontanabilità/riutilizzo senza vincoli radiologici.

**Tabella 36.** Esiti delle verifiche effettuate sui sette gruppi di materiali oggetto del presente documento ai fini del loro allontanamento/riutilizzo

gruppo di materiali	tipologia	composizione uranio	omogeneità	Allontanabilità senza vincoli radiologici
condotta R21	acciaio	naturale	NO	SI
materiale interno alla condotta R21	fanghi industriali	naturale	SI	NO
terreno sottostante la condotta R21	terreno	naturale	SI	SI

A conclusione della caratterizzazione si può dunque affermare che per la “condotta R21” e il terreno ad essa sottostante non sussistono vincoli di tipo radiologico per l'allontanamento/riutilizzo, mentre il materiale ritrovato all'interno della condotta, qui genericamente classificato come “fanghi industriali”, costituisce invece, in ragione del suo contenuto di uranio naturale, un rifiuto radioattivo e come tale dovrà pertanto essere conferito per trattamento, confezionamento e restituzione.

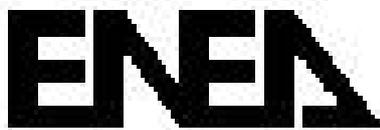
	Istituto di Radioprotezione	IRP-P000-025	Rev. 0	Distrib. L	Pag. 25	di 26
---	-----------------------------	--------------	-----------	---------------	------------	----------

## 9. RIFERIMENTI

1. *Piano di caratterizzazione radiologica della condotta di adduzione dei liquidi di processo dell'Impianto CO.NU - Magnox dall'edificio R21 al serbatoio metallico - Documento IRP-P000-019 del 04/05/2021*
2. *Piano Operativo per la rimozione del tratto di condotta di adduzione al serbatoio ex Magnox sottostante l'edificio R21. RTI 2021 (1) ISER-TRI del 30/05/2021*
3. ISIN – Ispettorato nazionale per la sicurezza nucleare e la radioprotezione – Comunicazione 4918 del 02/08/2022 trasmessa ad 'ENEA con Prot. generale 55314 del 03/08/2022 ed inerente il “Piano operativo e di caratterizzazione per la rimozione per Serbatoio Magnox nell'ENEA Trisaia di Rotondella”
4. *Piano di caratterizzazione radiologica da parti residue in area ENEA dell'impianto CO.NU. Magnox e criteri di allontanamento dei materiali - Fase 2, IRP-P000-015*
5. ISIN – Ispettorato nazionale per la sicurezza nucleare e la radioprotezione – Trasmissione piano di caratterizzazione per rimozione condotta ex impianto Magnox in AREA ENEA, Prot. generale Nr. 02606 del 08/05/2019
6. *Caratterizzazione radiologica delle parti residue in area ENEA dell'impianto CONU-MAGNOX – FASE 1: Esiti delle misure di caratterizzazione della matrice acqua, IRP-P000-012*
7. *Allontanamento dei Materiali da parti residue presenti dell'ex impianto CO.NU. Magnox: Parte prima – Liquidi, IRP-P000-013*
8. *Risultati della caratterizzazione radiologica delle parti residue in area ENEA dell'impianto CONU-MAGNOX e verifica delle condizioni di allontanabilità dei materiali - Fase 2 – Condotta e terreno, IRP-P000-017*
9. ISPRA – Centro Nazionale per la Sicurezza Nucleare e la Radioprotezione - Intervento di rimozione del serbatoio e relativa condotta ex impianto CO.NU. MAGNOX presso il Centro Ricerche ENEA della Trisaia, Prot. generale Nr. 0029087 del 23/04/2018
10. *Determination and Use of Scaling Factors for Waste Characterization in Nuclear Power Plants” IAEA Nuclear Energy Series - Report No. NW-T-1.18, IAEA Vienna 2009, pag. 89.*
11. O. Sima, *Photon attenuation for samples in Marinelli beaker geometry: an analytical computation.* Health Physics, 62(5):445-449, 1992
12. *Nota tecnica relativa alla caratterizzazione radiologica del terreno soprastante la condotta di adduzione dei liquidi di processo dell'Impianto CO.NU. Magnox, IRP-MIR - NT01/2020*
13. *Piano di Caratterizzazione radiologica delle parti residue in area ENEA dell'impianto CO.NU Magnox – Fase 1, Documento IRP-P000-010, revisione 1 del 03/07/2019*

	Istituto di Radioprotezione	IRP-P000-025	<b>Rev.</b> 0	<b>Distrib.</b> L	<b>Pag.</b> 26	<b>di</b> 26
---	-----------------------------	--------------	------------------	----------------------	-------------------	-----------------

## **ALLEGATO: REFERTI DELLE MISURE**



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 9/2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-C-S01/MAGNOX

**Tipologia:** tubazione metallica

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 39,5 g

**Data prelievo:** 28/02/2023

**Descrizione:** Condotta di abduzione da Edificio R21 a serbatoio metallico MAGNOX - sezione S01 - tratto interrato

## MISURE EFFETTUATE

**Tipo di misura:** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

**Esito:** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 < MDC (MDC = 5,7E-02 Bq/g<sub>cam</sub>) (via Th-234 e Pa-234m)

U-235 < MDC (MDC = 7,9E-03 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Tipo di misura:** M33 - Determinazione mediante spettrometria di massa tipo ICP-MS del contenuto di Uranio (U-238 e U-235) in un campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento chimico-fisico

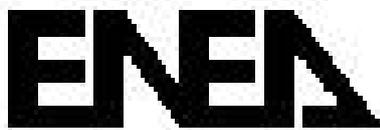
**Esito:** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 = 5,43E-03 Bq/g<sub>cam</sub> (S<sub>k=1</sub> = 4,5%) (MDC = 1,7E-06 Bq/g<sub>cam</sub>)

U-235 = 2,49E-04 Bq/g<sub>cam</sub> (S<sub>k=1</sub> = 7,7%) (MDC = 3,8E-07 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 10/2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-C-S02/MAGNOX

**Tipologia:** tubazione metallica

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 49,5 g

**Data prelievo:** 28/02/2023

**Descrizione:** Condotta di abduzione da Edificio R21 a serbatoio metallico MAGNOX - sezione S02 - tratto interrato

## MISURE EFFETTUATE

**Tipo di misura:** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

**Esito:** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 < MDC (MDC = 4,5E-02 Bq/g<sub>cam</sub>) (via Th-234 e Pa-234m)

U-235 < MDC (MDC = 6,3E-03 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Tipo di misura:** M33 - Determinazione mediante spettrometria di massa tipo ICP-MS del contenuto di Uranio (U-238 e U-235) in un campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento chimico-fisico

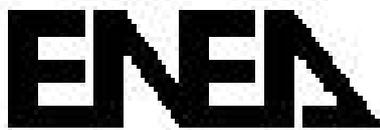
**Esito:** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 = 8,76E-03 Bq/g<sub>cam</sub> (S<sub>k=1</sub> = 4,6%) (MDC = 8,4E-06 Bq/g<sub>cam</sub>)

U-235 = 4,37E-04 Bq/g<sub>cam</sub> (S<sub>k=1</sub> = 6,7%) (MDC = 8,9E-06 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 11/2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-C-S03/MAGNOX

**Tipologia:** tubazione metallica

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 48,7 g

**Data prelievo:** 28/02/2023

**Descrizione:** Condotta di abduzione da Edificio R21 a serbatoio metallico MAGNOX - sezione S03 - tratto interrato

## MISURE EFFETTUATE

**Tipo di misura:** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

**Esito:** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 < MDC (MDC = 4,6E-02 Bq/g<sub>cam</sub>) (via Th-234 e Pa-234m)

U-235 < MDC (MDC = 6,4E-03 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Tipo di misura:** M33 - Determinazione mediante spettrometria di massa tipo ICP-MS del contenuto di Uranio (U-238 e U-235) in un campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento chimico-fisico

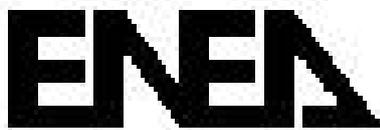
**Esito:** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 = 6,60E-03 Bq/g<sub>cam</sub> (S<sub>k=1</sub> = 4,5%) (MDC = 1,1E-06 Bq/g<sub>cam</sub>)

U-235 = 3,17E-04 Bq/g<sub>cam</sub> (S<sub>k=1</sub> = 9,8%) (MDC = 2,5E-07 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 12/2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-C-S04/MAGNOX

**Tipologia:** tubazione metallica

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 52,5 g

**Data prelievo:** 28/02/2023

**Descrizione:** Condotta di abduzione da Edificio R21 a serbatoio metallico MAGNOX - sezione S04 - tratto interrato

## MISURE EFFETTUATE

**Tipo di misura:** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

**Esito:** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 < MDC (MDC = 4,3E-02 Bq/g<sub>cam</sub>) (via Th-234 e Pa-234m)

U-235 < MDC (MDC = 6,0E-03 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Tipo di misura:** M33 - Determinazione mediante spettrometria di massa tipo ICP-MS del contenuto di Uranio (U-238 e U-235) in un campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento chimico-fisico

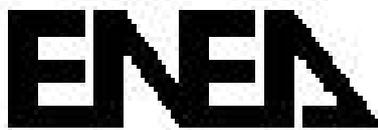
**Esito:** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 = 6,96E-03 Bq/g<sub>cam</sub> (S<sub>k=1</sub> = 5,0%) (MDC = 9,9E-06 Bq/g<sub>cam</sub>)

U-235 = 3,35E-04 Bq/g<sub>cam</sub> (S<sub>k=1</sub> = 7,7%) (MDC = 2,2E-06 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 13/2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-C-S05/MAGNOX

**Tipologia:** tubazione metallica

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 55,1 g

**Data prelievo:** 28/02/2023

**Descrizione:** Condotta di abduzione da Edificio R21 a serbatoio metallico MAGNOX - sezione S05 - tratto interrato

## MISURE EFFETTUATE

**Tipo di misura:** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

**Esito:** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 < MDC (MDC = 4,3E-02 Bq/g<sub>cam</sub>) (via Th-234 e Pa-234m)

U-235 < MDC (MDC = 5,7E-03 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Tipo di misura:** M33 - Determinazione mediante spettrometria di massa tipo ICP-MS del contenuto di Uranio (U-238 e U-235) in un campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento chimico-fisico

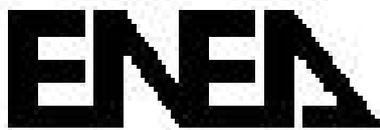
**Esito:** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 = 9,45E-04 Bq/g<sub>cam</sub> (S<sub>k=1</sub> = 9,3%) (MDC = 1,7E-05 Bq/g<sub>cam</sub>)

U-235 = 4,40E-05 Bq/g<sub>cam</sub> (S<sub>k=1</sub> = 11%) (MDC = 3,9E-06 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 14/2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-C-S06/MAGNOX

**Tipologia:** tubazione metallica

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 57,0 g

**Data prelievo:** 28/02/2023

**Descrizione:** Condotta di abduzione da Edificio R21 a serbatoio metallico MAGNOX - sezione S06 - tratto interrato

## MISURE EFFETTUATE

**Tipo di misura:** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

**Esito:** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 < MDC (MDC = 4,1E-02 Bq/g<sub>cam</sub>) (via Th-234 e Pa-234m)

U-235 < MDC (MDC = 5,5E-03 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Tipo di misura:** M33 - Determinazione mediante spettrometria di massa tipo ICP-MS del contenuto di Uranio (U-238 e U-235) in un campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento chimico-fisico

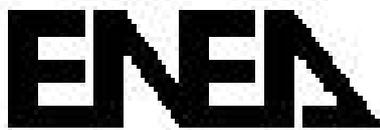
**Esito:** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 = 9,56E-03 Bq/g<sub>cam</sub> (S<sub>k=1</sub> = 4,6%) (MDC = 6,7E-06 Bq/g<sub>cam</sub>)

U-235 = 4,58E-04 Bq/g<sub>cam</sub> (S<sub>k=1</sub> = 8,3%) (MDC = 1,5E-06 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 15/2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-C-S07/MAGNOX

**Tipologia:** tubazione metallica

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 55,8 g

**Data prelievo:** 28/02/2023

**Descrizione:** Condotta di abduzione da Edificio R21 a serbatoio metallico MAGNOX - sezione S07 - tratto interrato

## MISURE EFFETTUATE

**Tipo di misura:** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

**Esito:** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 < MDC (MDC = 4,0E-02 Bq/g<sub>cam</sub>) (via Th-234 e Pa-234m)

U-235 < MDC (MDC = 5,6E-03 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Tipo di misura:** M33 - Determinazione mediante spettrometria di massa tipo ICP-MS del contenuto di Uranio (U-238 e U-235) in un campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento chimico-fisico

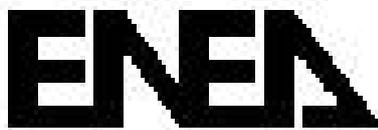
**Esito:** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 = 1,54E-04 Bq/g<sub>cam</sub> (S<sub>k=1</sub> = 8,8%) (MDC = 1,1E-05 Bq/g<sub>cam</sub>)

U-235 = 7,21E-06 Bq/g<sub>cam</sub> (S<sub>k=1</sub> = 18%) (MDC = 1,9E-06 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 16/2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-C-S08/MAGNOX

**Tipologia:** tubazione metallica

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 57,1 g

**Data prelievo:** 28/02/2023

**Descrizione:** Condotta di abduzione da Edificio R21 a serbatoio metallico MAGNOX - sezione S08 - tratto interrato

## MISURE EFFETTUATE

**Tipo di misura:** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

**Esito:** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 < MDC (MDC = 4,0E-02 Bq/g<sub>cam</sub>) (via Th-234 e Pa-234m)

U-235 < MDC (MDC = 5,5E-03 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Tipo di misura:** M33 - Determinazione mediante spettrometria di massa tipo ICP-MS del contenuto di Uranio (U-238 e U-235) in un campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento chimico-fisico

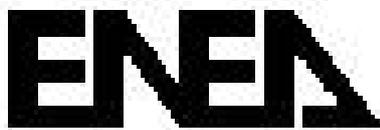
**Esito:** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 = 6,98E-04 Bq/g<sub>cam</sub> (S<sub>k=1</sub> = 8,1%) (MDC = 3,2E-05 Bq/g<sub>cam</sub>)

U-235 = 2,97E-05 Bq/g<sub>cam</sub> (S<sub>k=1</sub> = 11%) (MDC = 7,2E-06 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 17/2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-C-S09/MAGNOX

**Tipologia:** tubazione metallica

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 61,5 g

**Data prelievo:** 28/02/2023

**Descrizione:** Condotta di abduzione da Edificio R21 a serbatoio metallico MAGNOX - sezione S09 - tratto interrato

## MISURE EFFETTUATE

**Tipo di misura:** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

**Esito:** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 < MDC (MDC = 3,9E-02 Bq/g<sub>cam</sub>) (via Th-234 e Pa-234m)

U-235 < MDC (MDC = 5,1E-03 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Tipo di misura:** M33 - Determinazione mediante spettrometria di massa tipo ICP-MS del contenuto di Uranio (U-238 e U-235) in un campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento chimico-fisico

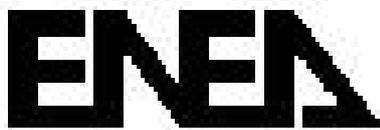
**Esito:** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 = 1,00E-03 Bq/g<sub>cam</sub> (S<sub>k=1</sub> = 7,1%) (MDC = 5,0E-06 Bq/g<sub>cam</sub>)

U-235 = 5,41E-05 Bq/g<sub>cam</sub> (S<sub>k=1</sub> = 13%) (MDC = 5,6E-06 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 18/2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-C-S10/MAGNOX

**Tipologia:** tubazione metallica

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 42,1 g

**Data prelievo:** 28/02/2023

**Descrizione:** Condotta di abduzione da Edificio R21 a serbatoio metallico MAGNOX - sezione S10 - tratto interrato

## MISURE EFFETTUATE

**Tipo di misura:** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

**Esito:** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 < MDC (MDC = 5,3E-02 Bq/g<sub>cam</sub>) (via Th-234 e Pa-234m)

U-235 < MDC (MDC = 7,4E-03 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Tipo di misura:** M33 - Determinazione mediante spettrometria di massa tipo ICP-MS del contenuto di Uranio (U-238 e U-235) in un campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento chimico-fisico

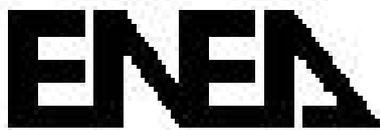
**Esito:** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 = 1,50E-03 Bq/g<sub>cam</sub> (S<sub>k=1</sub> = 6,5%) (MDC = 5,0E-06 Bq/g<sub>cam</sub>)

U-235 = 6,87E-05 Bq/g<sub>cam</sub> (S<sub>k=1</sub> = 7,1%) (MDC = 5,4E-06 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 19/2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-C-S11/MAGNOX

**Tipologia:** tubazione metallica

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 62,5 g

**Data prelievo:** 28/02/2023

**Descrizione:** Condotta di abduzione da Edificio R21 a serbatoio metallico MAGNOX - sezione S11 - tratto libero interno vano - ramo destro

## MISURE EFFETTUATE

**Tipo di misura:** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

**Esito:** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 < MDC (MDC = 3,6E-02 Bq/g<sub>cam</sub>) (via Th-234 e Pa-234m)

U-235 < MDC (MDC = 5,0E-03 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Tipo di misura:** M33 - Determinazione mediante spettrometria di massa tipo ICP-MS del contenuto di Uranio (U-238 e U-235) in un campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento chimico-fisico

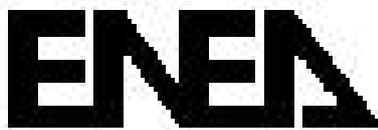
**Esito:** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 = 8,27E-03 Bq/g<sub>cam</sub> (S<sub>k=1</sub> = 4,8%) (MDC = 4,4E-06 Bq/g<sub>cam</sub>)

U-235 = 3,76E-04 Bq/g<sub>cam</sub> (S<sub>k=1</sub> = 7,9%) (MDC = 9,8E-07 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 20/2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-C-S12/MAGNOX

**Tipologia:** tubazione metallica

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 52,4 g

**Data prelievo:** 28/02/2023

**Descrizione:** Condotta di abduzione da Edificio R21 a serbatoio metallico MAGNOX - sezione S12 - tratto libero interno vano - ramo destro

## MISURE EFFETTUATE

**Tipo di misura:** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

**Esito:** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 < MDC (MDC = 4,3E-02 Bq/g<sub>cam</sub>) (via Th-234 e Pa-234m)

U-235 < MDC (MDC = 6,0E-03 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Tipo di misura:** M33 - Determinazione mediante spettrometria di massa tipo ICP-MS del contenuto di Uranio (U-238 e U-235) in un campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento chimico-fisico

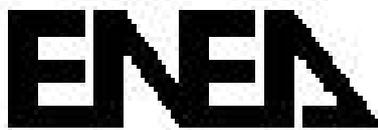
**Esito:** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 = 5,08E-03 Bq/g<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 5,9\%$ ) (MDC = 4,1E-06 Bq/g<sub>cam</sub>)

U-235 = 2,59E-04 Bq/g<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 7,6\%$ ) (MDC = 4,7E-06 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 21/2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-C-S13/MAGNOX

**Tipologia:** tubazione metallica

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 51,7 g

**Data prelievo:** 28/02/2023

**Descrizione:** Condotta di abduzione da Edificio R21 a serbatoio metallico MAGNOX - sezione S13 - tratto libero interno vano - ramo destro

## MISURE EFFETTUATE

**Tipo di misura:** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

**Esito:** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 < MDC (MDC = 4,4E-02 Bq/g<sub>cam</sub>) (via Th-234 e Pa-234m)

U-235 < MDC (MDC = 6,0E-03 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Tipo di misura:** M33 - Determinazione mediante spettrometria di massa tipo ICP-MS del contenuto di Uranio (U-238 e U-235) in un campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento chimico-fisico

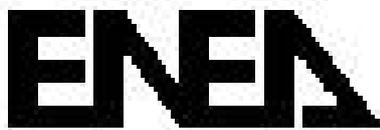
**Esito:** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 = 1,09E-02 Bq/g<sub>cam</sub> (S<sub>k=1</sub> = 5,1%) (MDC = 4,0E-06 Bq/g<sub>cam</sub>)

U-235 = 5,34E-04 Bq/g<sub>cam</sub> (S<sub>k=1</sub> = 8,7%) (MDC = 5,5E-06 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 22/2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-C-S14/MAGNOX

**Tipologia:** tubazione metallica

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 46,8 g

**Data prelievo:** 28/02/2023

**Descrizione:** Condotta di abduzione da Edificio R21 a serbatoio metallico MAGNOX - sezione S14 - tratto libero interno vano - ramo destro

## MISURE EFFETTUATE

**Tipo di misura:** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

**Esito:** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 < MDC (MDC = 4,8E-02 Bq/g<sub>cam</sub>) (via Th-234 e Pa-234m)

U-235 < MDC (MDC = 6,7E-03 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Tipo di misura:** M33 - Determinazione mediante spettrometria di massa tipo ICP-MS del contenuto di Uranio (U-238 e U-235) in un campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento chimico-fisico

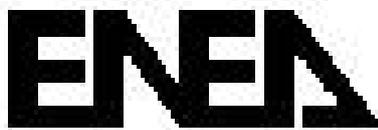
**Esito:** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 = 7,40E-03 Bq/g<sub>cam</sub> (S<sub>k=1</sub> = 6,5%) (MDC = 6,5E-06 Bq/g<sub>cam</sub>)

U-235 = 3,46E-04 Bq/g<sub>cam</sub> (S<sub>k=1</sub> = 7,0%) (MDC = 6,9E-06 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 23/2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-C-S15/MAGNOX

**Tipologia:** tubazione metallica

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 57,6 g

**Data prelievo:** 28/02/2023

**Descrizione:** Condotta di abduzione da Edificio R21 a serbatoio metallico MAGNOX - sezione S15 - tratto libero interno vano - ramo sinistro

## MISURE EFFETTUATE

**Tipo di misura:** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

**Esito:** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 < MDC (MDC = 3,9E-02 Bq/g<sub>cam</sub>) (via Th-234 e Pa-234m)

U-235 < MDC (MDC = 5,4E-03 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Tipo di misura:** M33 - Determinazione mediante spettrometria di massa tipo ICP-MS del contenuto di Uranio (U-238 e U-235) in un campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento chimico-fisico

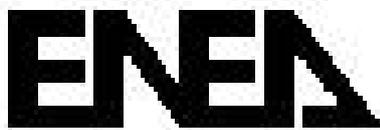
**Esito:** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 = 5,26E-03 Bq/g<sub>cam</sub> (S<sub>k=1</sub> = 6,2%) (MDC = 7,5E-06 Bq/g<sub>cam</sub>)

U-235 = 2,47E-04 Bq/g<sub>cam</sub> (S<sub>k=1</sub> = 7,9%) (MDC = 7,7E-06 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 24/2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-C-S16/MAGNOX

**Tipologia:** tubazione metallica

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 44,4 g

**Data prelievo:** 28/02/2023

**Descrizione:** Condotta di abduzione da Edificio R21 a serbatoio metallico MAGNOX - sezione S16 - tratto libero interno vano - ramo sinistro

## MISURE EFFETTUATE

**Tipo di misura:** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

**Esito:** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 < MDC (MDC = 5,2E-02 Bq/g<sub>cam</sub>) (via Th-234 e Pa-234m)

U-235 < MDC (MDC = 7,0E-03 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Tipo di misura:** M33 - Determinazione mediante spettrometria di massa tipo ICP-MS del contenuto di Uranio (U-238 e U-235) in un campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento chimico-fisico

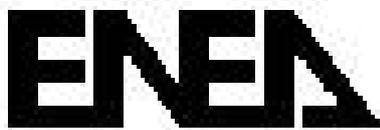
**Esito:** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 = 2,77E-03 Bq/g<sub>cam</sub> (S<sub>k=1</sub> = 5,5%) (MDC = 3,8E-06 Bq/g<sub>cam</sub>)

U-235 = 1,28E-04 Bq/g<sub>cam</sub> (S<sub>k=1</sub> = 11%) (MDC = 4,1E-06 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 25/2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-C-S17/MAGNOX

**Tipologia:** tubazione metallica

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 51,8 g

**Data prelievo:** 28/02/2023

**Descrizione:** Condotta di abduzione da Edificio R21 a serbatoio metallico MAGNOX - sezione S17 - tratto libero interno vano - ramo sinistro

## MISURE EFFETTUATE

**Tipo di misura:** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

**Esito:** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 < MDC (MDC = 4,3E-02 Bq/g<sub>cam</sub>) (via Th-234 e Pa-234m)

U-235 < MDC (MDC = 6,0E-03 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Tipo di misura:** M33 - Determinazione mediante spettrometria di massa tipo ICP-MS del contenuto di Uranio (U-238 e U-235) in un campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento chimico-fisico

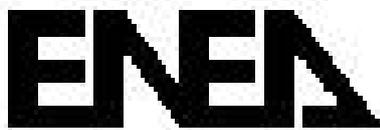
**Esito:** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 = 3,68E-04 Bq/g<sub>cam</sub> (S<sub>k=1</sub> = 7,9%) (MDC = 3,2E-06 Bq/g<sub>cam</sub>)

U-235 = 1,71E-05 Bq/g<sub>cam</sub> (S<sub>k=1</sub> = 20%) (MDC = 3,6E-06 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 26/2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-C-S18/MAGNOX

**Tipologia:** tubazione metallica

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 56,4 g

**Data prelievo:** 28/02/2023

**Descrizione:** Condotta di abduzione da Edificio R21 a serbatoio metallico MAGNOX - sezione S18 - tratto libero interno vano - ramo sinistro

## MISURE EFFETTUATE

**Tipo di misura:** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

**Esito:** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 < MDC (MDC = 4,1E-02 Bq/g<sub>cam</sub>) (via Th-234 e Pa-234m)

U-235 < MDC (MDC = 5,5E-03 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Tipo di misura:** M33 - Determinazione mediante spettrometria di massa tipo ICP-MS del contenuto di Uranio (U-238 e U-235) in un campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento chimico-fisico

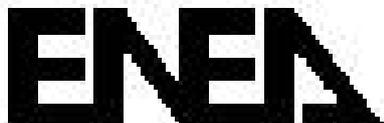
**Esito:** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 = 5,61E-03 Bq/g<sub>cam</sub> (S<sub>k=1</sub> = 6,4%) (MDC = 7,5E-06 Bq/g<sub>cam</sub>)

U-235 = 2,69E-04 Bq/g<sub>cam</sub> (S<sub>k=1</sub> = 8,2%) (MDC = 8,3E-06 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 27/ 2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-F-S01/MAGNOX

**Tipologia:** fanghi

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 433 g<sub>secco</sub>

**Data di consegna:** 28/02/2023

**Descrizione:** Materiale interno condotta R21 - sezione S01 - tratto interrato

## MISURA EFFETTUATA

**Tipo di misura** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

**Esito** Attività (riferita alla data di prelievo):

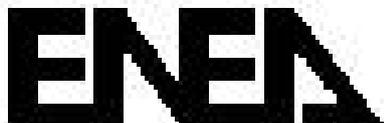
U-238 = 2,57E+00 Bq/g<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 4,4\%$ ) (MDC = 3,3E-02 Bq/g<sub>cam</sub>)

(via Th-234 e Pa-234m)

U-235 = 1,21E-01 Bq/g<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 9,1\%$ ) (MDC = 5,0E-03 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 28/ 2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-F-S02/MAGNOX

**Tipologia:** fanghi

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 342 g<sub>secco</sub>

**Data di consegna:** 28/02/2023

**Descrizione:** Materiale interno condotta R21 - sezione S02- tratto interrato

## MISURA EFFETTUATA

**Tipo di misura** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

**Esito** Attività (riferita alla data di prelievo):

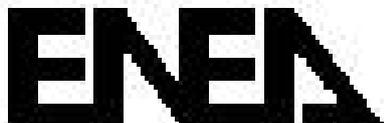
U-238 = 1,82E+00 Bq/g<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 4,5\%$ ) (MDC = 3,5E-02 Bq/g<sub>cam</sub>)

(via Th-234 e Pa-234m)

U-235 = 8,86E-02 Bq/g<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 3,4\%$ ) (MDC = 5,2E-03 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 29/ 2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-F-S03/MAGNOX

**Tipologia:** fanghi

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 292 g<sub>secco</sub>

**Data di consegna:** 28/02/2023

**Descrizione:** Materiale interno condotta R21 - sezione S03- tratto interrato

## MISURA EFFETTUATA

**Tipo di misura** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

**Esito** Attività (riferita alla data di prelievo):

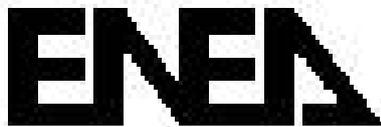
U-238 = 1,88E+00 Bq/g<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 4,3\%$ ) (MDC = 3,6E-02 Bq/g<sub>cam</sub>)

(via Th-234 e Pa-234m)

U-235 = 9,09E-02 Bq/g<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 3,4\%$ ) (MDC = 5,4E-03 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)  
ENEA CR Casaccia  
Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)  
Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 30/ 2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-F-S04/MAGNOX

**Tipologia:** fanghi

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 296 g<sub>secco</sub>

**Data di consegna:** 28/02/2023

**Descrizione:** Materiale interno condotta R21 - sezione S04 - tratto interrato

## MISURA EFFETTUATA

**Tipo di misura** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

**Esito** Attività (riferita alla data di prelievo):

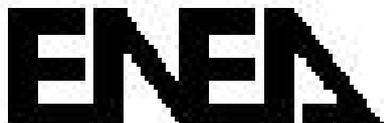
U-238 = 2,03E+00 Bq/g<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 4,5\%$ ) (MDC = 3,6E-02 Bq/g<sub>cam</sub>)

(via Th-234 e Pa-234m)

U-235 = 1,00E-01 Bq/g<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 3,5\%$ ) (MDC = 5,4E-03 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 31/ 2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-F-S05/MAGNOX

**Tipologia:** fanghi

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 305 g<sub>secco</sub>

**Data di consegna:** 28/02/2023

**Descrizione:** Materiale interno condotta R21 - sezione S05- tratto interrato

## MISURA EFFETTUATA

**Tipo di misura** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

**Esito** Attività (riferita alla data di prelievo):

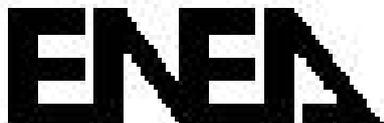
U-238 = 1,50E+00 Bq/g<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 4,7\%$ ) (MDC = 3,5E-02 Bq/g<sub>cam</sub>)

(via Th-234 e Pa-234m)

U-235 = 7,03E-02 Bq/g<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 3,7\%$ ) (MDC = 5,3E-03 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 32/ 2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-F-S10/MAGNOX

**Tipologia:** fanghi

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 143 g<sub>secco</sub>

**Data di consegna:** 28/02/2023

**Descrizione:** Materiale interno condotta R21 - sezione S10- tratto interrato

## MISURA EFFETTUATA

**Tipo di misura** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

**Esito** Attività (riferita alla data di prelievo):

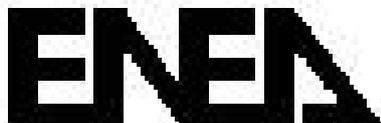
U-238 = 1,33E+00 Bq/g<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 4,9\%$ ) (MDC = 4,0E-02 Bq/g<sub>cam</sub>)

(via Th-234 e Pa-234m)

U-235 = 6,34E-02 Bq/g<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 4,9\%$ ) (MDC = 5,7E-03 Bq/g<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 33/ 2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-T-T01/MAGNOX

**Tipologia:** terreno

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 2 L

**Data di consegna:** 06/03/2023

**Descrizione:** Terreno sottostante la condotta R21 (primi 9 metri) - sezione T01

## MISURA EFFETTUATA

**Tipo di misura** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

**Esito** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 =  $2,04E+01$  Bq/kg<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 12\%$ )

(MDC =  $6,0E+00$  Bq/kg<sub>cam</sub>)

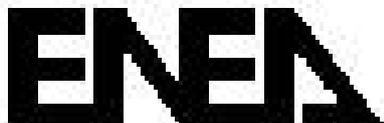
(via Th-234 e Pa-234m)

U-235 =  $8,96E-01$  Bq/kg<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 18\%$ )

(MDC =  $1,7E-01$  Bq/kg<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 34/ 2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-T-T02/MAGNOX

**Tipologia:** terreno

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 2 L

**Data di consegna:** 06/03/2023

**Descrizione:** Terreno sottostante la condotta R21 (primi 9 metri) - sezione T02

## MISURA EFFETTUATA

**Tipo di misura** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

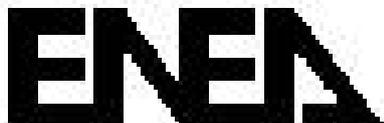
**Esito** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 =  $1,52E+01$  Bq/kg<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 13\%$ ) (MDC =  $6,1E+00$  Bq/kg<sub>cam</sub>) (via Th-234 e Pa-234m)

U-235 =  $7,11E-01$  Bq/kg<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 21\%$ ) (MDC =  $1,9E-01$  Bq/kg<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 35/ 2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-T-T03/MAGNOX

**Tipologia:** terreno

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 2 L

**Data di consegna:** 06/03/2023

**Descrizione:** Terreno sottostante la condotta R21 (primi 9 metri) - sezione T03

## MISURA EFFETTUATA

**Tipo di misura** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

**Esito** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 = 2,18E+01 Bq/kg<sub>cam</sub> ( $S_{k=1}$  = 11%)

(MDC = 6,3E+00 Bq/kg<sub>cam</sub>)

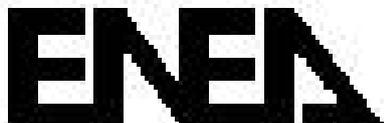
(via Th-234 e Pa-234m)

U-235 = 9,74E-01 Bq/kg<sub>cam</sub> ( $S_{k=1}$  = 17%)

(MDC = 2,0E-01 Bq/kg<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 36/ 2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-T-T04/MAGNOX

**Tipologia:** terreno

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 2 L

**Data di consegna:** 06/03/2023

**Descrizione:** Terreno sottostante la condotta R21 (primi 9 metri) - sezione T04

## MISURA EFFETTUATA

**Tipo di misura** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

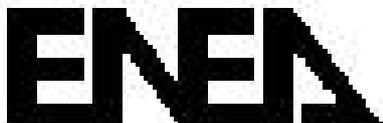
**Esito** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 =  $1,37E+01$  Bq/kg<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 19\%$ ) (MDC =  $6,4E+00$  Bq/kg<sub>cam</sub>) (via Th-234 e Pa-234m)

U-235 =  $6,82E-01$  Bq/kg<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 25\%$ ) (MDC =  $2,2E-01$  Bq/kg<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 37/ 2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-T-T05/MAGNOX

**Tipologia:** terreno

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 2 L

**Data di consegna:** 06/03/2023

**Descrizione:** Terreno sottostante la condotta R21 (primi 9 metri) - sezione T05

## MISURA EFFETTUATA

**Tipo di misura** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

**Esito** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 =  $1,68E+01$  Bq/kg<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 18\%$ )

(MDC =  $6,4E+00$  Bq/kg<sub>cam</sub>)

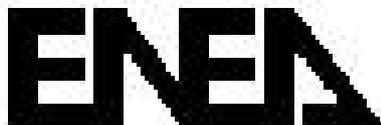
(via Th-234 e Pa-234m)

U-235 =  $8,20E-01$  Bq/kg<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 21\%$ )

(MDC =  $2,0E-01$  Bq/kg<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 38/ 2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-T-T06/MAGNOX

**Tipologia:** terreno

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 2 L

**Data di consegna:** 06/03/2023

**Descrizione:** Terreno sottostante la condotta R21 (primi 9 metri) - sezione T06

## MISURA EFFETTUATA

**Tipo di misura** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

**Esito** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 =  $1,79E+01$  Bq/kg<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 15\%$ )

(MDC =  $5,9E+00$  Bq/kg<sub>cam</sub>)

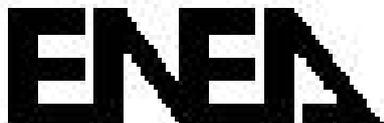
(via Th-234 e Pa-234m)

U-235 =  $8,08E-01$  Bq/kg<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 17\%$ )

(MDC =  $1,8E-01$  Bq/kg<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)  
ENEA CR Casaccia  
Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)  
Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 39/ 2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-T-T07/MAGNOX

**Tipologia:** terreno

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 2 L

**Data di consegna:** 06/03/2023

**Descrizione:** Terreno sottostante la condotta R21 (primi 9 metri) - sezione T07

## MISURA EFFETTUATA

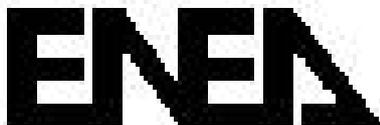
**Tipo di misura** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

**Esito** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 = 1,33E+01 Bq/kg <sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 14\%$ )	(MDC = 6,5E+00 Bq/kg <sub>cam</sub> )	(via Th-234 e Pa-234m)
U-235 = 6,05E-01 Bq/kg <sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 20\%$ )	(MDC = 2,4E-01 Bq/kg <sub>cam</sub> )	

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)  
ENEA CR Casaccia  
Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)  
Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 40/ 2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-T-T08/MAGNOX

**Tipologia:** terreno

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 2 L

**Data di consegna:** 06/03/2023

**Descrizione:** Terreno sottostante la condotta R21 (primi 9 metri) - sezione T08

## MISURA EFFETTUATA

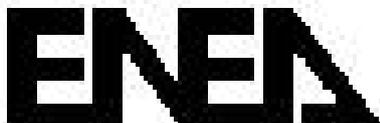
**Tipo di misura** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

**Esito** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 =  $1,66E+01$  Bq/kg<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 16\%$ ) (MDC =  $6,3E+00$  Bq/kg<sub>cam</sub>) (via Th-234 e Pa-234m)  
U-235 =  $7,41E-01$  Bq/kg<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 18\%$ ) (MDC =  $2,2E-01$  Bq/kg<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)  
ENEA CR Casaccia  
Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)  
Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 41/ 2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-T-T09/MAGNOX

**Tipologia:** terreno

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 2 L

**Data di consegna:** 06/03/2023

**Descrizione:** Terreno sottostante la condotta R21 (primi 9 metri) - sezione T09

## MISURA EFFETTUATA

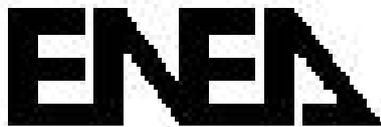
**Tipo di misura** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

**Esito** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 = 1,52E+01 Bq/kg <sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 12\%$ )	(MDC = 6,2E+00 Bq/kg <sub>cam</sub> )	(via Th-234 e Pa-234m)
U-235 = 7,18E-01 Bq/kg <sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 21\%$ )	(MDC = 1,9E-01 Bq/kg <sub>cam</sub> )	

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)  
ENEA CR Casaccia  
Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)  
Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 42/ 2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-T-T10/MAGNOX

**Tipologia:** terreno

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 2 L

**Data di consegna:** 06/03/2023

**Descrizione:** Terreno sottostante la condotta R21 (primi 9 metri) - sezione T10

## MISURA EFFETTUATA

**Tipo di misura** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

**Esito** Attività (riferita alla data di prelievo):

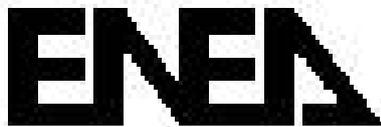
U-238 =  $2,33E+01$  Bq/kg<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 12\%$ ) (MDC =  $6,4E+00$  Bq/kg<sub>cam</sub>)

(via Th-234 e Pa-234m)

U-235 =  $1,16E+00$  Bq/kg<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 15\%$ ) (MDC =  $1,8E-01$  Bq/kg<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)  
ENEA CR Casaccia  
Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)  
Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 43/ 2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-T-T11/MAGNOX

**Tipologia:** terreno

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 2 L

**Data di consegna:** 06/03/2023

**Descrizione:** Terreno sottostante la condotta R21 (primi 9 metri) - sezione T11

## MISURA EFFETTUATA

**Tipo di misura** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

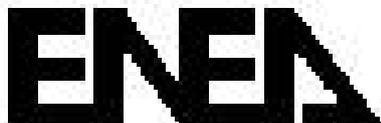
**Esito** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 = 2,06E+01 Bq/kg<sub>cam</sub> ( $S_{k=1}$  = 13%) (MDC = 5,8E+00 Bq/kg<sub>cam</sub>) (via Th-234 e Pa-234m)

U-235 = 1,07E+00 Bq/kg<sub>cam</sub> ( $S_{k=1}$  = 16%) (MDC = 1,7E-01 Bq/kg<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 44/ 2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-T-T12/MAGNOX

**Tipologia:** terreno

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 2 L

**Data di consegna:** 06/03/2023

**Descrizione:** Terreno sottostante la condotta R21 (primi 9 metri) - sezione T12

## MISURA EFFETTUATA

**Tipo di misura** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

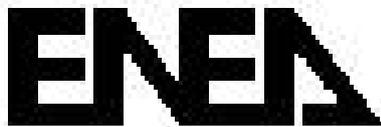
**Esito** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 =  $1,59E+01$  Bq/kg<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 15\%$ ) (MDC =  $6,3E+00$  Bq/kg<sub>cam</sub>) (via Th-234 e Pa-234m)

U-235 =  $7,00E-01$  Bq/kg<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 20\%$ ) (MDC =  $2,0E-01$  Bq/kg<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 45/ 2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-T-T14/MAGNOX

**Tipologia:** terreno

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 2 L

**Data di consegna:** 06/03/2023

**Descrizione:** Terreno sottostante la condotta R21 (primi 9 metri) - sezione T14

## MISURA EFFETTUATA

**Tipo di misura** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

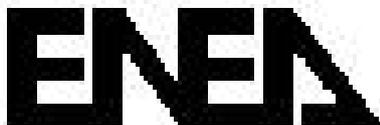
**Esito** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 =  $2,09E+01$  Bq/kg<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 13\%$ ) (MDC =  $6,0E+00$  Bq/kg<sub>cam</sub>) (via Th-234 e Pa-234m)

U-235 =  $1,02E+00$  Bq/kg<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 17\%$ ) (MDC =  $1,9E-01$  Bq/kg<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 46/ 2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-T-T15/MAGNOX

**Tipologia:** terreno

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 2 L

**Data di consegna:** 06/03/2023

**Descrizione:** Terreno sottostante la condotta R21 (primi 9 metri) - sezione T15

## MISURA EFFETTUATA

**Tipo di misura** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

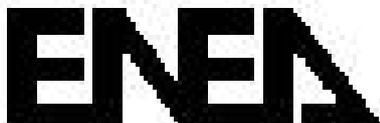
**Esito** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 = 1,72E+01 Bq/kg<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 16\%$ ) (MDC = 6,6E+00 Bq/kg<sub>cam</sub>) (via Th-234 e Pa-234m)

U-235 = 8,80E-01 Bq/kg<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 18\%$ ) (MDC = 2,3E-01 Bq/kg<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 47/ 2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-T-T16/MAGNOX

**Tipologia:** terreno

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 2 L

**Data di consegna:** 06/03/2023

**Descrizione:** Terreno sottostante la condotta R21 (primi 9 metri) - sezione T16

## MISURA EFFETTUATA

**Tipo di misura** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

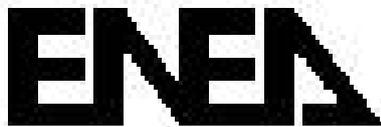
**Esito** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 =  $1,63E+01$  Bq/kg<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 17\%$ ) (MDC =  $5,8E+00$  Bq/kg<sub>cam</sub>) (via Th-234 e Pa-234m)

U-235 =  $8,50E-01$  Bq/kg<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 16\%$ ) (MDC =  $1,6E-01$  Bq/kg<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)  
ENEA CR Casaccia  
Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)  
Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 48/ 2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-T-T17/MAGNOX

**Tipologia:** terreno

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 2 L

**Data di consegna:** 06/03/2023

**Descrizione:** Terreno sottostante la condotta R21 (primi 9 metri) - sezione T17

## MISURA EFFETTUATA

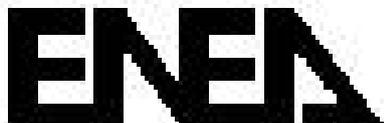
**Tipo di misura** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

**Esito** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 =  $2,91E+01$  Bq/kg<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 10\%$ ) (MDC =  $6,4E+00$  Bq/kg<sub>cam</sub>) (via Th-234 e Pa-234m)  
U-235 =  $1,42E+00$  Bq/kg<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 13\%$ ) (MDC =  $2,1E-01$  Bq/kg<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti



*Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile*

**Istituto di Radioprotezione**

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

**Referto n°:** 49/ 2023/MAGNOX

**Emesso il:** 11-09-2023

## CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

**Codifica ENEA IRP:** CR21-T-T18/MAGNOX

**Tipologia:** terreno

**Utente:** ENEA

**Forma chimico/fisica:** solida

**Quantità:** 2 L

**Data di consegna:** 06/03/2023

**Descrizione:** Terreno sottostante la condotta R21 (primi 9 metri) - sezione T18

## MISURA EFFETTUATA

**Tipo di misura** M18 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico complesso

**Esito** Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 = 2,90E+01 Bq/kg<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 10\%$ ) (MDC = 6,1E+00 Bq/kg<sub>cam</sub>) (via Th-234 e Pa-234m)

U-235 = 1,37E+00 Bq/kg<sub>cam</sub> ( $S_{k=1} = 12\%$ ) (MDC = 2,0E-01 Bq/kg<sub>cam</sub>)

**Il Responsabile IRP MIR**

P. Battisti