

RISULTATI E FINALITÀ DELLA CARATTERIZZAZIONE RADIOLOGICA DI MATERIALI DERIVANTI DA ATTIVITÀ DI CANTIERE CONDOTTE ALL'INTERNO DI UN SITO NUCLEARE

1. INTRODUZIONE

Scopo del lavoro è illustrare l'approccio che è stato adottato ai fini della caratterizzazione radiologica preliminare e dell'indagine di dettaglio di un'area ubicata all'interno della zona controllata del Sito Itrec di Rotondella, interessata da opere provvisorie per la realizzazione dell'Edificio di Processo dell'Impianto ICPF.

Le attività di caratterizzazione sono state condotte con riferimento alle principali norme ISO sulla radioattività ambientale (UNI ISO 18589: 2007) e sulla bonifica di siti contaminati (ISO 18557: 2017).

2. IMPIANTO ICPF

L'Impianto di Cementazione del Prodotto Finito (ICPF) è stato progettato per il condizionamento dei rifiuti liquidi radioattivi, attualmente stoccati presso l'Impianto ITREC, mediante processo di neutralizzazione e solidificazione con inglobamento della corrente radioattiva in matrice cementizia. L'impianto si compone di un Edificio in cui sarà eseguito il processo di condizionamento dei rifiuti liquidi radioattivi e di un Edificio dedicato allo stoccaggio temporaneo dei manufatti cementizi, nonché dei cask per lo stoccaggio a secco del combustibile ancora presente presso il Sito.

3. PIANO DI CARATTERIZZAZIONE INIZIALE

Sono state prelevate carote di terreno e campioni di cemento sia lungo il perimetro esterno sia nell'area interna, suddividendo quest'ultima in maglie.

Figura 1 - Ubicazione dei punti di campionamento – caratterizzazione iniziale

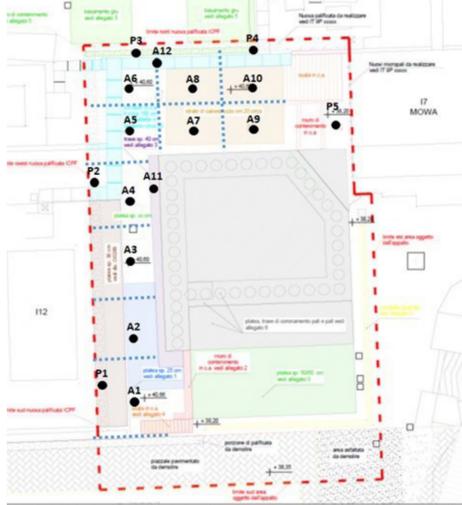


Tabella 1 - Piano di caratterizzazione radiologica iniziale

PUNTO DI CAMPIONAMENTO	N. DI CAMPIONI	TERRENO			CEMENTO		
		ALFA E BETA TOTALE	SPETTROMETRIA GAMMA	ANALISI ⁹⁰ Sr	ALFA E BETA TOTALE	SPETTROMETRIA GAMMA	ANALISI ⁹⁰ Sr
P1	1 ^o (0 - 0,5m) 2 ^o (-2,0 - -3,0m) 3 ^o (-5,0 - -7,0m)	3	3	-	1	1	-
P2	1 ^o (0 - 0,5m) 2 ^o (-2,0 - -3,0m) 3 ^o (-5,0 - -7,0m)	3	3	-	-	-	-
P3	1 ^o (0 - 0,5m) 2 ^o (-2,0 - -3,0m) 3 ^o (-5,0 - -7,0m)	3	3	3	1	1	1
P4	1 ^o (0 - 0,5m) 2 ^o (-2,0 - -3,0m) 3 ^o (-5,0 - -7,0m)	3	3	3	-	-	-
P5	1 ^o (0 - 0,5m) 2 ^o (-2,0 - -3,0m) 3 ^o (-5,0 - -7,0m)	3	3	-	-	-	-
A2	1 ^o (0 - 0,5m) 2 ^o (-1,0 - -2,0m) 3 ^o (-3,0 - -4,0m)	3	3	-	1	1	-
A1	1 ^o (0 - 0,5m) 2 ^o (-1,0 - -2,0m) 3 ^o (-3,0 - -4,0m)	3	3	-	-	-	-
A3	1 ^o (0 - 0,5m) 2 ^o (-1,0 - -2,0m) 3 ^o (-3,0 - -4,0m)	3	3	-	-	-	-
A4	1 ^o (0 - 0,5m) 2 ^o (-1,0 - -2,0m) 3 ^o (-3,0 - -4,0m)	3	3	-	-	-	-
A5	1 ^o (0 - 0,5m) 2 ^o (-1,0 - -2,0m) 3 ^o (-3,0 - -4,0m)	3	3	-	-	-	-
A6	1 ^o (0 - 0,5m) 2 ^o (-1,0 - -2,0m) 3 ^o (-3,0 - -4,0m)	3	3	-	-	-	-
A7	1 ^o (0 - 0,5m) 2 ^o (-1,0 - -2,0m) 3 ^o (-3,0 - -4,0m)	3	3	-	-	-	-
A8	1 ^o (0 - 0,5m) 2 ^o (-1,0 - -2,0m) 3 ^o (-3,0 - -4,0m)	3	3	3	-	-	-
A9	1 ^o (0 - 0,5m) 2 ^o (-1,0 - -2,0m) 3 ^o (-3,0 - -4,0m)	3	3	-	-	-	-
A10	1 ^o (0 - 0,5m) 2 ^o (-1,0 - -2,0m) 3 ^o (-3,0 - -4,0m)	3	3	3	1	1	1
A11	1 ^o (0 - 0,5m)	-	-	-	1	1	-
A12	1 ^o (0 - 0,5m)	-	-	-	1	1	-

ESITI DELLA CARATTERIZZAZIONE INIZIALE

Sono state rilevate concentrazioni anomale di ¹³⁷Cs e ⁹⁰Sr sia nello strato superficiale che in quello profondo del terreno, tali da richiedere un'indagine di approfondimento. La contaminazione riscontrata risulta essenzialmente circoscritta nell'area individuata dai punti A6, A7, A8, A9, A10, P3, P4 e P5.

Tabella 2 - Principali risultati della caratterizzazione iniziale - TERRENO

ID CAMPIONE	BETA TOTALE [Bq/Kg]	40K [Bq/Kg]	¹³⁷ Cs [Bq/Kg]		⁹⁰ Sr [Bq/Kg]
			Valore	MDC	
TERRENO A2 da 1 a 2 m	6,45E+02	5,49E+02	≤ 2,94E-01	-	-
TERRENO A3 da 1 a 2 m	5,20E+02	3,12E+02	5,48E-01	-	-
TERRENO A4 da 1 a 2 m	4,75E+02	3,65E+02	2,65E+00	-	-
TERRENO A6 da 0 a 0,50 m	4,07E+02	3,50E+02	6,95E+00	-	-
TERRENO A6 da 1 a 2 m	3,29E+02	2,73E+02	1,22E+00	-	-
TERRENO A6 da 3 a 4 m	7,72E+01	1,07E+02	≤ 9,95E-02	-	-
TERRENO A7 da 0 a 0,50 m	4,80E+02	3,55E+02	5,63E+00	-	-
TERRENO A7 da 1 a 2 m	4,89E+02	4,45E+02	≤ 1,70E-01	-	-
TERRENO A7 da 3 a 4 m	7,16E+01	1,08E+02	≤ 8,97E-02	-	-
TERRENO A8 da 0,25 a 0,50 m	3,92E+02	3,35E+02	1,03E+00	-	≤ 7,74E-01
TERRENO A8 da 1 a 2 m	3,36E+02	2,69E+02	3,96E-01	-	≤ 5,94E-01
TERRENO A8 da 3 a 4 m	3,99E+02	3,12E+02	5,13E-01	-	≤ 8,21E-01
TERRENO A8 da 0,20 a 0,50 m	6,61E+02	4,28E+02	1,27E+01	-	-
TERRENO A9 da 1 a 2 m	4,29E+02	3,00E+02	7,31E-01	-	-
TERRENO A9 da 3 a 4 m	9,04E+01	1,61E+02	3,11E-01	-	-
TERRENO A10 da 0,20 a 0,50 m	4,24E+02	3,51E+02	8,08E-01	-	2,36E+00
TERRENO A10 da 1 a 2 m	3,56E+02	2,80E+02	5,25E-01	-	≤ 7,11E-01
TERRENO A10 da 3 a 4 m	2,98E+02	2,70E+02	1,47E+00	-	8,83E+00
TERRENO P3 da 0 a 0,50 m	2,78E+02	2,54E+02	5,61E+00	-	1,00E+01
TERRENO P3 da 2 a 3 m	4,03E+02	2,74E+02	1,11E+00	-	1,78E+01
TERRENO P3 da 5 a 7 m	2,66E+02	2,64E+02	≤ 1,21E-01	-	3,70E+00
TERRENO P4 da 0 a 0,50 m	3,02E+02	2,98E+02	6,76E+00	-	5,80E+00
TERRENO P4 da 2 a 3 m	1,76E+02	2,24E+02	2,87E-01	-	1,78E+00
TERRENO P4 da 5 a 7 m	2,55E+02	3,07E+02	≤ 1,50E-01	-	≤ 7,33E-01
TERRENO P5 da 0,20 a 0,50 m	4,35E+02	3,31E+02	3,16E+00	-	-
TERRENO P5 da 2 a 3 m	4,48E+02	2,34E+02	1,26E+00	-	-
TERRENO P5 da 5 a 7 m	3,53E+02	2,82E+02	3,00E+00	-	-

4. PIANO DI DETTAGLIO

Il Piano di dettaglio ha previsto la realizzazione di 7 nuovi sondaggi di terreno nell'area nord in prossimità dei punti già campionati con il Piano di caratterizzazione iniziale e nei quali sono stati riscontrati valori di ¹³⁷Cs e ⁹⁰Sr superiori alla minima concentrazione di attività rilevabile (MDC).

Figura 2 - Planimetria generale con l'ubicazione dei punti di indagine – Piano di dettaglio



Tabella 3 - Programma di campionamento e misure del Piano di dettaglio

PUNTO DI CAMPIONAMENTO	N. DI CAMPIONI	TERRENO	
		SPETTROMETRIA GAMMA	ANALISI DI ⁹⁰ Sr
P5	1 ^o (0 - 0,5m) 2 ^o (-2,0 - -3,0m) 3 ^o (-5,0 - -7,0m)	CARATTERIZZAZIONE INIZIALE	3
P6	1 ^o (0 - 0,5m) 2 ^o (-2,0 - -3,0m) 3 ^o (-5,0 - -7,0m)	3	3
P7	1 ^o (0 - 0,5m) 2 ^o (-2,0 - -3,0m) 3 ^o (-5,0 - -7,0m)	3	3
P8	1 ^o (0 - 0,5m) 2 ^o (-2,0 - -3,0m) 3 ^o (-5,0 - -7,0m)	3	3
P9	1 ^o (0 - 0,5m) 2 ^o (-2,0 - -3,0m) 3 ^o (-5,0 - -7,0m)	3	3
A6	1 ^o (0 - 0,5m) 2 ^o (-1,0 - -2,0m) 3 ^o (-3,0 - -4,0m)	CARATTERIZZAZIONE INIZIALE	3
A7	1 ^o (0 - 0,5m) 2 ^o (-1,0 - -2,0m) 3 ^o (-3,0 - -4,0m)	CARATTERIZZAZIONE INIZIALE	3
A9	1 ^o (0 - 0,5m) 2 ^o (-1,0 - -2,0m) 3 ^o (-3,0 - -4,0m)	CARATTERIZZAZIONE INIZIALE	3
A13	1 ^o (0 - 0,5m) 2 ^o (-1,0 - -2,0m) 3 ^o (-3,0 - -4,0m)	3	3
A14	1 ^o (0 - 0,5m) 2 ^o (-1,0 - -2,0m) 3 ^o (-3,0 - -4,0m)	3	3
A15	1 ^o (0 - 0,5m) 2 ^o (-1,0 - -2,0m) 3 ^o (-3,0 - -4,0m)	3	3

ESITI DELLA CARATTERIZZAZIONE DI DETTAGLIO

I risultati dell'indagine confermano la presenza di valori di ¹³⁷Cs e ⁹⁰Sr superiori alle minime concentrazioni di attività rilevabili nelle diverse profondità di più punti ubicati nell'area nord al capannone della Fossa 7.1, in particolare, nei vari tratti dei punti A9, A15, A14 e A10. Tali valori sono comunque inferiori o pari a frazioni dei livelli di allontanamento autorizzati nelle Prescrizioni Tecniche di Sito, pertanto, si può ragionevolmente escludere la presenza di particolari criticità dal punto di vista ambientale nell'area oggetto di indagine.

Tabella 4 - Risultati delle misure - Piano di dettaglio

ID CAMPIONE	¹³⁷ Cs		⁹⁰ Sr		MDC	
	Valore	INCERTEZZA DI MISURA [Bq/Kg]	Valore	INCERTEZZA DI MISURA [Bq/Kg]	Valore	MDC [Bq/Kg]
P5 (Tratto 0 - + 0,50 m)	3,16E+00	7,58E-01	2,54E-01	≤ 1,05E+00	-	1,05E+00
P5 (Tratto -2 - + 3 m)	1,26E+00	3,15E-01	1,77E-01	≤ 8,68E-01	-	8,68E-01
P5 (Tratto -5 - + 7 m)	3,00E+00	7,20E-01	2,24E-01	≤ 5,60E-01	-	5,60E-01
P6 (Tratto 0 - + 0,50 m)	7,72E-01	1,31E-01	1,66E-01	1,91E+00	2,48E-01	7,91E-01
P6 (Tratto -2 - + 3 m)	4,34E-01	1,35E-01	1,97E-01	≤ 6,99E-01	-	6,99E-01
P6 (Tratto -5 - + 7 m)	4,92E-01	1,97E-01	2,98E-01	≤ 8,25E-01	-	8,25E-01
P7 (Tratto 0 - + 0,50 m)	9,87E-01	1,58E-01	1,51E-01	≤ 7,14E-01	-	7,14E-01
P7 (Tratto -2 - + 3 m)	6,39E-01	1,09E-01	1,34E-01	1,36E+00	1,90E-01	7,46E-01
P7 (Tratto -5 - + 7 m)	≤ 9,48E-02	-	9,48E-02	≤ 7,14E-01	-	7,14E-01
P8 (Tratto 0 - + 0,50 m)	2,02E+00	3,23E-01	2,60E-01	1,80E+01	1,62E+00	7,43E-01
P8 (Tratto -2 - + 3 m)	≤ 1,34E-01	-	1,34E-01	≤ 7,24E-01	-	7,24E-01
P8 (Tratto -5 - + 7 m)	≤ 1,08E-01	-	1,08E-01	2,87E+00	3,44E-01	6,34E-01
P9 (Tratto 0 - + 0,50 m)	≤ 8,67E-02	-	8,67E-02	≤ 6,32E-01	-	6,32E-01
P9 (Tratto -2 - + 3 m)	≤ 1,59E-01	-	1,59E-01	1,77E+00	2,30E-01	6,09E-01
P9 (Tratto -5 - + 7 m)	≤ 1,44E-01	-	1,44E-01	3,43E+00	4,12E-01	9,73E-01
A6 (Tratto 0 - + 0,50 m)	6,99E+00	1,61E+00	2,37E-01	≤ 8,89E-01	-	8,89E-01
A6 (Tratto -1 - + 2 m)	1,22E+00	3,54E-01	2,45E-01	≤ 5,57E-01	-	5,57E-01
A6 (Tratto -3 - + 4 m)	≤ 9,95E-02	-	9,95E-02	≤ 5,77E-01	-	5,77E-01
A7 (Tratto 0 - + 0,50 m)	5,63E+00	1,26E+00	2,76E-01	3,34E+00	4,01E-01	8,47E-01
A7 (Tratto -1 - + 2 m)	≤ 1,70E-01	-	1,70E-01	2,29E+00	2,98E-01	6,48E-01
A7 (Tratto -3 - + 4 m)	≤ 8,97E-02	-	8,97E-02	≤ 9,17E-01	-	9,17E-01
A9 (Tratto 0 - + 0,50 m)	1,27E+01	2,92E+00	2,75E-01	1,59E+01	1,43E+00	7,22E-01
A9 (Tratto -1 - + 2 m)	7,31E-01	2,49E-01	2,32E-01	≤ 9,04E-01	-	9,04E-01
A9 (Tratto -3 - + 4 m)	3,11E-01	1,56E-01	1,80E-01	≤ 7,39E-01	-	7,39E-01
A13 (Tratto 0 - + 0,50 m)	8,56E+00	1,11E+00	2,15E-01	≤ 1,00E+00	-	1,00E+00
A13 (Tratto -1 - + 2 m)	5,31E-01	1,70E-01	2,51E-01	≤ 9,21E-01	-	9,21E-01
A13 (Tratto -3 - + 4 m)	6,49E-01	1,62E-01	2,16E-01	≤ 8,09E-01	-	8,09E-01
A14 (Tratto 0 - + 0,50 m)	8,31E-01	1,41E-01	1,61E-01	1,08E+01	1,08E+00	7,32E-01
A14 (Tratto -1 - + 2 m)	3,50E-01	9,80E-02	1,56E-01	2,97E+00	4,75E-01	8,25E-01
A14 (Tratto -3 - + 4 m)	4,31E-01	1,34E-01	1,89E-01	≤ 9,31E-01	-	9,31E-01
A15 (Tratto 0 - + 0,50 m)	1,21E+01	1,57E+00	1,93E-01	1,57E+01	1,41E+00	6,69E-01
A15 (Tratto -1 - + 2 m)	1,37E+00	2,06E-01	1,73E-01	2,03E+00	2,84E-01	7,72E-01
A15 (Tratto -3 - + 4 m)	2,69E-01	1,02E-01	1,56E-01	≤ 7,38E-01	-	7,38E-01

5. ANALISI STATISTICA DEI DATI

È stata effettuata un'analisi statistica delle concentrazioni di ¹³⁷Cs e ⁹⁰Sr rilevate alle diverse profondità, mediante l'ausilio del codice Visual Sample Plan. I valori massimi di ¹³⁷Cs e ⁹⁰Sr sono stati rilevati nello strato superficiale dell'area di indagine e secondo la distribuzione percentile il 95% delle misure totali di ¹³⁷Cs e ⁹⁰Sr sono inferiori ai rispettivi valori massimi. Si osserva che gli hotspot di ¹³⁷Cs sono concentrati in una porzione di area prossima al capannone della Fossa 7.1, tali valori diminuiscono all'aumentare della profondità e a partire da 1 m al di sotto del piano campagna le concentrazioni sono dell'ordine di qualche Bq/kg, confrontabili con il fondo ambientale. I valori massimi di ⁹⁰Sr sono distribuiti in maniera irregolare e presentano, rispetto al ¹³⁷Cs, una diminuzione più lenta delle concentrazioni di attività con la profondità del terreno.

Figura 3 - Andamenti dei livelli di attività di ¹³⁷Cs e ⁹⁰Sr con la profondità

