



## **RELAZIONE TECNICA**

**RAM 17/12 del 24/03/2017**

**Conclusione delle attività di controllo sulla  
presenza di contaminazione radioattiva e di verifica  
sulla rimozione di frammenti radiocontaminati  
effettuate presso il Poligono Militare Cellina-  
Meduna**

## 1. PREMESSA

Nell'ambito del procedimento di bonifica, ex titolo V del Testo Unico Ambientale, del poligono militare Cellina-Meduna, in capo al dipartimento provinciale di Pordenone di ARPA FVG, la Struttura Operativa Semplice Centro Regionale di Radioprotezione di ARPA FVG ha eseguito, a partire dalla fine del 2013, una campagna dettagliata di misure allo scopo di ottenere la caratterizzazione radiologica del sito in oggetto.

Nel corso di due anni e mezzo di sopralluoghi e rilevazioni, sia in campo che in laboratorio, è stato possibile raggiungere gli obiettivi prefigurati, tra i quali la determinazione dei livelli di contaminazione e definizione delle aree e dei volumi contaminati, la valutazione dell'eventuale contaminazione di falde acquifere e/o della catena alimentare, la valutazione della dose alla popolazione ed ai lavoratori impegnati nella eventuale bonifica.

I risultati sono tutti riportati nel rapporto di ARPA FVG "Poligono militare Cellina-Meduna: Caratterizzazione radiometrica della contaminazione da Th-232" del 22 giugno 2015.

In particolare, come riportato nel rapporto, le conclusioni affermano che: *"non vi è pericolo alcuno per la salute della popolazione residente nei comuni interessati dalle attività del poligono e limitrofi ad esso, come conseguenza delle attività esercitative con missili MILAN svolte fino al 2004 presso il poligono Cellina-Meduna. Le stesse valutazioni hanno messo in evidenza che le concentrazioni relativamente basse di Th-232 misurate in aree molto ristrette, non generano livelli di azione che portino a necessità di bonifica, dal punto di vista radiologico, dell'area stessa"*.

Nella presente relazione vengono descritte le attività effettuate per la verifica delle attività di rimozione da parte del 7° Reggimento Difesa NBC degli eventuali residui contenenti Th-232 e ancora presenti nelle zone adiacenti ai bersagli.

## 2. INFORMAZIONI GENERALI

<i>Data sopralluogo</i>	<i>Luogo intervento</i>	<i>Personale intervenuto</i>
26-07-2016	Poligono Cellina-Meduna	Giovani, Garavaglia, Piccini
07-10-2016	Poligono Cellina-Meduna	Giovani, Garavaglia, Piccini
28-10-2016	Poligono Cellina-Meduna	Garavaglia, Piccini, Candolini
12-12-2016	Poligono Cellina-Meduna	Garavaglia, Piccini, Candolini
15-12-2016	Caserma "Sampaoli" Sequals	Giovani, Garavaglia, Piccini, Candolini
26-01-2017	Poligono Cellina-Meduna	Garavaglia, Piccini, Candolini
30-01-2017	Poligono Cellina-Meduna + Caserma Sampaoli Sequals	Garavaglia, Piccini, Candolini

### 3. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

<i>Elenco strumentazioni e software utilizzati</i>
<b>Strumentazioni:</b>
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Rivelatore di radiazione AUTOMESS mod. 6150 AD 6/H s.n. 150761 con sonda AUTOMESS mod. 6150 AD-b/H s.n. 152013</li><li>2. Contaminometro BERTHOLD mod. LB 122</li><li>3. Radiometro THERMO mod. ESM FH 40 G-L s.n. 017426 con sonda NaI(Tl) 2"x2" mod. FHZ 502P s.n. 42540/33</li><li>4. Apparato per la spettrometria gamma in laboratorio costituita da:<ul style="list-style-type: none"><li>- Tre rivelatori con cristallo al Germanio iperpuro HPGe ORTEC con efficienza variabile tra il 30 e l'80%</li><li>- Elettronica costituita da amplificatori, convertitori analogici/digitali ADC e analizzatori multicanale ORTEC</li><li>- Pc con software di acquisizione e analisi Genie 2000</li></ul></li><li>5. Apparato per la spettrometria gamma sul campo costituita da:<ul style="list-style-type: none"><li>- Rivelatore con cristallo al Germanio iperpuro HPGe CANBERRA mod. GX3020 s.n. b-12068</li><li>- Rivelatore portatile con cristallo al Germanio CANBERRA mod. GR9520 s.n. b-92550</li><li>- Analizzatore multicanale CANBERRA Inspector2000 mod. IN2K</li><li>- Pc portatile con software di acquisizione e analisi Genie 2000</li></ul></li></ol>
<b>Software:</b>
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Software di acquisizione e analisi CANBERRA Genie 2000 versione 3.3</li><li>2. Software di analisi CANBERRA ISOCS-Geometry Composer versione 4.2.1</li><li>3. Software di elaborazione dati Golden Software SURFER 8.04</li></ol>

### 4. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO E RISULTATO DELLE MISURE

A seguito della conferenza dei servizi tenutasi il 22 settembre 2015, e come discusso durante la riunione di coordinamento avvenuta in data 15 luglio 2016 presso il comando della 132<sup>a</sup> Brigata Corazzata "ARIETE", ARPA FVG ed i rappresentanti dell'Esercito hanno concordato un piano di intervento di monitoraggio radiologico e rimozione dei detriti presenti nelle aree contaminate da Th-232, a premessa della fase di caratterizzazione ambientale posta in capo al procedimento di bonifica.

In tale conferenza è stato stabilito l'intervento del CISAM (Centro Interforze Studi e Applicazioni Militari), il quale si è appoggiato alla collaborazione del 7° Reggimento Difesa NBC per l'attività sul campo.

Le zone bersagli sulle quali intervenire, la loro estensione, la profondità massima in cui effettuare la ricerca di residui e le modalità di controllo, sono state definite durante il sopralluogo effettuato in data 26 luglio 2017. L'individuazione delle anomalie è stata effettuata da personale del 7° Reggimento Difesa NBC. Tutte le anomalie sono state verificate da ARPA FVG nel corso dei sopralluoghi del 07-10-2016, 28-10-2016 e 12-12-2016. Su tutti i punti segnalati il personale di ARPA ha provveduto ad effettuare misure di spettrometria gamma in campo allo scopo di determinare se l'anomalia dipendesse dalla presenza di Th-232 o di altri radionuclidi (ad esempio Cs-137). Nei punti nei quali ARPA ha confermato valori di Th-232 significativamente superiore al fondo ambientale, il personale del 7° Reggimento ha provveduto ad effettuare un'indagine del terreno superficiale ed in profondità (qualche centimetro) per verificare la presenza o meno di lunette o parti di esse. Il risultato qualitativo di tutte le misure di spettrometria gamma in campo effettuate è riportato in tabella 1. In alcuni casi, quando le misure di spettrometria gamma in campo confermavano la presenza di Th-232 e non veniva rinvenuta alcuna lunetta, è stato prelevato un campione di suolo in corrispondenza dell'anomalia per le analisi in laboratorio. I risultati di queste misure sono contenuti nella tabella 2. Le operazioni di bonifica radiometrica hanno permesso di rinvenire 9 lunette o frammenti nei pressi del bersaglio 7, 6 nei pressi del bersaglio 6, 7 nei pressi del bersaglio 5 e 10 nei

pressi del bersaglio 8. Nella tabella 3 sono riportati i risultati delle misure di irraggiamento effettuate a contatto dei reperti rinvenuti e stoccati presso la caserma Sampaoli di Sequals. Durante il sopralluogo del 15 dicembre 2016 sono state effettuate anche misure di irraggiamento e di spettrometria gamma al fine di verificare la messa in sicurezza dei reperti rinvenuti.

**TABELLA 1** – Risultato qualitativo delle misure di spettrometria gamma in campo

<i>Spettro</i>	<i>Data</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Bersaglio</i>	<i>Radionuclidi rinvenuti</i>
1	10-10-2016	Misura di fondo	5	solo Cs-137
2	10-10-2016	Misura di fondo 2	5	solo Cs-137
3	10-10-2016	Anomalia	5	solo Cs-137
4	10-10-2016	Gruppo di anomalie	5	solo Cs-137
5	10-10-2016	Anomalia con lunetta	5	Th-232 e Cs-137
6	10-10-2016	Anomalia spettro 4 dopo rimozione	5	tracce Th-232 e Cs-137
7	10-10-2016	Misura lunetta intera	5	Th-232 e Cs-137
8	10-10-2016	Anomalia dopo rimozione lunetta	5	solo Cs-137
9	10-10-2016	Anomalia	5	Th-232 e Cs-137
10	10-10-2016	Anomalia	5	Th-232 e Cs-137
11	10-10-2016	Anomalia	5	Th-232 e Cs-137
12	10-10-2016	Anomalia	5	Th-232 e Cs-137
13	10-10-2016	Misura lunetta intera	5	Th-232 e Cs-137
14	10-10-2016	Gruppo di anomalie	5	solo Cs-137
15	10-10-2016	Anomalia	5	solo Cs-137
16	10-10-2016	Anomalia	5	tracce Th-232 e Cs-137
17	10-10-2016	Anomalia	5	Th-232 e Cs-137
18	28-10-2016	Anomalia	5	Th-232 e Cs-137
19	28-10-2016	Anomalia	5	tracce Th-232 e Cs-137
20	28-10-2016	Anomalia	5	solo Cs-137
21	28-10-2016	Anomalia	5	Th-232 e Cs-137
22	28-10-2016	Anomalia	5	solo Cs-137
23	28-10-2016	Anomalia	5	solo Cs-137
24	28-10-2016	Anomalia	5	solo Cs-137
25	28-10-2016	Anomalia	5	solo Cs-137
26	28-10-2016	Anomalia	8	solo Cs-137
27	28-10-2016	Misura lunetta intera	8	Th-232 e Cs-137
28	28-10-2016	Misura lunetta intera	8	solo Cs-137
29	12-12-2016	Anomalia	7	Th-232 e Cs-137
30	12-12-2016	Anomalia	7	Th-232 e Cs-137
31	12-12-2016	Anomalia	7	Th-232 e Cs-137
32	12-12-2016	Anomalia	7	Th-232 e Cs-137
33	12-12-2016	Misura di fondo	7	solo Cs-137
34	12-12-2016	Anomalia	7	Th-232 e Cs-137
35	12-12-2016	Anomalia	6	Th-232 e Cs-137
36	12-12-2016	Anomalia	6	Th-232 e Cs-137
37	12-12-2016	Anomalia	6	tracce Th-232 e Cs-137
38	12-12-2016	Anomalia	6	Th-232 e Cs-137
39	12-12-2016	Anomalia	6	Th-232 e Cs-137
40	12-12-2016	Anomalia	6	Th-232 e Cs-137
41	12-12-2016	Anomalia	6	Th-232 e Cs-137
42	12-12-2016	Misura di fondo	6	solo Cs-137
43	26-01-2017	Misura Lunetta	X	Th-232 e Cs-137
44	26-01-2017	Anomalia	X	Th-232 e Cs-137
45	26-01-2017	Misura Lunetta	X	Th-232 e Cs-137
46	30-01-2017	Anomalia	X	Th-232 e Cs-137
47	30-01-2017	Anomalia	X	Th-232 e Cs-137
48	30-01-2017	Anomalia	X	Th-232 e Cs-137
49	30-01-2017	Anomalia	X	Th-232 e Cs-137
50	30-01-2017	Anomalia	X	Th-232 e Cs-137
51	30-01-2017	Misura di fondo	X	Solo Cs-137

**TABELLA 2** – Risultato delle misure di spettrometria gamma in laboratorio effettuate sui campioni di suolo prelevati in campo.

<i>Prelievo</i>	<i>Bersaglio</i>	<i>Th-232<sub>sec</sub></i> <i>(Bq/kg)</i>	<i>± 1σ</i> <i>(Bq/kg)</i>	<i>Ra-226<sub>sec</sub></i> <i>(Bq/kg)</i>	<i>± 1σ</i> <i>(Bq/kg)</i>	<i>Cs-137</i> <i>(Bq/kg)</i>	<i>± 1σ</i> <i>(Bq/kg)</i>	<i>K-40</i> <i>(Bq/kg)</i>	<i>± 1σ</i> <i>(Bq/kg)</i>
1	5	146	3	44	1	24	1	88	4
2	5	3288	56	60	1	184	5	438	15
3	5	497	19	41	2	54	3	122	11
4	8	205	4	46	1	24	1	95	4
5	8	183	3	44	1	9	1	75	3
6	7	126	2	35	1	6	1	64	4
7	7	149	3	47	1	95	3	70	4
8	7	256	5	45	1	78	2	45	6
9	7	162	3	47	1	43	1	65	5
10	6	706	12	42	1	123	3	162	8
11	6	556	10	43	1	59	2	127	7

**TABELLA 3** – Risultato delle misure di irraggiamento a contatto dei reperti rinvenuti e stoccati presso la caserma Sanpaoli di Sequals.

<i>Reperto n.</i>	<i>Bersaglio</i>	<i>Irraggiamento massimo</i> <i>(nSv/h)</i>
1	7	250
2	7	880
3	7	800
4	7	800
5	7	200
6	7	600
7	7	200
8	7	230
9	7	400
10	6	780
11	6	430
12	6	230
13	6	670
14	6	130
15	6	570
16	5	800
17	5	300
18	5	800
19	5	250
20	5	200
21	5	880
22	5	720
23	8	100
24	8	230
25	8	590
26	8	620
27	8	200
28	8	700
29	8	440
30	8	270
31	8	100
32	8	900
Reperto ARPA	6	800

Con lettera del Comando della 132° Brigata Ariete del 17 gennaio 2017 veniva comunicato ad ARPA FVG l'individuazione di un ulteriore punto, al di fuori dell'area in esame delimitata da apposita concertina, ove risultavano presenti residui di metalli, plastica e circuiti elettrici della stessa fattispecie di quelli rinvenuti sugli altri bersagli. Questo nuovo bersaglio è stato denominato Bersaglio "X" e su di esso sono state effettuate le medesime attività di caratterizzazione che sono state effettuate sui bersagli 5, 6, 7 e 8. In particolare è stata effettuata una trincea delle dimensioni di 50 x 50 cm<sup>2</sup> prelevando il suolo a diverse profondità (tabella 4). I risultati delle misure effettuate in laboratorio sui campioni di suolo dopo il setacciamento sono contenuti nella tabella 5. Inoltre sono state effettuate misure di spettrometria gamma in campo sulla sommità del bersaglio e lungo un transetto nella direzione della linea di tiro.

Dopo aver accertato la presenza di Th-232, si è proceduto di concerto con il CISAM e con l'aiuto personale del 7° Reggimento Difesa NBC, all'individuazione e alla rimozione di eventuali frammenti di lunette ancora presente nei pressi del bersaglio. Tali attività sono state eseguite secondo lo stesso protocollo utilizzato per la bonifica degli altri bersagli. Nei pressi del bersaglio X sono stati rinvenuti 19 frammenti di lunette.

Sempre durante il sopralluogo del 30 gennaio 2017 presso la suddetta caserma, sono state effettuate misure di irraggiamento e di spettrometria gamma al fine di verificare la messa in sicurezza dei nuovi reperti stoccati. Si è inoltre verificato che i reperti rinvenuti nel corso del 2016 presso gli altri bersagli non erano più presenti presso la caserma perché presi in consegna dal CISAM.

I risultati delle misure di irraggiamento effettuati a contatto di questi frammenti, stoccati presso la caserma Sampaoli di Sequals, sono contenuti nella Tabella 7.

Nella tabella 6 sono contenuti i risultati delle misure di concentrazione sui campioni di suolo prelevati nei pressi delle anomalie individuate nelle zone limitrofe del bersaglio.

**TABELLA 4** – Descrizione dei campioni di suolo prelevati sulla sommità del bersaglio X

<i>Codice</i>	<i>Peso Fresco (kg)</i>	<i>Peso Secco (kg)</i>	<i>% Acqua</i>	<i>Scheletro (kg)</i>	<i>Scheletro artificiale (kg)</i>	<i>Massa fine (kg)</i>
MISARPA-17A-67-1	3,558	3,484	2,08	2,733	0,016	0,732
MISARPA-17A-67-2	3,821	3,755	1,72	3,053	0,017	0,681
MISARPA-17A-67-3	3,967	3,882	2,14	2,834	0,006	1,038
MISARPA-17A-67-4	3,281	3,210	2,17	2,345	0,006	0,856
MISARPA-17A-67-5	2,114	2,068	2,16	1,515	0,005	0,546

**TABELLA 5** – Risultato delle misure in laboratorio sui campioni di suolo prelevate presso il bersaglio X

<i>Profondità (cm)</i>	<i>Codice</i>	<i>Massa misurata (kg)</i>	<i>Th-232<sub>sec</sub> (Bq/kg)</i>	<i>± 1σ (Bq/kg)</i>	<i>Ra-226<sub>sec</sub> (Bq/kg)</i>	<i>± 1σ (Bq/kg)</i>	<i>Cs-137 (Bq/kg)</i>	<i>± 1σ (Bq/kg)</i>	<i>K-40 (Bq/kg)</i>	<i>± 1σ (Bq/kg)</i>
0 – 1	MISARPA-17A-67-1	0,733	<b>50</b>	<b>2</b>	45	1	10	0,4	26	2
1 – 2	MISARPA-17A-67-2	0,681	<b>29</b>	<b>1</b>	46	1	10	0,4	26	2
2 – 3	MISARPA-17A-67-3	0,861	<b>15</b>	<b>0,5</b>	43	1	7	0,3	21	2
3 – 4	MISARPA-17A-67-4	0,856	<b>6</b>	<b>0,3</b>	41	1	4	0,2	19	2
4 – 5	MISARPA-17A-67-5	0,118	<b>3</b>	<b>0,2</b>	51	1	4	0,2	31	3

**TABELLA 6** – Risultato delle misure in laboratorio sui campioni di suolo presso anomalia del bersaglio X

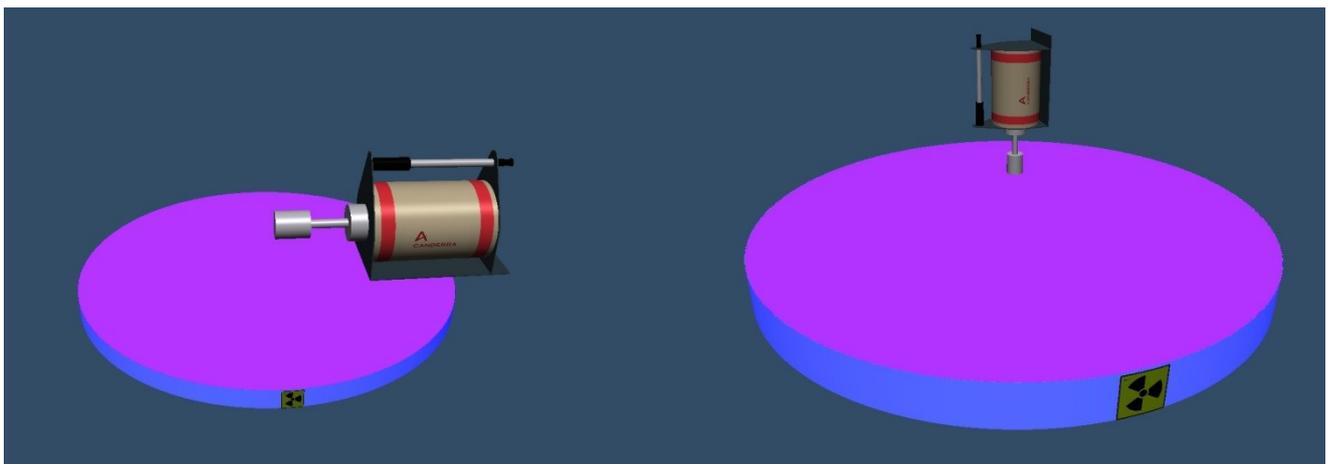
<i>Prelievo</i>	<i>Bersaglio</i>	<i>Th-232<sub>sec</sub> (Bq/kg)</i>	<i>± 1σ (Bq/kg)</i>	<i>Ra-226<sub>sec</sub> (Bq/kg)</i>	<i>± 1σ (Bq/kg)</i>	<i>Cs-137 (Bq/kg)</i>	<i>± 1σ (Bq/kg)</i>	<i>K-40 (Bq/kg)</i>	<i>± 1σ (Bq/kg)</i>
12	X	<b>98</b>	3	38	2	86	4	39	9
13	X	<b>578</b>	15	47	2	107	6	101	13
14	X	<b>84</b>	2	36	1	4	0,3	15	4

**TABELLA 7** – Risultato delle misure di irraggiamento a contatto dei reperti rinvenuti presso il bersaglio X e stoccati presso la caserma Sampaoli di Sequals.

<i>Reperto n.</i>	<i>Bersaglio</i>	<i>Irraggiamento massimo (nSv/h)</i>
1	X	1200
2	X	140
3	X	1150
4	X	823
5	X	925
6	X	770
7	X	705
8	X	1000
9	X	680
10	X	277
11	X	640
12	X	241
13	X	178
14	X	200
15	X	125
16	X	206
17	X	184
18	X	154
19	X	978

#### 4. ANALISI DEI RISULTATI

Le misure di spettrometria gamma in campo sono state effettuate in una delle due seguenti geometrie: 1) appoggiando il rivelatore al suolo; 2) con il rivelatore sul cavalletto a 1 m dal suolo (figura 1). Al fine di utilizzare i risultati delle misure in campo e per effettuare una stima quantitativa delle concentrazioni presenti nel suolo, con l'utilizzo del Software di analisi CANBERRA ISOCS-Geometry Composer versione 4.2.1, sono state costruite due diverse curve di efficienza che hanno permesso di ottenere i risultati contenuti nelle tabelle 8, 9, 10, 11, 12 e 13.



1) appoggiando il rivelatore al suolo

2) con il rivelatore sul cavalletto a 1 m dal suolo

**Figura 1** : Schema delle geometrie utilizzate da CANBERRA ISOCS-Geometry Composer per determinare le curve di efficienza.

**TABELLA 8** – Stima delle concentrazioni di Th-232 utilizzando le misure di spettrometria gamma in campo effettuate presso il bersaglio 5

<i>Spettro</i>	<i>Th-232<sub>sec</sub></i>	<i>Errore (1σ)</i>
	<b>Bq/kg</b>	<b>Bq/kg</b>
1 <sup>F</sup>	<5	MDA
2 <sup>F</sup>	<4	MDA
3	<9	MDA
7*	<b>1885</b>	123
8	<6	MDA
9	<b>361</b>	15
10	<b>135</b>	7
11	<b>96</b>	6
12	<b>79</b>	5
13*	<b>2215</b>	142
14	<6	MDA
15	<6	MDA
16	<b>16</b>	3
17	<b>329</b>	13
18	<b>246</b>	11
19	<b>36</b>	3
20	<10	MDA
21	<b>92</b>	6
22	<8	MDA
23	<9	MDA
24	<4	MDA
25	<9	MDA

\* Spettro effettuato con la presenza del frammento di lunetta ancora sul suolo

<sup>F</sup> Spettro del fondo ambientale

**TABELLA 9** – Stima delle concentrazioni di Th-232 utilizzando le misure di spettrometria gamma in campo effettuate presso il bersaglio 8

<i>Spettro</i>	<i>Th-232<sub>sec</sub></i>	<i>Errore (1σ)</i>
	<b>Bq/kg</b>	<b>Bq/kg</b>
26	<9	MDA
27*	<b>63</b>	5
28	<7	MDA

\* Spettro effettuato con la presenza del frammento di lunetta ancora sul suolo

**TABELLA 10** – Stima delle concentrazioni di Th-232 utilizzando le misure di spettrometria gamma in campo effettuate presso il bersaglio 7

<i>Spettro</i>	<i>Th-232<sub>sec</sub></i>	<i>Errore (1σ)</i>
	<b>Bq/kg</b>	<b>Bq/kg</b>
29	<b>667</b>	26
30	<b>330</b>	15
31	<b>217</b>	11
32	<b>458</b>	19
33 <sup>F</sup>	<7	MDA
34	<b>300</b>	14

<sup>F</sup> Spettro del fondo ambientale

**TABELLA 11** – Stima delle concentrazioni di Th-232 utilizzando le misure di spettrometria gamma in campo effettuate presso il bersaglio 6

<i>Spettro</i>	<i>Th-232<sub>sec</sub></i>	<i>Errore (1σ)</i>
	<b>Bq/kg</b>	<b>Bq/kg</b>
35	<b>136</b>	8
36	<b>261</b>	12
37	<b>40</b>	4
38	<b>185</b>	10
39	<b>215</b>	11

**TABELLA 12** – Stima delle concentrazioni di Th-232 utilizzando le misure di spettrometria gamma in campo effettuate presso il bersaglio X

<i>Spettro</i>	<i>Th-232<sub>sec</sub></i>	<i>Errore (1σ)</i>
	<b>Bq/kg</b>	<b>Bq/kg</b>
43*	<b>567</b>	20
44	<b>1090</b>	36
45*	<b>415</b>	18
46	<b>238</b>	12
47	<b>300</b>	14
48	<b>203</b>	11
49	<b>372</b>	16
50	<b>250</b>	12
51 <sup>F</sup>	<b>&lt; 3</b>	MDA

\* Spettro effettuato con la presenza del frammento di lunetta ancora sul suolo

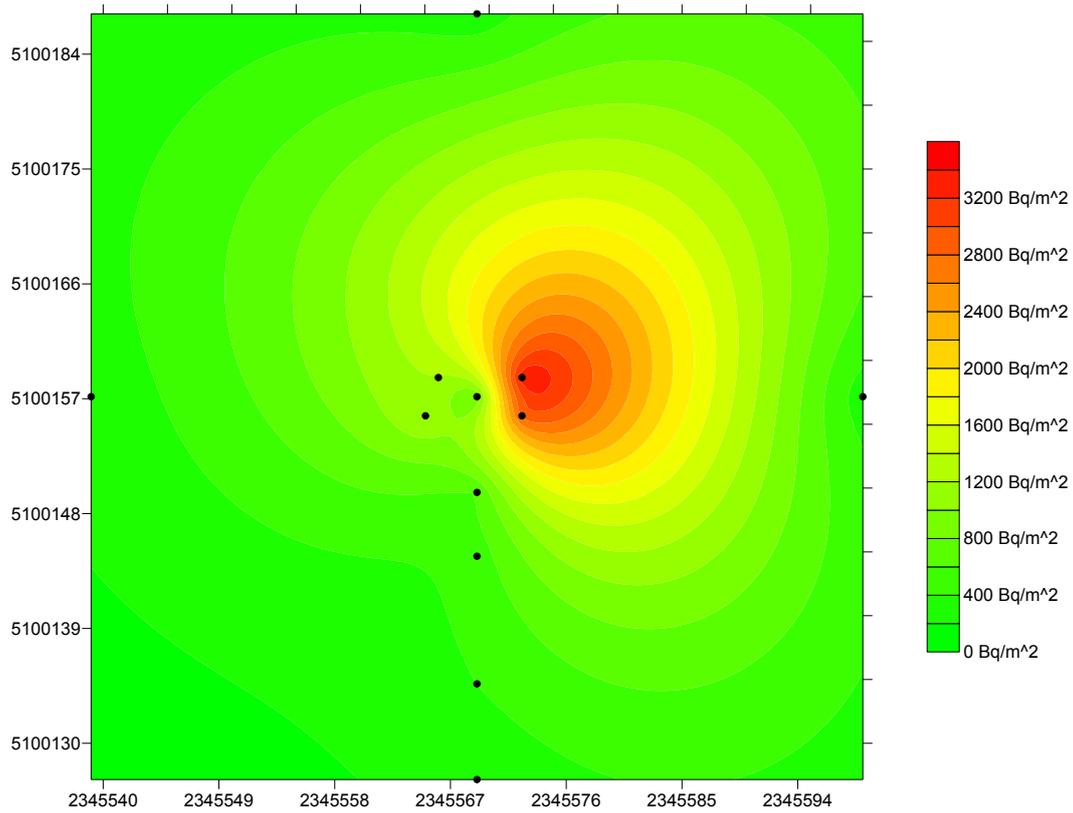
<sup>F</sup> Spettro del fondo ambientale

**TABELLA 13** – Stima delle concentrazioni di Th-232 utilizzando le misure di spettrometria gamma in campo effettuate sulla sommità del bersaglio X (misure 4X, 5X, 6X, 7X, 8X e 9X) e lungo il transetto in direzione della linea di tiro (misure 10X, 11X, 12X e 13X)

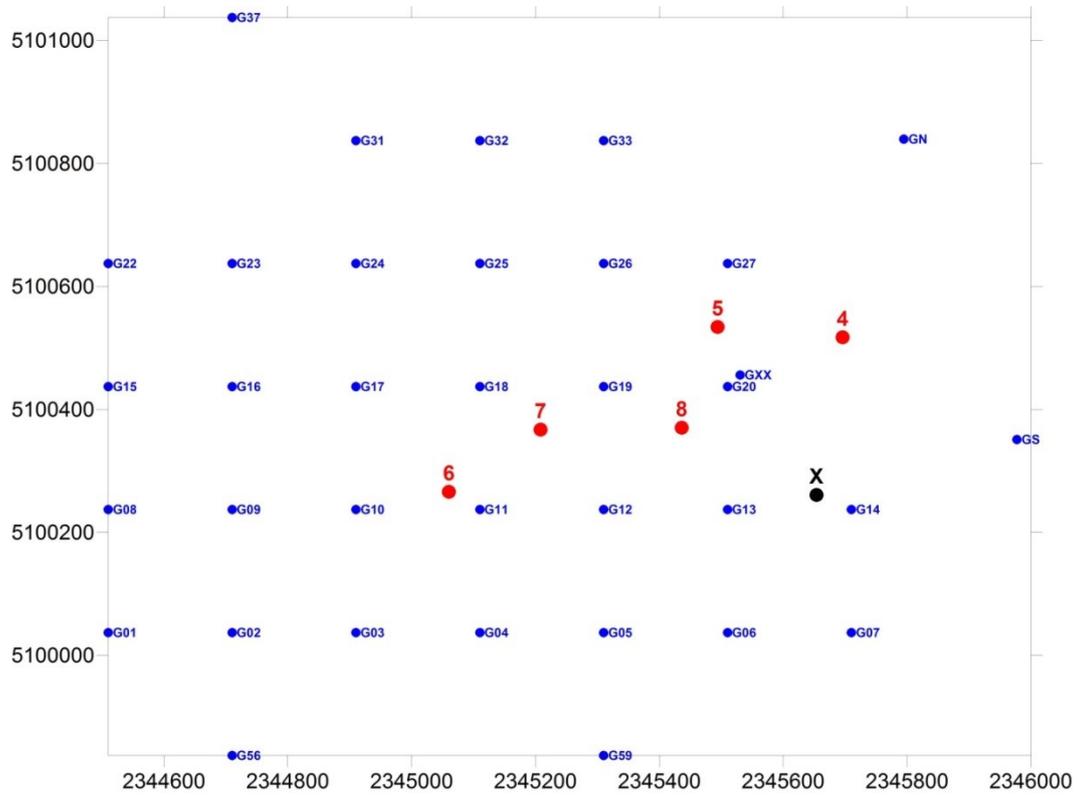
<i>Spettro</i>	<i>Th-232<sub>sec</sub></i>	<i>Errore (1σ)</i>	<i>Th-232<sub>sec</sub></i>	<i>Errore (1σ)</i>
	<b>Bq/m<sup>2</sup></b>	<b>Bq/m<sup>2</sup></b>	<b>Bq/kg</b>	<b>Bq/kg</b>
4X	<b>778</b>	96	14	1
5X	<b>2884</b>	165	42	2
6X	<b>3355</b>	191	48	3
8X	<b>1190</b>	109	17	2
9X	<b>1218</b>	113	18	2
10X	<b>608</b>	85	9	1
11X	<b>508</b>	81	8	1
12X	<b>401</b>	74	6	1
13X	<b>278</b>	86	4	1

Sulla base dei risultati delle misure di spettrometria gamma in campo, effettuate sia sulla sommità del bersaglio X sia lungo il transetto verso la linea di tiro, è stata elaborata, mediante il software Surfer 8.04, con il metodo del kriging, la mappa della distribuzione della concentrazione superficiale del Th-232 nei primi 20 cm di suolo. Il risultato di tale elaborazione è contenuto nella figura 2. Nella figura 3 è riportata l'ubicazione di tutti i bersagli oggetto di indagine (in nero il nuovo bersaglio) e dei punti delle misure di spettrometria gamma in campo. I risultati della distribuzione della concentrazione di Th-232 nei pressi dei bersagli 5, 6, 7 e 8 sono contenuti nel rapporto "POLIGONO MILITARE CELLINA-MEDUNA: CARATTERIZZAZIONE RADIOMETRICA DELLA CONTAMINAZIONE DA TH-232" del 22 giugno 2015 e disponibile sul sito web della scrivente Agenzia.

Nella figura 4 è riportata la nuova mappa di distribuzione superficiale di Th-232 ottenuta aggiungendo ai dati riportati nel rapporto sopracitato i risultati delle misure effettuate in prossimità del bersaglio X. Si può notare chiaramente la posizione del punto X al di fuori della vecchia concertina e risulta evidente che la stima di contaminazione superficiale in prossimità di questo punto risulti inferiore a quella degli altri bersagli.



**Figura 2:** Stima della distribuzione superficiale di Th-232 nei pressi del bersaglio X



**Figura 3:** Ubicazione di tutti i bersaglio oggetto di indagine (in nero il nuovo bersaglio) e dei punti delle misure di spettrometria gamma in campo.

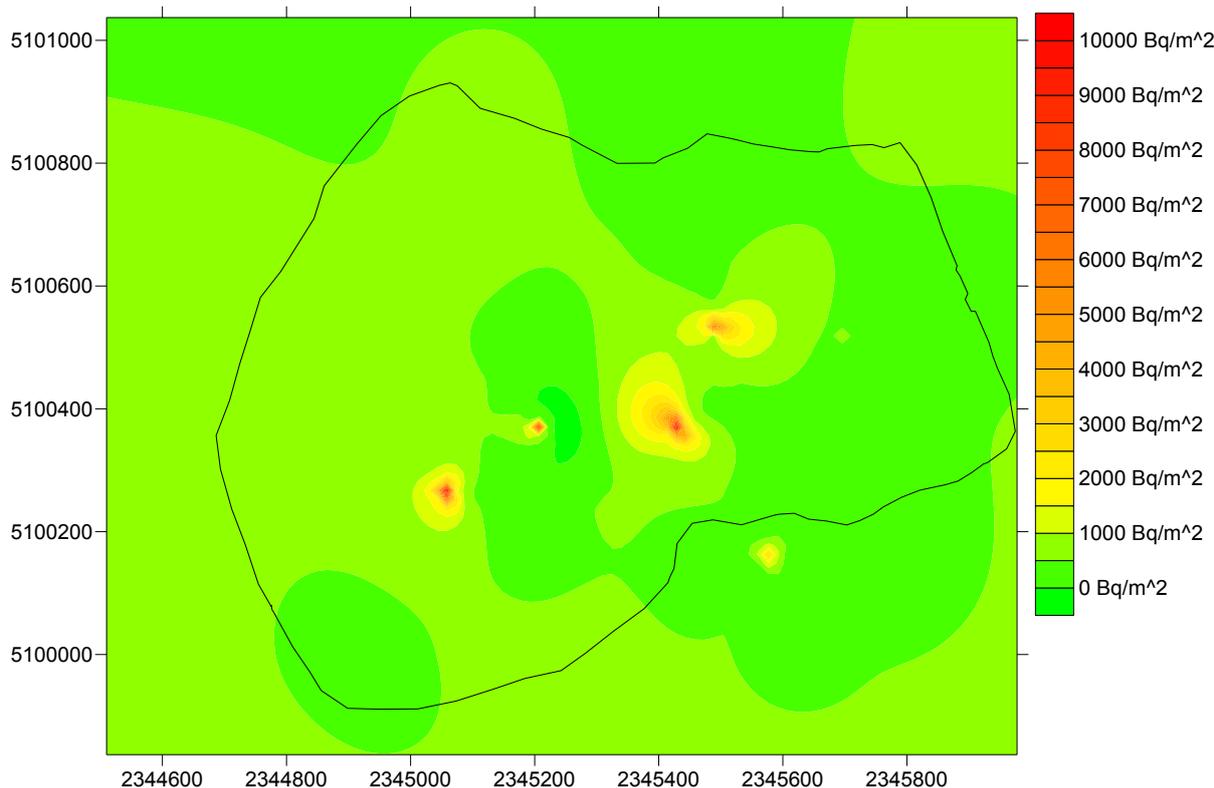


Figura 4 : Mappa della distribuzione superficiale di Th-232 in tutta la zona dei bersagli.

## 6. – CONCLUSIONI

Si riportano qui le conclusioni contenute nel rapporto finale relativo alla caratterizzazione radiometrica del Poligono Militare Cellina Meduna e contenute nel documento citato in precedenza:

*“Sulla base di quanto riportato nei paragrafi precedenti, si può affermare che la contaminazione da Th-232 presente in alcuni bersagli del poligono Cellina Meduna, è risultata di piccola entità e non ha creato alcun rischio sanitario per la popolazione né per il personale delle Forze Armate che si sia trovato ad operare all’interno del poligono stesso. Le considerazioni riportate, relative ai livelli di riferimento per la concentrazione di Th-232 nei suoli, portano al risultato che, per quanto concerne il contenuto dei radionuclidi, non si ravvisa alcuna necessità di bonifica dei bersagli contaminati.”*

Nella tabella 14 sono riportati, per un opportuno confronto, i valori di concentrazione media di Th-232 nei primi 5 cm di tutti i bersagli della precedente campagna, della linea di tiro, del fondo ambientale e del nuovo bersaglio individuato a Gennaio 2017.

TABELLA 14 – Concentrazione media di Th-232 nella massa fine, nel tal quale e concentrazione superficiale (primi 5 cm)

	<i>Concentrazione massa fine</i>	<i>Errore (2σ)</i>	<i>Concentrazione tal quale</i>	<i>Errore</i>	<i>Concentrazione superficiale</i>	<i>Errore</i>
	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>
<b>Bersaglio 1</b>	2,14	0,16	1,28	0,11	23,89	2,08
<b>Bersaglio 2</b>	1,01	0,16	0,54	0,08	42,14	6,14
<b>Bersaglio 3</b>	1,88	0,25	0,75	0,10	52,43	6,96
<b>Bersaglio 4</b>	10,46	8,94	1,28	0,17	93,73	12,37
<b>Bersaglio 5</b>	<b>229,50</b>	32,37	<b>100,11</b>	11,92	<b>5636,02</b>	671,25
<b>Bersaglio 6</b>	<b>209,87</b>	2,99	<b>137,98</b>	3,17	<b>7700,37</b>	177,08
<b>Bersaglio 7</b>	<b>266,85</b>	57,27	<b>145,08</b>	17,72	<b>13530,23</b>	1653,86
<b>Bersaglio 8</b>	<b>635,82</b>	5,78	<b>206,02</b>	43,25	<b>12844,94</b>	2696,52
<b>Bersaglio X</b>	<b>20,38</b>	<b>0,75</b>	<b>5,69</b>	<b>0,90</b>	<b>381,20</b>	<b>15,02</b>
<b>Bianco</b>	7,34	0,68	3,35	0,29	167,89	14,48
<b>Linea tiro</b>	3,10	0,93	1,25	0,19	97,72	27,83

Quanto fatto per stimare la dose alla popolazione e ai lavoratori dovuta alla presenza di Th-232 nei bersagli da 5,6 7 e 8, è stato ripetuto con i dati di contaminazione del bersaglio X. I parametri utilizzati per il calcolo della dose sono contenuti nella Tabella 15 mentre i risultati di tali valutazioni sono contenuti nelle Tabelle 16 e 17. Le dosi ottenute sono, in ogni caso, al di sotto della soglia di attenzione radiologica.

**TABELLA 15** Parametri utilizzati per il calcolo della dose efficace per i lavoratori e per la popolazione.

<b>LAVORATORI A 10 M DAL CUMULO SENZA SCHERMO</b> ALCUNO 1800 ORE/ANNO CONCENTRAZIONE DI POLVERE: 1 MG/M <sup>3</sup> RATEO DI RESPIRAZIONE: 1,2 M <sup>3</sup> /H RATEO DI INGESTIONE 10MG/H PER 1 ANNO	<b>POPOLAZIONE RESIDENTE IN CASE A 25 M DAL CUMULO</b> PERMANENZA NEL GIARDINO DELLA CASA PERMANENZA SUL CUMULO SOPRA LO STRATO DI COPERTURA
---	--

**TABELLA 16** Dose efficace per i lavoratori, relativa alle concentrazioni massime di Th-232 misurate in ogni bersaglio - Scenario A.1.1.1: Cumulo rapportato alle superfici bersaglio

<i>Bersaglio</i>	<i>Concentrazione Bq/kg</i>	<i>Dose efficace (mSv/anno)</i>
5	130	0,058
6	240	0,046
7	145	0,036
8	206	0,059
<b>X</b>	<b>48</b>	<b>0,003</b>

**TABELLA 17** Dose efficace per la popolazione, relativa alle concentrazioni massime di Th-232 misurate in ogni bersaglio - Scenario A.1.2.1: Cumulo rapportato alle superfici bersaglio

<i>Bersaglio</i>	<i>Concentrazione Bq/kg</i>	<i>Dose efficace (mSv/anno)</i>
5	130	0,051
6	240	0,040
7	145	0,032
8	206	0,050
<b>X</b>	<b>48</b>	<b>0,002</b>

In via del tutto cautelativa, è stato infine valutato il contributo di dose alla popolazione derivante dalla presenza di residui di Th-232 non asportabili presenti nei pressi dei bersagli. Per effettuare la stima di dose è stato considerato il seguente scenario: presenza di restanti 50 anomalie per ogni bersaglio (250 in totale) prodotte da residui di Th-232, tutte con una concentrazione pari alla massima misurata (706 Bq/kg); si è inoltre ipotizzato che le anomalie abbiano una dimensione di 50 x 50 cm<sup>2</sup> e che un individuo della popolazione trascorra un'ora al giorno per 365 giorni/anno nei pressi di tutte le anomalie residue.

Con questo scenario, estremamente cautelativo, si ottiene una dose alla popolazione di 2,1 µSv/anno che risulta essere ben al di sotto della soglia di rilevanza radiologica pari a 10 µSv/anno.

I risultati delle misure e delle stime effettuate permettono di affermare che tutte le attività descritte nella presente relazione, compreso lo stoccaggio temporaneo, presso la Caserma Sampaoli di Sequals, dei frammenti rinvenuti, non hanno comportato aumento alcuno della dose ai lavoratori impiegati in tali attività né alla popolazione a qualunque titolo coinvolta.

I tecnici intervenuti  
 dott. Massimo GARAVAGLIA  
 p.i. Luca PICCINI  
 dott. Giuseppe CANDOLINI

La Dirigente Responsabile della  
 SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
 dott.ssa Concettina Giovani  
 (documento informatico sottoscritto con firma digitale ai sensi del  
 d.lgs. 82/2005)