

<i>Elaborato</i>	<i>Livello</i>	<i>Tipo</i>	<i>Sistema / Edificio / Argomento</i>	<i>Rev. 00</i>
GR RS 01184 ETQ-00065267	A	RG - Rapporti (generale)	RS* - Radioprotezione e sicurezza	Data 30/03/2017
Centrale / Impianto:	Sito di Garigliano - Radioprotezione e Sicurezza			
Titolo Elaborato:	Programma di Sorveglianza della Radioattività Ambientale Rapporto Informativo Anno 2016			
Rev.00				
<i>Timbri e firme per responsabilità di legge</i>				
Autorizzato				
.....				
DCE-GAR Esposito M.	ING-RAD Iezzi S. DCE-GAR Pisciotta F. DCE-GAR Vizzaccaro A.	DCE-GAR Ledda M.	DCE-GAR Maio V.	DCE-GAR Scolamacchia F.
Incaricato	Collaborazioni	Verifica	Approvazione / Benestare	Autorizzazione all'uso

PROPRIETA'

LIVELLO DI CLASSIFICAZIONE

Scolamacchia F.

Aziendale

Livello di Classificazione: Pubblico, Aziendale, Riservato Aziendale – riproduzione vietata, Uso Ristretto – riproduzione vietata
Il presente elaborato è di proprietà di Sogin S.p.A. È fatto divieto a chiunque di procedere, in qualsiasi modo e sotto qualsiasi forma, alla sua riproduzione, anche parziale, ovvero di divulgare a terzi qualsiasi informazione in merito, senza autorizzazione rilasciata per scritto da Sogin S.p.A.



INDICE GENERALE

1	PREMESSA E SCOPO DEL DOCUMENTO	3
2	RIFERIMENTI	4
3	CONDIZIONI ATTUALI DELL'IMPIANTO	5
4	LIMITI DI RILASCIO	5
5	RILASCI EFFETTUATI NELL'ANNO 2016	7
6	STIME DI DOSE ALLA POPOLAZIONE	12
6.1	Premessa	12
6.2	Dose da effluenti liquidi	13
6.3	Dose da effluenti aeriformi	13
7	PROGRAMMA DI SORVEGLIANZA DELLA RADIOATTIVITA' AMBIENTALE	14
8	Concentrazione di minima attivita' rilevabile	16
9	RISULTATI DEI MONITORAGGI AMBIENTALI	18
9.1	matrice: aria	18
9.1.1	Dose gamma	18
9.1.1.1	Esiti dei controlli capannine radiometriche	18
9.1.1.2	Esiti dei controlli radiometrici sul sito dell'impianto	19
9.1.2	Particolato in aria	22
9.2	MATRICE: FALL – OUT NELL'ACQUA PIOVANA	26
9.3	MATRICE: SISTEMA FLUVIALE	27
9.3.1	Sedimenti e Acque Superficiali	27
9.3.2	Pesce di fiume	32
9.4	matrice: suolo e sottosuolo	33
9.4.1	Terreno ed Erba	33
9.4.2	Acqua di Falda	35
9.5	sistema antropico comparto agro-zootecnico	39
9.5.1	Vegetali irrigati e Frutta	39
9.5.2	Carne Bovina e Latte	40
9.6	sistema di transizione: fiume garigliano/mare	41
9.6.1	Sabbia ed Acqua di Mare	41
9.6.2	Pesce di Mare e Mitili	43
10	CONCLUSIONI	44



1 PREMESSA E SCOPO DEL DOCUMENTO

La Prescrizione Gestionale n. 2.10 del corpo Prescrittivo allegato al Decreto di autorizzazione alla Disattivazione della Centrale [1] [2] [3] dispone che con frequenza annuale debba essere trasmesso all'ISPRA un rapporto informativo relativo a:

- risultati dei monitoraggi ambientali;
- controlli radiometrici sul sito dell'impianto e nei territori adiacenti;
- dati relativi agli scarichi liquidi e aeriformi;
- valutazione di dose efficace ai gruppi critici della popolazione dagli stessi derivanti.

Scopo di tale documento è presentare i risultati delle misure e delle valutazioni chieste relativamente all'anno 2016.



2 RIFERIMENTI

1. Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico del 28.09.2012 “Società Sogin SpA Centrale del Garigliano – Autorizzazione alla Disattivazione ai sensi dell’art. 55 del D.L.vo n. 230/95 e s.m.i. e dell’art. 24 c. 4, del D. L. n. 1/12, convertito con modificazioni nella L. n. 27/12);
2. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale “Doc. ISPRA-RIS-GARIGLIANO-AP-PGT-01/2012” Centrale Nucleare del Garigliano – Prescrizioni per la Disattivazione” settembre 2012” Allegato n. 1 al Decreto autorizzativo alla Disattivazione;
3. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale “Doc. ISPRA-RIS-GARIGLIANO-AP-PdD-01/2012 “Centrale Nucleare del Garigliano - Elenco delle attività rilevanti per la sicurezza nucleare e la radioprotezione - settembre 2012, Allegato n. 2 al Decreto autorizzativo alla Disattivazione;
4. Documento Sogin GR RS 00610 “Programma di Sorveglianza della Radioattività Ambientale per la Disattivazione dell’impianto del Garigliano” rev. 02;
5. Documento Sogin GR RS 00608 “Coreografia dei punti di prelievo per il programma di sorveglianza della radioattività ambientale “rev. 02;
6. Documento Sogin GR DR 00165 “Norme di Sorveglianza per la Disattivazione della Centrale del Garigliano” rev. 01;
7. Documento Sogin GR RS 00067 “Procedura di Sorveglianza n. 3.11.a – “Scarichi radioattivi – Effluenti liquidi” rev. 03;
8. Documento Sogin GR RS 00068 “Procedura di Sorveglianza n. 3.11.b – “Scarichi radioattivi – Effluenti aeriformi” rev. 02;
9. Attività svolte dal dipartimento di scienze ambientali nell’ambito della convenzione DSA–Sogin stipulata il 12/06/2001.
10. Documento Sogin GR RS 00396 “Controlli ordinari per la sorveglianza di radioprotezione” - rev.05



3 CONDIZIONI ATTUALI DELL'IMPIANTO

Dall'anno 1986 non è più presente nella Centrale combustibile nucleare. Nel dicembre 1999, il MICA ha emesso il documento "Indirizzi strategici per la gestione degli esiti del nucleare". Con tale documento vengono fissati gli indirizzi programmatici relativi alla disattivazione accelerata degli impianti nucleari. Sogin, in accordo al documento citato, ha elaborato un nuovo programma di attività secondo la nuova strategia di decommissioning, passando dalla disattivazione differita (custodia protettiva passiva da mantenere per cinquanta anni e successivo smantellamento delle strutture con rilascio finale del sito senza vincoli di natura radiologica) alla disattivazione in un'unica fase, eliminando il periodo di custodia protettiva passiva.

Il decreto di autorizzazione alle attività di decommissioning è stato emanato nel settembre 2012 [1].

4 LIMITI DI RILASCIO

L'immissione nell'ambiente di effluenti liquidi e aeriformi dalla Centrale del Garigliano, in condizioni normali, è regolamentata dalla Prescrizione Tecnica n. 3.11 [2], attuata mediante l'applicazione delle Norme di Sorveglianza, n. 3.11.a e n. 3.11.b [6] e delle relative Procedure di Sorveglianza [7] [8].

Lo scarico degli effluenti liquidi deve rispettare le seguenti limitazioni:

- $\sum_i A_i \cdot F_i \leq 72 \text{ GBq/anno}$
- $\sum_i A_i \cdot F_i \leq 36 \text{ GBq/ tredici settimane consecutive}$
- $\sum_i A_i \cdot F_i \leq 7,2 \text{ GBq/24 ore consecutive}$

dove: A_i è l'attività del radionuclide;

F_i è il fattore di equivalenza rispetto al radioisotopo ^{137}Cs .

Di seguito, si riportano i fattori di equivalenza rispetto al ^{137}Cs :

RAPPORTO

Programma di Sorveglianza della Radioattività Ambientale
Rapporto Informativo anno 2016

ELABORATO**GR RS 01184**

Rev. 00



RADIOISOTOPO	FATTORE DI EQUIVALENZA
¹³⁷ Cs	1,00
⁶⁰ Co	0,64
⁵⁵ Fe	1,43
⁵⁹ Ni	0,013
⁶³ Ni	0,03
⁹⁰ Sr	1,37
²³⁹ Pu	271
³ H	0,00046

Lo scarico degli effluenti aeriformi deve rispettare le seguenti limitazioni:

- $\sum_i A_i \cdot F_i \leq 3,8$ GBq/anno
- $\sum_i A_i \cdot F_i \leq 1,39$ GBq/ tredici settimane consecutive
- $\sum_i A_i \cdot F_i \leq 0,38$ GBq/24 ore consecutive

dove: A_i è l'attività del radionuclide;

F_i è il fattore di equivalenza rispetto al radioisotopo ⁶⁰Co.

Di seguito, si riportano i fattori di equivalenza rispetto al ⁶⁰Co:

RADIOISOTOPO	FATTORE DI EQUIVALENZA
⁶⁰ Co	1,00
¹³⁷ Cs	0,87
⁵⁵ Fe	0,065
⁵⁹ Ni	0,0052
⁶³ Ni	0,014
⁹⁰ Sr	3,61
²³⁹ Pu	167,6
³ H	0,00014



5 RILASCI EFFETTUATI NELL'ANNO 2016

Le quantità di radioattività rilasciate sotto forma di effluenti liquidi e gassosi sono riportate nelle tabelle 1 e 2 con i rispettivi valori di minima attività rilevabile nelle tabelle 3 e 4.

Le quantità rilasciate impegnano 4,18E-01% del limite di rilascio annuale autorizzato per gli effluenti liquidi mentre, per gli effluenti aeriformi, l'impegno annuale risulta pari a 1,32E-02%.

RAPPORTO

ELABORATO

Programma di Sorveglianza della Radioattività Ambientale
Rapporto Informativo anno 2016

GR RS 01184

Rev. 00



Mese	Vol (m³)	³ H (KBq)	¹³⁷ Cs (KBq)	⁶⁰ Co (KBq)	⁹⁰ Sr (KBq)	α totali (KBq)	⁶³ Ni (KBq)	⁵⁵ Fe (KBq)	⁵⁹ Ni (KBq)	Totali (KBq)	Impegno formula di scarico (%)	Portata media Fiume Garigliano (m³/sec)
Gennaio	2,96E+01	3,05E+03	2,24E+04	4,31E+02	3,73E+02	1,54E+01	5,75E+02	< MDA	< MDA	2,68E+04	3,32E-02	8,48E+01
Febbraio	0,00E+00	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00E+00	0,00E+00	8,55E+01
Marzo	3,07E+01	2,68E+03	3,71E+04	2,65E+03	9,11E+02	7,33E+01	2,14E+03	< MDA	< MDA	4,56E+04	6,03E-02	9,74E+01
Aprile	3,38E+01	3,02E+03	1,15E+05	6,13E+02	6,90E+02	3,34E+00	1,30E+03	< MDA	< MDA	1,21E+05	1,63E-01	5,64E+01
Maggio	3,19E+01	4,69E+04	2,21E+04	2,49E+02	4,56E+02	9,16E+01	2,45E+03	< MDA	< MDA	7,22E+04	3,60E-02	6,25E+01
Giugno	3,25E+01	1,23E+04	1,92E+04	1,51E+02	5,01E+02	1,82E+01	1,34E+03	< MDA	< MDA	3,35E+04	2,88E-02	4,58E+01
Luglio	0,00E+00	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00E+00	0,00E+00	2,90E+01
Agosto	3,27E+01	3,27E+03	2,66E+04	3,99E+02	5,82E+02	4,61E+00	9,84E+02	< MDA	< MDA	3,18E+04	3,89E-02	2,70E+01
Settembre	0,00E+00	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00E+00	0,00E+00	4,20E+01
Ottobre	0,00E+00	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00E+00	0,00E+00	5,20E+01
Novembre	3,38E+01	4,16E+03	3,72E+04	6,12E+02	2,55E+03	3,52E+00	1,06E+03	< MDA	< MDA	4,56E+04	5,81E-02	6,60E+01
Dicembre	0,00E+00	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00E+00	0,00E+00	3,60E+01
TOTALI	2,25E+02	7,54E+04	2,80E+05	5,11E+03	6,06E+03	2,10E+02	9,85E+03	0,00E+00	0,00E+00	3,77E+05	4,18E-01	
Composizione (%)		2,00E+01	7,43E+01	1,36E+00	1,61E+00	5,58E-02	2,62E+00	0,00E+00	0,00E+00			

Tabella 1 – Rilasci liquidi effettuati nel 2016

Il sistema informatico prevede la firma elettronica pertanto l'indicazione delle strutture e dei nominativi delle persone associate certifica l'avvenuto controllo. Elaborato del 30/03/2017 Pag. 8 di 44 GR RS 01184 rev. 00 Autorizzato

RAPPORTO

Programma di Sorveglianza della Radioattività Ambientale
Rapporto Informativo anno 2016

ELABORATO

GR RS 01184

Rev. 00



Mese	Vol (m ³)	³ H (KBq)	⁶⁰ Co (KBq)	¹³⁷ Cs (KBq)	⁵⁵ Fe+ ⁵⁹ Ni+ ⁶³ Ni (KBq)	⁹⁰ Sr (KBq)	α totali (KBq)	Totali (KBq)	Impegno formula di scarico (%)
Gennaio	1,23E+07	3,32E+04	< MDA	8,39E+00	< MDA	1,99E-01	4,13E-01	3,32E+04	2,59E-03
Febbraio	1,15E+07	3,10E+04	< MDA	1,13E+00	< MDA	1,86E-01	4,26E-01	3,10E+04	2,46E-03
Marzo	1,23E+07	3,32E+04	< MDA	2,22E+01	< MDA	1,99E-01	3,81E-01	3,32E+04	2,79E-03
Aprile	1,19E+07	3,99E+04	< MDA	1,42E+00	< MDA	4,04E-01	1,73E-02	3,99E+04	3,81E-04
Maggio	1,89E+07	6,35E+04	< MDA	5,51E+00	< MDA	6,43E-01	< MDA	6,35E+04	5,47E-04
Giugno	1,91E+07	6,41E+04	< MDA	8,26E-01	< MDA	6,49E-01	2,08E-01	6,41E+04	1,52E-03
Luglio	1,93E+07	5,46E+04	< MDA	1,31E+01	< MDA	< MDA	1,38E-01	5,46E+04	1,36E-03
Agosto	2,06E+07	5,81E+04	< MDA	8,16E+00	< MDA	< MDA	< MDA	5,81E+04	5,21E-04
Settembre	2,06E+07	5,82E+04	< MDA	8,94E+00	< MDA	< MDA	< MDA	5,82E+04	5,42E-04
Ottobre	2,10E+07	1,84E+04	< MDA	5,08E-01	< MDA	< MDA	< MDA	1,84E+04	1,10E-04
Novembre	1,92E+07	1,67E+04	< MDA	1,25E-01	< MDA	< MDA	3,84E-02	1,67E+04	2,94E-04
Dicembre	2,01E+07	1,76E+04	< MDA	1,02E+00	< MDA	< MDA	< MDA	1,76E+04	1,19E-04
TOTALI	2,07E+08	4,89E+05	0,00E+00	7,13E+01	0,00E+00	2,28E+00	1,62E+00	4,89E+05	1,32E-02
Composizione (%)		1,00E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		

(*) I dati riportati sono calcolati sulla base dei consuntivi

Tabella 2 - Rilasci aeriformi effettuati nel 2016 (*)

Il sistema informatico prevede la firma elettronica pertanto l'indicazione delle strutture e dei nominativi delle persone associate certifica l'avvenuto controllo. Elaborato del 30/03/2017 Pag. 9 di 44 GR RS 01184 rev. 00 Autorizzato

RAPPORTO

Programma di Sorveglianza della Radioattività Ambientale
Rapporto Informativo anno 2016

ELABORATO

GR RS 01184

Rev. 00



-	³ H (KBq)	¹³⁷ Cs (KBq)	⁶⁰ Co (KBq)	⁹⁰ Sr (KBq)	α totali (KBq)	⁶³ Ni (KBq)	⁵⁵ Fe (KBq)	⁵⁹ Ni (KBq)
Gennaio	1,89E+02	6,97E+01	5,19E+01	2,12E+00	9,78E-01	1,26E+01	2,18E+02	3,73E+02
Febbraio	-	-	-	-	-	-	-	-
Marzo	1,77E+02	5,43E+02	4,71E+01	4,72E+00	1,20E+00	1,16E+01	1,99E+02	4,76E+02
Aprile	2,17E+02	7,02E+02	1,53E+02	7,55E+00	1,32E+00	2,32E+01	2,37E+02	5,52E+02
Maggio	2,15E+02	6,42E+01	2,06E+01	3,38E+00	2,37E+00	1,61E+01	2,35E+02	5,49E+02
Giugno	1,57E+02	5,77E+01	2,62E+01	3,58E+00	2,41E+00	1,12E+01	2,27E+02	5,17E+02
Luglio	-	-	-	-	-	-	-	-
Agosto	1,92E+02	4,70E+01	4,13E+01	3,89E+00	2,43E+00	1,24E+01	2,40E+02	5,42E+02
Settembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-	-	-
Novembre	2,23E+02	4,81E+01	2,72E+01	2,00E+01	3,15E+00	1,47E+01	2,46E+02	5,24E+02
Dicembre	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabella 3 – Minima Attività Rilevabile (MDA) – Rilasci Liquidi

Il sistema informatico prevede la firma elettronica pertanto l'indicazione delle strutture e dei nominativi delle persone associate certifica l'avvenuto controllo. Elaborato del 30/03/2017 Pag. 10 di 44 GR RS 01184 rev. 00 Autorizzato

RAPPORTO

Programma di Sorveglianza della Radioattività Ambientale
Rapporto Informativo anno 2016

ELABORATO

GR RS 01184

Rev. 00



Mese	³ H (KBq)	⁶⁰ Co (KBq)	¹³⁷ Cs (KBq)	⁵⁵ Fe+ ⁵⁹ Ni+ ⁶³ Ni (KBq)	⁹⁰ Sr (KBq)	α totali (KBq)
Gennaio	5,90E+02	7,28E-01	9,02E-01	1,05E+00	2,67E-02	4,00E-01
Febbraio	5,52E+02	1,03E-01	1,21E-01	6,43E-01	2,50E-02	2,06E-01
Marzo	5,90E+02	7,41E-01	9,62E-01	5,44E+00	2,67E-02	3,76E+00
Aprile	1,05E+03	9,32E-02	1,20E-01	6,86E-01	4,69E-02	4,42E-01
Maggio	1,68E+03	1,22E+00	1,85E+00	1,52E+00	7,47E-02	7,41E-01
Giugno	1,69E+03	1,49E-01	2,17E-01	1,81E+00	7,54E-02	8,01E-01
Luglio	1,51E+03	2,17E-01	2,12E-01	1,25E+00	8,76E-02	8,23E-01
Agosto	1,60E+03	1,27E+00	2,09E+00	1,04E+00	9,34E-02	8,68E-01
Settembre	1,61E+03	9,43E-01	1,23E+00	1,70E+00	9,35E-02	8,78E-01
Ottobre	5,57E+02	1,61E-01	1,96E-01	1,69E+00	4,68E-02	8,49E-01
Novembre	5,08E+02	2,52E-02	3,22E-02	1,62E+00	4,26E-02	8,37E-01
Dicembre	5,32E+02	1,43E-01	1,97E-01	1,84E+00	4,47E-02	8,74E-01

Tabella 4 – Minima Attività Rilevabile (MDA) – Rilasci Aeriformi

Il sistema informatico prevede la firma elettronica pertanto l'indicazione delle strutture e dei nominativi delle persone associate certifica l'avvenuto controllo. Elaborato del 30/03/2017 Pag. 11 di 44 GR RS 01184 rev. 00 Autorizzato

RAPPORTO	ELABORATO
Programma di Sorveglianza della Radioattività Ambientale Rapporto Informativo anno 2016	GR RS 01184
	Rev. 00



6 STIME DI DOSE ALLA POPOLAZIONE

6.1 PREMESSA

Nel corso del 2001 è stata stipulata una convenzione tra la Sogin e DSA-Sun (Dipartimento di Scienze Ambientali – Seconda Università di Napoli) per una serie d'attività, tra le quali la ricerca riguardante la verifica dello stato del territorio circostante la Centrale con l'aggiornamento dei dati relativi ai gruppi di riferimento della popolazione, dovute alle mutate condizioni socioeconomiche dell'area e l'aggiornamento dei coefficienti Sv/Bq dettati dal D.Lgs. 241 del 26 maggio 2000.

Per i risultati completi di questa collaborazione si rimanda al documento di riferimento [9].

I risultati del lavoro effettuato dalla DSA-Sun hanno consentito di ridefinire di gruppi di gruppi di riferimento della popolazione ai fini delle valutazioni di dose derivanti dagli scarichi della centrale:

- il gruppo di riferimento “pescatori alla foce (n°15)” via critica è divenuta il pesce marino”,
- il gruppo di riferimento “contadini (con orto (n°744) ” via critica “carne”,
- il gruppo di riferimento “popolazione locale (n° 3507)” via critica “carne”.

RAPPORTO	ELABORATO
Programma di Sorveglianza della Radioattività Ambientale Rapporto Informativo anno 2016	GR RS 01184
	Rev. 00



6.2 DOSE DA EFFLUENTI LIQUIDI

Le valutazioni delle dosi ai gruppi di riferimento della popolazione, come sopra individuati, sono state effettuate con il codice di calcolo GenII 2.0 per Frames sulla base dei rilasci liquidi effettuati nel 2016 (vedi tabella n 1).

Le dosi annue ai gruppi critici della popolazione e le vie critiche sono riportate nella tabella sottostante.

Codice Frames		
Gruppo	Corpo intero μSv	Via critica
Pescatori alla foce	$2,4 \times 10^{-1}$	Pesce marino
Contadini con orto	$1,90 \times 10^{-2}$	Carne
Popolazione locale	$1,53 \times 10^{-2}$	Carne

6.3 DOSE DA EFFLUENTI AERIFORMI

Il calcolo delle dosi dovute agli effluenti aeriformi è stato effettuato mediante il programma di calcolo GenII 2.0 per Frames sulla base dei rilasci gassosi effettuati nel 2016 (vedi Tabella n 2).

Le dosi globali ai gruppi critici della popolazione, nel punto di massima ricaduta (dovute a ingestione di prodotti vegetali ed animali, inalazione, irraggiamento del suolo ed inalazione del materiale risospeso) sono risultate alcuni ordini di grandezza inferiori ad $1 \mu\text{Sv}$.

RAPPORTO	ELABORATO
Programma di Sorveglianza della Radioattività Ambientale Rapporto Informativo anno 2016	GR RS 01184
	Rev. 00



7 PROGRAMMA DI SORVEGLIANZA DELLA RADIOATTIVITA' AMBIENTALE

A seguire si riportano le tabelle contenenti i risultati delle misure relative all'anno 2016 effettuate in conformità al Programma della Sorveglianza della Radioattività Ambientale approvato da ISPRA [4].

In particolare, la sintesi del Programma di Sorveglianza Ambientale è descritta in Tabella 5, mentre i valori di Concentrazione di Minima Attività Rilevabile (MDC) sono riportati in Tabella 5/A.

Per una lettura esaustiva del programma di sorveglianza ambientale si rinvia ai documenti di riferimento [4] [5].

RAPPORTO

Programma di Sorveglianza della Radioattività Ambientale
Rapporto Informativo anno 2016

ELABORATO

GR RS 01184

Rev. 00



MATRICE	ARIA	ACQUA DI SUPERFICIE	PESCE DI FIUME	SABBIA DI MARE	SEDIMENTI	ACQUA DI MARE	ACQUA DI FALDA	TERRENO	ERBA	VEGETALI E FRUTTA	CARNE LATTE MOZZARELLA	PESCE DI MARE	MITILI	FALL-OUT	DOSE
N° campionamenti	4	12	1	4	10	2	16	6	6	5	4	1	1	1	4
Frequenza campionamento	Continua	Giornaliero Settimanale Semestrale	Sem.	Sem.	Sem.	Sem.	Sem.	Sem.	Sem.	Sem.	Sem.	Sem.	Sem.	Continuo	Continua
Frequenza analisi	Settimanale Mensile	Mensile Semestrale	Sem.	Sem.	Sem.	Sem.	Sem.	Sem.	Sem.	Sem.	Sem.	Sem.	Sem.	Mensile	Mensile
Tipologia di analisi	Beta totale + Spettrometria γ	Spett. γ	Spett. γ	Spett. γ	Spett. γ α totale, spett. α ,	Spett. γ	Spett. γ , spett. α , α totali, ^3H ^{90}Sr	Spett. γ	Spett. γ	Spett. γ	Spett. γ + Sr-90/ β totale su latte	Spett. γ	Spett. γ	^3H + Beta tot + Spett. γ	Letture dosimetri

Tabella 5: Sintesi del Programma della Sorveglianza della Radioattività Ambientale

Il sistema informatico prevede la firma elettronica pertanto l'indicazione delle strutture e dei nominativi delle persone associate certificate ha carattere di controllo. Elaborato dal 30/09/2017 Pag. 15 di 44 GR RS 01184 rev. 00

RAPPORTO	ELABORATO
Programma di Sorveglianza della Radioattività Ambientale Rapporto Informativo anno 2016	GR RS 01184
	Rev.00



8 CONCENTRAZIONE DI MINIMA ATTIVITA' RILEVABILE

Matrice	N° Punti di prelievo	Denominazione e/o ubicazione	Frequenza del prelievo	Frequenza di misura	Tipo di misura	MDC	Unità di misura
Aria	4	Capannine	Continuo	Settimanale Mensile	β totale ⁷ Be ⁶⁰ Co ¹³⁷ Cs ¹³⁴ Cs	1,82E-04 3,24E-04 6,17E-06 7,73E-06 7,01E-06	Bq/m³
Fall out	3	Nell'area del sito	Mensile	Mensile	β totale ⁷ Be ¹³⁷ Cs ¹³⁴ Cs ⁴⁰ K ⁶⁰ Co ³ H	5,25E-01 6,30E+00 1,09E+00 1,03E+00 3,15E+01 9,13E-01 3,07E+01	Bq/m²
Acqua di superficie	2	Canale scarico Opera di presa	Giornaliero Settimanale	Mensile Semestrale	⁴⁰ K ⁶⁰ Co ¹³⁷ Cs ¹³⁴ Cs	6,24E-02 1,58E-04 5,46E-03 2,03E-04	Bq/l
Terreno	6	Settore Nord-Est Settore Sud-Ovest	Semestrale	Semestrale	⁶⁰ Co ¹³⁷ Cs ¹³⁴ Cs ⁴⁰ K	2,32E-02 3,90E-02 5,35E-02 8,83E+00	Bq/Kg
Erba	6	Settore Nord-Est Settore Sud-Ovest	Semestrale	Semestrale	⁶⁰ Co ¹³⁷ Cs ¹³⁴ Cs ⁴⁰ K	6,23E-02 1,21E-01 1,26E-01 5,47E+01	Bq/Kg
Acqua di falda Pozzo Centrale	16	Pozzi piezometrici Pozzo Centrale	Semestrale	Semestrale	³ H ⁶⁰ Co ¹³⁷ Cs ¹³⁴ Cs ⁴⁰ K ⁹⁰ Sr α totale ²³⁸ Pu ^{239/240} Pu ²⁴¹ Am ²⁴⁴ Cm ²⁴¹ Pu	5,28E+00 1,97E-02 4,87E-01 3,93E-02 3,52E+00 4,57E-02 3,58E-02 1,99E-03 2,43E-03 4,87E-02 1,90E-03 1,03E+00	Bq/l
Sedimenti fluviali	2	F. Garigliano a monte sito	Semestrale	Semestrale	⁶⁰ Co ¹³⁷ Cs ¹³⁴ Cs ⁴⁰ K α totale	1,08E-02 2,19E-02 2,84E-02 6,17E+00 2,56E+01	Bq/Kg
	8	F. Garigliano a valle sito	Semestrale	Semestrale	²³⁸ Pu ^{239/240} Pu ²⁴¹ Am ²⁴⁴ Cm ²⁴¹ Pu	7,05E-02 5,45E-02 5,41E-01 2,39E-01 3,95E+01	
Sabbia di mare	4	Sabbia Mare Tirreno prossimità foce del fiume Garigliano	Semestrale	Semestrale	⁶⁰ Co ¹³⁷ Cs ¹³⁴ Cs ⁴⁰ K	1,27E-02 6,56E-02 3,21E-02 3,76E+00	Bq/Kg
Pesce di fiume Pesce di mare	2	Tratto di fiume a valle sito	Semestrale	Semestrale	⁶⁰ Co ¹³⁷ Cs ¹³⁴ Cs ⁴⁰ K	7,93E-03 9,91E-03 8,67E-03 1,43E+00	Bq/Kg
Mitili Golfo di Gaeta	1	Golfo di Gaeta	Semestrale	Semestrale	⁶⁰ Co ¹³⁷ Cs ¹³⁴ Cs ⁴⁰ K	3,52E-02 4,31E-02 3,65E-02 1,71E+00	Bq/Kg

RAPPORTO Programma di Sorveglianza della Radioattività Ambientale Rapporto Informativo anno 2016	ELABORATO GR RS 01184 Rev.00
---	--



Carne bovina Mozzarella	1	Rivenditore locale	Semestrale	Semestrale	⁶⁰ Co ¹³⁷ Cs ¹³⁴ Cs ⁴⁰ K	6,96E-03 7,06E-03 6,30E-03 6,40E+00	Bq/Kg
Latte bufala Latte mucca	1	Rivenditore locale	Semestrale	Semestrale	β totale ⁹⁰ Sr ⁶⁰ Co ¹³⁷ Cs ¹³⁴ Cs ⁴⁰ K	4,55E+00 2,23E-01 1,77E-02 2,32E-02 1,82E-02 6,52E-01	Bq/l
Acqua di mare	2	Acqua Mare Tirreno	Semestrale	Semestrale	⁶⁰ Co ¹³⁷ Cs ¹³⁴ Cs ⁴⁰ K	8,66E-03 1,36E-02 1,17E-02 9,92E+00	Bq/l
Acqua di fiume	8	A valle della Centrale	Semestrale	Semestrale			
	2	A monte della Diga di Suio	Semestrale	Semestrale			
Vegetali irrigati e frutta	5	Zone limitrofe la Centrale	Semestrale	Semestrale	⁶⁰ Co ¹³⁷ Cs ¹³⁴ Cs ⁴⁰ K	2,17E-03 8,37E-03 9,88E-03 2,80E+00	Bq/Kg

Tabella 5/A – Concentrazione di Minima Attività Rilevabile (MDC)

RAPPORTO	ELABORATO
Programma di Sorveglianza della Radioattività Ambientale Rapporto Informativo anno 2016	GR RS 01184
	Rev.00



9 RISULTATI DEI MONITORAGGI AMBIENTALI

9.1 MATRICE: ARIA

9.1.1 Dose gamma

9.1.1.1 Esiti dei controlli capannine radiometriche

La misura della dose ambientale è eseguita in continuo mediante l'uso di dosimetri a termoluminescenza. I dosimetri sono posti lungo la recinzione ad 1 metro di altezza dal suolo e sono sostituiti con frequenza mensile. Nella Tabella 6 si riportano i risultati delle misure integrate di dose gamma delle quattro Capannine Radiometriche.

Integrale di dose (μSv)				
Mese	Cap. n° 1	Cap. n° 2	Cap. n° 3	Cap. n° 4
Gennaio	80	80	56	105
Febbraio	81	61	95	114
Marzo	80	93	93	107
Aprile	132	126	124	160
Maggio	130	129	101	165
Giugno	93	91	97	126
Luglio	93	95	71	127
Agosto	69	64	104	141
Settembre	102	106	87	145
Ottobre	87	82	89	101
Novembre	132	132	136	127
Dicembre	121	126	123	160

Tabella 6 – Dose gamma – Capannine Radiometriche

RAPPORTO	ELABORATO
Programma di Sorveglianza della Radioattività Ambientale Rapporto Informativo anno 2016	GR RS 01184
	Rev.00



9.1.1.2 Esiti dei controlli radiometrici sul sito dell'impianto

I dati di cui al presente paragrafo, benché non riguardanti la radioattività ambientale e come tali non previsti dal relativo Programma di Sorveglianza Ambientale [4], attengono agli esiti dei controlli radiometrici sul sito dell'Impianto.

Nella Figura n. 1 mostrata di seguito, si riporta la mappa aggiornata relativa all'ubicazione dei dosimetri ubicati lungo la recinzione dell'Impianto.

Nella Tabella 7 si riportano i risultati dei controlli radiometrici relativi a dosimetri ubicati lungo la recinzione dell'Impianto per il rilievo della misura di dose con il metodo TLD come da documento di riferimento [10].

RAPPORTO

Programma di Sorveglianza della Radioattività Ambientale
Rapporto Informativo anno 2016

ELABORATO

GR RS 01184

Rev.00



Figura 1 - Ubicazione dei dosimetri lungo la recinzione dell’impianto

RAPPORTO

Programma di Sorveglianza della Radioattività Ambientale
Rapporto Informativo anno 2016

ELABORATO

GR RS 01184

Rev.00



Integrale di dose (μ Sv)

Mese	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Punto 8
Gennaio	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Febbraio	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Marzo	81	87	84	87	92	109	89	80
Aprile	118	133	133	132	127	147	134	118
Maggio	130	146	150	154	155	178	153	154
Giugno	99	112	111	110	111	117	110	102
Luglio	91	103	102	104	114	127	101	92
Agosto	103	116	119	110	113	124	112	101
Settembre	116	95	112	115	118	125	106	120
Ottobre	90	98	99	93	93	98	92	87
Novembre	127	136	139	136	144	160	141	130
Dicembre	120	129	124	128	140	157	139	125

n.d. non disponibile

Tabella 7 – Dosi gamma - Recinzione Impianto



9.1.2 Particolato in aria

Il particolato in aria è prelevato mediante aspirazione in continuo su filtri di carta (\varnothing 5,5 cm), in 4 postazioni fisse, ovvero le Capannine Radiometriche.

Con frequenza mensile sull'insieme dei filtri raccolti viene effettuata una spettrometria gamma.

La radioattività particellare β è misurata con frequenza bisettimanale con contatore β a flusso di gas a basso fondo mediante conteggio del filtro di carta.

Nella Tabella 8 sono riportati i risultati delle misure degli emettitori gamma relativi al primo semestre delle quattro capannine.

Nella Tabella 9 sono riportati i risultati delle misure degli emettitori gamma relativi al secondo semestre delle quattro capannine.

Nella Tabella 10 si riportano i risultati delle misure degli emettitori beta totali delle quattro capannine relativi al periodo Gennaio-Dicembre 2016.



Punto prelievo (ubicazione)	Periodo di prelievo	Risultati – Bq/m ³			
		¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁶⁰ Co	⁷ Be
Capannina n°1	Gennaio	< MDC	< MDC	< MDC	3,19E-02
	Febbraio	< MDC	< MDC	< MDC	3,56E-02
	Marzo	< MDC	< MDC	< MDC	2,57E-02
	Aprile	< MDC	< MDC	< MDC	5,78E-02
	Maggio	< MDC	< MDC	< MDC	5,19E-02
	Giugno	< MDC	< MDC	< MDC	5,20E-02
Capannina n°2	Gennaio	< MDC	< MDC	< MDC	3,82E-02
	Febbraio	< MDC	< MDC	< MDC	3,49E-02
	Marzo	< MDC	< MDC	< MDC	2,54E-02
	Aprile	< MDC	< MDC	< MDC	5,13E-02
	Maggio	< MDC	< MDC	< MDC	4,64E-02
	Giugno	< MDC	< MDC	< MDC	4,93E-02
Capannina n°3	Gennaio	< MDC	< MDC	< MDC	4,72E-02
	Febbraio	< MDC	< MDC	< MDC	3,64E-02
	Marzo	< MDC	< MDC	< MDC	3,13E-02
	Aprile	< MDC	< MDC	< MDC	5,71E-02
	Maggio	< MDC	< MDC	< MDC	5,66E-02
	Giugno	< MDC	< MDC	< MDC	4,53E-02
Capannina n°4	Gennaio	< MDC	< MDC	< MDC	3,30E-02
	Febbraio	< MDC	< MDC	< MDC	3,62E-02
	Marzo	< MDC	< MDC	< MDC	3,08E-02
	Aprile	< MDC	< MDC	< MDC	5,30E-02
	Maggio	< MDC	< MDC	< MDC	5,19E-02
	Giugno	< MDC	< MDC	< MDC	5,00E-02

**Tabella 8 – Matrice “Aria”
Spettrometria γ - 1°Semestre 2016**

RAPPORTO

Programma di Sorveglianza della Radioattività Ambientale
Rapporto Informativo anno 2016

ELABORATO

GR RS 01184

Rev.00



Punto prelievo (ubicazione)	Periodo di prelievo	Risultati – Bq/m ³			
		¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁶⁰ Co	⁷ Be
Capannina n°1	Luglio	< MDC	< MDC	< MDC	6,41E-02
	Agosto	< MDC	< MDC	< MDC	5,68E-02
	Settembre	< MDC	< MDC	< MDC	5,98E-02
	Ottobre	< MDC	< MDC	< MDC	9,26E-04
	Novembre	< MDC	< MDC	< MDC	9,07E-04
	Dicembre	< MDC	< MDC	< MDC	1,00E-03
Capannina n°2	Luglio	< MDC	< MDC	< MDC	6,77E-02
	Agosto	< MDC	< MDC	< MDC	4,58E-02
	Settembre	< MDC	< MDC	< MDC	5,67E-02
	Ottobre	< MDC	< MDC	< MDC	7,66E-04
	Novembre	< MDC	< MDC	< MDC	8,09E-04
	Dicembre	< MDC	< MDC	< MDC	1,18E-03
Capannina n°3	Luglio	< MDC	< MDC	< MDC	4,76E-02
	Agosto	< MDC	< MDC	< MDC	5,52E-02
	Settembre	< MDC	< MDC	< MDC	3,83E-02
	Ottobre	< MDC	< MDC	< MDC	9,67E-04
	Novembre	< MDC	< MDC	< MDC	8,14E-04
	Dicembre	< MDC	< MDC	< MDC	7,86E-04
Capannina n°4	Luglio	< MDC	< MDC	< MDC	6,70E-02
	Agosto	< MDC	< MDC	< MDC	5,33E-02
	Settembre	< MDC	< MDC	< MDC	1,20E-03
	Ottobre	< MDC	< MDC	< MDC	8,83E-04
	Novembre	< MDC	< MDC	< MDC	7,56E-04
	Dicembre	< MDC	< MDC	< MDC	3,54E-04

**Tabella 9 – Matrice “Aria”
Spettrometria γ 2°Semestre 2016**



Risultati beta totale – Bq/m ³				
Periodo di Prelievo	Cap.n°1	Cap.n°2	Cap.n°3	Cap.n°4
Gennaio	1,27E-03	9,14E-04	2,07E-03	7,38E-04
Febbraio	6,48E-04	5,50E-04	6,09E-04	5,30E-04
Marzo	5,32E-04	4,57E-04	5,22E-04	4,79E-04
Aprile	8,03E-04	8,14E-04	8,70E-04	7,93E-04
Maggio	5,64E-04	6,18E-04	6,34E-04	6,68E-04
Giugno	7,83E-04	8,77E-04	9,74E-04	8,08E-04
Luglio	1,07E-03	1,17E-03	1,38E-03	1,21E-03
Agosto	8,73E-04	9,58E-04	1,29E-03	9,43E-04
Settembre	1,20E-03	1,61E-03	1,35E-03	1,40E-03
Ottobre	1,01E-03	1,06E-03	1,27E-03	1,49E-03
Novembre	1,29E-03	7,62E-04	8,46E-04	8,73E-04
Dicembre	1,09E-03	1,08E-03	1,31E-03	1,11E-03

**Tabella 10 – Matrice “Aria”
Beta Totali**



9.2 MATRICE: FALL – OUT NELL’ACQUA PIOVANA

L’acqua piovana viene prelevata su tre punti nell’area della Centrale.

Sul campione integrale mensile viene effettuata una spettrometria gamma.

Su un’aliquota dell’integrale mensile viene determinata l’attività beta totale e l’attività del trizio.

I risultati radiometrici, in termini di deposizione al suolo, sono riportati nella Tabella 11.

Punto Prelievo (ubicazione)	Periodo di prelievo	Precipitazioni (mm)	Risultati (Bq/ m²)							
			β totale	⁷ Be	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁶⁰ Co	⁴⁰ K	³ H	
Area Centrale	Gennaio	4,86E+01	4,83E+00	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
	Febbraio	1,13E+02	4,08E+00	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
	Marzo	4,49E+01	2,89E+00	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
	Aprile	3,90E+01	3,60E+00	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
	Maggio	5,51E+01	2,52E+00	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
	Giugno	2,50E+01	1,29E+00	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
	Luglio	3,36E+01	1,89E+00	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
	Agosto	5,15E+00	1,32E+00	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
	Settembre	8,51E+01	5,04E+00	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
	Ottobre	1,52E+02	3,82E+00	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
	Novembre	1,31E+02	3,08E+00	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
	Dicembre	3,35E+01	3,72E+00	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC

Tabella 11 - Matrice "Acqua": (Fall-Out) Beta totale, Spettrometria γ e Trizio



9.3 MATRICE: SISTEMA FLUVIALE

9.3.1 Sedimenti e Acque Superficiali

I campioni vengono prelevati all'opera di presa, all'opera di scarico e al pozzo della Centrale.

All'opera di presa viene prelevato un campione settimanale di 4 litri per costituire un campione composito semestrale di 90 L. I risultati sono riportati nella Tabella 12.

Al canale di scarico tramite un sistema costituito da una pompa, un temporizzatore e un serbatoio di accumulo, l'acqua viene campionata con frequenza prefissata.

Dal serbatoio di accumulo si prelevano giornalmente 5 litri di acqua in modo da formare in un mese un campione integrale di circa 100 litri.

Il campione integrale di acqua viene successivamente trattato mediante passaggio su resine cationiche forti sulle quali viene effettuata la successiva spettrometria gamma.

Semestralmente, vengono prelevati 8 campioni di sedimenti e 8 campioni di acqua di fiume, a valle dell'opera di scarico; le zone sono nominate A, B, C, D, E, F, G, H.

Inoltre, vengono prelevati 2 campioni di sedimenti e 2 campioni di acqua di fiume a monte della diga di Suio, lato Lazio (N) e lato Campania (O).

Tutti i sedimenti, dopo pretrattamento, vengono analizzati mediante spettrometria gamma; inoltre, sui sedimenti N, O, C, D, F, G e H si effettua la determinazione degli alfa-totali, mentre sui sedimenti A, B ed E si effettua la spettroscopia alfa.

I risultati di spettrometria gamma sono riportati nelle Tabelle 13 e 15 mentre i risultati dei controlli di spettroscopia alfa e di misura degli alfa totali sono riportati nella Tabella 14.

La presenza del ^{137}Cs nei campioni prelevati a monte dell'impianto è imputabile all'incidente di Chernobyl.



Punto prelievo (ubicazione)	Periodo di prelievo	Risultati Bq/l			
		⁶⁰ Co	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs
Opera di Presa della Centrale	1°Semestre	< MDC	9,26E-02	< MDC	< MDC
	2°Semestre	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
Canale di Scarico della Centrale	Gennaio	< MDC	< MDC	1,09E-01	< MDC
	Febbraio	< MDC	< MDC	6,88E-02	< MDC
	Marzo	< MDC	< MDC	3,35E-02	< MDC
	Aprile	< MDC	< MDC	1,81E-01	< MDC
	Maggio	< MDC	< MDC	5,48E-03	< MDC
	Giugno	< MDC	< MDC	4,24E-02	< MDC
	Luglio	< MDC	< MDC	3,13E-02	< MDC
	Agosto	< MDC	< MDC	1,76E-01	< MDC
	Settembre	< MDC	< MDC	4,44E-02	< MDC
	Ottobre	< MDC	< MDC	1,06E-02	< MDC
	Novembre	< MDC	< MDC	5,73E-03	< MDC
	Dicembre	< MDC	8,52E-02	1,84E-02	< MDC

**Tabella 12 - Matrice "Acqua" (Opera di Presa e Restituzione)
Spettrometria γ**

RAPPORTO

Programma di Sorveglianza della Radioattività Ambientale
Rapporto Informativo anno 2016

ELABORATO

GR RS 01184

Rev.00



Punto prelievo	Periodo di prelievo	Identificazione campione	Risultati Bq/kg			
			⁶⁰ Co	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
Fiume Garigliano monte Centrale sbarramento Suio	1° Semestre	N (Riva Lazio)	< MDC	< MDC	1,07E+00	3,69E+02
		O (Riva Campania)	< MDC	< MDC	4,40E-01	8,63E+01
	2° Semestre	N (Riva Lazio)	< MDC	< MDC	4,48E-01	7,01E+01
		O (Riva Campania)	< MDC	< MDC	4,38E-01	7,20E+01
Fiume Garigliano a valle della Centrale	1° Semestre	A	< MDC	< MDC	9,25E-01	2,49E+02
		B	< MDC	< MDC	3,49E-01	7,79E+01
		C	< MDC	< MDC	1,12E+00	1,22E+01
		D	< MDC	< MDC	1,47E+00	3,04E+02
		E	< MDC	< MDC	4,43E-01	8,42E+01
		F	< MDC	< MDC	5,34E+00	1,16E+03
		G	< MDC	< MDC	8,95E+00	1,48E+03
		H	< MDC	< MDC	1,17E+00	2,07E+03
	2° Semestre	A	< MDC	< MDC	2,68E-01	8,61E+01
		B	< MDC	< MDC	1,40E+01	1,07E+02
		C	< MDC	< MDC	3,82E-01	9,67E+01
		D	< MDC	< MDC	1,35E-01	8,43E+01
		E	< MDC	< MDC	< MDC	7,33E+01
		F	< MDC	< MDC	7,55E-01	8,74E+01
		G	< MDC	< MDC	2,05E-01	1,10E+02
		H	< MDC	< MDC	5,60E-02	9,02E+01

**Tabella 13 – Matrice "Sedimenti fluviali" (fiume-mare)
Spettrometria γ**



Punto prelievo (ubicazione)	Periodo di prelievo	Identificazione Campione	Risultati Bq/kg					α - totali
			spettroscopia - α					
			²³⁸ Pu	^{239/240} Pu	²⁴¹ Pu	²⁴¹ Am	²⁴⁴ Cm	
Fiume Garigliano a valle della Centrale	1° Semestre	A	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	--
		B	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	--
		C	--	--	--	--	--	1,28E+02
		D	--	--	--	--	--	2,83E+02
		E	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	--
		F	--	--	--	--	--	2,21E+02
		G	--	--	--	--	--	3,97E+02
		H	--	--	--	--	--	6,31E+01
Fiume Garigliano a valle della Centrale	2° Semestre	A	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	--
		B	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	--
		C	--	--	--	--	--	1,54E+02
		D	--	--	--	--	--	1,30E+02
		E	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	--
		F	--	--	--	--	--	1,83E+02
		G	--	--	--	--	--	2,04E+02
		H	--	--	--	--	--	7,29E+01
Fiume Garigliano monte Centrale sbarramento Suio	1° Semestre	N (Riva Lazio)	--	--	--	--	--	4,26E+02
		O (Riva Campania)	--	--	--	--	--	3,71E+02
	2° Semestre	N (Riva Lazio)	--	--	--	--	--	3,89E+02
		O (Riva Campania)	--	--	--	--	--	4,05E+02

**Tabella 14 – Matrice "Sedimenti fluviali " (fiume-mare)
Spettroscopia α ed α totali**

RAPPORTO

Programma di Sorveglianza della Radioattività Ambientale
Rapporto Informativo anno 2016

ELABORATO

GR RS 01184

Rev.00



Punto prelievo (ubicazione)	Periodo di prelievo	Identificazione campione	Risultati Bq/l			
			⁶⁰ Co	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
Fiume Garigliano a valle della Centrale	1° Semestre	A	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
		B	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
		C	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
		D	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
		E	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
		F	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
		G	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
		H	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
Fiume Garigliano a valle della Centrale	2° Semestre	A	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
		B	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
		C	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
		D	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
		E	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
		F	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
		G	< MDC	< MDC	< MDC	1,86E+00
		H	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
Fiume Garigliano monte Centrale sbarramento Suio	1° Semestre	N (Riva Lazio)	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
		O (Riva Campania)	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
	2° Semestre	N (Riva Lazio)	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
		O (Riva Campania)	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC

**Tabella 15 - Matrice " Acqua di fiume"
Spettrometria γ**



9.3.2 Pesce di fiume

Il pescato, prelevato nel tratto di fiume a valle dell'Impianto, viene analizzato con frequenza semestrale.

La parte edule dei campioni viene incenerita e successivamente sottoposta a spettrometria gamma.

I risultati dei controlli eseguiti sono riportati nella Tabella 16.

Punto prelievo (ubicazione)	Periodo di prelievo	Risultati Bq/kg			
		⁶⁰ Co	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
Fiume Garigliano	1° Semestre	< MDC	< MDC	< MDC	6,07E+01
Fiume Garigliano	2° Semestre	< MDC	< MDC	< MDC	1,57E+01

**Tabella 16 - Matrice "Pesce" (fiume)
Spettrometria γ**



9.4 MATRICE: SUOLO E SOTTOSUOLO

9.4.1 Terreno ed Erba

Semestralmente sono prelevati 6 campioni di terreno e 6 campioni di erba nella direzione del vento (Nord-Est/Sud-Ovest) a diverse distanze della centrale (500m, 2000m, 5000m). Su tutti i campioni viene effettuata la misura di spettrometria gamma.

I risultati dei controlli eseguiti sui suddetti campioni sono riportati, rispettivamente, nelle Tabelle 17 e 18.

Periodo di prelievo	Zona di prelievo	Punto di prelievo	Distanza dalla Centrale	Risultati Bq/Kg			
				⁶⁰ Co	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs
1° semestre	Settore Nord-Est	N 41°15' 41,92" E 13° 50' 20,05"	500 m	< MDC	6,36E+02	1,98E+00	< MDC
		N 41°16' 16,25" E 13° 51' 5,73"	2000 m	< MDC	2,42E+02	8,18E-01	< MDC
		N 41°17' 24,88" E 13° 52' 37,12"	5000 m	< MDC	6,32E+02	1,86E+00	< MDC
	Settore Sud-Ovest	N 41°15' 19,04" E 13° 49' 49,60"	500 m	< MDC	4,08E+02	2,33E+00	< MDC
		N 41°14' 44,70" E 13° 49' 3,95"	2000 m	< MDC	1,74E+02	9,28E-01	< MDC
		N 41°13' 36,02" E 13° 47' 32,68"	5000 m	< MDC	2,74E+03	4,13E+00	< MDC
2° semestre	Settore Nord-Est	N 41°15' 41,92" E 13° 50' 20,05"	500 m	< MDC	1,88E+02	5,05E-01	< MDC
		N 41°16' 16,25" E 13° 51' 5,73"	2000 m	< MDC	2,03E+02	6,84E-01	< MDC
		N 41°17' 24,88" E 13° 52' 37,12"	5000 m	< MDC	3,11E+03	9,28E+00	< MDC
	Settore Sud-Ovest	N 41°15' 19,04" E 13° 49' 49,60"	500 m	< MDC	1,06E+03	5,72E+00	< MDC
		N 41°14' 44,70" E 13° 49' 3,95"	2000 m	< MDC	2,80E+03	8,00E+00	< MDC
		N 41°13' 36,02" E 13° 47' 32,68"	5000 m	< MDC	3,32E+03	5,57E+00	< MDC

**Tabella 17 - Matrice "Terreno"
Spettrometria γ**

RAPPORTO

Programma di Sorveglianza della Radioattività Ambientale
Rapporto Informativo anno 2016

ELABORATO

GR RS 01184

Rev.00



Periodo di prelievo	Zona di prelievo	Punto di prelievo	Distanza dalla Centrale	Risultati Bq/Kg			
				⁶⁰ Co	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs
1° semestre	Settore Nord-Est	N 41°16' 48,01" E 13° 50' 8,15"	500 m	< MDC	8,25E+02	< MDC	< MDC
		N 41°16' 14,93" E 13° 50' 5,10"	2000 m	< MDC	7,24E+01	< MDC	< MDC
		N 41°16' 20,06" E 13° 50' 46,11"	5000 m	< MDC	8,20E+02	< MDC	< MDC
	Settore Sud-Ovest	N 41°15' 18,34" E 13° 50' 40,15"	500 m	< MDC	3,81E+02	< MDC	< MDC
		N 41°15' 34,55" E 13° 40' 21,11"	2000 m	< MDC	1,21E+02	< MDC	< MDC
		N 41°14' 10,80" E 13° 49' 9,45"	5000 m	< MDC	2,04E+03	< MDC	< MDC
2° semestre	Settore Nord-Est	N 41°16' 48,01" E 13° 50' 8,15"	500 m	< MDC	1,01E+02	< MDC	< MDC
		N 41°16' 14,93" E 13° 50' 5,10"	2000 m	< MDC	1,31E+03	< MDC	< MDC
		N 41°16' 20,06" E 13° 50' 46,11"	5000 m	< MDC	1,00E+03	< MDC	< MDC
	Settore Sud-Ovest	N 41°15' 18,34" E 13° 50' 40,15"	500 m	< MDC	1,28E+02	< MDC	< MDC
		N 41°15' 34,55" E 13° 40' 21,11"	2000 m	< MDC	4,56E+02	< MDC	< MDC
		N 41°14' 10,80" E 13° 49' 9,45"	5000 m	< MDC	2,14E+03	< MDC	< MDC

**Tabella 18 - Matrice "Erba"
Spettrometria γ**



9.4.2 Acqua di Falda

I campioni vengono prelevati in 15 pozzi piezometrici situati attorno all'impianto mediante campionamento statico e dal pozzo della Centrale.

Semestralmente viene effettuata un'analisi di spettrometria gamma e determinazione dell'attività del trizio in ciascuno dei 15 piezometri.

Sui piezometri P1, P3, P4, P5, P7 viene effettuata la spettroscopia alfa e la determinazione dello Sr-90.

Sui piezometri P2, P6, P8, P9, P12, P13, P14, P16B, P17, P18 viene effettuata la determinazione degli alfa-totali.

I risultati dei controlli eseguiti sui suddetti campioni sono riportati nelle Tabelle 19 e 20.

Inoltre, dal pozzo della Centrale viene prelevato semestralmente un campione rappresentativo sul quale si effettuano misure per la determinazione di gamma emettitori, determinazione dell'attività del trizio, spettrometria alfa e misura dello Sr-90. I risultati sono riportati nella Tabella 21.

RAPPORTO

Programma di Sorveglianza della Radioattività Ambientale
Rapporto Informativo anno 2016

ELABORATO

GR RS 01184

Rev.00



Il sistema informatico prevede la firma elettronica pertanto l'indicazione delle strutture e dei nominativi delle persone associate, certificata, l'invio al controllo. Elaborato dal 20/03/2017, Pag. 36 di 44, G.R. RS 01184 rev. 00, Autorizzato

N° del pozzetto	Risultati Bq/l										
	⁶⁰ Co		⁴⁰ K		¹³⁷ Cs		¹³⁴ Cs		³ H		
	1°sem	2°sem	1°sem	2°sem	1°sem	2°sem	1°sem	2°sem	1°sem	2°sem	
1	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
2	< MDC	< MDC	< MDC	6,11E+01	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
3	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
4	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
5	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
6	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
7	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
8	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
9	< MDC	< MDC	< MDC	1,27E+01	1,09E+00	8,61E-01	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
12	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
13	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
14	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
16 B	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
17	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
18	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC

Tabella 19 - Matrice "Acqua" (Pozzetti Piezometrici) - Spettrometria γ e Trizio



Periodo di Prelievo	N° pozzetto	Risultati (Bq/l)						
		Spettroscopia - α					⁹⁰ Sr	α totali
		²⁴¹ Pu	^{239/240} Pu	²³⁸ Pu	²⁴¹ Am	²⁴⁴ Cm		
1° Semestre	1	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	-
	2	-	-	-	-	-	-	< MDC
	3	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	-
	4	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	-
	5	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	-
	6	-	-	-	-	-	-	9,17E-02
	7	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	-
	8	-	-	-	-	-	-	< MDC
	9	-	-	-	-	-	-	< MDC
	12	-	-	-	-	-	-	< MDC
	13	-	-	-	-	-	-	< MDC
	14	-	-	-	-	-	-	4,08E-02
	16 B	-	-	-	-	-	-	< MDC
	17	-	-	-	-	-	-	8,68E-02
18	-	-	-	-	-	-	< MDC	
2° Semestre	1	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	-
	2	-	-	-	-	-	-	< MDC
	3	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	-
	4	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	-
	5	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	-
	6	-	-	-	-	-	-	5,72E-02
	7	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	-
	8	-	-	-	-	-	-	< MDC
	9	-	-	-	-	-	-	< MDC
	12	-	-	-	-	-	-	< MDC
	13	-	-	-	-	-	-	< MDC
	14	-	-	-	-	-	-	6,33E-02
	16 B	-	-	-	-	-	-	< MDC
	17	-	-	-	-	-	-	3,85E-02
18	-	-	-	-	-	-	< MDC	

**Tabella 20 - Matrice "Acqua" Pozzetti Piezometrici
Spettroscopia α, Sr-90 e α totali**

RAPPORTO

Programma di Sorveglianza della Radioattività Ambientale
Rapporto Informativo anno 2016

ELABORATO

GR RS 01184

Rev.00



Punto prelievo	Periodo di prelievo	Risultati Bq/l									
		⁶⁰ Co	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	³ H	spettroscopia- α				⁹⁰ Sr
							^{238-239/240} Pu	²⁴¹ Am	²⁴⁴ Cm	²⁴¹ Pu	
Pozzo Centrale	1° Semestre	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
	2° Semestre	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC

**Tabella 21 - Matrice "Acqua" (Pozzo di Centrale)
Spettrometria γ, Trizio, Spettroscopia α e Sr-90**

Il sistema informatico prevede la firma elettronica pertanto l'indicazione delle strutture e dei nominativi delle persone associate certifica l'avvenuto controllo. Elaborato del 30/03/2017 Pag. 38 di 44 GR RS 01184 rev. 00 Autorizzato



9.5 SISTEMA ANTROPICO COMPARTO AGRO-ZOOTECNICO

9.5.1 Vegetali irrigati e Frutta

Semestralmente sono prelevati almeno 5 campioni di frutta e/o vegetali nell'area circostante alla Centrale ad una distanza di 2000 m e dopo pretrattamento sono sottoposti a spettrometria gamma.

I risultati dei controlli eseguiti sono riportati nella Tabella 22.

Punto di prelievo	Periodo di prelievo	Tipo di campione	Risultati Bq/kg			
			⁶⁰ Co	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
Zone limitrofe la Centrale	1° Semestre	Insalata	< MDC	< MDC	< MDC	5,09E+01
		Finocchi	< MDC	< MDC	< MDC	4,43E+01
		Pesche	< MDC	< MDC	< MDC	1,23E+02
		Fagiolini	< MDC	< MDC	< MDC	3,79E+02
		Albicocche	< MDC	< MDC	< MDC	1,67E+01
	2° Semestre	Melanzane	< MDC	< MDC	< MDC	1,08E+01
		Mandarini	< MDC	< MDC	< MDC	9,49E+00
		Broccoli	< MDC	< MDC	< MDC	1,57E+01
		Mele	< MDC	< MDC	< MDC	6,16E+00
		Scarola	< MDC	< MDC	< MDC	1,64E+01

**Tabella 22 - Matrice "Frutta e Verdura"
Spettrometria γ**

Il sistema informatico prevede la firma elettronica pertanto l'indicazione delle strutture e dei nominativi delle persone associate certifica l'avvenuto controllo. Elaborato del 30/03/2017 Pag. 39 di 44 GR RS 01184 rev. 00 Autorizzato



9.5.2 Carne Bovina e Latte

Semestralmente sono reperiti in masserie ubicate nell' area circostante la Centrale:

- N°1 campione di carne bovina
- N°1 campione di latte di mucca
- N°1 campione di latte di bufala
- N°1 campione di mozzarella

Su tutti i campioni viene effettuata la spettrometria gamma. Inoltre, sui campioni di latte viene effettuata la determinazione di Sr-90 e beta-totale.

I risultati dei controlli eseguiti sui suddetti campioni sono riportati nella Tabella 23.

Punto di prelievo	Periodo di prelievo	Tipo di campione	Risultati (Bq/kg)					
			⁶⁰ Co	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K	⁹⁰ Sr	β- tot
Località Torre Fienile	1° Semestre	Latte mucca (Bq/l)	< MDC	< MDC	< MDC	1,43E+02	< MDC	7,82E+01
		Latte bufala (Bq/l)	< MDC	< MDC	< MDC	1,18E+02	< MDC	3,44E+01
	2° Semestre	Latte mucca (Bq/l)	< MDC	< MDC	< MDC	1,02E+01	< MDC	4,83E+01
		Latte bufala (Bq/l)	< MDC	< MDC	< MDC	6,46E+00	< MDC	4,34E+01
Rivenditore Locale	1° Semestre	Mozzarella (Bq/kg)	< MDC	< MDC	< MDC	1,65E+01		
	2° Semestre		< MDC	< MDC	< MDC	7,62E-01		
Presso Macelleria Locale	1° Semestre	Carne bovina (Bq/kg)	< MDC	< MDC	< MDC	3,47E+02		
	2° Semestre		< MDC	< MDC	< MDC	1,85E+01		

Tabella 23 - Matrice " Mozzarella - Latte mucca e bufala - Carne " Spettrometria γ, Sr-90 e β totali



9.6 SISTEMA DI TRANSIZIONE: FIUME GARIGLIANO/MARE

9.6.1 Sabbia ed Acqua di Mare

Semestralmente sono prelevati 4 campioni di sabbia di mare in prossimità della foce del Garigliano, (2 lato Lazio e 2 lato Campania).

Le zone di prelievo sono denominate L, M, P, Q.

Semestralmente, sono prelevati anche 2 campioni di acqua di mare. Le zone di prelievo sono denominate L e M.

I campioni sono sottoposti a spettrometria gamma. I risultati dei controlli eseguiti sui suddetti campioni sono riportati nelle Tabella 24 e 25.

Punto prelievo (ubicazione)	Periodo di prelievo	Identificazione campione	Risultati (Bq/kg)			
			⁶⁰ Co	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
Sabbia Mare Tirreno prossimità foce del fiume Garigliano	1° Semestre	L Foce Fiume Lato Lazio	< MDC	< MDC	1,09E-01	2,16E+02
		Q 1km dalla Foce Lato Lazio	< MDC	< MDC	6,83E-02	1,36E+02
		M Foce Fiume Lato Campania	< MDC	< MDC	3,40E-01	4,91E+02
		P 1km dalla Foce Lato Campania	< MDC	< MDC	6,21E-01	1,08E+03
	2° Semestre	L Foce Fiume Lato Lazio	< MDC	< MDC	< MDC	3,21E+02
		Q 1km dalla Foce Lato Lazio	< MDC	< MDC	1,96E-01	4,98E+02
		M Foce Fiume Lato Campania	< MDC	< MDC	3,74E-01	6,55E+02
		P 1km dalla Foce Lato Campania	< MDC	< MDC	< MDC	4,35E+01

Tabella 24 - Matrice " Sabbia di mare " Spettrometria γ

RAPPORTO

Programma di Sorveglianza della Radioattività Ambientale
Rapporto Informativo anno 2016

ELABORATO**GR RS 01184**

Rev.00



Punto di prelievo	Periodo di prelievo	Identificazione campione	Risultati (Bq/l)			
			⁶⁰ Co	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
Acqua Mare Tirreno	1° Semestre	L	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC
		M	< MDC	< MDC	< MDC	3,64E+01
Acqua Mare Tirreno	2° Semestre	L	< MDC	< MDC	< MDC	5,26E+01
		M	< MDC	< MDC	< MDC	1,71E+01

Tabella 25 - Matrice " Acqua di mare" Spettrometria γ



9.6.2 Pesce di Mare e Mitili

Il pescato, prelevato nel golfo di Gaeta, viene analizzato con frequenza semestrale.

La parte edule dei campioni viene incenerita e successivamente sottoposta a spettrometria gamma.

I risultati dei controlli eseguiti sui suddetti campioni sono riportati nelle Tabella 26 e 27.

Punto prelievo	Periodo di prelievo	Identificazione campione	Risultati Bq/kg			
			⁶⁰ Co	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
Golfo di Gaeta	1° Semestre	Pesce	< MDC	< MDC	< MDC	9,12E+01
	2° Semestre	Pesce	< MDC	< MDC	< MDC	1,62E+01

**Tabella 26 - Matrice "Pesce" (Mare)
Spettrometria γ**

Punto prelievo1	Periodo di prelievo	Identificazione campione	Risultati Bq/kg			
			⁶⁰ Co	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
Golfo di Gaeta	1° Semestre	Mitili	< MDC	< MDC	< MDC	9,30E+01
	2° Semestre	Mitili	< MDC	< MDC	< MDC	5,17E+00

**Tabella 27 - Matrice "Mitili" (Mare)
Spettrometria γ**

RAPPORTO Programma di Sorveglianza della Radioattività Ambientale Rapporto Informativo anno 2016	ELABORATO GR RS 01184 Rev.00
--	--



10 CONCLUSIONI

La Centrale del Garigliano nell'anno 2016 ha rilasciato:

- 3,77E+05 KBq in liquidi radioattivi, equivalente a circa lo 0,18% del limite di rilascio permesso nell'anno dalle formule di scarico;
- 4,89E+05 KBq in effluenti aeriformi, equivalente a circa lo 0,0132% del limite di rilascio permesso nell'anno dalle formule di scarico.

I valori della Concentrazione di Minima Attività Rilevabile relativi all'analisi degli effluenti liquidi e aeriformi sono riportati, rispettivamente, nelle tabelle 3 e 4.

Le dosi, ai gruppi critici della popolazione, conseguenti agli esigui rilasci effettuati risultano, pertanto, del tutto trascurabili o nulle poiché comprese nell'oscillazione statistica del fondo naturale e ambientale dell'area.

I risultati delle analisi effettuate sui vari campioni ambientali hanno confermato che l'impatto della Centrale sull'ambiente esterno è stato del tutto trascurabile o nullo.