

DIPARTIMENTO TEMATICO RADIAZIONI



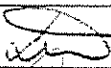

Struttura Semplice Siti Nucleari

MONITORAGGIO RADIOLOGICO DELL'ACQUA DI FALDA SUPERFICIALE PRESSO

IL SITO NUCLEARE DI SALUGGIA (VC).

III quadrimestre 2011

Relazione tecnica n. 1/SS21.02/2012

Redazione	Funzione: Responsabile SS Siti Nucleari	Data: 09-03-2012	Firma: 
	Nome: Laura Porzio		
	Funzione: Componente SS Siti Nucleari	Data: 09/03/12	Firma: 
	Nome: Luca Albertone		
Verifica	Funzione: Responsabile SS Siti Nucleari	Data: 09-03-2012	Firma: 
	Nome: Laura Porzio		
Approvazione	Funzione: Responsabile Dipartimento Tematico Radiazioni	Data: 16/03/12	Firma: 
	Nome: Giovanni d'Amore		



ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Tematico Radiazioni

Via Jarvis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 01256453584 - Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017 -E-mail SC21@arpa.piemonte.it

Struttura Semplice Siti Nucleari

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850

INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	I LIMITI DI LEGGE	3
3.	STRUMENTAZIONE DI MISURA UTILIZZATA	4
4.	METODOLOGIA DI MISURA	4
5.	CONTROLLI EFFETTUATI E RISULTATI DELLE MISURE	5
6.	VALUTAZIONI DI RADIOPROTEZIONE	12
7.	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	14

1. PREMESSA

Presso il sito nucleare di Saluggia (VC) continua il monitoraggio radiologico dell'acqua di falda superficiale secondo il programma di campionamento concordato con la Regione Piemonte e condiviso dal Tavolo Tecnico istituito presso la Regione Piemonte stessa. In questa relazione sono riportati i risultati delle misure relative al III quadrimestre 2011.

Le strategie di monitoraggio e controllo messe in atto da Arpa Piemonte sono concordate e condivise con ISPRA.

2. I LIMITI DI LEGGE

La normativa di riferimento (D. Lgs. 230/95 e ss.mm.ii.) pone dei valori limite sulla grandezza fisica "dose efficace" E, data dalla somma delle dosi efficaci ricevute per esposizione esterna e impegnate per inalazione o per ingestione a seguito dell'introduzione di radionuclidi verificatesi nel periodo di riferimento. Il limite di dose efficace E per gli individui della popolazione è stabilito in 1 mSv per anno solare. Inoltre è fissato in 10 μ Sv per anno solare il limite per la non rilevanza radiologica: al di sotto di tale soglia si può ritenere del tutto trascurabile l'impatto radiologico.

I limiti fissati dalla normativa non sono direttamente confrontabili con i risultati analitici, che forniscono dei valori di contaminazione, dal momento che si tratta di grandezze fisiche di natura diversa. Pertanto, al fine di disporre di uno strumento operativo immediato ed efficace, sono stati ricavati dei livelli di riferimento per le concentrazioni nelle varie matrici.

In particolare sono stati determinati:

- a. **valori soglia di concentrazione** (di seguito indicati con **R**), che comportano il raggiungimento del limite di dose efficace pari a 1 mSv per anno.
Questo significa, per esempio, che avendo valutato che il *valore soglia di concentrazione* per lo Sr-90 nell'acqua potabile è pari a 29 Bq/l, consumando per un anno intero acqua con una concentrazione di Sr-90 di 29 Bq/l, un individuo della popolazione raggiungerebbe il limite di dose stabilito in 1 mSv per anno.

Concentrazione in una matrice (Bq/kg, Bq/m³ ecc) = **R**



Dose efficace = 1 mSv per anno

- b. **valori soglia di concentrazione per la non rilevanza radiologica** (indicati con **R_{non rilevanza}**), che comportano il raggiungimento del limite per la non rilevanza radiologica pari a 10 μ Sv per anno.
Questo significa, per esempio, che avendo valutato che il *valore soglia di concentrazione per la non rilevanza radiologica* per lo Sr-90 nell'acqua potabile è pari a 0,29 Bq/l, consumando per un anno intero acqua potabile con una concentrazione di Sr-90 di 0,29 Bq/l, un individuo della popolazione raggiungerebbe il limite di dose stabilito in 10 μ Sv (pari a 0,01 mSv) per anno.

Concentrazione in una matrice (Bq/kg, Bq/m³ ecc) =
R_{non rilevanza}



Dose efficace = 10 μ Sv per anno

Per facilità di consultazione vengono di seguito riassunti i valori soglia adottati per l'ingestione di acqua contaminata da Sr-90.

ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Tematico Radiazioni

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 01256453584 - Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017 -E-mail: SC21@arpa.piemonte.it

Struttura Semplice Siti Nucleari

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850

	Valore limite	Valore soglia di concentrazione (Bq/l)
Dose non rilevanza radiologica	0,01 mSv per anno solare	0,29
Limite dose efficace D. Lgs. 2 febbraio 2001 n. 31	0,1 mSv per anno solare	2,9
Limite dose popolazione	1 mSv per anno solare	29

Per quanto riguarda l'acqua potabile inoltre il D. Lgs. 2 febbraio 2001 n. 31 Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano fissa in 100 Bq/kg il valore limite per H-3 e in 0,1 mSv/anno per anno la dose totale indicativa – ad eccezione di H-3, K-40, radon e prodotti di decadimento del radon – a cui corrispondono, secondo le indicazioni dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, i valori di screening di seguito riportati.

Valori di screening S in Bq/kg	
	Acqua potabile
α totale	0,5
β totale	1,0

Si rileva che, essendo lo Sr-90 un radionuclide beta emettitore, il valore di screening relativo alla radioattività β totale di 1,0 Bq/kg, tiene conto anche della presenza nell'acqua potabile di questo isotopo radioattivo.

3. STRUMENTAZIONE DI MISURA UTILIZZATA

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

- Catena spettrometrica gamma con rivelatore al germanio iperpuro di tipo p o di tipo n e software di elaborazione ORTEC "Gamma Vision - versione 6";
- Contatore a scintillazione liquida Wallac mod. Winspectral 1414;
- Contatore proporzionale a flusso di gas Berthold mod. LB 770.

4. METODOLOGIA DI MISURA

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

- U.RP.M755: "Determinazione di H-3 in acqua" – 3H-04-RC, Vol. 1 HASL-300, 28th edition Rev.0-February 1997 Tritium in water-liquid scintillation counting – metodo esterno non normalizzato;
- U.RP.M756: "Determinazione di Sr-89 e Sr-90 in acqua" – Eichrom technologies, Inc. SWR01 rev. 1.4. – metodo interno;
- U.RP.M795: "Determinazione dell'attività alfa totale e beta totale in acqua mediante contatore proporzionale a flusso di gas" – EPA METHOD 9310 rev. 0/1986 - Gross alpha and gross beta – metodo esterno non normalizzato;
- U.RP.M754: "Determinazione di Americio, Plutonio, Uranio in suolo sedimento e fango" – Eichrom Technologies, Inc. ACW03 rev. 2.1 Americium, Plutonium and Uranium in Water per determinazione. Eichrom Technologies, Inc. ACS07 rev. 1.5 Uranium in soil punto 7.1 per preparazione campione – metodo esterno non normalizzato;

ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Tematico Radiazioni

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 01256453584 - Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017 - E-mail: SC21@arpa.piemonte.it

Struttura Semplice Siti Nucleari

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850

- U.RP.M827: “Spettrometria gamma ad alta risoluzione” – metodo interno.

Arpa Piemonte è accreditata ISO 17025 (certificato ACCREDIA n. 0203 rev. 4) - Metodi accreditati: U.RP.M827 “Spettrometria gamma ad alta risoluzione”, U.RP.M756 “Determinazione di Sr-89 e Sr-90 in acqua” e U.RP.M795 “Determinazione dell'attività alfa totale e beta totale in acqua mediante contatore proporzionale a flusso di gas”.

5. CONTROLLI EFFETTUATI E RISULTATI DELLE MISURE

5.1 Misure sui campioni di acqua di falda superficiale

Nel corso del III quadrimestre 2011 sono stati effettuati prelievi di acqua di falda superficiale secondo quanto previsto dal programma concordato e condiviso dal Tavolo Tecnico istituito presso la Regione Piemonte stessa nella seduta del 14/09/2009 e trasmesso dalla Regione Piemonte con nota prot. 939 del 13/01/2010. I pozzi dell'Acquedotto del Monferrato sono stati campionati con frequenza mensile o bimestrale.

Il dettaglio dei prelievi complessivamente effettuati dai pozzi nel corso del III quadrimestre 2011 è riportato in tabella 5.1 mentre nella figura 1 sono riportati i punti di prelievo.

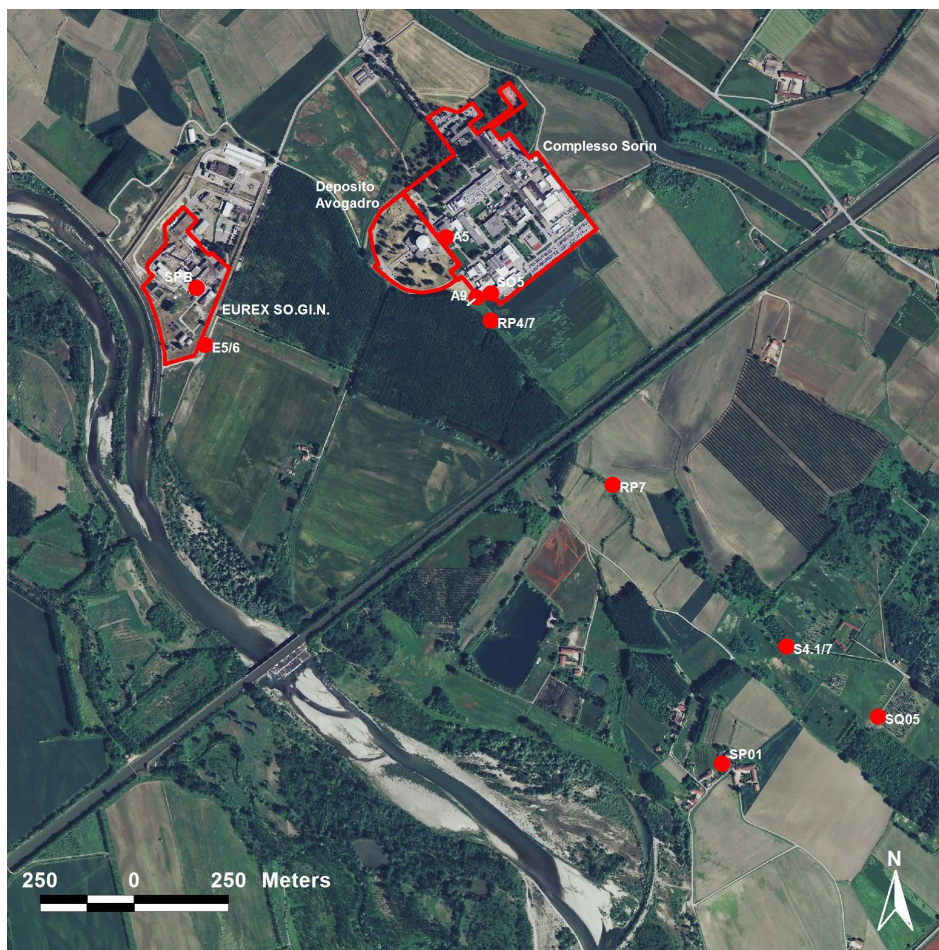


Figura 1 Distribuzione dei punti di prelievo dell'acqua di falda nel Comprensorio nucleare di Saluggia (VC).

ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Tematico Radiazioni

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 01256453584 - Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017 - E-mail: SC21@arpa.piemonte.it

Struttura Semplice Siti Nucleari

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850

Punti di prelievo	Frequenza di campionamento e analisi
S4.1/7, SQ05	mensile/bimestrale
RP4/7, SPB, A9	bimestrale
E5/6, A5, SO5, RP7, SP01	quadrimestrale

Tabella 5.1 Programma di campionamento acqua di falda superficiale seguito nel III quadrimestre 2011.

In tabella 5.2 sono riportati i risultati delle misure eseguite.

Campione	Data prelievo	α totale Bq/l	β totale Bq/l	Cs-137 Bq/l	Co-60 Bq/l	Am-241 Bq/l	H-3 Bq/l	Sr-90 Bq/l
SPB – pescaggio da 3 m a 7 m								
11/052317	10/10/2011	< 0,138	0,219 ± 0,122	< 0,0025	< 0,0048	< 0,0132	< 4,04	0,1190 ± 0,0090
11/063610	13/12/2011	< 0,144	< 0,327	< 0,0052	< 0,0014	< 0,0111	< 4,17	0,0831 ± 0,0095
E5/6 – pescaggio da 2 m a 6 m								
11/052322	10/10/2011	< 0,114	< 0,254	0,0474 ± 0,005	< 0,0044	< 0,0148	< 4,11	< 0,0053
A5 – pescaggio 7 m								
11/052831	11/10/2011	0,150 ± 0,074	0,314 ± 0,137	< 0,0073	0,0063 ± 0,0054	< 0,3490	< 4,06	0,0903 ± 0,0098
A9 – pescaggio 7 m								
11/052830	11/10/2011	< 0,187	0,669 ± 0,247	< 0,0039	0,0067 ± 0,0035	< 0,0138	< 4,06	0,2940 ± 0,0031
11/063843	14/12/2011	0,113 ± 0,085	0,672 ± 0,239	< 0,0032	0,0064 ± 0,0020	< 0,0201	< 4,13	0,2410 ± 0,0280
SO5 – pescaggio 7 m								
11/052829	11/10/2011	0,150 ± 0,073	0,362 ± 0,148	< 0,0081	0,0077 ± 0,0046	< 0,0189	< 4,05	0,0915 ± 0,0097
RP4/7 – pescaggio 7 m								
11/052331	10/10/11	< 0,115	0,275 ± 0,125	< 0,0025	< 0,0067	< 0,0145	< 4,07	0,0579 ± 0,0080
11/063612	13/12/11	< 0,177	0,269 ± 0,142	< 0,0033	< 0,0047	< 0,0113	< 4,71	0,0602 ± 0,0073
RP7 – pescaggio 7 m								
11/052334	10/10/11	0,137 ± 0,093	< 0,191	< 0,0037	< 0,0056	< 0,0115	< 4,06	0,0152 ± 0,0032
SP01 – POZZO CASALE BENNE – pescaggio 7 m								
11/052332	10/10/11	< 0,114	< 0,162	< 0,0022	< 0,0041	< 0,0220	< 4,06	< 0,0056
11/063615	13/12/11	< 0,177	< 0,275	< 0,0035	< 0,0050	< 0,0206	< 4,16	0,0130 ± 0,0027
S4.1/7 – PIEZOMETRO CONTROLLO ACQUEDOTTO MONFERRATO – pescaggio 7 m								
11/047849	15/09/11	< 0,114	< 0,240	< 0,0011	< 0,0037	< 0,0132	< 4,04	< 0,0042
11/052832	11/10/11	< 0,122	< 0,248	< 0,0032	< 0,0034	< 0,0161	< 5,39	< 0,0057
11/063851	14/12/11	< 0,143	< 0,169	< 0,0012	< 0,0046	< 0,0233	< 4,08	< 0,0047
SQ05 – POZZO 5.2 ACQUEDOTTO MONFERRATO – pescaggio 170 m								
11/047851	15/09/11	0,101 ± 0,067	< 0,176	< 0,0042	< 0,0039	< 0,0171	< 4,10	< 0,0034
11/052834	11/10/11	< 0,153	< 0,227	< 0,0063	< 0,0060	< 0,0270	< 3,76	< 0,0050
11/063848	14/12/11	0,139 ± 0,090	< 0,241	< 0,0027	< 0,0059	< 0,0121	< 4,09	< 0,0049

Tabella 5.2 Risultati delle misure sui campioni di acqua prelevati nel III quadrimestre 2011.

Per completezza di informazione nei grafici che seguono sono riportate le correlazioni tra le concentrazioni dei radionuclidi misurate nell'acqua e la soggiacenza della falda misurata in SPB (dati SO.G.I.N.).

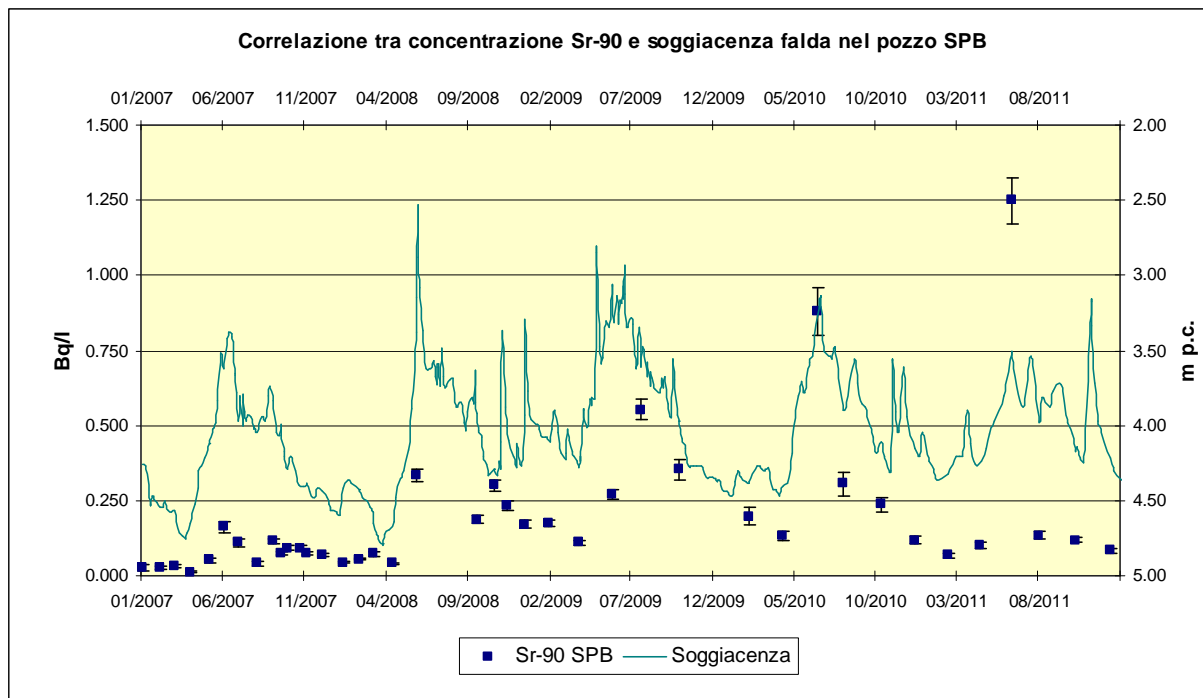


Grafico 5.1 Correlazione tra concentrazione di Sr-90 e soggiacenza della falda nel pozzo SPB.

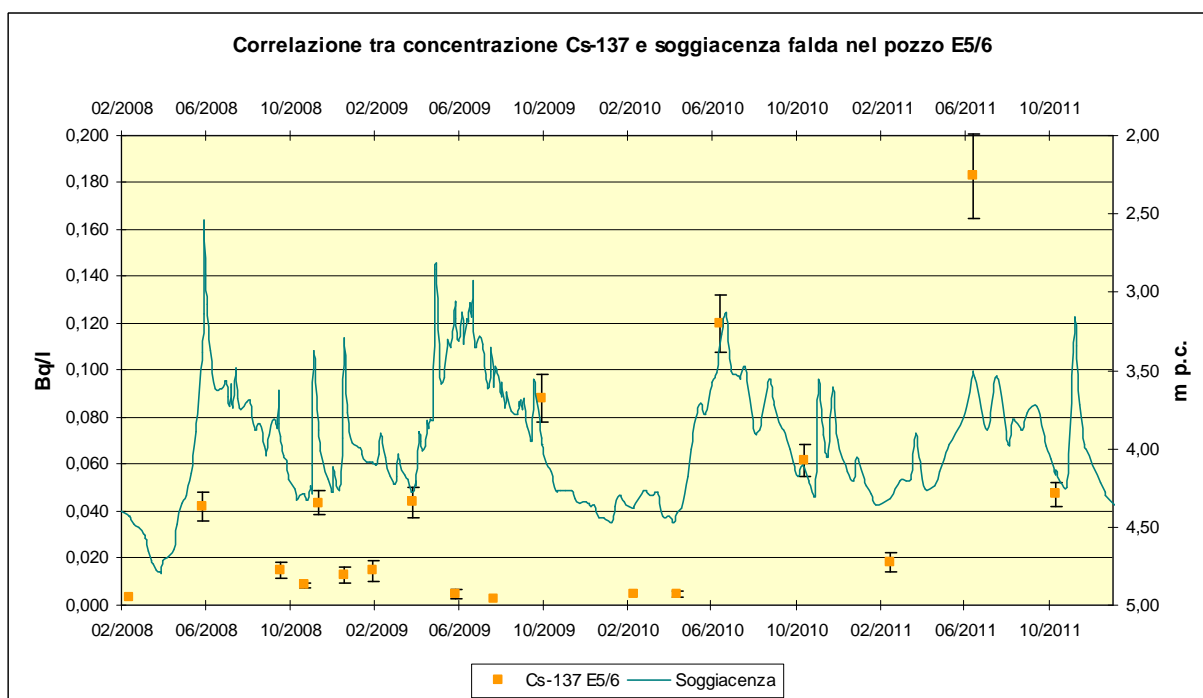


Grafico 5.2 Correlazione tra concentrazione di Cs-137 e soggiacenza della falda nel pozzo E5/6.

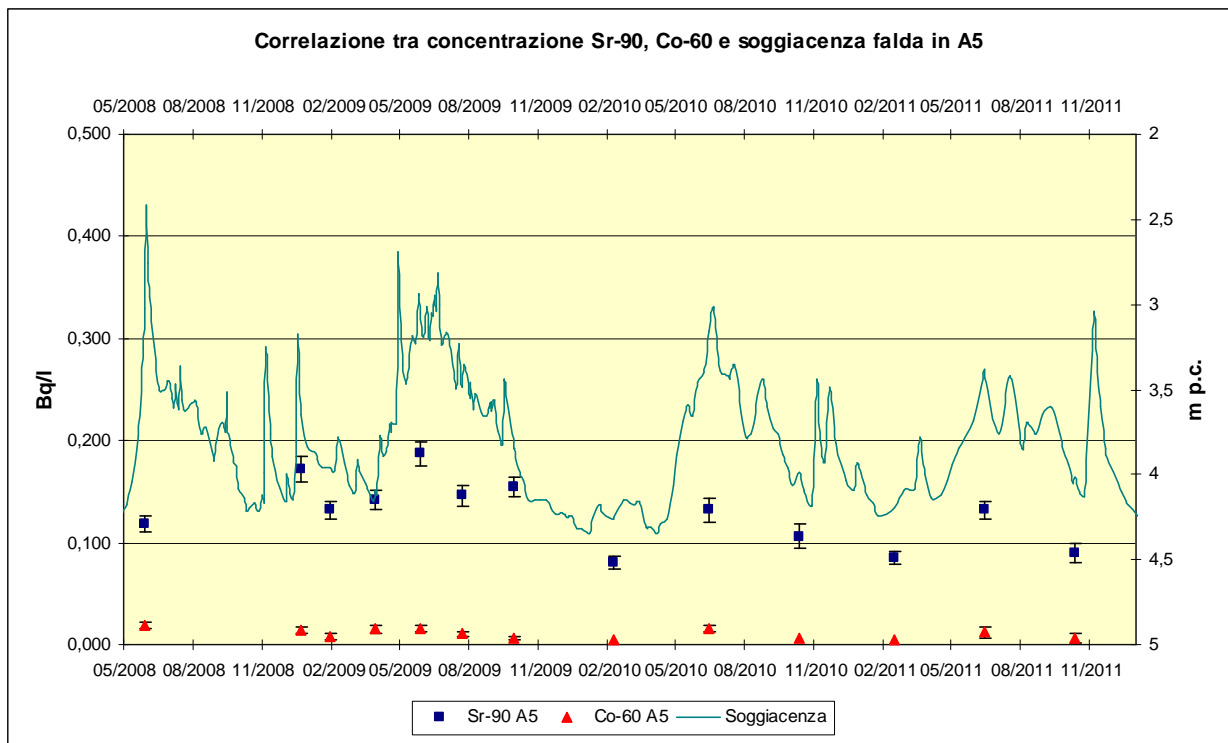


Grafico 5.3 Correlazione tra concentrazione di Sr-90, Co-60 e soggiacenza della falda nel pozzo A5.

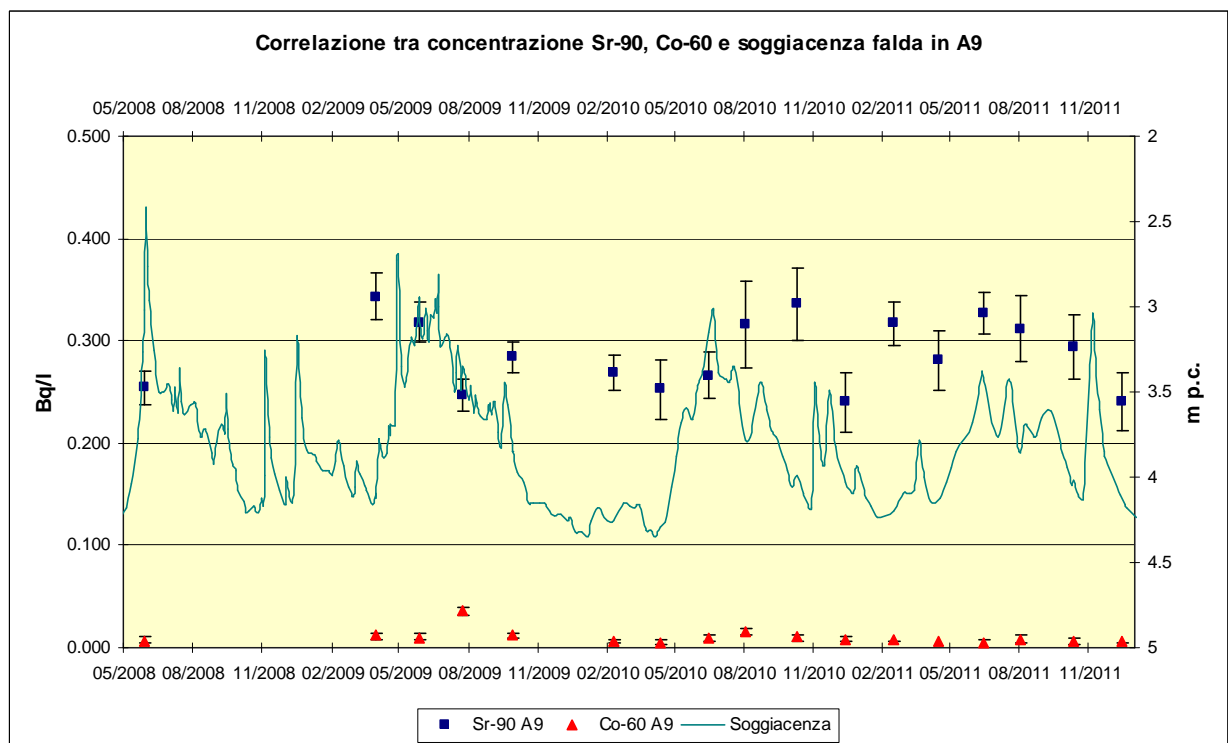


Grafico 5.4 Correlazione tra concentrazione di Sr-90, Co-60 e soggiacenza della falda nel pozzo A9.

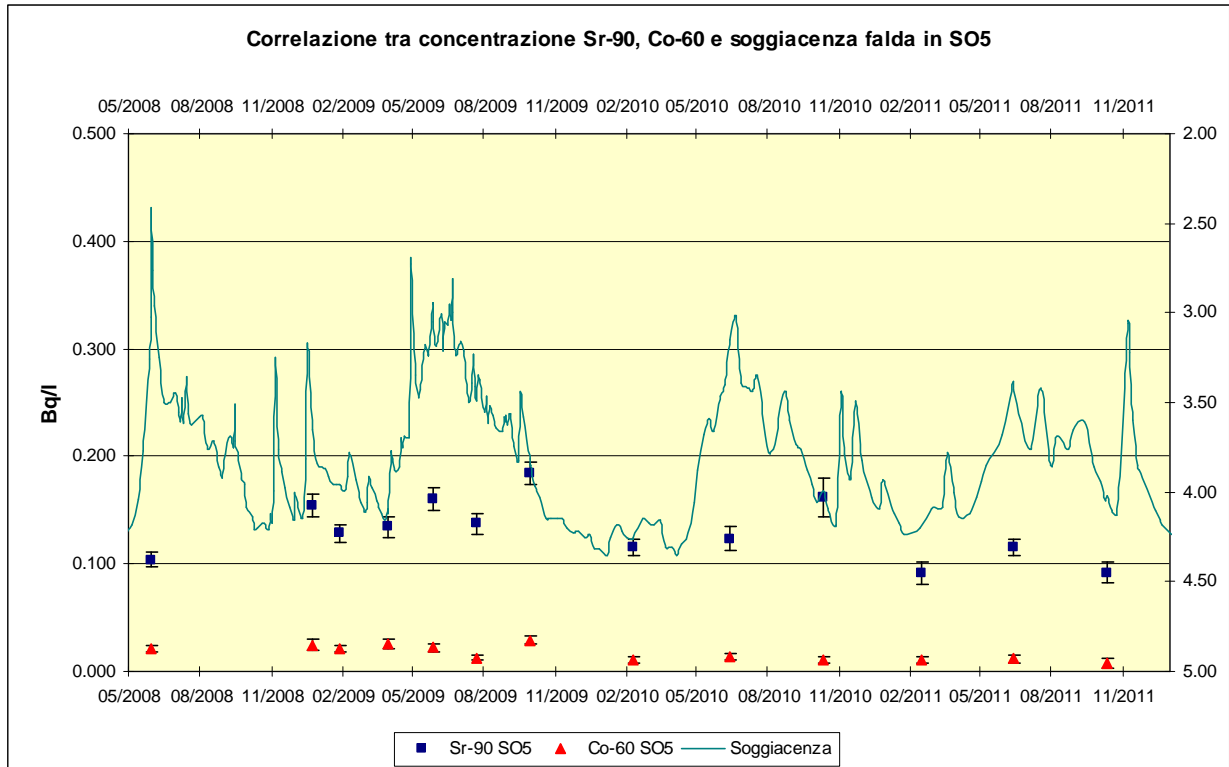


Grafico 5.5 Correlazione della concentrazione di Sr-90 ,Co-60 e soggiacenza della falda nel pozzo SO5.

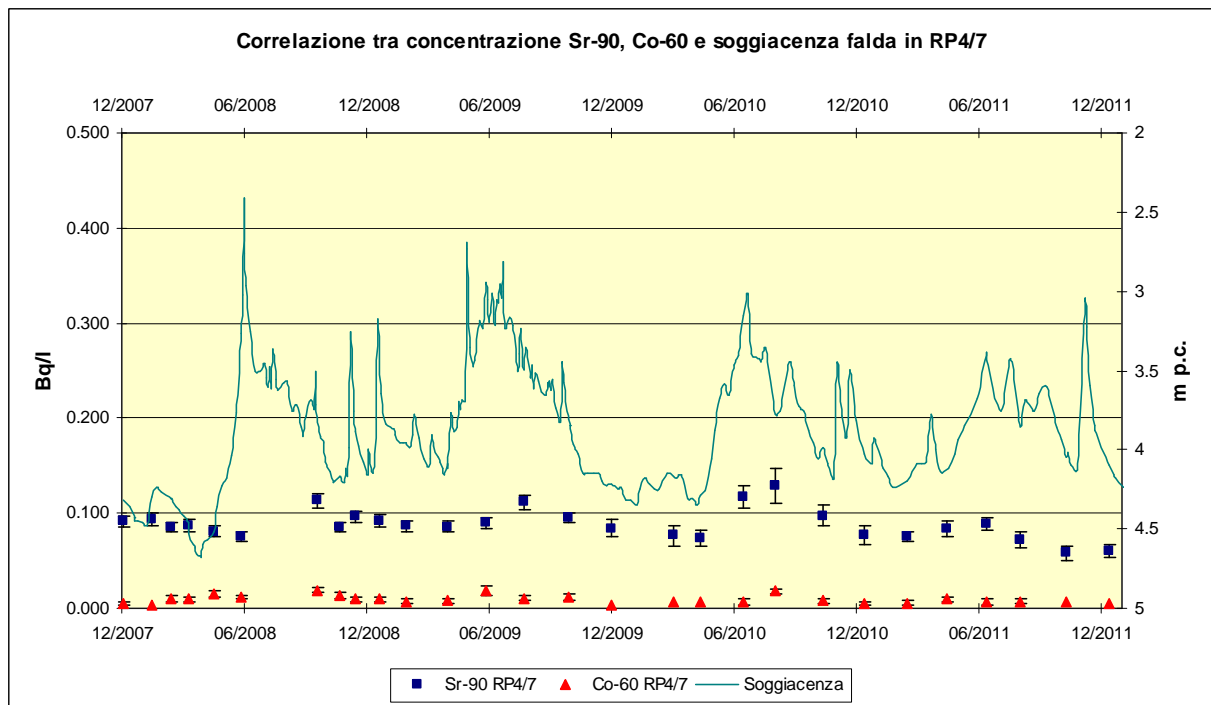


Grafico 5.6 Correlazione tra concentrazione di Sr-90, Co-60 e soggiacenza della falda nel pozzo RP4/7.

ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Tematico Radiazioni

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 01256453584 - Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017 -E-mail: SC21@arpa.piemonte.it

Struttura Semplice Siti Nucleari

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850

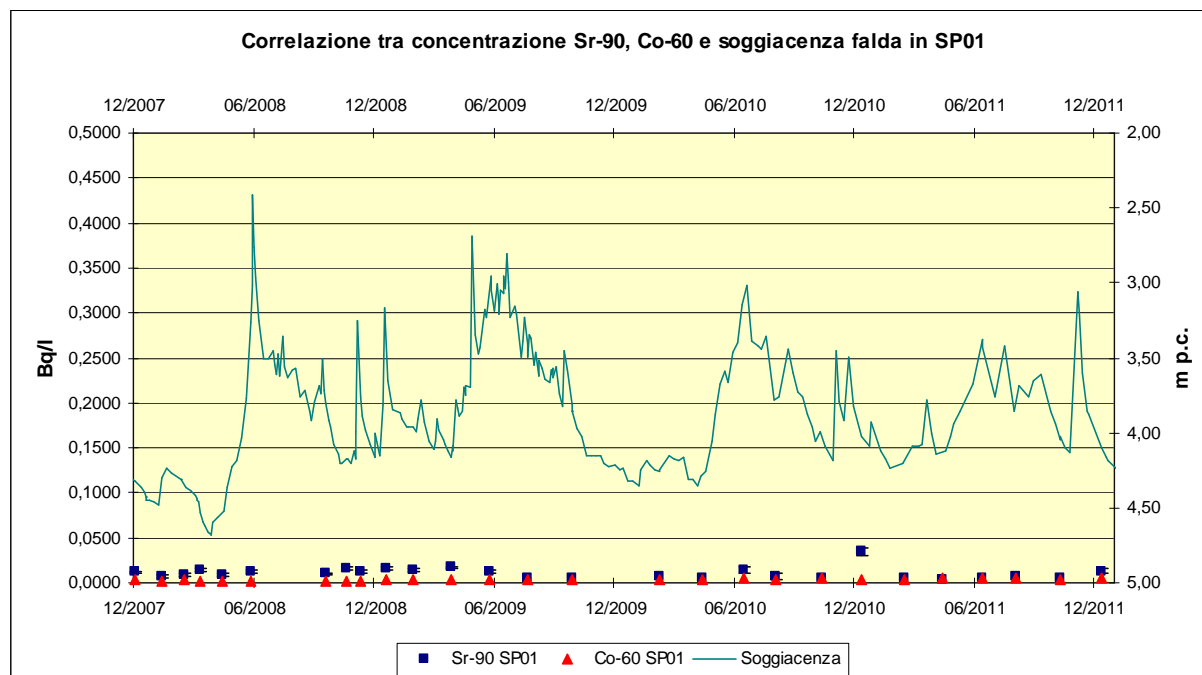


Grafico 5.7 Correlazione tra concentrazione di Sr-90, Co-60 e soggiacenza della falda nel pozzo SP01 (le concentrazioni di Co-60 sono sempre inferiori alla sensibilità strumentale)

5.2 Caratterizzazione suolo sottostante edificio piscina EUREX

Nell'anno 2008 si sono concluse le attività di svuotamento e di bonifica della piscina dell'impianto EUREX. In seguito, tra la fine del 2009 e l'inizio del 2010, SO.G.I.N. ha effettuato n. 4 apposite perforazioni direzionate per il campionamento del suolo sottostante l'edificio piscina, la cui caratterizzazione era stata ritenuta indispensabile sia ai fini dell'adozione di eventuali azioni di bonifica che dell'acquisizione di nuove informazioni utili all'implementazione del modello di diffusione dei contaminanti nell'area in questione.

- Risultati delle misure eseguite

Su indicazione di ISPRA Arpa Piemonte ha acquisito n. 8 campioni di suolo di carotaggio (di cui 4 in doppio con SO.G.I.N.) per l'effettuazione di controlli indipendenti.

Nelle figure 2 e 3 è indicata l'ubicazione delle perforazioni rispetto all'edificio piscina, mentre in tabella 7.1 sono riportati i risultati delle misure eseguite.

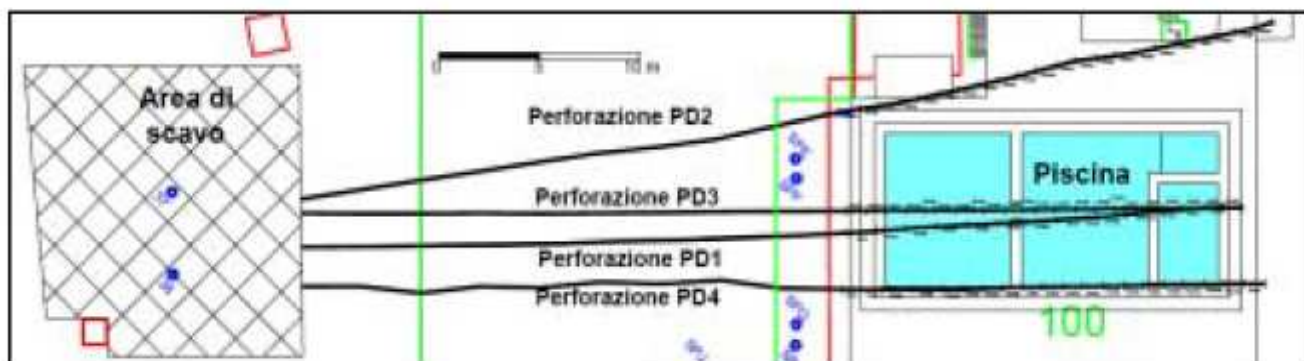


Figura 2 Pianta dell'ubicazione delle perforazioni (fonte SO.G.I.N.).

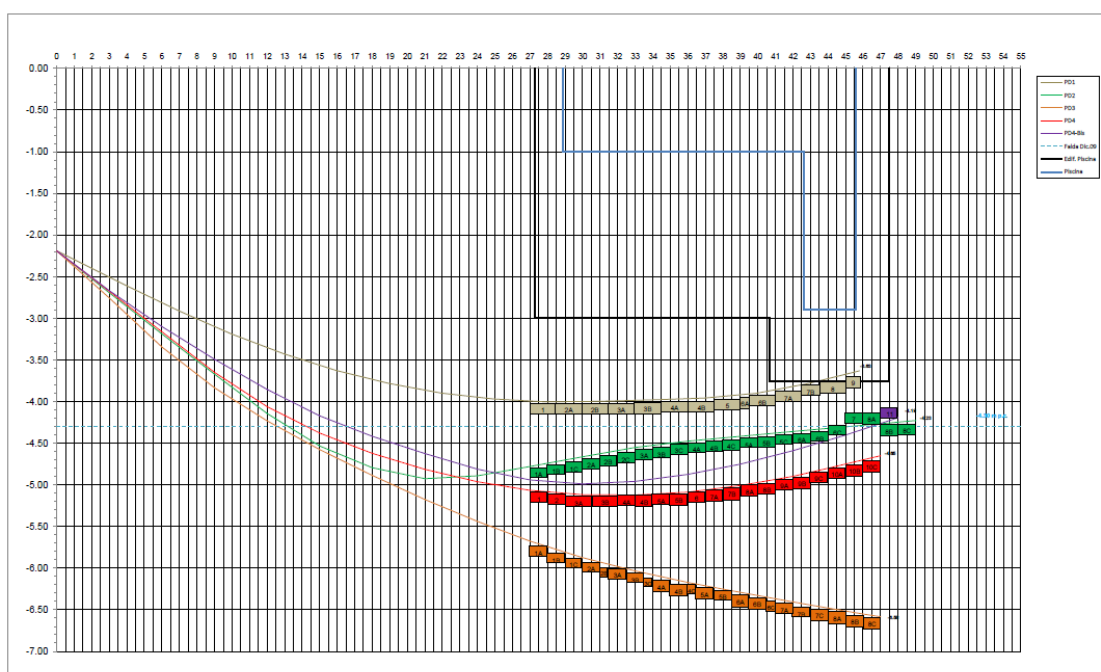


Figura 3 Ubicazione in sezione delle perforazioni (fonte SO.G.I.N.).

Campione	Numero campione	Data prelievo	Cs-137	Sr-90	Pu-238	Pu-239/240	Am-241
			Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg
PD1/6	10/016621	28/04/2010	< 0,330	< 6,04	< 1,62	< 0,502	< 1,85
PD1/7B	10/016620	28/04/2010	< 0,869	< 7,15	< 0,99	< 0,636	< 0,72
PD1/9	10/016619	28/04/2010	75,5 ± 8,8	82,4 ± 8,9	< 8,53	< 2,460	< 1,69
PD3/7B	10/016618	28/04/2010	< 0,343	< 1,50	< 1,19	< 0,248	< 3,33
PD3/8A	10/016617	28/04/2010	< 0,918	< 1,60	< 0,81	< 0,258	< 1,18
PD4/10A	10/016622	28/04/2010	2,37 ± 0,59	< 4,74	< 0,945	< 0,508	< 2,63
PD4/8B	10/016616	28/04/2010	< 1,33	< 1,09	< 1,94	< 0,503	< 1,31
PD4/9B	10/016615	28/04/2010	2,26 ± 0,57	< 0,772	< 2,01	< 0,672	< 3,58

Tabella 7.1 Risultati delle misure sui campioni di suolo da carotaggio sottostanti l'edificio piscina EUREX.

ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Tematico Radiazioni

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 01256453584 - Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017 - E-mail: SC21@arpa.piemonte.it

Struttura Semplice Siti Nucleari

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850

- Valutazioni

A partire dai risultati delle misure riportati in tabella 7.1 di seguito sono riportate alcune considerazioni in merito alla diffusione dei contaminanti dalla piscina dell'impianto EUREX all'acquifero superficiale.

Com'è noto è possibile descrivere la capacità di ritenzione di un suolo attraverso cui scorre acqua contaminata utilizzando il *coefficiente di distribuzione* K_d . Esso è correlato alla velocità con cui un determinato radionuclide si muove in relazione al flusso dell'acqua nel sottosuolo. Il K_d si esprime in ml/g o in l/kg ed è così definito:

$$K_d = \text{concentrazione del radionuclide nel suolo (Bq/kg)} / \text{concentrazione del radionuclide nell'acqua (Bq/l)}$$

In condizioni di equilibrio, a partire dai risultati ed utilizzando i valori di K_d riportati in letteratura¹ per i radionuclidi di interesse, è possibile stimare le concentrazioni attese nell'acqua di falda.

In tabella 7.2 sono riportati i risultati delle stime così effettuate.

Parametro	Conc. max misurata nel suolo (Bq/kg)	k_d (ml/g)			Conc. max attesa nell'acqua di falda (Bq/l)		
		best	min	max	best	max	min
Cs-137	75,5 ± 8,8	2000	200	10000	0,0044	0,0440	0,0009
Sr-90	82,4 ± 8,9	22	10	50	0,4045	0,8900	0,1780
Am-241	< 1,69	200	10	1000	< 0,0085	< 0,1690	< 0,0017
Pu-238	< 8,53	600	200	2000	< 0,0142	< 0,0427	< 0,0043
Pu-239/240	< 2,46	600	200	2000	< 0,0041	< 0,0123	< 0,0012

Tabella 7.2 Stima delle concentrazioni massime attese nell'acqua di falda superficiale.

Prendendo a riferimento il pozzo SPB – posto a ridosso del muro perimetrale dell'edificio piscina – si può osservare che le concentrazioni massime attese nell'acqua di falda sono assolutamente confrontabili con i valori di concentrazione riscontrati nel corso degli anni in detto pozzo.

6. VALUTAZIONI DI RADIOPROTEZIONE

Le valutazioni radioprotezionistiche di seguito riportate si riferiscono ai pozzi campionati presso le cascate ed ai pozzi dell'Acquedotto del Monferrato, poiché sono gli unici potenzialmente utilizzabili dalla popolazione per uso potabile e/o irriguo.

I dati relativi agli altri pozzi scavati *ad hoc* all'interno del perimetro dei siti e quelli esterni ai siti predisposti dalla Regione Piemonte, devono essere utilizzati come indicatori ambientali in grado di descrivere il fenomeno in atto. Tutti questi pozzi non sono accessibili al pubblico.

I limiti di legge e le strategie di controllo sono riportati al punto 2 della presente relazione.

Allo stato attuale i valori di contaminazione riscontrati continuano a non rappresentare un pericolo per la popolazione: risultano infatti rispettati sia i limiti di dose fissati dalla normativa vigente sia i valori di screening fissati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità.

¹ Kincaid, C. T., Composite Analysis for Low-Level Waste Disposal in the 200 Area Plateau of the Hanford Site, PNNL-11800, 1998.

- **Potabilità ex D.Lgs. 31/2001**

Per quanto riguarda la potabilità risultano rispettati i valori di screening fissati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità sulle attività alfa totale e beta totale, intese come somma, rispettivamente, delle attività degli isotopi alfa e beta emettitori, sia naturali sia artificiali. In particolare l'attività beta totale comprende anche l'attività di Sr-90. I valori di confronto sono riportati in tabella 6.1.

	Valore di screening OMS	Concentrazione max / Valore screening OMS
Valore di screening fissato dall'OMS per l'attività α totale	0,5 Bq/l	1/4
Valore di screening fissato dall'OMS per l'attività β totale	1 Bq/l	1/4

Tabella 6.1 Confronto tra la massima concentrazione di attività α totale e di attività β totale rilevate nei pozzi (cascine private ed Acquedotto del Monferrato) ed i valori di screening fissati dall'OMS.

Si ricorda che secondo l'OMS il rispetto dei valori di screening sopra riportati garantisce il rispetto del limite di dose di 0,1 mSv per anno fissato dal D.Lgs. 31/2001

In tabella 6.2 si riportano le valutazioni effettuate, per la contaminazione da Sr-90, in merito al rispetto del limite di dose fissato dal D.Lgs. 31/2001.

	Valore limite di dose	Valore soglia di concentrazione Sr-90	Concentrazione max Sr-90/ Valore soglia
Limite dose efficace per acque potabili ex D. Lgs. 2 febbraio 2001 n. 31	0,1 mSv per anno solare	2,9 Bq/l	1/200

Tabella 6.2 Confronto tra la massima concentrazione di Sr-90 rilevata nei pozzi (cascine private ed Acquedotto del Monferrato) ed i valori soglia adottati per l'ingestione.

- **Limiti ex D.Lgs. 230/95 e ss.mm.ii.**

Se si considerano tutte le vie di ingestione, quindi non solo l'uso potabile ma anche il consumo di alimenti di origine vegetale (coltivati in terreni irrigati con l'acqua contaminata) e di origine animale (animali allevati in zona ed alimentati con acqua contaminata ed erba di terreni irrigati con l'acqua contaminata) bisogna fare riferimento ai limiti di dose fissati dal D.Lgs. 230/95 e ss.mm.ii.

Sulla base dei dati sopra esposti è possibile calcolare la dose efficace per il gruppo critico della popolazione derivante dalla presenza di Sr-90 nell'acqua di falda superficiale.

I risultati riportati in tabella 6.3 si riferiscono alle seguenti ipotesi estremamente cautelative:

- la contaminazione dell'acqua di falda superficiale è cronica ed uniforme all'esterno del sito;
- la concentrazione di Sr-90 non varia nel tempo ed è uguale al più alto valore misurato all'esterno del sito (per il periodo di riferimento);
- gli individui del gruppo critico della popolazione utilizzano esclusivamente acqua di falda superficiale a scopo potabile e irriguo.

Via critica	Matrice	Dose mSv/anno
Ingestione	acqua di falda superficiale	0,00175
Irraggiamento		-
Inalazione		-
Totale		0,00175
Limite non rilevanza radiologica		0,01
Limite di dose efficace		1

Tabella 6.3 Stima dell'equivalente di dose efficace al gruppo critico della popolazione per effetto della presenza di contaminazione da radionuclidi artificiali nell'acqua di falda superficiale.

La tabella 6.4 riportata il confronto tra i valori osservati ed i valori limite/soglia adottati: si evince che le concentrazioni di Sr-90 sono molto al di sotto di quelle corrispondenti ai limiti di dose fissati dal D.Lgs. 230/95 e ss.mm.ii.

	Valore limite di dose	Dose Sr-90/ Limite dose	Via critica	Valore soglia di concentrazione Sr-90	Concentrazione Sr-90/ Valore soglia
Limite dose efficace non rilevanza radiologica ex D.Lgs 230/95	0,01 mSv/anno	1/6	uso potabile	0,29 Bq/l	1/20
			irrigazione	0,10 Bq/l	1/8
Limite dose efficace per gli individui della popolazione ex D.Lgs 230/95	1 mSv/anno	1/600	uso potabile	29 Bq/l	1/2000
			irrigazione	10 Bq/l	1/800

Tabella 6.4 Confronto tra i valori osservati e i valori di riferimento.

7. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le osservazioni in merito ai risultati delle misure effettuate nel corso del III quadrimestre 2011 possono essere così riassunte:

- i valori delle concentrazioni relativi a tutti i pozzi monitorati sono in linea con gli andamenti relativi ai periodi precedenti;
- le concentrazioni di Sr-90 nel pozzo A9 si mantengono sensibilmente più elevate rispetto agli altri pozzi del comprensorio Sorin-Avogadro, in particolare rispetto al pozzo A5. Questo suggerisce l'opportunità di continuare le attività di mappatura del sito al fine di individuare eventuali altre possibili fonti di contaminazione;
- i risultati delle analisi effettuate sui campioni di suolo provenienti dai carotaggi effettuati sotto l'edificio della piscina EUREX hanno consentito di valutare che le concentrazioni massime attese nell'acqua di falda sono assolutamente confrontabili con i valori di concentrazione riscontrati nel corso degli anni nel pozzo SPB;
- nei pozzi dell'Acquedotto del Monferrato non è stata rilevata traccia di radioisotopi radioattivi di origine artificiale.

Nulla è variato dal punto di vista radioprotezionistico per quanto riguarda la presenza di radionuclidi artificiali nell'acqua di falda superficiale e non si configurano, pertanto, pericoli per la popolazione.