

CENTRO REGIONALE PER LE RADIAZIONI IONIZZANTI E NON IONIZZANTI
Struttura Semplice 21.02 – Monitoraggio e controllo dei siti nucleari

MONITORAGGIO RADIOLOGICO AMBIENTALE
SITO NUCLEARE DI BOSCO MARENCO (AL)

Rapporto anno 2007

Relazione tecnica n. 07/SS21.02/2008

Responsabile SC21	Giovanni d'Amore
Responsabile SS21.02	Laura Porzio
Componenti SS21.02	Luca Albertone, Antonio Iacono, Roberta Olivetti, Alessandra Scarcelli



INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	RIFERIMENTI LEGISLATIVI	3
3.	ATTIVITA' SVOLTE DALL'IMPIANTO	4
4.	IL MONITORAGGIO RADIOLOGICO AMBIENTALE	4
5.	STRATEGIE DI CONTROLLO	5
6.	METODOLOGIA DI MISURA	6
7.	STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	8
8.	LA RETE DI MONITORAGGIO	8
9.	MONITORAGGIO AMBIENTALE	10
	Acqua potabile di rete	10
	Acqua di falda superficiale	11
	Suolo imperturbato – strato superficiale	14
	Suoli coltivati e relative coltivazioni	14
	Acqua superficiale	16
	Sedimenti	16
10.	ATTIVITA' DI CONTROLLO DEGLI SCARICHI DI EFFLUENTI RADIOATTIVI	17
11.	VALUTAZIONI DOSIMETRICHE	17
12.	VALUTAZIONI CONCLUSIVE	18

1. PREMESSA

Questa relazione viene redatta, conformemente a quanto previsto dalla procedura tecnica U.RP.T057, a conclusione

del monitoraggio radiologico ambientale del sito nucleare di Bosco Marengo (AL) condotto nell'anno 2007.

2. RIFERIMENTI LEGISLATIVI

Il quadro legislativo di riferimento è costituito dal D. Lgs. 230/95 e ss.mm.ii. e dalla Legge n. 1860 del 31 dicembre 1962 e s.m.i.

Per completezza è opportuno ricordare che la Presidenza del Consiglio dei Ministri ha emanato in data 14 febbraio 2003 un Decreto che dichiarava "lo stato di emergenza in relazione all'attività di smaltimento di rifiuti radioattivi dislocati nelle regioni Lazio, Campania, Emilia Romagna, Basilicata e Piemonte" (sedi di installazioni nucleari).

Successivamente il 7 marzo 2003 è stata emanata l'Ordinanza del Consiglio dei Ministri n. 3267 che disponeva la nomina del Presidente SO.G.I.N. – Società gestione impianti nucleari S.p.A. – quale Commissario delegato con il compito di mettere in sicurezza i materiali radioattivi e di predisporre i piani di avvio delle procedure di smantellamento delle centrali nucleari.

Il Commissario delegato, Generale Carlo Jean, per ottemperare ai suoi compiti, ha emanato 20 Ordinanze per pianificare le azioni necessarie allo smantellamento accelerato degli impianti in deroga alla normativa vigente in materia.

In particolare sono di interesse per quanto riguarda il sito nucleare di Bosco Marengo:

- l'Ordinanza n. 4 del 11 aprile 2003 del Commissario delegato che ha disposto il piano delle attività di adeguamento delle misure di protezione fisica e di progressiva diminuzione del rischio degli impianti;
- l'Ordinanza n. 5 del 29 aprile 2003 del Commissario delegato che ha fissato i limiti per l'allontanamento dei materiali solidi provenienti dalla dismissione degli impianti del ciclo del combustibile nucleare – non considerati rifiuti radioattivi

– verso le discariche e gli impianti di riciclo;

- l'Ordinanza n. 6 del 25 giugno 2003 del Commissario delegato che ha stabilito il trasferimento delle licenze e delle autorizzazioni dell'impianto di fabbricazione del combustibile nucleare di proprietà di FN - Nuove Tecnologie e Servizi Avanzati S.p.a. a SO.G.I.N. S.p.A.;
- Ordinanza n. 7 del 9 luglio 2003 che ha aggiornato il piano ed il programma di dismissione dell'impianto di fabbricazione del combustibile nucleare di proprietà di FN - Nuove Tecnologie e Servizi Avanzati S.p.A.

Sono inoltre di interesse:

- la Legge n. 368 del 24 dicembre 2003 (legge Scanzano), conversione del Decreto Legge n. 314 del 14 novembre 2003, che ha fissato modalità e tempi di realizzazione del Deposito nazionale dei rifiuti radioattivi;
- l'Ordinanza del Consiglio dei Ministri n. 3355 del 7 maggio 2004 dove sono contenute ulteriori disposizioni per la messa in sicurezza dei materiali radioattivi;
- il D.M. 2 dicembre 2004 "Indirizzi strategici e operativi alla SO.G.I.N. - Società gestione impianti nucleari S.p.A., ai sensi dell'articolo 13, comma 4, del decreto legislativo 16 marzo 1999, n. 79".

Si evidenzia che lo "stato di emergenza" di cui al D.P.C.M. 14 febbraio 2003 è terminato il 31 dicembre 2006.

Resta inoltre da citare il D. Lgs. 2 febbraio 2001 n. 31 "Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano".

3. ATTIVITA' SVOLTE DALL'IMPIANTO

Nel corso del 2007 sono state svolte alcune operazioni propedeutiche al *decommissioning* ed in particolare si sono concluse le prove "a caldo" per l'avvio della *pallinatrice*, dispositivo

preposto alla rimozione della contaminazione superficiale da componenti di impianto. Sono stati effettuati n. 5 scarichi di effluenti radioattivi liquidi nel Rio Lovassina.

Impianto ex FN di Bosco Marengo (AL)	
Tipologia	Impianto di fabbricazione di combustibile nucleare.
Periodo di funzionamento	Dal 1972 al 1990.
Attività svolte	Sono state prodotte 524 t di combustibile per i reattori di Garigliano, Caorso, Montalto, Leibstadt (CH) e Creys-Malville (F).
Stato attuale dell'impianto	Fermo.
Decommissioning	E' stata presentata l'istanza ai sensi del D.Lgs. 230/95; non è prevista la procedura di VIA.
Prospettive	Il piano di decommissioning prevede il rilascio del sito senza vincoli di tipo radiologico, cioè riutilizzabile per qualsiasi altra attività umana.



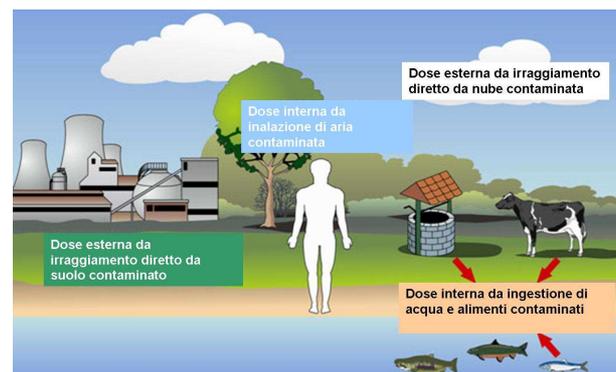
4. IL MONITORAGGIO RADIOLOGICO AMBIENTALE

Pur avendo cessato la produzione, presso gli impianti sono in atto alcune attività legate alla loro gestione in sicurezza ed alle prime operazioni propedeutiche al decommissioning. Queste attività possono produrre un impatto ambientale di tipo radiologico che, seppure non comparabile con quello relativo alla fase di esercizio, non può essere trascurato. Principalmente l'impatto è correlabile a:

- scarico autorizzato di *effluenti radioattivi liquidi*;
- scarico autorizzato di *effluenti radioattivi aeriformi*;
- possibili eventi anomali o incidentali.

Tra i fattori di rischio sopra riportati gli scarichi autorizzati sono i più controllabili poiché avvengono nel rispetto di una determinata *formula di scarico* assegnata ad ogni impianto dall'autorità di controllo. La sua elaborazione tiene conto della *ricettività ambientale*, ossia della quantità massima di *radionuclidi* che può essere scaricata in un determinato ambiente senza che i *gruppi*

critici di popolazione ricevano attraverso le *vie critiche* di esposizione, un equivalente di dose superiore a quelli fissati dalla normativa vigente.



L'esecuzione di un monitoraggio radiologico è in questo contesto necessaria per garantire che non si verifichino nell'ambiente fenomeni di accumulo legati al mancato rispetto delle formule di scarico o alla variazione delle modalità di diffusione dei contaminanti correlabili a modificazioni ambientali (ad

esempio: variazione dell'assetto fluviale, variazioni meteorologiche, sfruttamento del territorio). I rilasci conseguenti eventi anomali

o incidentali invece non sono controllabili e necessitano di volta in volta di azioni mirate alla situazione.

COS'È IL MONITORAGGIO RADIOLOGICO AMBIENTALE

Il monitoraggio radiologico ambientale è uno strumento che consente di valutare lo stato della contaminazione radioattiva dell'ambiente e conseguentemente di stimare *l'equivalente di dose* alla popolazione, grandezza proporzionale al rischio indotto dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti. Si possono considerare due tipi di monitoraggio: ordinario e straordinario.

➤ **Il monitoraggio ordinario**

Viene effettuato con il fine di segnalare tempestivamente l'insorgere di situazioni anomale e di fenomeni di accumulo di particolari radionuclidi rilasciati nell'ambiente in modo autorizzato. Un monitoraggio, per essere uno strumento efficace, deve essere pianificato sulla base delle indicazioni che emergono da uno studio preliminare. Questo studio, partendo, per ogni sito, dalle informazioni sulle modalità e sulla quantità di effluenti radioattivi scaricati, consente di individuare, con l'ausilio di opportuni modelli di diffusione, le **vie critiche** ed i **gruppi critici**. Vengono così scelte le **matrici ambientali** ed **alimentari** da campionare, i **punti di prelievo** significativi e la **frequenza di campionamento**.

Sulla scorta di queste considerazioni, Arpa Piemonte ha perfezionato il piano di monitoraggio del sito di Bosco Marengo ed effettua con continuità i controlli.

➤ **Il monitoraggio straordinario**

Viene effettuato in occasione di particolari attività o dopo il verificarsi di una situazione anomala, incidentale o di calamità naturale che interessi un sito nucleare, come nel caso del trasporto di combustibile nucleare irraggiato o della parziale perdita di contenimento della piscina dell'impianto EUREX. In questo caso il monitoraggio viene pianificato in funzione dell'accaduto e non ha più una funzione strettamente preventiva ma è mirato alla verifica delle eventuali conseguenze indotte sull'ambiente dall'evento in questione.

Le misure di concentrazione effettuate sulle varie matrici campionate vengono quindi utilizzate per calcolare la dose agli individui dei gruppi critici, tenendo conto delle abitudini alimentari e di vita. In questo modo è possibile stabilire intervalli di riferimento entro i quali i valori delle concentrazioni devono mantenersi per garantire il rispetto dei limiti di dose.

5. STRATEGIE DI CONTROLLO

Sono state applicate le strategie di controllo riportate nelle relazioni precedenti ed ampiamente descritte nel documento *Strategie di monitoraggio e controllo dei siti nucleari* disponibile sul sito www.arpa.piemonte.it

Di seguito, per comodità di consultazione, vengono brevemente riassunte.

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 µSv per anno solare il limite per la non rilevanza radiologica: al di sotto di tale soglia

ARPA Ente di diritto pubblico – Centro Regionale per le Radiazioni Ionizzanti e Non Ionizzanti

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

Struttura Semplice 21.02 Radiazioni ionizzanti – Monitoraggio e controllo siti nucleari

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 01612698304 – fax 01612698303

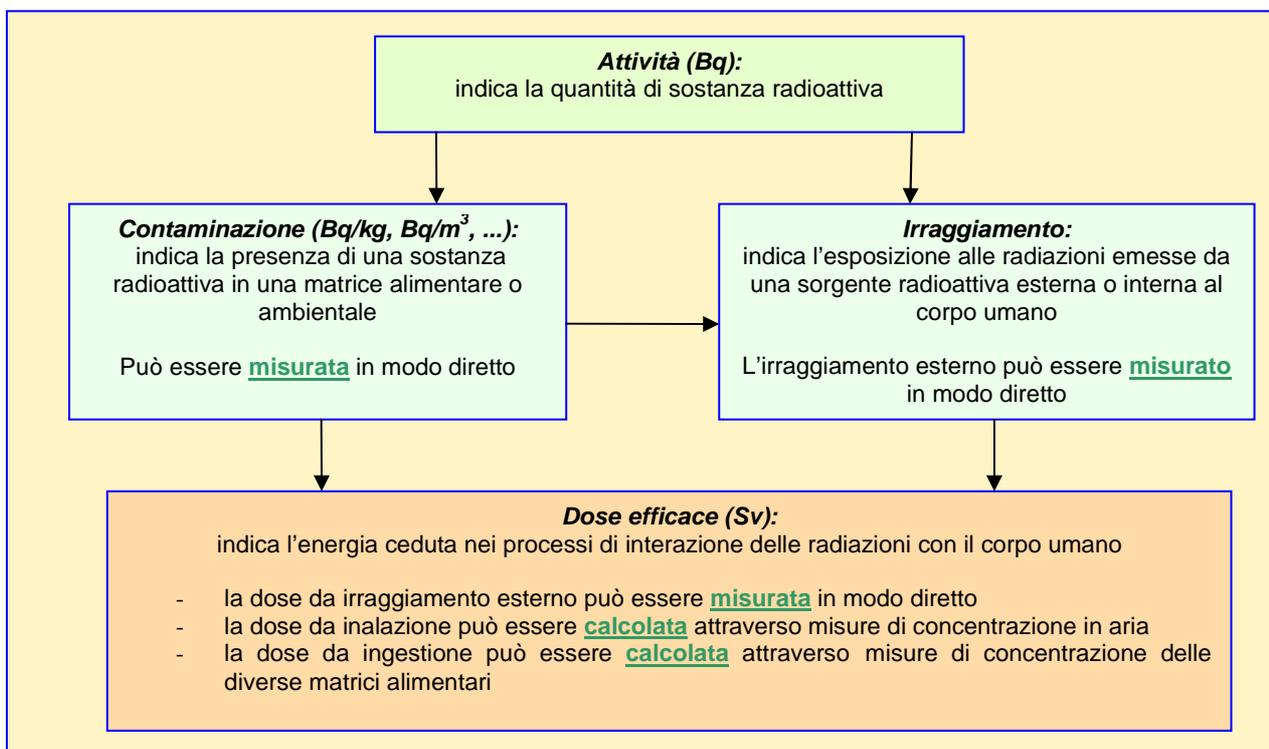
si può ritenere del tutto trascurabile l'impatto radiologico.

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.

Inoltre si è tenuto conto dei valori di screening (di seguito indicati con S) fissati per alcune grandezze a livello internazionale

e/o comunitario (attività alfa e beta totale nelle acque potabili e nel particolato atmosferico). I valori di screening costituiscono dei valori di attenzione che suggeriscono di intraprendere azioni finalizzate ad un approfondimento della situazione.

Tralasciando in questa sede il dettaglio dei calcoli necessari per la determinazione dei valori soglia li riporteremo di volta in volta in calce ai risultati analitici per consentire un immediato confronto.



6. METODOLOGIA DI MISURA

I metodi utilizzati per l'esecuzione delle analisi – contenuti nel “Catalogo prove” di Arpa Piemonte riportati in Allegato 1 – sono stati scelti per permettere la determinazione quantitativa dei contaminanti maggiormente rilevanti dal punto di vista radioprotezionistico rispetto alla natura degli impianti oggetto del monitoraggio. Sullo stesso campione possono essere eseguite più determinazioni,

applicando metodi diversi in funzione dei nuclidi di interesse. Tra questi:

- la determinazione dell'attività *alfa totale* e *beta totale* permette la quantificazione dell'attività imputabile a tutti i radionuclidi alfa emittenti e beta emittenti presenti nel campione, senza consentirne l'analisi qualitativa. Rappresenta un utile strumento per un confronto diretto con i

valori di screening fissati per la contaminazione dell'aria e dell'acqua destinata al consumo umano;

- i metodi radiochimici prevedono la separazione dei singoli radionuclidi alfa emittenti (isotopi dell'Uranio) o di gruppi omogenei di radionuclidi (Attinidi) e la loro successiva determinazione quantitativa. Si tratta di analisi estremamente laboriose ma assolutamente necessarie, essendo

l'Uranio l'unico contaminante presente nell'impianto.

Nel grafico di figura 6.1 è riportato il numero di campioni – suddivisi per matrice – prelevati ed analizzati nel corso del 2007 nell'ambito della rete di monitoraggio radiologico ambientale ordinario del sito nucleare di Bosco Marengo.

Nel grafico di figura 6.2 è invece riportata la distribuzione percentuale delle tipologie di analisi.

Figura 6.1 Campioni analizzati nell'anno 2007.

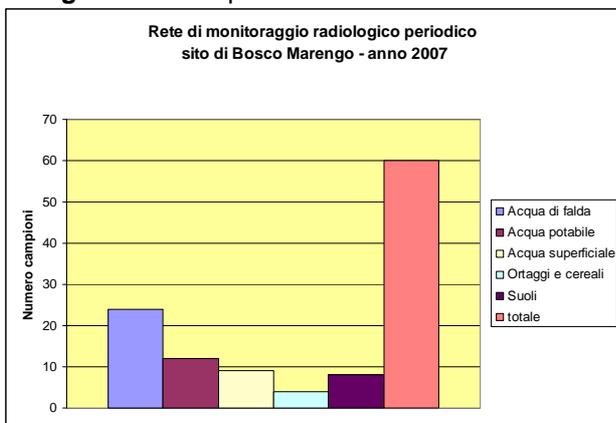
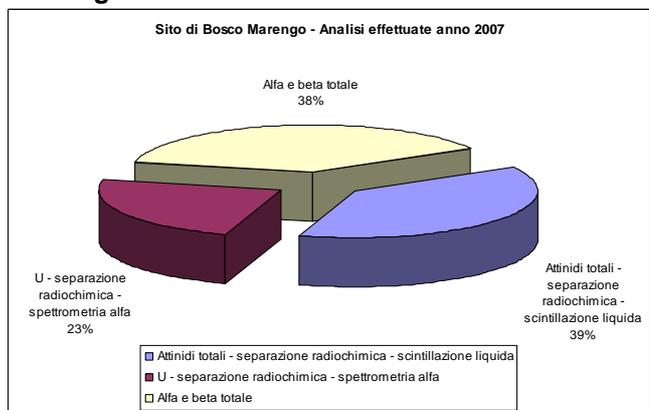


Figura 6.2 Analisi effettuate nell'anno 2007.



I risultati delle analisi vengono espressi come concentrazioni di attività per il singolo radionuclide riferite alla massa, al volume o alla superficie della matrice considerata (Bq/kg, Bq/l, Bq/m³ e Bq/m² rispettivamente). La sensibilità della misura viene indicata dalla MAR (Minima Attività Rilevabile): tale grandezza rappresenta la minima quantità di radioattività che la metodica analitica è in grado di rivelare. Nel caso in cui non si riveli contaminazione da parte di un certo

radionuclide verrà comunque considerata la MAR come limite superiore per la concentrazione del radionuclide stesso (nelle tabelle si vedrà il simbolo <). La sensibilità delle misure deve essere tale da garantire delle MAR (Minima Attività Rilevabile) sempre inferiori ai valori soglia per la non rilevanza radiologica e ai valori di screening.

In tabella 6.1 sono riportati gli ordini di grandezza delle sensibilità di misura (MAR).

Tabella 6.1 Sensibilità di misura, espresse in termini delle MAR (ordini di grandezza).

Parametro	U-234 acqua Bq/l	U-235 acqua Bq/l	U-238 acqua Bq/l	α-tot acqua Bq/l	β-tot acqua Bq/l
MAR	0,0005	0,0005	0,0005	0,1	0,2

7. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

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

- catena spettrometrica alfa con rivelatori al silicio a barriera superficiale e software di elaborazione "Alpha Vision - versione 5.31" della EG&G Ortec;
- contatore proporzionale a flusso di gas Berthold mod. LB 770;
- contatore a scintillazione Wallach mod. 1414.



Catena spettrometrica alfa con rivelatori al Silicio

8. LA RETE DI MONITORAGGIO

Con apposito studio radioecologico sono state individuate le matrici ambientali e alimentari considerate come indicatori locali, la frequenza minima di campionamento, le determinazioni analitiche da effettuare ed ai valori di riferimento da adottare (paragrafo 5). Tutti i prelievi sono effettuati secondo precise

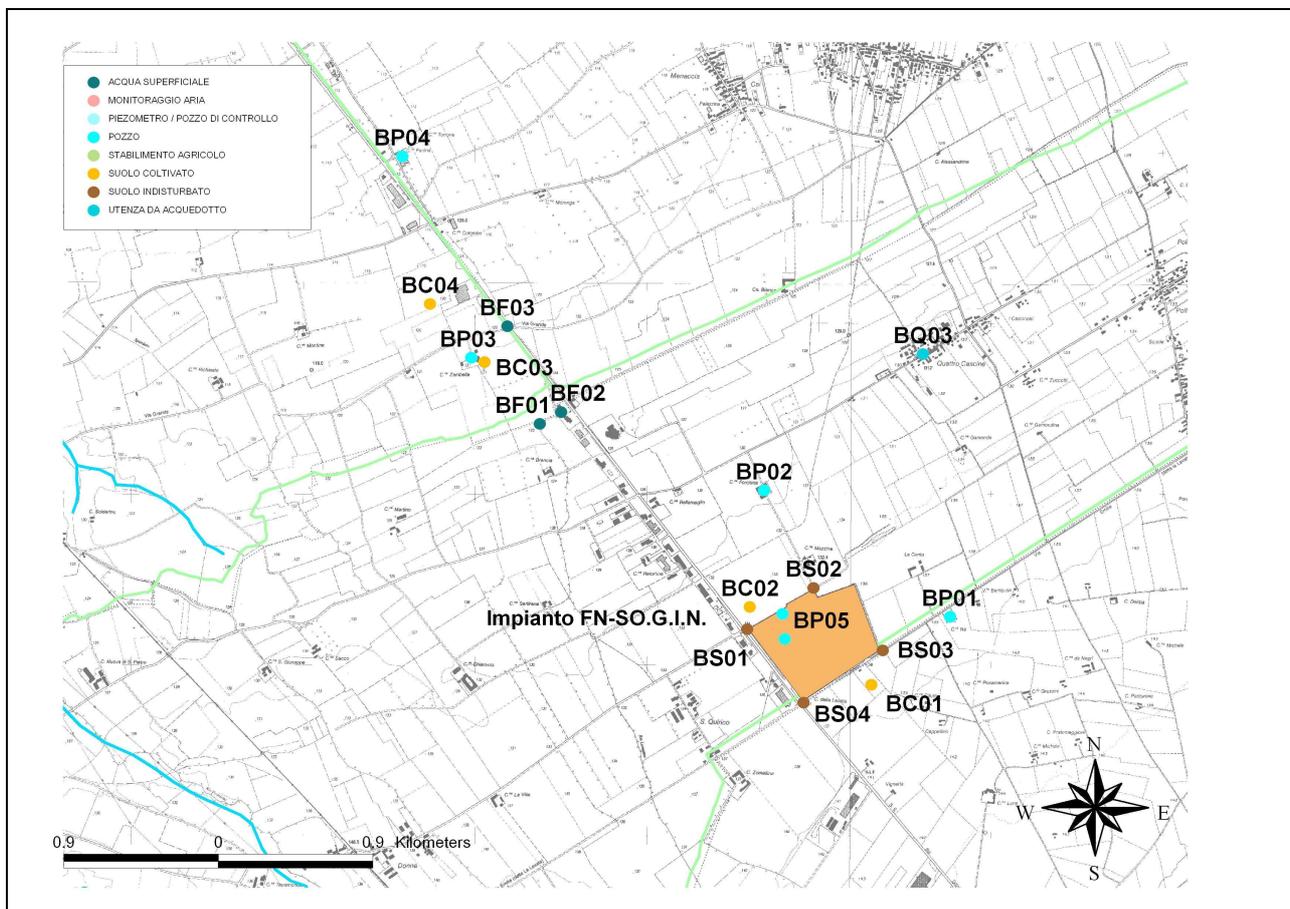
modalità di campionamento in modo da garantire la significatività e la riproducibilità dei dati misurati.

Di seguito sono riportate la cartina (figura 8.1) con la dislocazione dei punti di prelievo dei campioni della rete di monitoraggio e la tabella 8.1 con il piano di monitoraggio.

Tabella 8.1 Piano di monitoraggio per il sito nucleare di Bosco Marengo.

Matrice	Punti di prelievo	Frequenza di campionamento	Parametro	S Bq/kg	G Bq/kg	$R_{non\ rilevanzaj}$ Bq/kg	R_j Bq/kg
Acqua di falda superficiale	BP01, BP02, BP03, BP04, BP05, BP06	trimestrale	α totale	0,5			
			β totale	1			
			U totale		0,27		
			U-234			0,18	18
			U-235			0,19	19
			U-238			0,20	20
Acqua potabile	BQ01, BQ02, BQ03, BQ04	semestrale	α totale	0,5			
			β totale	1			
			U totale		0,27		
			U-234			0,18	18
			U-235			0,19	19
			U-238			0,20	20
Acqua superficiale	BF01, BF02, BF03	semestrale	α totale	0,5			
			β totale	1			
			U totale		0,075		
Sedimenti fluviali	BF01, BF02, BF03	semestrale	U-234			240	24000
			U-235		280	250	25000
			U-238			260	26000
Suolo imperturbato	BS01, BS02, BS03, BS04	annuale	U-234			240	24000
			U-235		280	250	25000
			U-238			260	26000
Suolo coltivato	BC01, BC02, BC03, BC04	annuale	U-234			240	24000
			U-235		280	250	25000
			U-238			260	26000
Cereali di coltivazione locale	BC01, BC02, BC03, BC04	annuale	U-234			0,60	60
			U-235		0,70	0,63	63
			U-238			0,65	65

Figura 8.1 Distribuzione dei punti di prelievo del piano di monitoraggio per il sito nucleare di Bosco Marengo.



9. MONITORAGGIO AMBIENTALE

Acqua potabile di rete

Nei campioni di acqua potabile distribuita dagli acquedotti di Bosco Marengo (BQ01), Frugarolo (BQ02), Quattro Cascine (BQ03) e Pozzolo Formigaro (BQ04), tutti i valori di concentrazione dell'attività degli Attinidi totali, dell'attività alfa totale e dell'attività beta totale – riportati in tabella 9.1 – si sono sempre mantenuti nettamente al di sotto dei *valori*

guida e dei valori di screening, consentendo di escludere la presenza di Uranio in quantità anomale. Le successive analisi di spettrometria alfa eseguite sui campioni compositi annuali – riportate in tabella 9.2 – hanno evidenziato che i rapporti isotopici (arricchimento) corrispondono all'Uranio naturale.

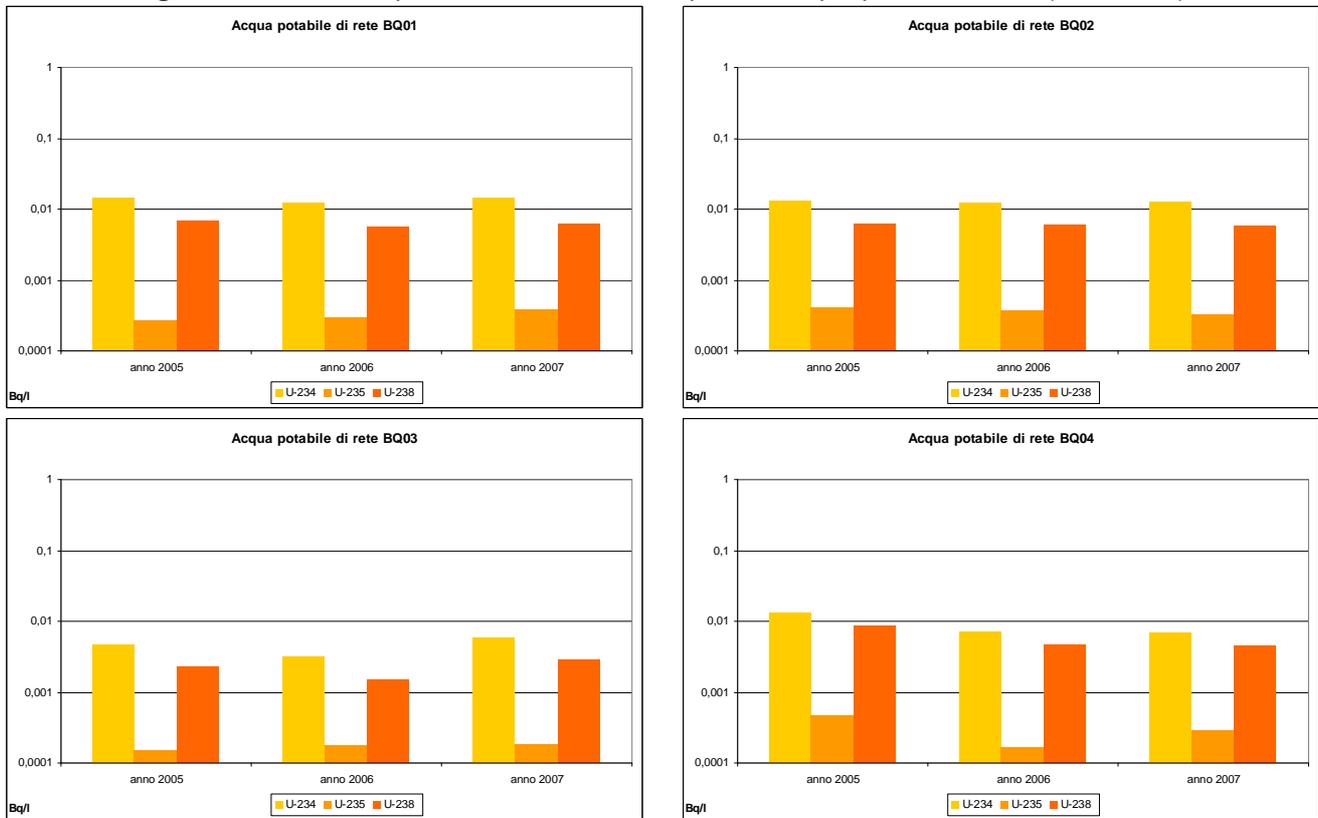
Tabella 9.1 Risultati delle misure sui campioni di acqua potabile di rete.

Punto	Numero campione	Data prelievo	Attinidi Bq/l	α totale Bq/l	β totale Bq/l
BQ01	07/012464	10/05/2007	0,0460 \pm 0,0104	< 0,110	< 0,194
	07/028411	27/09/2007	< 0,0146	< 0,115	< 0,137
BQ02	07/012465	10/05/2007	< 0,0149	< 0,081	< 0,218
	07/028412	27/09/2007	0,0249 \pm 0,0094	< 0,098	< 0,134
BQ03	07/012463	10/05/2007	< 0,0144	< 0,070	< 0,181
	07/028409	27/09/2007	< 0,0146	< 0,111	< 0,163
BQ04	07/012462	10/05/2007	0,0288 \pm 0,0095	< 0,119	< 0,195
	07/028410	27/09/2007	< 0,0146	< 0,088	< 0,165
G, S			0,27	0,5	1

Tabella 9.2 Risultati delle misure di spettrometria alfa sui campioni compositi di acqua potabile di rete.

Punto	Numero campione	Periodo riferimento	U-234 Bq/l	U-235 Bq/l	U-238 Bq/l	Arricchimento
BQ01	05/01143	anno 2005	0,0143 \pm 0,0024	< 0,000267	0,00684 \pm 0,00123	ND
	06/032185	anno 2006	0,0124 \pm 0,0020	0,000297 \pm 0,000162	0,00572 \pm 0,00099	0,80% \pm 0,46%
	07/036484	anno 2007	0,0144 \pm 0,0019	0,000390 \pm 0,000209	0,00632 \pm 0,00096	0,95% \pm 0,53%
BQ02	05/01144	anno 2005	0,0132 \pm 0,0020	0,000404 \pm 0,000125	0,00633 \pm 0,00098	0,98% \pm 0,34%
	06/032186	anno 2006	0,0122 \pm 0,0019	0,000367 \pm 0,000158	0,00600 \pm 0,00100	0,94% \pm 0,43%
	07/036488	anno 2007	0,0128 \pm 0,0017	0,000320 \pm 0,000219	0,00587 \pm 0,00089	0,84% \pm 0,59%
BQ03	05/01142	anno 2005	0,00459 \pm 0,00074	0,000148 \pm 0,000077	0,00228 \pm 0,00039	1,00% \pm 0,55%
	06/032187	anno 2006	0,00321 \pm 0,00063	< 0,000179	0,00154 \pm 0,00037	ND
	07/036492	anno 2007	0,00581 \pm 0,00084	< 0,000181	0,00290 \pm 0,00050	ND
BQ04	05/001141	anno 2005	0,0133 \pm 0,0022	0,000467 \pm 0,000243	0,00856 \pm 0,00147	0,84% \pm 0,46%
	06/032188	anno 2006	0,00719 \pm 0,00127	< 0,000166	0,00467 \pm 0,00089	ND
	07/036495	anno 2007	0,00682 \pm 0,00103	< 0,000285	0,00443 \pm 0,00075	ND
R_{non rilevanza}			0,18	0,19	0,20	0,71%

Figura 9.1 Misure di spettrometria alfa sui campioni di acqua potabile di rete (tabella 9.2).



Acqua di falda superficiale

Nell'acqua di falda superficiale prelevata nei pozzi privati nei punti BP01, BP02, BP03, BP04, BP05 e BP06 tutti i valori di concentrazione dell'attività degli Attinidi totali, dell'attività alfa totale e dell'attività beta totale – riportati in tabella 9.3 – si sono sempre mantenuti nettamente al di sotto dei *valori guida* e dei *valori di screening*, consentendo

di escludere la presenza di Uranio in quantità anomale. Le successive analisi di spettrometria alfa eseguite sui campioni compositi annuali – riportate in tabella 9.4 – hanno evidenziato che i rapporti isotopici (arricchimento) corrispondono all'Uranio naturale.

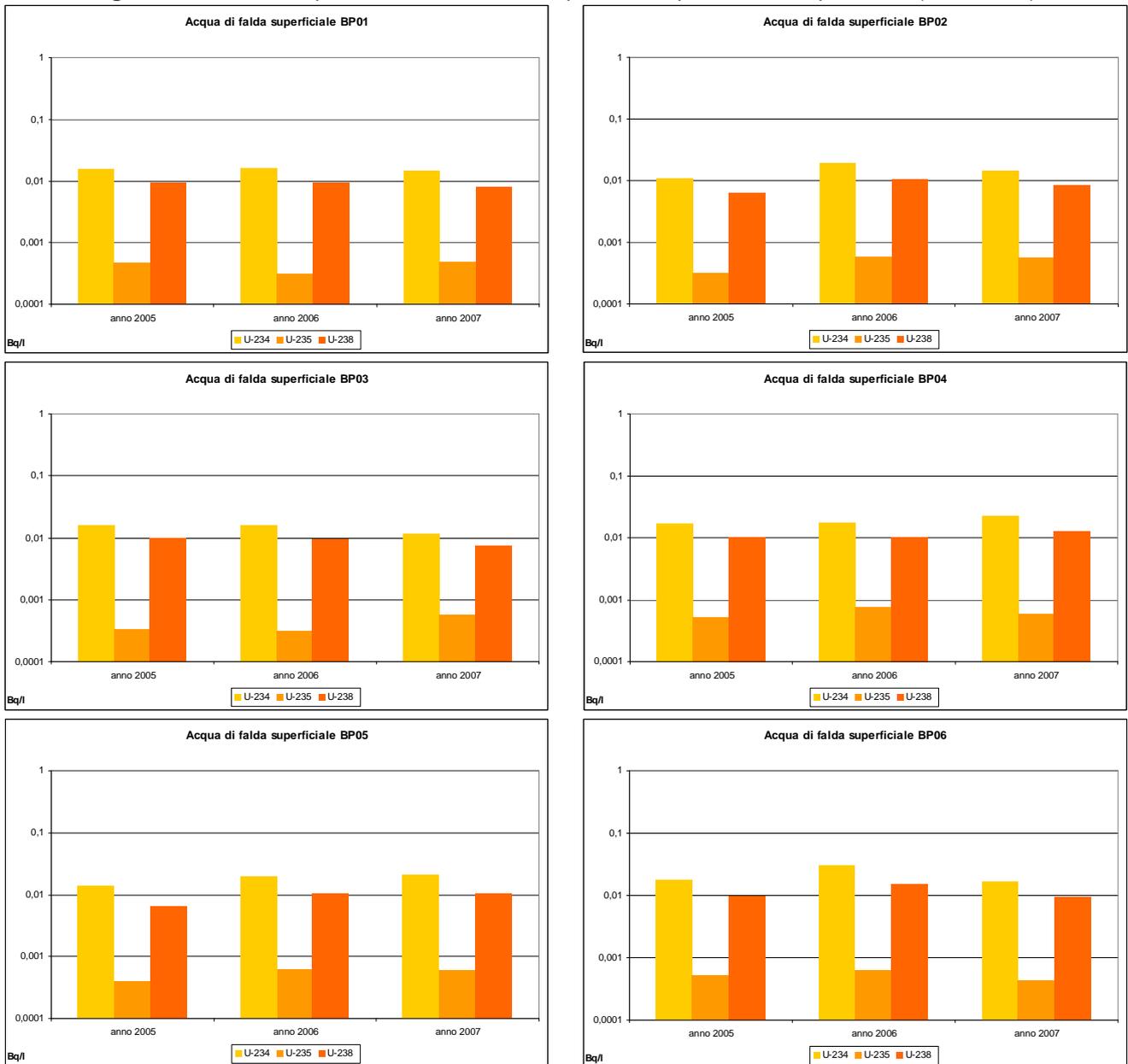
Tabella 9.3 Risultati delle misure sui campioni di acqua di falda superficiale.

Punto	Numero campione	Data prelievo	Attinidi Bq/l	α totale Bq/l	β totale Bq/l
BP01	07/000782	11/01/2007	< 0,0162	< 0,1340	< 0,237
	07/014834	31/05/2007	0,0243 \pm 0,0095	< 0,0864	< 0,224
	07/023847	09/08/2007	0,0364 \pm 0,0097	< 0,0997	0,332 \pm 0,100
	07/033693	14/11/2007	< 0,0172	< 0,1040	< 0,131
BP02	07/000787	11/01/2007	< 0,0162	< 0,0920	< 0,189
	07/014841	31/05/2007	0,0351 \pm 0,0100	< 0,1110	< 0,195
	07/023849	09/08/2007	0,0294 \pm 0,0094	< 0,0892	0,319 \pm 0,110
	07/033701	14/11/2007	< 0,0172	< 0,1100	< 0,169
BP03	07/000790	11/01/2007	0,0441 \pm 0,0111	< 0,0949	< 0,198
	07/014842	31/05/2007	0,0428 \pm 0,0100	0,1370 \pm 0,0460	< 0,185
	07/023855	09/08/2007	0,0383 \pm 0,0098	< 0,0791	< 0,209
	07/033707	14/11/2007	< 0,0172	< 0,1390	< 0,189
BP04	07/000793	11/01/2007	0,0594 \pm 0,0120	< 0,1010	< 0,202
	07/014846	31/05/2007	< 0,0149	< 0,0893	< 0,191
	07/023860	09/08/2007	0,0415 \pm 0,0099	< 0,0753	< 0,215
	07/033709	14/11/2007	< 0,0172	< 0,1310	< 0,139
BP05	07/003441	08/02/2007	< 0,0164	< 0,0872	< 0,167
	07/014832	31/05/2007	0,0294 \pm 0,0098	0,1820 \pm 0,0600	< 0,178
	07/023840	09/08/2007	0,0256 \pm 0,0096	< 0,1020	< 0,216
	07/033685	14/11/2007	0,0364 \pm 0,0099	< 0,0984	< 0,143
BP06	07/003442	08/02/2007	0,0492 \pm 0,0120	< 0,0897	< 0,212
	07/014833	31/05/2007	0,0473 \pm 0,0110	< 0,0894	< 0,216
	07/023843	09/08/2007	0,0441 \pm 0,0100	0,1650 \pm 0,0510	< 0,177
	07/033687	14/11/2007	< 0,0172	< 0,1420	< 0,149
G, S			0,27	0,5	1

Tabella 9.4 Risultati delle misure di spettrometria alfa sui campioni di acqua di falda superficiale.

Punto	Numero campione	Periodo riferimento	U-234 Bq/l	U-235 Bq/l	U-238 Bq/l	Arricchimento
BP01	06/00166	anno 2005	0,0156 \pm 0,00234	0,000471 \pm 0,000127	0,00909 \pm 0,00136	0,80% \pm 0,25%
	06/034776	anno 2006	0,0163 \pm 0,0027	< 0,000305	0,00911 \pm 0,0016	ND
	08/000318	anno 2007	0,0146 \pm 0,0018	0,000486 \pm 0,000171	0,00808 \pm 0,00104	0,93% \pm 0,35%
BP02	06/00167	anno 2005	0,0112 \pm 0,00168	0,000315 \pm 0,000107	0,00627 \pm 0,00100	0,78% \pm 0,29%
	06/034777	anno 2006	0,0191 \pm 0,0031	< 0,000584	0,0106 \pm 0,0019	ND
	08/000320	anno 2007	0,0143 \pm 0,0018	0,000574 \pm 0,000233	0,00835 \pm 0,00116	1,06% \pm 0,45%
BP03	06/00168	anno 2005	0,0155 \pm 0,00186	0,000328 \pm 0,000157	0,00982 \pm 0,00128	0,52% \pm 0,26%
	06/034778	anno 2006	0,0155 \pm 0,0026	< 0,000315	0,00948 \pm 0,0017	ND
	08/000321	anno 2007	0,0117 \pm 0,0018	< 0,000559	0,00740 \pm 0,00127	ND
BP04	06/00169	anno 2005	0,0167 \pm 0,00251	0,000507 \pm 0,000127	0,0102 \pm 0,00153	0,77% \pm 0,22%
	06/034779	anno 2006	0,0177 \pm 0,0029	0,000769 \pm 0,000287	0,0102 \pm 0,0017	1,16% \pm 0,47%
	08/000322	anno 2007	0,0227 \pm 0,0026	0,000591 \pm 0,000140	0,0126 \pm 0,0015	0,72% \pm 0,19%
BP05	06/00170	anno 2005	0,0135 \pm 0,00203	0,000389 \pm 0,000109	0,00647 \pm 0,00104	0,93% \pm 0,30%
	06/034781	anno 2006	0,0193 \pm 0,00303	0,000617 \pm 0,000210	0,0105 \pm 0,0017	0,91% \pm 0,34%
	08/000323	anno 2007	0,0207 \pm 0,0024	0,000604 \pm 0,000139	0,0105 \pm 0,0012	0,89% \pm 0,23%
BP06	06/00171	anno 2005	0,0181 \pm 0,00272	0,000527 \pm 0,000132	0,00976 \pm 0,00146	0,83% \pm 0,24%
	06/034783	anno 2006	0,0305 \pm 0,0047	0,000626 \pm 0,000146	0,0154 \pm 0,0024	0,63% \pm 0,18%
	08/000325	anno 2007	0,0167 \pm 0,0019	0,000424 \pm 0,000116	0,00930 \pm 0,00111	0,70% \pm 0,21%
R_{non rilevanza}			0,18	0,19	0,20	0,71%

Figura 9.2 Misure di spettrometria alfa sui campioni di acqua di falda superficiale (tabella 9.4).



Suolo imperturbato – strato superficiale

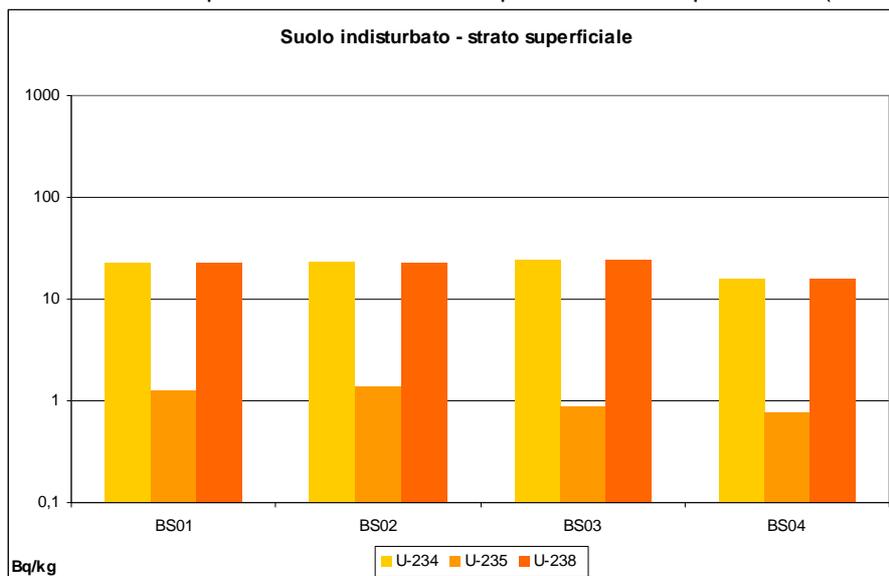
Nello strato superficiale (0-5 cm) dei suoli prelevati all'esterno dell'impianto è presente contaminazione da Uranio del tutto confrontabile con le concentrazioni comunemente riscontrabili in questa matrice per altre zone della provincia e della regione e non sono state evidenziate alterazioni nei rapporti isotopici: pertanto tale

contaminazione è attribuibile all'Uranio naturale e non direttamente riconducibile alle attività dell'impianto. Tutti i valori si sono sempre mantenuti nettamente al di sotto dei *valori soglia per la non rilevanza radiologica* e dei *valori guida* – per quanto riguarda l'uranio totale.

Tabella 9.5 Risultati delle misure sui campioni di suolo imperturbato – strato superficiale.

Punto	Numero campione	Data prelievo	U-234 Bq/kg	U-235 Bq/kg	U-238 Bq/kg	Arricchimento
BS01	07/010894	19/04/2007	23,1 ± 2,7	1,24 ± 0,29	23,1 ± 2,7	0,83% ± 0,22%
BS02	07/010895	19/04/2007	23,6 ± 3,3	< 1,40	22,4 ± 3,1	ND
BS03	07/010892	19/04/2007	24,6 ± 3,1	0,89 ± 0,37	24,1 ± 3,0	0,57% ± 0,25%
BS04	07/010893	19/04/2007	15,6 ± 1,9	0,77 ± 0,24	16,1 ± 2,0	0,74% ± 0,25%
R_{non rilevanza}			240	250	260	0,71%

Figura 9.3 Misure di spettrometria alfa sui campioni di suolo imperturbato (tabella 9.5).



Suoli coltivati e relative coltivazioni

Nello strato superficiale (0-5 cm) dei suoli coltivati (grano, mais, piselli) è presente contaminazione da Uranio del tutto confrontabile con le concentrazioni comunemente riscontrabili in questa matrice per altre zone della provincia e della regione e non sono state evidenziate alterazioni nei rapporti isotopici: pertanto tale

contaminazione è attribuibile all'uranio naturale e non direttamente riconducibile alle attività dell'impianto. Tutti i valori si sono sempre mantenuti nettamente al di sotto dei *valori soglia per la non rilevanza radiologica* e dei *valori guida* – per quanto riguarda l'uranio totale.

ARPA Ente di diritto pubblico – Centro Regionale per le Radiazioni Ionizzanti e Non Ionizzanti

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

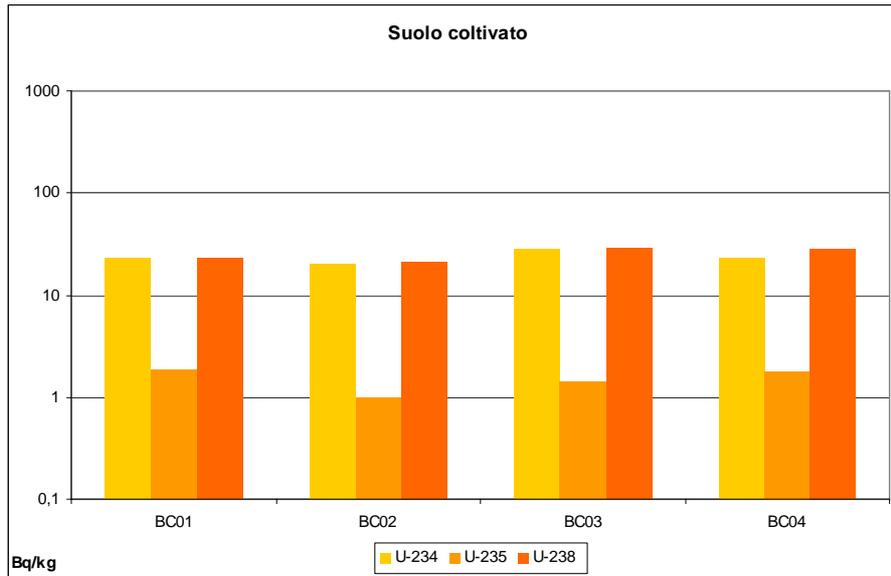
Struttura Semplice 21.02 Radiazioni ionizzanti – Monitoraggio e controllo siti nucleari

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 01612698304 – fax 01612698303

Tabella 9.6 Risultati delle misure sui campioni di suolo coltivato.

Punto	Numero campione	Data prelievo	U-234 Bq/kg	U-235 Bq/kg	U-238 Bq/kg	Arricchimento
BC01	07/014836	31/05/2007	23,0 ± 3,3	< 1,87	23,4 ± 3,4	ND
BC02	07/014838	31/05/2007	20,1 ± 2,5	0,99 ± 0,40	21,2 ± 2,6	0,72% ± 0,30%
BC03	07/014843	31/05/2007	28,0 ± 3,6	1,41 ± 0,63	28,7 ± 3,7	0,76% ± 0,35%
BC04	07/028408	27/09/2007	23,0 ± 3,9	1,80 ± 1,08	27,8 ± 4,5	1,00% ± 0,62%
R_{non rilevanza}			240	250	260	0,71%

Figura 9.4 Misure di spettrometria alfa sui campioni di suolo indisturbato (tabella 9.6).



Anche per quanto riguarda i prodotti – grano, orzo e piselli – coltivati nei terreni sopra riportati i dati sono sempre inferiori ai *valori*

soglia per la non rilevanza radiologica ed ai valori guida – per quanto riguarda l'Uranio totale.

Tabella 9.7 Risultati delle misure sui campioni di grano, orzo e piselli coltivati nei suoli di cui alla tabella 9.6.

Punto	Numero campione	Data prelievo	U-234 Bq/kg	U-235 Bq/kg	U-238 Bq/kg
BC01	07/014837	31/05/2007	0,0220 ± 0,0070	< 0,00732	0,0224 ± 0,0070
BC02	07/014840	31/05/2007	0,0232 ± 0,0081	< 0,0109	0,0182 ± 0,0074
BC03	07/014845	31/05/2007	0,0545 ± 0,0134	< 0,0102	0,0383 ± 0,0110
BC04	07/028407	27/09/2007	0,0903 ± 0,0169	0,0103 ± 0,0057	0,0827 ± 0,0157
R_{non rilevanza}			0,60	0,63	0,65

Acqua superficiale

Nell'acqua superficiale del Rio Lovassina prelevata a monte della condotta di scarico degli effluenti radioattivi liquidi (BF01), in corrispondenza della condotta (BF02) ed a valle della stessa (BF03), tutti i valori di concentrazione dell'attività degli Attinidi totali,

dell'attività alfa totale e dell'attività beta totale si sono sempre mantenuti al di sotto dei *valori guida* e dei *valori di screening*. Questo consente di escludere la presenza di Uranio in quantità anomale.

Tabella 9.8 Risultati delle misure sui campioni di acqua superficiale del Rio Lovassina.

Punto	Numero campione	Data prelievo	Attinidi Bq/l	α totale Bq/l	β totale Bq/l
BF01	07/012461	10/05/2007	< 0,014	< 0,092	0,537 \pm 0,140
	07/036072	06/12/2007	< 0,014	< 0,106	0,449 \pm 0,120
BF02	07/000772	11/01/2007	< 0,016	< 0,112	0,795 \pm 0,150
	07/010505	17/04/2007	< 0,015	< 0,080	0,676 \pm 0,140
	07/012460	10/05/2007	0,026 \pm 0,009	< 0,061	0,557 \pm 0,130
	07/021316	23/07/2007	< 0,014	< 0,099	0,484 \pm 0,140
	07/036070	06/12/2007	< 0,014	0,144 \pm 0,056	0,557 \pm 0,110
BF03	07/012470	10/05/2007	< 0,015	< 0,093	0,412 \pm 0,140
	07/036074	06/12/2007	< 0,014	0,164 \pm 0,056	0,543 \pm 0,099
G, S			0,075	0,5	1

Sedimenti

Nei sedimenti del Rio Lovassina prelevati a monte della condotta di scarico degli effluenti radioattivi liquidi (BF01) ed a valle della stessa (BF03) è presente contaminazione da Uranio del tutto confrontabile con le concentrazioni comunemente riscontrabili in questa matrice per altre zone della provincia e della regione e non sono state evidenziate alterazioni nei rapporti isotopici: pertanto tale contaminazione è attribuibile all'Uranio naturale e non direttamente riconducibile alle

attività dell'impianto. Nel punto di immissione degli scarichi di effluenti radioattivi liquidi (BF02) i valori di concentrazione di uranio sono confrontabili con i punti a monte (BF01) e a valle (BF03) e non si evidenziano fenomeni di accumulo.

Tutti i valori si sono sempre mantenuti nettamente al di sotto dei *valori soglia per la non rilevanza radiologica* e dei *valori guida* – per quanto riguarda l'Uranio totale.

Tabella 9.9 Risultati delle misure sui campioni di sedimenti del Rio Lovassina.

Punto	Numero campione	Data prelievo	U-234 Bq/kg	U-235 Bq/kg	U-238 Bq/kg
BF01	07/036073	06/12/2007	16,0 \pm 3,1	< 1,56	14,2 \pm 2,8
BF02	07/036071	06/12/2007	24,2 \pm 5,0	< 2,66	21,2 \pm 4,6
BF03	07/036075	06/12/2007	32,8 \pm 8,1	< 5,17	28,3 \pm 7,4
R_{non rilevanza}			240	250	260

10. ATTIVITA' DI CONTROLLO DEGLI SCARICHI DI EFFLUENTI RADIOATTIVI

L'impianto rilascia nell'ambiente effluenti radioattivi liquidi nel rispetto della formula di scarico assegnata in sede autorizzativa. Non è invece stata assegnata una formula di scarico per gli effluenti radioattivi aeriformi.

Arpa Piemonte, in accordo con Apat e con gli Esercenti, effettua controlli sistematici sui campioni di effluenti liquidi – al fine di verificare il rispetto delle formule di scarico –

e indagini ambientali specifiche in occasione di ogni scarico.

In tabella 10.1 è riassunto l'impegno della formula di scarico per gli effluenti radioattivi liquidi valutato in funzione delle analisi eseguite sui campioni prelevati prima di ogni scarico, riportando il confronto con gli anni precedenti.

L'arricchimento medio degli scarichi è pari a circa il 2%.

Tabella 10.1 Impegno delle formule di scarico in acqua per effluenti radioattivi liquidi.

Impianto	Impegno formula di scarico anno 2005	Impegno formula di scarico anno 2006	Impegno formula di scarico anno 2007
FN-Sogin	1,1%	1,45%	1,44%

11. VALUTAZIONI DOSIMETRICHE

Sulla base dei dati sopra esposti è possibile calcolare la dose efficace per il gruppo critico della popolazione. Pur assumendo come ipotesi estremamente cautelativa che le concentrazioni di Uranio misurate siano imputabili esclusivamente alle attività

dell'impianto, risulta ampiamente rispettato il limite di 1 mSv/anno per gli individui del gruppo critico ed in particolare risulta rispettato anche il limite di non rilevanza radiologica di 10 µSv/anno.

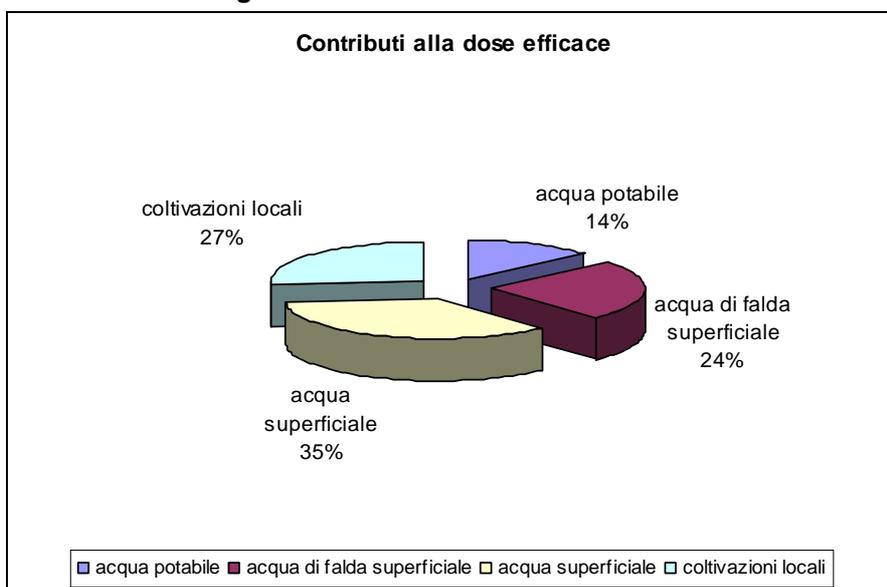
Tabella 11.1 Stima della dose efficace.

Via critica	Matrice	Dose mSv/anno
Ingestione	acqua potabile	0,000813
	acqua di falda superficiale	0,001429
	acqua superficiale	0,002104
	coltivazioni locali	0,001567
Totale		0,005913
Limite non rilevanza radiologica		0,01
Limite di dose efficace		1

In figura 11.1 sono rappresentati i contributi percentuali alla dose efficace, ad evidenziare che i diversi comparti ambientali contribuiscono in maniera uniforme alla dose

efficace. Si rammenta a tale proposito che l'Uranio è un elemento radioattivo naturale pressoché ubiquitario.

Figura 11.1 Contributi alla dose efficace.



Per quanto riguarda la tossicità chimica con considerazioni analoghe è possibile valutare le concentrazioni medie di Uranio nell'acqua potabile ed il rateo di introduzione medio, per le stesse vie critiche considerate per le valutazioni radioprotezionistiche. Anche in

questo caso sono rispettati i limiti indicati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità. Le valutazioni effettuate permettono di dimostrare l'adeguatezza delle strategie di controllo riportate ai paragrafi 5 e 6.

Tabella 11.2 Stima della concentrazione media di Uranio nell'acqua potabile e nell'acqua di falda superficiale.

Matrice	Concentrazione $\mu\text{g/l}$
Acqua potabile	0,84
Acqua di falda superficiale	1,48
Limite OMS	15

Tabella 11.3 Stima del rateo medio di introduzione di Uranio.

Via critica	Matrice	TDI $\mu\text{g}/(\text{kg giorno})$
Ingestione	acqua superficiale	0,126
	coltivazioni locali	0,084
Totale		0,21
Limite OMS		0,60

12. VALUTAZIONI CONCLUSIVE

L'analisi dei dati relativi alle misure effettuate nell'anno 2007 permette di affermare che lo stato radiologico dell'ambiente circostante il

sito di Bosco Marengo è buono e non emergono situazioni di criticità per l'ambiente e per la popolazione.

ALLEGATO 1 – Metodi

- U.RP.M742 “Determinazione dell’attività alfa totale da attinidi nell’acqua - Eichrom Technologies, Inc. ACW11-03 Gross Alpha Radioactivity in Water” – metodo esterno non normalizzato;
- U.RP.M751 “Determinazione di U-234, U-235 e U-238 in acqua - Eichrom Technologies, Inc. ACW02 rev. 1.3 Uranium in Water” – metodo esterno non normalizzato;
- U.RP.M752 “Determinazione di U-234, U-235 e U-238 in suolo, sedimento e fango - Eichrom Technologies, Inc. ACS07 rev. 1.5 Uranium in soli” – metodo esterno non normalizzato;
- U.RP.M763 “Determinazione di U-234, U-235 e U-238 nei vegetali - HASL-300, 28th edition, vol I U-02-RC rev. 1 2000 p. 2 + Eichrom Technologies, Inc. ACW02 rev. 1.3 Uranium in Water” – metodo esterno non normalizzato;
- 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.T085: “Campionamento di matrici ambientali ed alimentari da sottoporre a misure radiometriche” – metodo interno.

ALLEGATO 2 – Glossario

Atomo	è il costituente fondamentale della materia ed è composto dal nucleo e dagli elettroni orbitali.
Attività	numero di trasformazioni nucleari spontanee di un radionuclide che si producono nell'unità di tempo; si esprime in Becquerel.
Becquerel (Bq)	unità di misura dell'attività; 1 Bq = 1 disintegrazione al secondo.
Combustibile nucleare	materiale fissile utilizzato per produrre energia in una centrale nucleare.
Combustibile nucleare irraggiato	combustibile nucleare dopo l'utilizzo in un reattore nucleare.
Contaminazione radioattiva	contaminazione di una matrice, di una superficie, di un ambiente di vita o di lavoro o di un individuo, prodotta da sostanze radioattive.
Decadimento	trasformazione spontanea di un nuclide instabile in un altro nuclide.
Decommissioning	insieme delle operazioni pianificate, tecniche e amministrative da effettuare su di un impianto nucleare al termine del suo esercizio al fine della sicurezza e protezione della popolazione e dell'ambiente, in funzione della destinazione finale dell'impianto e del sito.
Dose assorbita	energia assorbita per unità di massa di materiale irraggiato; si esprime in Gy.
Dose efficace	somma delle dosi equivalenti nei diversi organi e tessuti del corpo umano moltiplicate per gli appropriati fattori di ponderazione (wT); si esprime in Sv.
Dose efficace impegnata	somma delle dosi equivalenti impegnate nei diversi organi e tessuti risultanti dall'introduzione di uno o più radionuclidi, ciascuna moltiplicata per il fattore di ponderazione del tessuto wT; si esprime in Sv.
Dose equivalente	prodotto della dose assorbita media in un tessuto o organo per il fattore di ponderazione delle radiazioni; si esprime in Sv.
Dose equivalente impegnata	dose equivalente ricevuta da un organo o da un tessuto, in un determinato periodo di tempo, in seguito all'introduzione di uno o più radionuclidi; si esprime in Sv.
Equivalente di dose	vedere dose equivalente.
Fondo naturale di radiazioni	insieme delle radiazioni ionizzanti provenienti da sorgenti naturali, terrestri e cosmiche, sempre che l'esposizione che ne risulta non sia accresciuta in modo significativo da attività umane.
Formula di scarico	insieme delle prescrizioni per l'immissione controllata di radionuclidi nell'ambiente; è diversificata per effluenti aeriformi e liquidi.

ARPA Ente di diritto pubblico – Centro Regionale per le Radiazioni Ionizzanti e Non Ionizzanti

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

Struttura Semplice 21.02 Radiazioni ionizzanti – Monitoraggio e controllo siti nucleari

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 01612698304 – fax 01612698303

Gray (Gy)	unità di misura della dose assorbita; 1 Gy = 1 J.kg ⁻¹ .
Gruppi di riferimento della popolazione (gruppi critici)	gruppi che comprendono persone la cui esposizione è ragionevolmente omogenea e rappresentativa di quella degli individui della popolazione maggiormente esposti, in relazione ad una determinata fonte di esposizione.
MAR (Minima Attività Rivelabile)	rappresenta il limite strumentale di rivelazione, cioè la minima quantità di radioattività che il sistema di misura è in grado di rivelare.
Notazione scientifica	1E+01 = 1x10 ⁺¹ =10; 1E+00 = 1x10 ⁰ = 1 1E-02 = 1x10 ⁻² = 0,01
Ricettività ambientale	attività degli effluenti, sia liquidi sia aeriformi, il cui scarico provoca nel gruppo di riferimento della popolazione un prestabilito livello di dose, tale da rispettare il limite di dose pertinente.
Sievert (Sv)	unità di misura della dose equivalente e della dose efficace; se il fattore di ponderazione della radiazione è uguale a uno, 1 Sv = 1 J.kg ⁻¹ . Sono suoi sottomultipli il milliSievert – 1 mSv = 1E-03 Sv – e il microSievert – 1 µSv = 1E-06 Sv.
Via critica	via di esposizione relativa al gruppo di riferimento della popolazione.

ALLEGATO 3 - Bibliografia

- RT/2005/UDA ENEA Glossario di radioprotezione – Radioprotezione della popolazione e dell'ambiente.
- A Compendium of Transfer Factors for Agricultural and Animal Products – L.H. Staven, B.A. Napier, K. Rhoads, D.L. Strenge - Pacific Northwest National Laboratory Richland, Washington 99352.
- UNSCEAR Report 2000 vol. I.
- World Health Organization, *Guidelines for Drinking-water Quality. Third Edition*, 2004.