



0.5.13 y G. Rossi
[Signature]

Agenzia Regionale per la Protezione
dell'Ambiente di Basilicata

Potenza, 11 GIU 2013

Prot. 000 5150

N° class.ne: 37/04

Rif. CRR: n. 172 del 6/06/2013



Al Sindaco
Comune di Tito
Piazza del Seggio, 5
85050 TITO (PZ)

Al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del
Territorio
Direzione Generale per la Qualità della Vita -
Divisione IX
Via Cristoforo Colombo, 44
00145 ROMA



All'ISPRA
Ufficio Siti da bonificare di Interesse Nazionale
via Vitaliano Brancati, 48
00144 ROMA

Alla Regione Basilicata
Dipartimento Ambiente e Territorio
Ufficio Prevenzione e Controllo Ambientale
85100 POTENZA

All'Amministrazione Provinciale
Settore Ambiente
Piazza delle Regioni
85100 POTENZA

Alla ASP
U.O.C. Igiene
Dott. Francesco S. Negrone
Via Appia
85100 POTENZA

Consorzio per lo Sviluppo Industriale della
Provincia di Potenza
Centro Direzionale Zona Industriale Tito
85050 - TITO (PZ)

Oggetto: Rilievi radiometrici e analisi campioni prelevati presso il sito di interesse nazionale (istituito con D.M. 18 settembre 2001 nr. 468) - zona industriale di Tito Scalo, ex Liquichimica, ed in particolare c/o la discarica fosfogessi; trasmissione relazione tecnica N. R11/'13 – Ufficio CRR – ARPAB; riscontro a richiesta del Sindaco di Tito, n. 0013884/2012 del 3/12/2012.

Ufficio Centro Regionale Radioattività
Dirigente dr.ssa Carmela P. Fortunato tel. 0835225415 e-mail: carmela.fortunato@arpab.it



Agenzia Regionale per la Protezione
dell'Ambiente di Basilicata

In riferimento alla richiesta del Sindaco di Tito, di cui all'oggetto, si trasmette in allegato la relazione tecnica relativa ai controlli radiometrici effettuati dall'Ufficio CRR di questa Agenzia presso la zona industriale di Tito Scalo, ex Liquichimica, ed in particolare c/o la discarica fosfogessi.

Cordiali saluti

Il Responsabile del CRR
Dott.ssa Carmela Fortunato

Il Direttore
Ing. Raffaele Vita

Ufficio Centro Regionale Radioattività

Dirigente dr.ssa Carmela P. Fortunato tel. 0835225415 e-mail: carmela.fortunato@arpab.it

Dipartimento Provinciale di Matera – via dell'Industria snc, 75100 MATERA – Fax 0835 225409 C.F./P.IVA 01318260765



Agenzia Regionale per la Protezione
dell'Ambiente di Basilicata

RELAZIONE N. R11/'13 del 6/06/2013

CONTROLLI RADIOMETRICI PRESSO EX LIQUICHIMICA – ZONA INDUSTRIALE TITO SCALO (PZ) - AREA FOSFOGESSI – 2° RAPPORTO

In riferimento alla richiesta del Sindaco del Comune di Tito (PZ), n. 0013884/2012 del 3/12/2012, prot. ARPAB n. 0011216 del 4/12/2012, nonché all'incontro tenutosi presso il Comune di Tito in data 6/12/2012 - convocato dallo stesso Sindaco a seguito di articoli e servizi pubblicati da alcuni giornali locali, questo Ufficio ha programmato un piano di controlli radiometrici suddiviso in due fasi operative. In merito alla prima fase operativa è stato già redatto e divulgato il relativo Rapporto (Relazione ARPAB N. R21/'12 del 16/01/2013). Successivamente, non appena ripristinato il funzionamento delle apparecchiature dei laboratori del CRR (in seguito a problemi tecnici presso la sede del Dipartimento Provinciale di Matera - ARPAB), è stata effettuata la seconda fase dei controlli, di cui alla presente relazione.

L'area di interesse è situata all'interno della zona industriale di Tito Scalo, presso la ex Liquichimica, ed in particolare la discarica fosfogessi, indicata in figura n. 1 allegata. Si richiamano le finalità dell'indagine e la pianificazione dei controlli, già rappresentate nel 1° Rapporto.

Finalità dell'indagine

I rilievi radiometrici della presente indagine si pongono i seguenti obiettivi:

- misurare i livelli di rateo di dose gamma ambientale nell'area di interesse;
- verificare eventuali anomalie radiometriche rispetto ai livelli del fondo ambientale di radioattività ed identificare i radionuclidi naturali, ed eventualmente artificiali, presenti;
- in caso di eventuali anomalie radiometriche, caratterizzare i fanghi/fosfogessi - mediante analisi di spettrometria gamma - al fine di valutare le concentrazioni dei radionuclidi più significativi.

Pianificazione dei controlli

1^a fase: Rilievi radiometrici con misure del rateo di dose gamma ambientale [nSv/h] rappresentative della zona di interesse e analisi qualitative di spettrometria gamma in campo con identificazione dei principali radionuclidi riscontrati.

Pag. 1 di 12



Agenzia Regionale per la Protezione
dell'Ambiente di Basilicata

2^a fase: campionamenti (con eventuali carotaggi) dei fanghi/fosfogessi e analisi quantitative (tramite spettrometria gamma) in laboratorio sui campioni prelevati.

Premessa

Da quanto risulta a questo Ufficio presso il sito industriale in questione il processo produttivo che è stato svolto (negli anni 1969-1989) consisteva nella produzione di fertilizzanti fosfatici, utilizzando come materia prima la fosforite. I rifiuti industriali derivanti da tali processi produttivi sono generalmente caratterizzati da un arricchimento della concentrazione di alcuni radionuclidi naturali (*Naturally Occurring Radioactive Materials*, NORM). I fosfogessi sono residui delle attività di produzione di fertilizzanti e detergenti (in particolare dell'acido fosforico). Nella produzione di perfosfati dalle fosforiti si formano dei fanghi contenenti **radionuclidi** della Serie U-238 (tra cui Ra-226 e Rn-222) e della Serie Th-232, in concentrazioni variabili in base al luogo di provenienza della materia prima.

Generalmente nei minerali fosfatici si possono rilevare concentrazioni dei suddetti radionuclidi significativamente superiori a quelle mediamente presenti nella crosta terrestre, e nelle fosforiti si possono rilevare concentrazioni di U-238 (e discendenti) dell'ordine di grandezza di migliaia di Bq/Kg. L'Uranio naturale è una miscela composta (in peso) da U-238 (al 99.3%), da U-235 (allo 0.72%) e da una percentuale trascurabile di U-234; **la radioattività dell'U-235 [Bq/g] è circa il 4.61% di quella dell'U-238 (Rif.: tabella 6 RP 122; Rapporti ISTISAN 11/16).**

L'isotopo U-238 dell'uranio naturale è il capostipite di una "famiglia" radioattiva, in quanto genera una catena di radionuclidi (nuclei atomici radioattivi), ovvero ogni radionuclide della catena è prodotto per decadimento radioattivo (quindi "figlio") del precedente radionuclide della catena e produce (quindi "padre"), a sua volta per decadimento radioattivo, il radionuclide successivo, e così via; i radionuclidi di tale catena sono i seguenti: Th-234, Pa-234_m, U-234, Th-230, Ra-226, Rn-222, Po-218, Pb-214, Bi-214, Po-214, Pb-210, Bi-210, Po-210, Pb-206; quest'ultimo chiude la catena in quanto nucleo stabile.

Nei minerali naturali tutti i radionuclidi della catena di decadimento dell'U-238 sono presenti per tempi sufficientemente lunghi tali da raggiungere l'**equilibrio secolare** (in tali condizioni le concentrazioni di attività dei nuclei "padre" e quelle dei "figli" rimangono stazionariamente uguali). Generalmente però i trattamenti chimico-fisici del processo industriale in esame rompono l'equilibrio della catena presente nel minerale originario confinando "padri" e "figli" in sottoprodotti diversi; nella produzione dell'acido fosforico in soluzione, ad esempio, all'atto della filtrazione del prodotto in soluzione, **l'uranio resta disciolto nella fase liquida, mentre il radio**

Pag. 2 di 12

A.R.P.A.B. - Ufficio Centro Regionale Radioattività

Dirigente dr.ssa Carmela P. Fortunato tel. 0835225415 e-mail: carmela.fortunato@arpab.it

Dipartimento Provinciale di Matera - via dell'Industria snc, 75100 MATERA - Fax 0835 225409 C.F./P.IVA 01318260765



Agenzia Regionale per la Protezione
dell'Ambiente di Basilicata

precipita nella fase solida di scarto. Inoltre, in alcuni processi tecnologici a cui sono sottoposti materiali NORM si determina una notevole concentrazione di alcuni particolari radionuclidi della catena e ne derivano materiali TENORM (Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Material); un esempio di tale arricchimento si verifica nei processi ad elevata temperatura ($T > 1000^{\circ}\text{C}$). Per quanto riguarda uranio e torio essi formano composti solubili con gli ioni $(\text{PO}_4)^{3-}$ mentre **il radio**, il cui solfato è molto poco solubile, si associa al solfato di calcio (fosfogesso) che si separa per precipitazione sottraendosi all'equilibrio (anche altri solfati poco solubili seguono la stessa sorte e sono coprecipitati con il solfato di calcio).

In considerazione di quanto detto, uno dei radionuclidi di maggiore interesse dal punto di vista radiologico, è il **Ra-226** che nel suo decadimento origina **il radon** (Rn-222), e - a seguire - il Pb-214, il Bi-214, il Pb-210 e il Po-210. Infatti un deposito di fosfogessi può comportare **le seguenti problematiche:**

1. inquinamento delle falde, dovuta alla diffusione dei radionuclidi;
2. esalazione di gas radon;
3. inalazione di polveri radioattive per risospensione del materiale secco;
4. esposizione diretta di radiazioni gamma.

Rilievi radiometrici, campionamenti e analisi

Nell'ambito della seconda fase del presente piano di controllo, finalizzato alla valutazione dello stato radiologico dell'area in questione, ed in particolare quella relativa alla discarica fosfogessi, in data 08/05/2013 e in data 21/05/2013 sono stati effettuati ulteriori rilievi radiometrici in campo e sono stati prelevati alcuni campioni di fosfogessi e di acqua di falda (da pozzi piezometrici). I campioni prelevati sono stati sottoposti ad **analisi di spettrometria gamma** presso i laboratori del C.R.R. - ARPAB di Matera, tramite sistemi al Germanio (HPGe) a basso fondo ed elevata efficienza; quelli di terreno/fosfogessi sono stati analizzati previa asciugatura in stufa (a 105°C per 24 ore); i campioni di acqua di falda sono stati analizzati senza alcun trattamento (*tal quali*). In **tabella n. 1** sono riportati i punti di misura e di campionamento, con relativi dati radiometrici rilevati in campo (misura del Rateo di dose gamma ambientale tramite strumento **AUTOMESS** con rivelatore Geiger-Muller e con sonda a scintillatore plastico, mod. 6150 AD-b/H - minima dose rilevabile 10 nSv/h e risoluzione 1 nSv/h; incertezza relativa $\pm 5\%$). **I punti di misura e di campionamento sono indicati nella mappa allegata.**

Pag. 3 di 12

A.R.P.A.B. - Ufficio Centro Regionale Radioattività

Dirigente dr.ssa Carmela P. Fortunato tel. 0835225415 e-mail: carmela.fortunato@arpab.it

Dipartimento Provinciale di Matera - via dell'Industria snc, 75100 MATERA - Fax 0835 225409 C.F./P.IVA 01318260765



Agenzia Regionale per la Protezione
dell'Ambiente di Basilicata

Valutazione e analisi delle concentrazioni dei radionuclidi

Le analisi di **spettrometria gamma** sui campioni prelevati sono state rivolte alla determinazione delle concentrazioni dei radionuclidi di maggiore interesse nella fattispecie. In particolare sono stati analizzati alcuni radionuclidi artificiali (tra cui il Cs-137) e i seguenti radionuclidi naturali: Pa-234m, Ra-226, Pb-214, Pb-210, Bi-214 (emettitori gamma rappresentativi della **famiglia dell'U-238**); Ac-228, Pb-212, Bi-212 (emettitori gamma rappresentativi della **famiglia del Th-232**); inoltre sono stati misurati l'U-235 (essendo presente in natura in percentuale nota rispetto all'U-238 naturale) e il potassio K-40, che normalmente è presente nelle matrici ambientali ed anche all'interno del corpo umano (responsabile di circa il 30% della dose alla popolazione da radioattività naturale).

I valori di concentrazione del **Ra-226** misurati all'energia di 186 keV sono stati **corretti** per eliminare l'interferenza dell'U-235 (a 186 keV entrambi i radionuclidi hanno una riga di emissione gamma).

In **tabella n. 2** è riportata la sintesi dei dati analitici ottenuti.

Analisi dei risultati

Come già evidenziato nella prima relazione, **i livelli medi di dose gamma ambientale risultano alquanto disomogenei**; l'insieme dei dati misurati ad altezza di circa 1 metro dal suolo può essere sintetizzato come segue:

- il range minimo – individuato quale “fondo ambientale” della zona varia **da 65 a 95 nSv/h**;
- il range dei livelli medi riscontrati nei punti esaminati e nelle condizioni all'atto dei sopralluoghi effettuati nella prima e nella seconda fase - varia **da 95 a 340 nSv/h**;
- sulla base di quanto riportato nei punti precedenti si evince che in alcuni punti il rateo di dose gamma raggiunge livelli pari a **oltre quattro volte** i livelli di “fondo ambientale” della zona.

Anche i dati radiometrici (sintetizzati in tabella n. 2) ottenuti dalle analisi di spettrometria gamma sui campioni di terreno/fosfogessi prelevati (**nei punti descritti in tabella 1 e riportati nella mappa allegata**) evidenziano livelli di concentrazione variabili. In particolare, oltre alle concentrazioni di Cs-137 i cui valori risultano confrontabili con quelli mediamente riscontrati anche in altre zone regionali (presenza ubiquitaria in seguito all'incidente di Chernobyl), i valori di concentrazione dei radionuclidi naturali (principalmente quelli della famiglia dell'U-238 e specificamente il Ra-226) – **nei fosfogessi prelevati nei punti P2, P3 e P4** – risultano certamente superiori a quelli dei terreni ad oggi prelevati sul territorio regionale, che costituiscono i dati storici dei monitoraggi ARPAB (mediamente inferiori a 100 Bq/Kg). I valori di concentrazione di Ra-226 misurati nei suddetti punti P2, P3 e P4 (e valutati come sopra descritto) sono **compresi tra 459 e**

Pag. 4 di 12



Agenzia Regionale per la Protezione
dell'Ambiente di Basilicata

2461 Bq/Kg . Nel punto P3 sono stati prelevati sia un campione superficiale (denominato P3S, relativo ai primi 5 cm di profondità), sia un campione più profondo (denominato P3C, prelevato tramite carotatore dai 5 ai 50 cm di profondità) omogeneizzato ed analizzato in un unico campione; i relativi dati mostrano valori di concentrazione di attività leggermente superiori negli strati sotterranei. Nei punti P7, P8 e P9 (ubicati ai margini e verso l'esterno della discarica) i valori misurati sui campioni di terreno **superficiale** risultano pressoché confrontabili con quelli riscontrati in altri terreni prelevati sul territorio regionale nell'ambito del monitoraggio annuale della radioattività svolto da questo CRR a partire dal 2005, comprendenti varie tipologie della matrice "suolo". In ogni caso la **variabilità** dei livelli di concentrazione del radionuclide Ra-226 e degli altri discendenti della stessa "famiglia" radioattiva dipende anche dal diverso grado di mescolamento dei fosfogessi con terreno o materiale di diversa natura/origine (compreso il materiale inerte).

Inoltre i dati analitici confermano lo stato di disequilibrio radioattivo della catena dell'U-238, come descritto in premessa alla presente relazione; in particolare il rapporto **Ra-226/Pb-210** (che sarebbe pari a **1** in condizioni di "equilibrio") risulta generalmente superiore a 1 anche per effetto della volatilità del radon Rn-222, che riduce la concentrazione dei suoi radionuclidi discendenti (tra cui il Pb-210) nella matrice considerata.

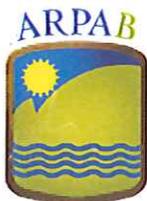
Per quanto attiene all'**acqua di falda** prelevata in alcuni pozzi piezometrici dislocati sull'area in questione, pur disponendo di sensibilità analitiche **strumentali** (per il Ra-226) di circa **3 Bq/litro** (**Minime Attività Rilevabili**) in quanto le analisi (di spettrometria gamma) sono state eseguite sui campioni "tal quali" (data la mancata possibilità di effettuare particolari trattamenti radiochimici di concentrazione selettiva - le cui metodiche, finalizzate alle analisi sui NORM, sono in via di ottimizzazione e standardizzazione a livello nazionale anche da parte di Gruppi di Lavoro ISPRA-ARPA regionali, di cui fa parte anche questa Agenzia), tali dati consentono di effettuare le seguenti valutazioni: l'acqua di falda prelevata nel **pozzo A13** rappresenta il "**bianco**" di riferimento avendo riscontrato valori di **concentrazione** (dei singoli radionuclidi) tutti inferiori alle suddette M.A.R. (**Minime Attività Rilevabili**) strumentali. Nel campione di acqua di falda prelevata dal pozzo O4 sono stati misurati piccoli valori di K40, di Pb-214 e di Bi-214 (essendo più basse le relative M.A.R.). Nei campioni dei pozzi **M9, L11 e I4** sono state **rilevate** concentrazioni di Ra-226 e dei suoi discendenti; in particolare i valori di Ra-226 misurati in questo caso sono compresi approssimativamente **tra 8 e 11 Bq/litro** (con le relative incertezze di misura riportate in tabella 2 allegata).

Pag. 5 di 12

A.R.P.A.B. - Ufficio Centro Regionale Radioattività

Dirigente dr.ssa Carmela P. Fortunato tel. 0835225415 e-mail: carmela.fortunato@arpab.it

Dipartimento Provinciale di Matera - via dell'Industria snc, 75100 MATERA - Fax 0835 225409 C.F./P.IVA 01318260765



Conclusioni

La normativa nazionale di radioprotezione (D.Lgs. 230/95 e relativi decreti attuativi, e s.m.i.) non indica un livello di riferimento specifico per la concentrazione di attività dei vari radionuclidi NORM nelle matrici in questione, al di sotto del quale sia consentito, senza alcuna restrizione ai fini della radioprotezione, l'allontanamento dei materiali dal sito di produzione. A tal fine un utile riferimento è rappresentato dal documento **RP122** (*European Commission "Radiation protection 122" – part II*). Esso riporta i **"livelli di clearance" (CL)**, da intendersi quali livelli di Riferimento – rispetto alla rilevanza radiologica – per il riuso, il riciclo, lo smaltimento dei materiali solidi, residui o rifiuti (**esclusi gli effluenti liquidi o gassosi**) contenenti NORM. Tali CL sono calcolati considerando vari scenari di esposizione (trasporto, immagazzinamento, smaltimento in discarica, uso di materiali edili contenenti residui con NORM, etc.), vari gruppi di individui esposti (lavoratori, pubblico) e varie tipologie di materiale (ceneri, sabbia, scarti lapidei, ...); i CL (**riportati nella tabella seguente**) rappresentano le concentrazioni di attività dei singoli radionuclidi che comportano, nello scenario più conservativo, un contributo alla dose efficace per gli individui pari a **0.3 mSv/anno** (ovvero ad un terzo del limite di esposizione annuale sancito dalla legge, pari a 1 mSv/anno). In caso di più radionuclidi va calcolato il SI (Sum Index), ovvero la somma delle concentrazioni di attività normalizzate ai rispettivi CL, che deve essere < 1 per la conformità (stesso principio sancito anche dalla normativa nazionale).

Tabella Livelli generali di Riferimento ("livelli di clearance") per i NORM (RP 122-part II)

Materiale	(1) Usec [Bq/kg]	(2) Unat [Bq/kg]	Th-230 [Bq/kg]	(3) Ra226+ [Bq/kg]	(3) Pb-210+ Bq/kg]	Po-210 [Bq/kg]	²³² Thsec [Bq/kg]	K-40 [Bq/kg]
Tutti i materiali	500	5000	10000	500	5000	5000	500	5000
Fondami industria gas/petrolio	5000	100000	100000	5000	100000	100000	5000	100000

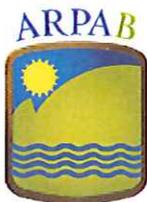
(1) intera serie di decadimento in equilibrio secolare

(2) isotopi dell'uranio (in rapporto isotopico standard) insieme ai figli di breve tempo di dimezzamento

(3) livelli riferiti al Ra-226 e ai suoi "discendenti" a breve tempo di dimezzamento - in equilibrio secolare

Nel caso in esame i valori di **Ra-226** riscontrati nei fosfogessi, soprattutto nei punti P3 e P4 (e cautelativamente P2) - **compresi tra 459 e 2461 Bq/Kg - risultano superiori al corrispondente "livello di Riferimento"**, pari a 500 Bq/Kg. **Il mancato rispetto dei suddetti CL richiede specifici e adeguati adempimenti di sorveglianza fisica della radioprotezione - tramite un E.Q. (Esperto Qualificato) – ai sensi del D.Lgs. 230/95 e s.m.i..**

Pag. 6 di 12



Agenzia Regionale per la Protezione
dell'Ambiente di Basilicata

Rispetto alla matrice **acqua di falda**, non si dispone di analoghi livelli di riferimento; le Linee Guida del sistema Agenziale nazionale ISPRA-ARPA (Delibera del Consiglio Federale delle Agenzie Ambientali n. 16 del 25/10/2012) riportano, invece, livelli di riferimento (denominati "**livelli notificabili**") per le acque superficiali e per l'acqua potabile, rispettivamente pari a **1 Bq/litro** e a **0.1 Bq/litro**. In ogni caso i dati di misura dei campioni prelevati nei pozzi **M9, L11 e I4**, confrontati con quelli del suddetto "bianco" di riferimento (acqua del pozzo A13), **denotano l'immissione in falda di una parte dei radionuclidi presenti nei fosfogessi dislocati nella discarica in questione.**

Alla luce dei risultati ottenuti, relativi alla dose gamma ambientale riscontrata nell'area di interesse, alle concentrazioni di Ra-226 (e discendenti) misurate nei campioni di fosfogessi e nell'acqua di falda, tenendo conto delle considerazioni sopra riportate e che nei dati di misura riportati nella presente relazione non sono inclusi quelli del **radon outdoor** (nell'ambiente esterno) in quanto non si dispone al momento delle apparecchiature necessarie, si ritiene necessaria l'adozione degli adempimenti previsti dalla normativa vigente per la radioprotezione dell'ambiente, della popolazione e dei lavoratori. In particolare, poiché la dose efficace agli individui di **0.3 mSv/anno**, valutata dalla *European Commission* in caso di concentrazioni di radioattività pari ai suddetti "Livelli di Clearance", coincide con il **livello di azione** di cui all'**art. 10-quinquies del D.Lgs. 230/95 e s.m.i.** (per le persone del pubblico e per le attività riportate nell'allegato I-bis - par. 4.c del **D.Lgs. 241/2000**, comprese le attività impieganti minerali fosfatici e depositi di fertilizzanti), è necessaria l'adozione di **azioni di rimedio finalizzate al contenimento della contaminazione ed alla limitazione dell'esposizione alle radiazioni ionizzanti.**

A tale proposito risulta che un gruppo di lavoro presso l'UNICEN stia elaborando una norma specifica per la gestione di residui ed effluenti da attività lavorative con presenza di NORM, nonché l'istituzione presso il Ministero dell'Ambiente di una Commissione (che vede la partecipazione di esperti di ISS, ISPRA ed ISPESL) a supporto delle decisioni da prendere in ordine alla bonifica di siti nazionali contaminati da fosfogessi.

Il Dirigente Responsabile
(*dr.ssa Carmela P. Fortunato*)

Pag. 7 di 12



Tabella n. 1. RILIEVI RADIOMETRICI E CAMPIONAMENTI – II FASE

ID Punto	DATA	Coordinate Geografiche		Misure Rateometro gamma			Campionamenti			Annotazioni
		Lat(deg) (xx°yy'z.zz")	Lon(deg) (xx°yy'z.zz")	Rateo γ Medio (nSv/h)	Rateo γ Max (nSv/h)	Altezza dal terreno (cm)	matrice	denominaz. Campione	profondità [cm]	
P1	08/05/2013	40°36'15,8"	15°43'34,9"	78	110	100				all'ingresso dell'area (fondo gamma)
P1	08/05/2013	40°36'15,8"	15°43'34,9"	82	110	10				con rateometro verso il basso
P2	08/05/2013	40°36'09,9"	15°43'35,1"	170	180	100				
P2	08/05/2013	40°36'09,9"	15°43'35,1"	170	180	10	fosfogessi	P2	superfic.	con rateometro verso il basso
P3	08/05/2013	40°36'07,7"	15°43'34,6"	330	340	100				
P3	08/05/2013	40°36'07,7"	15°43'34,6"	460	480	< 10	Terreno & fosfogessi	P3S	superfic.	prelievo con pala
P3	08/05/2013	40°36'07,7"	15°43'34,6"	460	480	< 10	fosfogessi	P3C	da 5 a 50	prelievo con carotatore
P4	08/05/2013	40°36'07,4"	15°43'36,6"	217	240	100	fosfogessi	P4	superfic.	prelievo con pala
P5	08/05/2013	40°36'08,2"	15°43'40"	113	140	100	acqua di falda	M9-1° canna		piezometro M9 (prima falda)
P5	08/05/2013	40°36'08,2"	15°43'40"	113	140	100	acqua di falda	M9-2° canna		piezometro M9 (seconda falda)
P6	08/05/2013	40°36'06,2"	15°43'36,7"	70	80	100	acqua di falda	L11-1° canna		piezometro L11
P7	21/05/2013	40°36'16,4"	15°43'36,2"	125	140	100	terreno	P7	superfic.	prelievo con pala
P7	21/05/2013	40°36'16,4"	15°43'36,2"	125	140	100	acqua di falda	P14-2° canna		piezometro I4 (seconda falda)
P8	21/05/2013	40°36'16,1"	15°43'44,5"	107	120	100	terreno	P8	superfic.	prelievo con pala
P8	21/05/2013	40°36'16,1"	15°43'44,5"	107	120	100	acqua di falda	P04-1° canna		piezometro O4 (prima falda)
P9	21/05/2013	40°36'02,5"	15°43'17,4"	95	110	100	terreno	P9	superfic.	prelievo con pala
P9	21/05/2013	40°36'02,5"	15°43'17,4"	95	110	100	acqua di falda	PA13-2° canna		piezometro A13 (seconda falda)

Tabella 2. Sintesi risultati analitici

Id punto	Id campione	matrice	Concentrazione attività (*) [Bq/Kg]											Ra-226 (**)
			Cs-137	K-40	Pb-210 (**)	Pb-212	Pb-214	Bi-212	Bi-214	U-235	Ac-228			
P2	P2	fosfogessi	0,50±0,17	8,64±2,93	367,17±88,03	12,97±1,47	300,02±32,71	10,67±2,83	257,55±25,22	3,00±1,45	9,53±1,14	459,53±59,55		
P3	P3S	terreno & fosfogessi	3,25±0,4	255,36±26,21	out range	59,66±19,63	1,112,0±293,5	43,12±5,83	861,40±77,94	27,13±5,30	44,44±4,33	2098,92±694,79		
P3	P3C	fosfogessi	0,92±0,34	150,20±14,03	1364,2±320,4	33,61±3,64	1829,1±194,8	27,41±5,60	1613,4±154,4	24,52±4,09	28,73±2,79	2461,07±303,93		
P4	P4	fosfogessi	1,71±0,27	77,87±8,20	604,96±147,4	17,73±2,03	507,73±56,41	17,18±3,53	426,1±42,5	10,9±2,25	14,30±1,54	764,02±109,77		
P7	P7	terreno	9,99±0,99	560,80±50,96	91,93±22,64	61,30±6,82	28,30±3,18	56,20±6,01	26,56±2,69	2,07±0,93	50,77±4,5	62,30±18,67		
P8	P8	terreno	11,37±1,11	469,05±42,14	97,72±23,65	51,97±5,67	23,13±2,57	47,08±5,08	21,91±2,20	< 1,33	42,51±3,73	56,89±23,18		
P9	P9	terreno	10,87±0,98	619,16±62,87	-----	75,48±24,94	39,63±10,56	55,62±5,40	33,73±3,25	2,99±1,28	51,27±4,99	37,99±31,73		
Concentrazione attività [Bq/litro]														
P5	M9-1°	acqua falda	< 0,081	< 2,43	-----	< 0,28	6,63±1,72	< 1,27	5,17±0,45	< 0,99	< 0,42	< 3,5		
P5	M9-2°	acqua falda	< 0,11	< 2,22	2,56±1,49	< 0,36	5,42±0,43	< 1,42	4,37±0,39	< 0,7	< 1,15	10,57±5,54		
P6	L11	acqua falda	< 0,10	< 2,73	4,91±1,72	< 0,22	13,06±0,93	< 1,36	11,19±0,8	< 0,79	< 0,45	7,96±5,21		
P7	PI4-2°	acqua falda	< 0,10	< 2,17	< 2,58	< 0,20	2,29±0,23	< 1,38	1,95±0,24	< 0,66	< 0,46	9,32±5,25		
P8	P04-1°	acqua falda	< 0,09	3,84±1,48	-----	< 0,27	7,43±1,93	< 1,34	6,20±0,52	< 0,98	< 0,39	< 3,2		
P9	PA13-2°	acqua falda	< 0,07	< 2,39	-----	< 0,26	< 0,29	< 1,37	< 0,28	< 0,93	< 0,41	< 3,0		



Agenzia Regionale per la Protezione
dell'Ambiente di Basilicata

Legenda tabella 2:

(*) L'incertezza di misura riportata è quella corrispondente a 2σ ; I valori di analisi riportati sono riferiti alla data di misura.

Tra i radionuclidi analizzati sono riportati:

- Radionuclide non naturale: Cs-137;
- Radionuclidi rappresentativi della famiglia U-238: Ra-226, Pb-214, Pb-210, Bi-214;
- Radionuclidi della famiglia Th-232: Ac-228, Pb-212, Bi-212.
- U-235 (la cui concentrazione in natura è circa il 4,6% dell'U-238 naturale);
- Il potassio K-40 (normalmente presente nelle matrici ambientali).

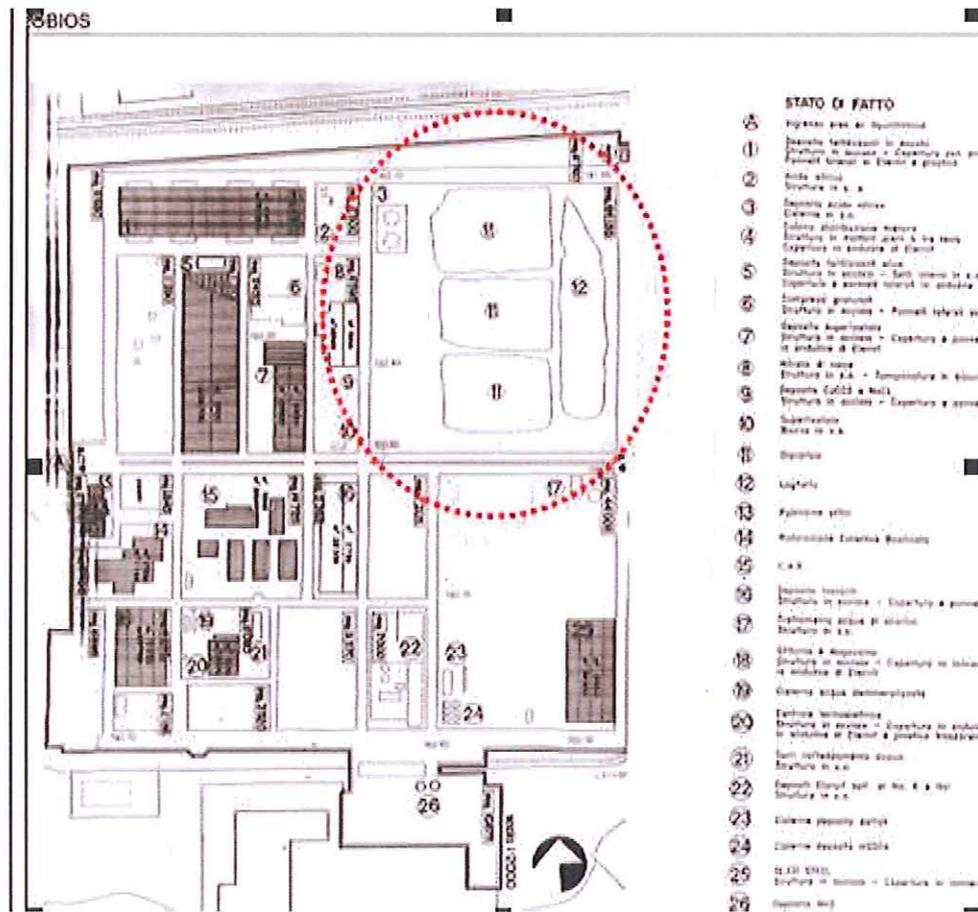
() I valori di Pb-210 sono riportati soltanto per i campioni analizzati con il sistema di spettrometria gamma GMX – ORTEC (calibrato anche per misure gamma a basse energie);**

(*) Il valore di concentrazione del Ra-226 è stato corretto per eliminare l'interferenza dell'U-235 (a 186 keV entrambi i radionuclidi hanno una riga di emissione gamma).**



Agenzia Regionale per la Protezione
dell'Ambiente di Basilicata

Figura n.1. Area di interesse





Agenzia Regionale per la Protezione
dell'Ambiente di Basilicata

Mapa punti di misura e campionamento

