

# La gestione di un incidente con una sorgente radioattiva nel laboratorio radiometrico dell'ARPA Valle d'Aosta

Massimo Faure Ragani, Giovanni Agnesod

ARPA Valle d'Aosta, Loc. Grande Charrière 44 ,11020 Saint Christophe (AO),  
m.faureragani@arpa.vda.it

## INTRODUZIONE

Durante le operazioni di taratura di uno spettrometro gamma (HpGe della Ortec), una sorgente gamma multi picco è fuoriuscita dal contenitore contaminando la strumentazione ed il pozzetto in piombo. Una semplice pulizia della zona contaminata non si è rivelata sufficiente a ripristinare il corretto funzionamento dello spettrometro.

In questo lavoro sono descritte le operazioni per il ripristino della catena strumentale, con particolare riferimento alle diverse fasi dell'azione di decontaminazione, e alle relative misure di controllo.

## L'INCIDENTE

Nell'ambito della messa a punto delle metodiche relative alla misura di gas radon disciolto nell'acqua, al fine di ottemperare agli obblighi previsti dalla direttiva 2013/51/EURATOM (recepita con D.lgs. 28/2016), il laboratorio radiometrico dell'ARPA Valle d'Aosta nei primi mesi del 2015 ha iniziato ad effettuare alcune misure di radon mediante spettrometria gamma. Utilizzando tale metodica, le concentrazioni di radon sono stimate attraverso la misura delle principali emissioni gamma dei prodotti di decadimento a vita breve del radon, Pb214 e Bi214, che si portano in condizioni di equilibrio secolare col progenitore in circa 3 ore. Per poter raggiungere questo equilibrio occorre che il contenitore sia impermeabile al radon. In dotazione al laboratorio sono presenti dei beaker di Marinelli di capacità pari ad un litro, di alluminio con tappo in ferro e chiusura con guarnizione e viti di fissaggio per assicurare la tenuta stagna, ricoperti internamente di uno strato di materiale plastico resistente agli acidi (Figura 1). Per poter effettuare la taratura di questi contenitori abbiamo utilizzato una sorgente multigamma tradizionale (QCY48) che contiene radionuclidi con emissioni gamma da 60 keV a 1836 keV: Am241, Cd109, Co57, Ce139, Hg203, Sn113, Sr85, Cs137, Y88, Co60. Questa sorgente è in soluzione di HCl 4M con densità  $d=1.06$  g/ml.



Figura 1 - Beaker di Marinelli a tenuta stagna in alluminio e coperchio in ferro con rivestimento interno in materiale plastico resistente agli acidi.



Figura 2 Locale spettrometri. Sono presenti due spettrometri HpGe della Ortec. Lo strumento in cui è fuoriuscita la sorgente di taratura è quello di sinistra.

Il mattino del 10 marzo 2015 abbiamo versato in uno dei beaker di marinelli impermeabili al radon la soluzione per la taratura. Successivamente abbiamo chiuso il beaker con le viti di fissaggio del tappo e posto in una vasca di contenimento in plastica per verificare eventuali perdite o reazioni chimiche. Trascorse 6 ore

e non avendo notato nessuna anomalia nel contenitore, abbiamo messo in conteggio il marinelli su un rivelatore HpGe per tutta la notte. Il mattino successivo abbiamo constatato che la sorgente dopo poco più di cinque ore di conteggio era fuoriuscita: probabilmente a causa della presenza di qualche micro-fessurazione nel rivestimento plastico, l'alluminio era stato corrosa dalla soluzione acida in cui era disciolta la sorgente radioattiva. Al nostro arrivo il conteggio era interrotto, il marinelli era vuoto e asciutto, e su nessuna superficie era visibile alcuna traccia della soluzione colata fuori dal contenitore: abbiamo, quindi, ipotizzato che avesse contaminato il **pozzetto**, la **testata dello strumento**, il **dewar**, la **lastra** di ferro di distribuzione del peso posta sotto lo spettrometro ed e il **pavimento** nelle vicinanze dello strumento

Sulla testata dello spettrometro e sul dewar non erano visibili segni di presenza o passaggio della soluzione acida, mentre sulla lastra, sul pavimento e sulla copertura in rame e stagno dell'interno del pozzetto erano evidenti delle zone di corrosione. La testata dello strumento era protetto da due strati di parafilm che non è risultato danneggiato dalla soluzione.

L'area contaminata è stata delimitata e l'accesso al locale degli spettrometri è stato immediatamente interdetto ai colleghi dell'Agenzia ed agli operatori esterni (ditte di manutenzione e pulizia), consentendo l'ingresso solamente al tecnico dell'area operativa Radioattività Ambientale e al Direttore Generale.

## LE OPERAZIONI DI RIPRISTINO

Verificato il non funzionamento dello spettrometro, abbiamo subito provveduto ad una prima pulizia delle zone presumibilmente contaminate mediante carta assorbente, acqua e detersivo ed abbiamo cercato di bloccare l'azione dell'acido sul pozzetto mediante bicarbonato. Successivamente abbiamo effettuato ed analizzato con la seconda linea gamma-spettrometrica in dotazione al laboratorio radiometrico di ARPA, alcuni smear test per verificare la presenza di contaminazione residua. Abbiamo analizzato anche alcuni pezzi di carta assorbente utilizzati durante la pulizia, comprimendola in un bicchierino da 100cc. I conteggi hanno avuto una durata variabile, a partire da 7200 secondi fino a 20000 secondi. I risultati hanno evidenziato una contaminazione sulla **lastra** di ferro posta sotto lo spettrometro e sul **pavimento** nelle vicinanze della lastra. Dagli smear test effettuati non risultava nessuna contaminazione sulla parte interna della schermatura in piombo. La contaminazione riguardava i seguenti radionuclidi:

Nuclide	Attività (Bq/cm <sup>2</sup> )
Am241	$1.07 \cdot 10^{-2}$
Cd109	$2.50 \cdot 10^{-2}$
Co57	$9.10 \cdot 10^{-5}$
Cs137	$1.75 \cdot 10^{-4}$
Co60	$2.61 \cdot 10^{-4}$

Tabella 1 Nuclidi presenti nella contaminazione superficiale della lastra di ferro posta sotto lo spettrometro e sulla superficie limitrofa del pavimento.

Una ulteriore verifica della presenza di contaminazione nel locale spettrometri si è ottenuta misurando il fondo ambientale con l'altro spettrometro presente nel locale (Figura 2) estraendo il rivelatore dal pozzetto schermante.

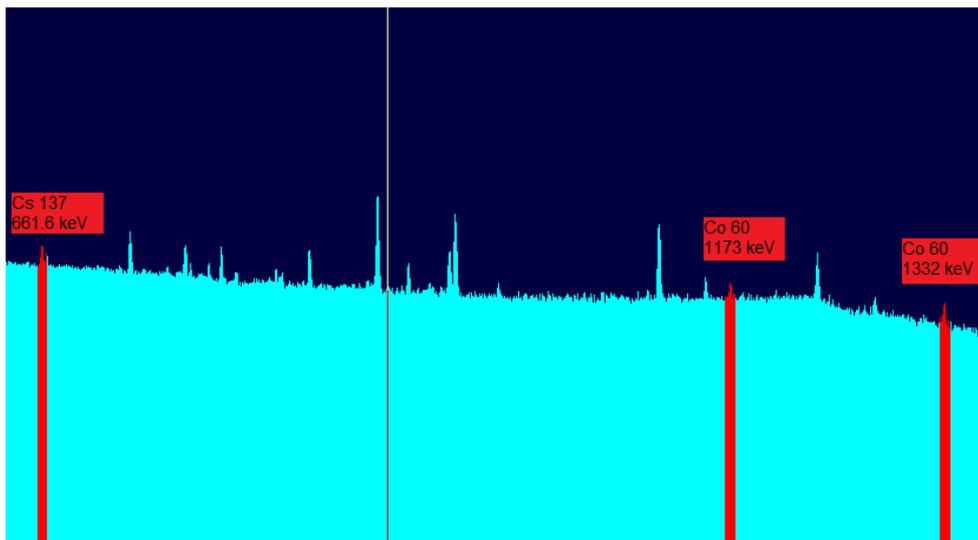


Figura 3 Spettro gamma acquisito dallo spettrometro accanto a quello incidentato, senza schermatura del pozzetto in piombo. Sono evidenziate le regioni dello spettro in cui si hanno le determinazioni positive di Cs137 e Co60.

In questo caso (Figura 3) si è rilevata la presenza solamente di Cs137 e Co60. Gli altri radionuclidi a più basse energie, presenti negli smear test (Am241, Cd109 e Co57), non sono stati rilevati, probabilmente perché nascosti dall'elevato fondo Compton presente nella misura effettuata senza pozzetto in piombo di schermatura. Gli spettri di fondo acquisiti, invece, mantenendo lo spettrometro all'interno del pozzetto di schermatura non hanno evidenziato differenze tra prima e dopo lo sversamento.

Verificata la persistenza di contaminazione ai piedi del pozzetto, abbiamo deciso di spostare il pozzetto medesimo per poter pulire a fondo il pavimento sotto la lastra. Nel frattempo abbiamo dovuto inviare lo spettrometro alla casa madre per la riparazione dell'elettronica contigua al rivelatore che risultava danneggiata.

Lo spostamento dell'interno pozzetto, eseguito da una ditta esterna, è stato effettuato utilizzando un transpallet. Questa scelta non si è rivelata buona in quanto, malgrado la distanza da percorrere fosse limitata a qualche metro, l'elevata altezza del baricentro ha reso instabile la struttura che si è rovesciata su un lato.



Figura 4 Pozzetto in piombo di schermatura dello spettrometro caduto durante lo spostamento.

Il sollevamento del pozzetto e la sua ricollocazione nella postazione originale ha richiesto nei giorni successivi l'intervento di una ditta di traslochi che ha dovuto lavorare parecchie ore.

L'aspetto del pavimento sotto la lastra di ferro e della lastra stessa dopo la rimozione dello spettrometro è ben visibile nella Figura 5 e nella Figura 6.



Figura 5 Aspetto del pavimento nella parte ricoperta dalla lastra di ferro, dopo la rimozione dello spettrometro, del pozzetto e il sollevamento della lastra.



Figura 6 Effettuazione di uno smear test sul pavimento sotto la lastra ai piedi dello spettrometro.

La presenza di ruggine sul pavimento è dovuta all'azione di corrosione operata dalla soluzione acida sulla lastra in ferro parzialmente arrugginita dai piccoli sversamenti di azoto liquido che accadono durante le fasi travaso nel dewar.

Dopo una accurata pulizia del pavimento e della lastra, abbiamo effettuato nuovamente gli smear test che, in questo caso, hanno dato esito negativo.

A questo punto abbiamo riposizionato la lastra in ferro ed il pozzetto nella loro collocazione originale in attesa del rientro dello spettrometro. Una volta reinstallato lo strumento, abbiamo effettuato le prime misure di fondo con il pozzetto di schermatura, avendo avuto cura di togliere la copertura di rame e stagno contaminata ed abbiamo constatato la **persistenza di contaminazione residua**, a testimonianza che le azioni di pulizia effettuate non erano state sufficienti. I radionuclidi rilevati in questo caso erano solo il **Cs137** ed il **Co60**. Abbiamo, quindi, ipotizzato che ci fosse della contaminazione sullo strumento (in particolare nell'elettronica sotto il cristallo la cui copertura in alluminio non era coperta dal parafilm nel momento dello sversamento della soluzione) e/o sul collare del dewar che risultava ancor un po' sporco. Abbiamo quindi sostituito il collare, smontato e ripulito l'elettronica presente al di sotto del cristallo e ripetuto le misure senza la copertura del preamplificatore.



Figura 7 Spettrometro senza copertura dell'elettronica.

Nuovamente si è rilevata la presenza di Cs137 e Co60! I conteggi per secondo (cps) dei relativi picchi (661.6 keV per Cs137, 1173 keV e 1332 keV per il Co60) erano pari a **0.01 cps**. Per avere un'idea dell'ordine di grandezza della contaminazione residua, abbiamo confrontato il picco del Cs137 di questi spettri con quelli acquisiti precedentemente (a parità di tempi di misura) dallo stesso rivelatore durante alcune misure relative a campioni alimentari e ambientali in cui si aveva una evidenza positiva della presenza di Cs137: latte (Figura 8) e fallout (Figura 9). In questi campioni i cps del picco relativo al Cs137 sono intorno a **0.002 cps** e le concentrazioni di attività sono rispettivamente pari a 0.16 Bq/kg (latte) e a 0.04 Bq/m<sup>2</sup>(fallout).

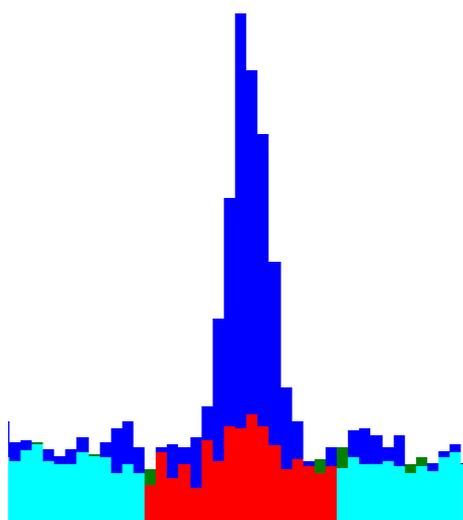


Figura 8 Picco del Cs137 relativo allo spettro della contaminazione (blu) confrontato con quello acquisito misurando un campione di fallout (rosso), in geometria cilindrica da 10cc.

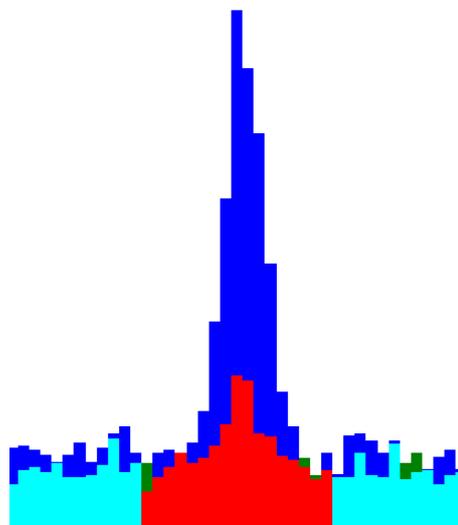


Figura 9 Picco del Cs137 relativo allo spettro della contaminazione (blu) confrontato con quello acquisito misurando un campione di latte (rosso) in geometria di Marinelli 1000 cc.

Abbiamo successivamente ripetuto le misure con questa configurazione dello strumento al di fuori del pozzetto ed abbiamo rilevato solo il Cs137! Questa evidenza positiva del Cs137 è rimasta anche in misure effettuate con lo stesso strumento anche in altri punti del laboratorio esterni al locale spettrometri! Il passo successivo è stato quello di effettuare la misura inserendo questo spettrometro nel pozzetto della linea gamma-spettrometrica contigua: nessun radionuclide artificiale è stato rilevato! Abbiamo quindi concluso che la contaminazione doveva essere nell'interno del pozzetto, malgrado gli smear test dessero risultati negativi e che la presenza del Cs137 fosse dovuta alla presenza nei locali di matrici ambientali contenenti tracce di Cs137. Questa ipotesi è stata confermata acquisendo alcuni spettri in vari siti del laboratorio di radiometria tramite uno spettrometro portatile (Detective).

Rimaneva il problema della contaminazione del pozzetto: abbiamo ipotizzato che la soluzione avesse attaccato il piombo e che fosse penetrata nel primo strato della superficie interna della parte cilindrica del pozzetto e quindi abbiamo deciso di procedere all'asportazione di uno strato interno del piombo. Per questa operazione il pozzetto, previa considerazione dei criteri di non rilevanza radiologica, è stato smontato, portato in carpenteria e lavorato: si è deciso di asportare inizialmente 1 mm di piombo (Figura 10). Per essere sicuri di aver eliminato completamente la contaminazione, abbiamo rimontato il pozzetto in torneria e qui installato lo spettrometro per poter fare una lunga acquisizione di fondo (Figura 11).



Figura 10 Superficie interna del pozzetto lavorata in carpenteria prima della verniciatura.



Figura 11 Acquisizione di uno spettro di fondo in carpenteria dopo l'asportazione di 1 mm di superficie interna.

Lo spettro di fondo ha finalmente dato esito negativo: la contaminazione era stata definitivamente eliminata! Come ulteriore verifica abbiamo analizzato diversi campioni di trucioli derivanti dalla lavorazione del pozzetto riposti in bicchieri di Marinelli riscontrando sempre la presenza di Cs137 e Co60.

L'ultima operazione è stata quella della scelta della vernice da utilizzare per la finitura del pozzetto, per cui abbiamo analizzato diverse marche scegliendo quella che fosse adatta a ricoprire il piombo ed avesse un fondo naturale basso (soprattutto per quanto riguarda il Pb214)

Dopo un ciclo di tarature la linea di misura gamma spettrometrica è rientrata in funzione nel laboratorio di radiometria dell'ARPA nei primi giorni del 2016.



Figura 12 Strumento e pozzetto dopo la riparazione.

## OSSERVAZIONI DOSIMERICHE

Da valutazioni dosimetriche effettuate assieme all' Esperto Qualificato dell'Arpa Valle d'Aosta (dott. Ivo Riccardi) si è stimata, in maniera cautelativa, la dose interna ed esterna dovuta all'incidente da sversamento ottenendo i seguenti risultati:

	<b>mSv</b>
Dose per inalazione	$3.44 \cdot 10^{-4}$
Dose per ingestione	$9.90 \cdot 10^{-5}$
Dose esterna	$1.71 \cdot 10^{-4}$

Tabella 2 Calcoli dosimetrici

L'incidente risulta quindi avere avuto un impatto bassissimo sulla dose al lavoratore.

## **CONCLUSIONI**

Lo sversamento della sorgente radioattiva durante una operazione di taratura di uno spettrometro gamma è stato, per il laboratorio di Radioattività Ambientale dell'ARPA Valle d'Aosta, un problema notevole che ha avuto rilevanti ripercussioni. La linea di misura gamma-spettrometrica interessata dallo sversamento è stata ferma o inutilizzabile per 10 mesi e le operazioni di ripristino hanno causato un secondo incidente (la caduta del pozzetto durante lo spostamento) che ha provocato un infortunio alla mano del tecnico del laboratorio per cui si è reso necessario un periodo di assenza dal lavoro di 4 mesi. Le operazioni di indagine per capire come eliminare la contaminazione, l'asportazione di quest'ultima e il ciclo di tarature che si è reso necessario hanno impegnato il laboratorio per molte settimane. Infine la questione dei costi vivi: tra la riparazione dello spettrometro, il ripristino dopo la caduta e la lavorazione del pozzetto si sono spesi 8500 euro.