

LOADING, TRANSPORT AND TREATMENT OF CONTAMINATED METAL ARISING FROM ITALIAN NUCLEAR POWER PLANTS

Roberto Vespa - MITAmbiente Srl
 Francesco Corleoni - Cyclife Sweden AB

Cyclife is 100% EDF's subsidiary dedicated to decommissioning and waste management and offers integrated expertise in nuclear decommissioning and radioactive waste management services through its subsidiaries. The Cyclife Sweden AB facility has been in operation for over 40 years. Low-level radioactive contaminated metallic scrap has been melted from both Swedish and international customers, fourteen European countries have been using the services of Cyclife Sweden AB, including Italy.



The clearance process site

Thanks to Cyclife Sweden AB unique waste treatment processes that have been developed and improved over the years' of operations, the volume and weight of radioactive waste requiring long term storage and management in national repository are significantly reduced as well as is achieved a shorter way to end-state of material (reducing the liabilities). Historically 90% of the total treated tonnage were converted to well characterized metal ingots which obtained the clearance and were recycled supporting the circular economy and the fight to the climate change.

During the melting process the nuclides behave in different ways:

- They alloy with the material.
- They transfer to the melting slag.
- They evaporate and stuck in the off-gas filters.

Due to this it is possible to separate most of the contamination from the metal and collect it in the secondary waste and to reduce the dose rate by creating homogenised ingots which can undergo the clearance process.

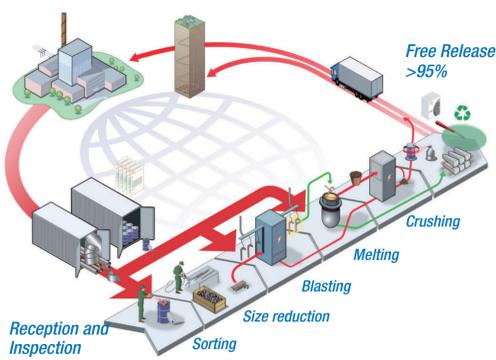
Cyclife Sweden AB currently operates two induction furnaces, in use since 1987 and continuously upgraded over the years, with a licence for treatment of 5000 tonnes per year as well good capacity for temporary material storage.

A new facility for treatment of Steam Generators and scrap material will be running from Q3 2025. Two new furnaces will then be in operation allowing a total melting capacity of Cyclife Sweden AB of 10 000 tonnes. The metals that are treated in the melting facility are: Steel, Copper, Brass, Aluminium and Lead.

For the contaminated metals, as the one of the SOGIN project, the treatment of metal scrap is performed by the following steps:

- Loading at NPP and transportation according to ADR legislation to Cyclife Sweden AB.
- Upon delivery control of weight, dose and contamination of the arriving 20ft ISO.
- Temporary storage of the transport packages.
- Sorting, segregation and segmentation of the material by hot cutting and cold cutting to ensure the compliance with the Waste Acceptance Criteria of the facility.

Treatment of metal scrap



The next steps including the melting are carried out in customer isolated campaigns to reduce to minimum the probability of cross contamination and a specific clean-up is performed after each finalised customer campaign. The shot blasting media are exchanged, the filters houses are blown down and the furnace liner is replaced.

- Pre-treatment stages using **metal shot blasting** to provide an efficient decontamination for a range of radionuclides.
- **Metal melting** in the furnace which also provides removal of contamination and melting batch homogenization.
- **Removal of melting slag**
- **Metallic sample preparation (Puck)** for batch characterization. The sample is retrieved whilst the metal is molten.
- **Ingots casting**
- **Measurement and analysis for the free release of ingots.** The Puck is analysed to confirm that the ingots cast from the molten metal are suitable for conditional release from radiological control (exemption) into the recycled metal market.



Before blasting



After blasting



Blasted piece in oven



Furnace slag



Puck preparation



Puck details



Ingots casting



Puck



Ingots

- **Free release or conditional release of ingots**
- **Preparation of final packages and conditioning of Secondary Waste** as from customer request, in homogeneous or heterogeneous way.
- **Characterization of secondary waste and final packages:**
 - Gamma spectrum on whole package to identify content of gamma emitting nuclides.
 - Alpha and Beta emitters.
 - Any other request by the customer.
- **Loading at Cyclife Sweden AB of secondary waste and not releasable ingots and transportation** according to ADR legislation to customer NPP or customer repository within 3 years from import in Sweden according to permit and European directive.

The metal treatment processes produce residues (Secondary Waste) as:

- Cutting residues (slag from hot cutting with torch).
- Blasting residues (dust removed from metal surface by metal shot blasting).
- Melting slag from the melting process (Ferrous slag will be crushed).
- Ventilation dust (collected filters dust from facility ventilation and melting furnace).
- Out-sorted material (Material not suitable for melting. For example, insulation material, rubber parts, gaskets, galvanized steel).
- Out-sorted metal ingots (any ingots not possible to free release).



For the transport from / to Italy, MITAmbiente arranged all transport related activities, including authorization / notification and issuing the Nuclear Liability Insurance to be approved by the relevant Ministry.

For the purpose of the authorizations along the road transport, MITAmbiente arranged the authorization in all crossed Countries: Italy, Austria, Germany, Denmark and Sweden.

So far, from Italy more than 90 containers IP2 ISO 20 of metal scrap have been delivered and treated in the Cyclife Sweden facility.

Other containers are expected to be shipped in the incoming months for the completion of the transport campaign.

Convegno Nazionale AIRP di Radioprotezione 25-27 settembre 2024 - Lucca
 "La radioprotezione della popolazione: esposizioni pianificate ed esistenti in un'ottica di sostenibilità"



ABSTRACT



Il presente lavoro riporta i dettagli di un lavoro tecnico operativo per il **recupero di sorgenti neutroniche e beta/gamma inserite in un blocco di calcestruzzo a seguito di cessazione di attività**. Le sorgenti, **Am/Be e Cs-137**, sono state estratte da un blocco di calcestruzzo e avviate a caratterizzazione, messa in sicurezza, trasportate e prese in carico ai fini di una corretta gestione.

Le attività, regolate da un piano operativo e in linea con la normativa e con le più aggiornate norme tecniche, sono state condotte assicurando l'integrità delle sorgenti in fase estrattiva dal manufatto, la corretta classificazione ai fini del trasporto stradale e marittimo e la presa in carico finale.

Le conclusioni del presente lavoro riporteranno i dettagli delle attività, le criticità tecniche e normative affrontate, i dettagli relativi al trasporto e le possibili soluzioni finali allo smaltimento/recupero delle sorgenti.

CARICO, TRASPORTO E RILASCIO DELL'AREA



- Etichettatura
- Movimentazione con gru
- Carico in container
- Trasporto stradale e marittimo



Monitoraggio radiometrico per la verifica dell'assenza di contaminazione dei materiali e dell'area, dapprima sul blocco rimosso che conteneva le sorgenti e successivamente sugli altri materiali presenti nel locale che ospitava il manufatto stesso.

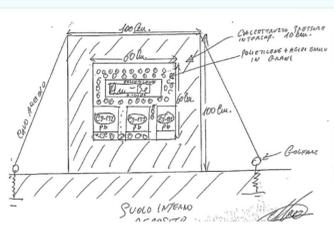


Tutti i valori sono risultati inferiori al valore di fondo ambientale all'esterno dell'edificio ad un metro dal suolo valutabile in 55-60 $\mu\text{Sv/h}$.

RECUPERO SORGENTI

Rimozione malta e mattoni. Movimentazione del sarcofago tramite escavatore.

Difformità "schema originale" e reale



Sollevamento del blocco e **messa a nudo** delle sorgenti nei contenitori originali.



n.1 sorgente di Am/Be (Attività > 1 GBq)
n.3 sorgenti di Cesio-137

Messa in Sicurezza nel collo di tipo B(U)

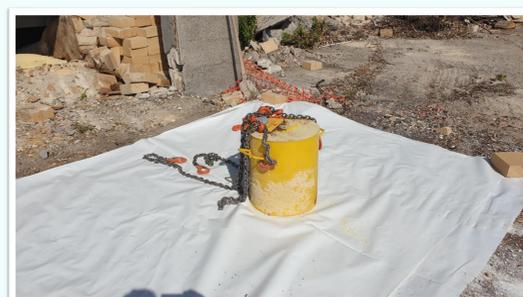


CONCLUSIONI



Il recupero di sorgenti neutroniche e beta/gamma emettitrici:

- Studio del problema
- Progettazione dell'intervento
- Autorizzazione all'esecuzione del piano
- Allestimento area
- Smantellamento manufatto cementizio
- Recupero sorgenti, valutazione dello stato di integrità e campo di radiazione
- Predisposizione al trasporto - B(U)
- Rilascio area e materiali



Allontanamento di grandi quantità di terreno proveniente da scavi all'interno del sito Sogin di Saluggia.



nucleare
e ambiente

Fabio A. Frizza¹; Emanuele De Maria

¹Sogin S.p.A. Sito di Saluggia Strada per Crescentino snc. Saluggia (VC), 13044

frizza@sogin.it



I PUNTI CRUCIALI PER L'ALLONTANAMENTO DI GRANDI VOLUMI DI TERRENO SONO:

- La disponibilità di informazioni storiche sulle attività che si sono svolte in quelle aree durante l'esercizio dell'impianto e le attività ad essa connesse
- La definizione di un piano di caratterizzazione preliminare sulla base delle informazioni storiche
- La determinazione sperimentale dei fattori di correlazione che per un impianto di riprocessamento significa la determinazione sperimentale di un grande numero di radionuclidi HTM

IMPIANTO EUREX DI SALUGGIA

L'impianto EUREX (Enriched URanium EXtraction), realizzato negli anni '60, di Saluggia (VC) è un impianto pilota per il riprocessamento del combustibile irraggiato utilizzando il processo "tipo PUREX". Ai fini del decommissioning dell'impianto si rende necessaria la costruzione di un impianto per la solidificazione dei rifiuti liquidi acquosi prodotti dal ritrattamento del combustibile irraggiato, l'impianto è denominato "Complesso CEMEX" (CEMENTazione EureX).

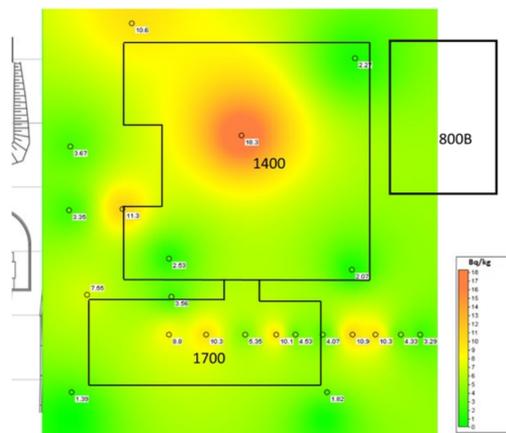
Nel corso del 2023 si è reso necessario allontanare dal sito Eurex di Saluggia circa 4000 m³ di terreno proveniente dagli scavi realizzati per le fondazioni del complesso CEMEX in Zona Non Classificata e circa 200 m³ di terreno proveniente dallo scavo per la manutenzione straordinaria della Vasca di Rilancio "A" (VdR A) in Zona Classificata.

TERRENO DA SCAVO CEMEX

L'area in cui sono stati effettuati gli scavi non è Zona Classificata

Per la caratterizzazione del terreno preliminare sono state fatti 7 carotaggi distribuiti nell'area interessata dallo scavo. Per ciascun sondaggio sono stati prelevati 3 campioni a differenti profondità, per un totale di n. 21 campioni.

Successivamente nel corso di lavori di scavo sono stati prelevati ulteriori 134 campioni tutti sottoposti a spettrometria gamma ad alta risoluzione in laboratorio. In nessuno dei campioni sono stati rivelati radionuclidi diversi dal cesio 137.



La figura sopra riporta l'ubicazione dei punti di misura alla profondità 0.5-1 m.

Successivamente, dato il lungo tempo di permanenza in Sito del terreno rimosso sono stati prelevati **6 campioni compositi** e sono stati sottoposti ad analisi distruttive per la verifica dell'assenza dei principali radionuclidi HTM di cui si riportano i risultati in tabella:

ID Campione	Sr-90 Bq/kg		Pu-239+240 Bq/kg		Ni-59+63 Bq/kg	
	MCR	Attività	MCR	Attività	MCR	Attività
Campione 1-1	1.12	< MCR	1.78E-02	< MCR	29.01	< MCR
Campione 2-1	1.45	< MCR	1.20E-03	< MCR	28.64	< MCR
Campione 3-1	1.29	< MCR	2.05E-03	< MCR	23.25	< MCR
Campione 1-2	1.39	< MCR	1.86E-03	< MCR	21.77	< MCR
Campione 2-2	1.89	< MCR	7.41E-04	< MCR	28.32	< MCR
Campione 3-2	1.32	< MCR	7.68E-04	< MCR	21.62	< MCR

TERRENO DA SCAVO VDR A

L'area di scavo, interessata da una piccola perdita di liquido da un pozzetto durante le attività, situata in Zona Classificata è stata suddivisa in maglie di 1x1 m con profondità 0.5 m, il terreno rimosso da ciascuna maglia è stato raccolto all'interno di un big bag con massa non superiore a 1000 kg; inoltre per ciascuna maglia è stato prelevato un campione analizzato in spettrometria gamma in laboratorio e conservato per successive analisi. In totale dallo scavo sono stati prodotti 214 big bag, tutti sottoposti a misure di spettrometria gamma in situ.

Successivamente sono stati scelti i campioni che mostravano una maggior concentrazione di Cs-137, tra quelli delle maglie circostanti alla perdita, per le analisi distruttive ai fini della determinazione dei fattori di correlazione. Sono stati analizzati 40 campioni, e i radionuclidi ricercati sono stati:

⁶⁰Co, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ¹²⁵Sb, ¹⁵²Eu, ¹⁵⁴Eu, ¹⁵⁵Eu in spettrometria gamma;

²⁴¹Am, ²⁴²Cm, ²⁴⁴Cm, ²³⁹⁺²⁴⁰Pu, ²³⁸Pu, ²³²Th, ²³⁴U, ²³⁵U, ²³⁴U in spettrometria alfa

⁵⁹⁺⁶³Ni, ⁹⁹Tc, ¹⁴⁷Pm + ¹⁵¹Sm, ²⁴¹Pu ³H in scintillazione liquida e ⁹⁰Sr conteggio beta totale

Per un totale di **15 radionuclidi HTM** che comportano tempi molto lunghi per la natura particolare delle analisi radiochimiche.

Nella tabella seguente si riportano i fattori di correlazione calcolati:

Per i radionuclidi che non compaiono in tabella i risultati delle analisi distruttive non hanno fornito valori superiori al limite di rivelabilità.

Radionuclide	Fattore di Correlazione
Nuclidi correlati a Cs-137	
H-3	0.16
Cs-137	1.00
Pm-147+Sm-151	0.25
Nuclidi correlati ad Am-241	
Pu-238	0.90
Pu-239+240	0.56
Am-241	1.00
Cm-244	0.10

PIANO DI VERIFICA

Per entrambe le tipologie di terreno la verifica finale di assenza di contaminazione sono state effettuate per spettrometria gamma *in situ* di un campione significativo di terreno per un tempo almeno pari a 48 h, su almeno 2 lati per ridurre l'incertezza di misura nel caso di distribuzione non uniforme della contaminazione, l'indice di allontanamento contiene tutti i radionuclidi ETM con attività maggiore o uguale a MCR:

- I **214 big bag** di terreno della VdR A sono stati **TUTTI** misurati all'atto del confezionamento, a causa della loro lunga permanenza in Sito **rimisurato il 10% del totale**. Per il calcolo degli indici di allontanamento sono stati rivalutate le misure di tutti i big bag. **Si è ottenuto un impegno massimo della sommatoria di allontanamento medio pari al 18% del livello di allontanamento e un indice massimo pari al 64%.**
- Il terreno proveniente dallo scavo CEMEX è stato sistemato in 3 cumuli, dai cumuli sono stati confezionati prelevando il terreno in maniera casuale **450 big bag** con massa inferiore a 1000 kg che costituiscono, considerando le "regole di riempimento" un campione pari al **5%** del totale da allontanare. Anche per questo terreno si sono utilizzati i fattori di correlazione sperimentali in quanto ragionevolmente il vettore di eventuale contaminazione era il medesimo. **Si è ottenuto un impegno massimo della sommatoria di allontanamento pari al 23.75% con un impegno medio pari al 13.5%.**

In totale, sono state allontanate un totale di circa 7.600t di terreno (300 t della VdR "A" + 7300 t del CEMEX), corrispondenti a 288 viaggi.

Sia la determinazione sperimentale dei fattori di correlazione di un grande numero di radionuclidi sia la verifica sperimentale di un numero significativo di campioni sono attività che richiedono tempo!

Attività di supporto alla Prefettura per le situazioni di esposizione esistente in relazione agli interventi sul sito di deposito di fosfogessi di Porto Marghera

Flavio Trotti¹, Valentina Cesari¹, Elena Caldognetto¹, Federica Danesin¹, Silvia Trivellato¹, Raffaella Ugolini¹, Silvia Bucci², Ilaria Peroni²

¹ARPA Veneto, Via Ospedale Civile 24, 35121 Padova - ²ARPA Toscana, Via Ponte alle Mosse 211, 50144 Firenze

Premessa



Inquadramento e storia del sito

- *Originariamente*: area a carattere barenale.
- *Periodo 1950-1975*: scarico di rifiuti e residui di lavorazioni industriali.
- *Attualmente*: area nel SIN di Porto Marghera-Venezia, di estensione di circa 42 ha, in gran parte inutilizzata e priva di infrastrutture, chiusa alla fruizione e ricoperta da vegetazione; è in corso l'iniziativa da parte della proprietà di recuperare l'area per sviluppi edilizi; tra il 2005 e il 2011 è stato realizzato un marginamento del sito verso la laguna per impedirvi il rilascio di inquinanti.

Problematica radiologica dei fosfogessi

In particolare, nell'area sono stati scaricati fosfogessi, sottoprodotti della produzione di acido fosforico. Il fosfogesso è un materiale contenente Ra-226 e discendenti, radionuclidi che si rinvencono in conseguenza della presenza della serie dell'U-238 nella materia prima delle lavorazioni, la fosforite.

Procedimento ambientale e radioprotezionistico per il recupero dell'area (profilo normativo)

In previsione dell'utilizzo dell'area è in corso la procedura di progettazione della bonifica la cui approvazione è in capo al MASE, secondo quanto previsto dalla parte quarta, Titolo V del D. Lgs 152/06. L'area è infatti parte del Sito di Interesse Nazionale di Porto Marghera. Nell'ambito del procedimento, il MASE ha ritenuto di interessare la Prefettura di Venezia affinché venissero affrontati gli aspetti legati alla presenza di radioattività naturale, la quale ha pertanto costituito la commissione consultiva di cui all'art. 201 del D. Lgs 101/20 per le misure da adottare nel sito.

Il sito è stato dunque considerato come *situazione di esposizione esistente*, ai sensi dell'art. 198, in quanto contaminato da attività del passato non disciplinate conformemente al D. Lgs 101/20.

Va ricordato che per orientare le misure preventive e correttive e in tali situazioni è fissato un livello di riferimento di dose efficace individuale di 0,3 mSv/anno (allegato XXXV).

Attività pregresse

(a cura della proprietà)

Attività tecniche per caratterizzazione ambientale

(in corso dal 1998)

Terebrazione di:

- sondaggi
- piezometri



Tra le diverse indagini, sono state prelevate 82 carote di materiale con studio delle stratigrafie ed analisi chimica degli strati, dalla quale si sono ravvisati la presenza di strato continuo (spessore 1.2 - 4.1 m) di fosfogessi e altri rifiuti industriali e il superamento delle concentrazioni soglia di contaminazione di alcuni parametri.

Sono state anche realizzate 16 coppie di piezometri per monitorare la falda di riporto e la prima falda. Si sono registrati superamenti delle concentrazioni soglia di contaminazione di alcuni parametri.

Attività tecniche di natura radiologica

Nel 2020 è stata condotta una campagna di misura del rateo di equivalente di dose ambientale (che fa seguito ad analogha iniziativa del 1998), con rilevazioni svolte ad 1 m dal suolo, che ha evidenziato che nel 90% di casi il sito presenta valori inferiori al doppio del fondo, con valori massimi pari a 6-7 volte il fondo.

Un ulteriore studio del 2023, eseguito con simulazioni modellistiche, ha calcolato l'entità dell'eventuale terreno di copertura da stendere nell'area per ridurre in modo adeguato i livelli di irradiazione esterna.

Attività attuale

Procedimento ambientale: in attesa di test di cessione sui materiali solidi, propedeutici alla messa in sicurezza permanente dell'area.

Procedimento relativo agli aspetti radiologici

- Il Prefetto ha istituito la Commissione ex art. 201 del D.Lgs 101/20, cui partecipa anche ARPAV.
- Il proponente ha ipotizzato il ricorso alle carote disponibili e ai piezometri presenti per le analisi radiometriche, in spettrometria gamma, ai fini della caratterizzazione dell'area, dello stato di contaminazione di vari comparti ambientali e delle misure mitigative da adottare.
- ARPAV ha effettuato un sopralluogo per visionare le cassette catalogatrici e procedere alla verifica dell'adeguatezza (e quantitativa) delle carote disponibili; sono stati prelevati 4 campioni di fosfogessi
- ai fini di messa a punto della metodica sono stati analizzati i 4 campioni in spettrometria gamma, di cui 2 in doppio con ARPAT



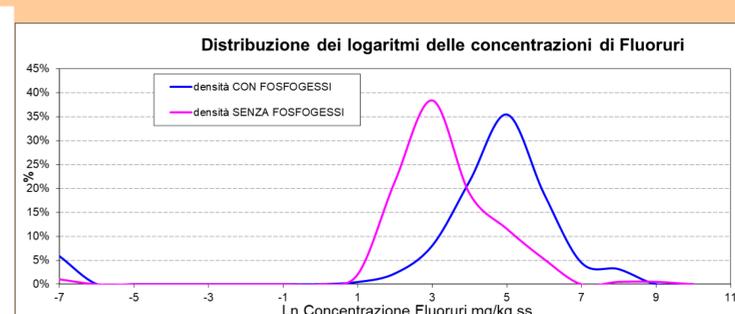
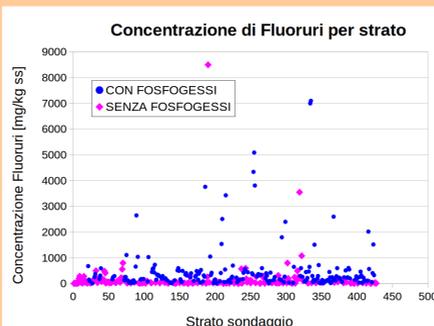
Campioni Fosfogesso	Concentrazione di attività (Bq/kg)			
	Lab	U-238	Ra-226	Pb-210
Campione 1 1-2 m	ARPAV	< 20	845 (12%)	1185 (14%)
Campione 2 2-3 m	ARPAV	30 (22%)	810 (12%)	1265 (14%)
	ARPAT	39 (42%)	910 (9%)	1060 (11%)
Campione 3 3-3,5 m	ARPAV	30 (35%)	880 (11%)	1310 (14%)
Campione 4 3-4 m	ARPAV	25 (43%)	825 (11%)	1340 (14%)
	ARPAT	50 (43%)	935 (9%)	1190 (10%)

Tra parentesi l'incertezza percentuale (k=2); dati riferiti al peso fresco

Elementi del metodo:

- campioni essiccati e macinati (scheletro incluso, secondo le procedure dei rifiuti)
- effettuate le correzioni per autoassorbimento; composizione chimica valutata da ARPAT con tecnica SEM; modelli di calcolo diversi per le due Agenzie;
- Ra-226 determinato all'equilibrio con il Rn-222 tramite Pb-214 e Bi-214

- la metodologia per le analisi delle acque è in corso di messa a punto; oltre alla spettrometria gamma si dovrà fare ricorso alla determinazione selettiva in via radiochimica del Po-210
- dal confronto con i dati delle analisi chimiche emerge una buona correlazione tra presenza di fosfogessi nelle carote prelevate e concentrazione dei fluoruri (vedi grafici). Il dato dei fluoruri può dunque integrare l'informazione sulla presenza dei fosfogessi, ove mancante o non riportata. Nelle acque la presenza dei fluoruri è abbastanza uniforme, con valori elevati nella falda di riporto e, in misura minore, nella prima falda



Conclusioni

Il recupero del sito in esame è soggetto agli adempimenti del D. Lgs 152/06 e a quelli di radioprotezione del D. Lgs 101/20, con necessità di risolvere le interferenze in termini di procedure e soggetti/autorità coinvolte. La prefettura di Venezia ha attivato la Commissione ex art. 201 del D. Lgs 101/20, a prescindere dal superamento del livello di riferimento di 0.3 mSv/anno, sulla base del principio di ottimizzazione (di cui all'art. 199). Sono in corso le attività di messa a punto della metodica di analisi in spettrometria gamma, da parte di ARPAV e ARPAT, finalizzate al piano di caratterizzazione del sito e progettazione degli interventi a cura del proponente, il quale dovrà avvalersi di un servizio di dosimetria accreditato, ai sensi dell'art. 155 del D. Lgs 101/20. Le misure sui campioni di fosfogessi da parte delle due Agenzie hanno dato esiti soddisfacenti e in linea con la letteratura di settore. Attenzione va sempre posta alla determinazione in spettrometria gamma del Pb-210, per via dell'autoassorbimento sulla riga a 46 keV. La diffusione dei fluoruri (parametro associato alla presenza di fosfogesso) nelle acque di riporto e di prima falda può indicare processi di lisciviazione.

Convegno Nazionale AIRP di Radioprotezione

"La radioprotezione della popolazione: esposizioni pianificate ed esistenti in un'ottica di sostenibilità"

Lucca, 25-27 settembre 2024