

PROTOCOLLO OPERATIVO

Settore industriale: *Lavorazione di minerali fosfatici e potassici*

Classe o tipo di pratica o scenario critico: *Produzione e commercio all'ingrosso di fertilizzanti fosfatici e potassici (attacco acido, granulazione e miscelazione)*

Versione 2.0

Il presente protocollo è stato elaborato nell'ambito del progetto di ricerca (BRIC2022 ID37) «NORMA: Naturally Occurring Radioactive Materials Activities. Attività per lo sviluppo di strategie tecnico-scientifiche e socioeconomiche per una efficace implementazione della normativa di radioprotezione»

R. Trevisi, P. Badalamenti, S. Bucci, E. Caldognetto, F. Leonardi, G. La Verde, D. Lunesu, C. Nuccetelli, I. Peroni, G. Pratesi, R. Rusconi, F. Trotti, R. Ugolini, G. Venoso, M. Pugliese



Struttura del protocollo operativo

Il presente protocollo operativo si articola in:

- una descrizione generale dei passaggi previsti nella **Fase 1** e nella **Fase 2** in cui si articola il protocollo;
- una sintesi delle principali matrici di interesse per il settore in esame;
- uno schema degli scenari espositivi e delle matrici di interesse ai fini della valutazione dell'esposizione dei lavoratori e dell'individuo rappresentativo (*);
- 2 tabelle relative alle matrici da campionare con l'indicazione dei radionuclidi da determinare e il metodo di analisi più idoneo (**Fase 1**);
- 2 tabelle relative alle metodologie per la valutazione di dose per i lavoratori e per l'individuo rappresentativo (**Fase 2**);
- 1 tabella relativa alle matrici aggiuntive e analisi da effettuare per poter completare la valutazione della dose (**Fase 2**).
- Le note alle tabelle sono riportate in coda al presente protocollo.

Per la stima dell'esposizione al radon nei luoghi di lavoro, si rimanda al protocollo dedicato.

(*) individuo rappresentativo: la persona che riceve una dose rappresentativa di quella degli individui maggiormente esposti nella popolazione, escluse le persone che hanno abitudini estreme o rare.

Approccio metodologico graduale generale



Sintesi delle matrici presenti nel ciclo produttivo



**Lavorazione di
minerali fosfatici
e potassici
produzione e
commercio
all'ingrosso di
fertilizzanti
fosfatici e
potassici**

- **Materie prime**
materie prime contenenti fosforo di origine naturale,
materie prime contenenti fosforo di origine non naturale,
materie prime contenenti potassio, altri materiali
contenenti radionuclidi di origine naturale
- **Residui**
polveri di abbattimento, fanghi, materiale filtrante
esausto, scarti di lavorazione, incrostazioni, parti di
impianto, materiali di processo esausti
- **Intermedi di processo**
materiali ottenuti da processi di lavorazione intermedi
- **Effluenti aeriformi**
emissioni dal camino
- **Effluenti liquidi**
scarico in corpo idrico o in fognatura
- **Prodotti**
fertilizzanti fosfatici e potassici

Scenari espositivi e matrici di interesse nella produzione e commercio all'ingrosso di fertilizzanti fosfatici e potassici (con attacco acido, granulazione e miscelazione)



Fase 1



TABELLA I: MATRICI DI INTERESSE E CARATTERIZZAZIONE RADIOLOGICA

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Tecnica di analisi	Radionuclidi
Materia prima	materie prime contenenti fosforo di origine naturale (1)	fosforite, fosfato naturale	spettrometria gamma	K-40 e catene U-238 e Th-232
	materie prime contenenti fosforo di origine non naturale	acido fosforico, perfosfato, perfosfato triplo, MAP, fosfato bicalcico	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
	materie prime contenenti potassio	sali di potassio, cloruro di potassio, solfato di potassio	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
	altri materiali contenenti radionuclidi di origine naturale		spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232 o catene U-238 e Th-232

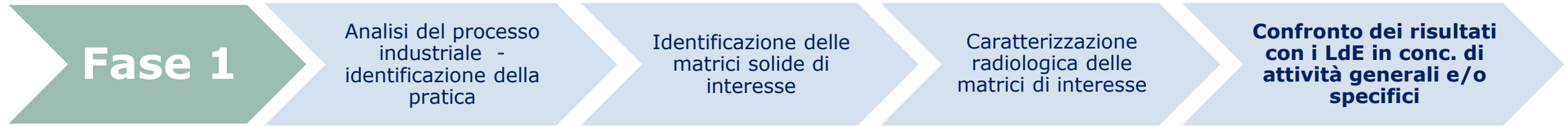
Fase 1



TABELLA I: MATRICI DI INTERESSE E CARATTERIZZAZIONE RADIOLOGICA (cont.)

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Tecnica di analisi	Radionuclidi
Residuo (2)	polveri di abbattimento	polveri da sistemi abbattimento (macinazione, fumi)	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
	scarti di lavorazione	materiale di scarto ottenuto nel ciclo produttivo		
	fanghi	fango da sistemi interni di trattamento acque, fango da scrubber		
	materiale filtrante esausto	filtri a maniche, altre tipologie	spettrometria gamma, spettrometria gamma nd in situ	
	Incrostazioni (3)	residui derivanti dalla manutenzione di parti di impianto		
	parti di impianto (3)	raccordi, valvole, tubi...	spettrometria gamma nd in situ	

Fase 1



**TABELLA II: VERIFICA DEI LIVELLI DI ESENZIONE E DI ALLONTANAMENTO
(art. 22 e All. 2 D.Lgs. 101/2020 e s.m.i.)**

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Destinazione	Livelli di esenzione e livelli di allontanamento
Materia prima	materie prime contenenti fosforo di origine naturale (1)	fosforite, fosfato naturale	-	Tabella II-2 con l'eccezione di Pb-210; Po-210 = 5 kBq/kg da valutare a seconda del materiale
	materie prime contenenti fosforo di origine non naturale	acido fosforico, perfosfato, perfosfato triplo, MAP, fosfato bicalcico		
	materie prime contenenti potassio	sali di potassio, cloruro di potassio, solfato di potassio		
	altri materiali contenenti radionuclidi di origine naturale			

Fase 1

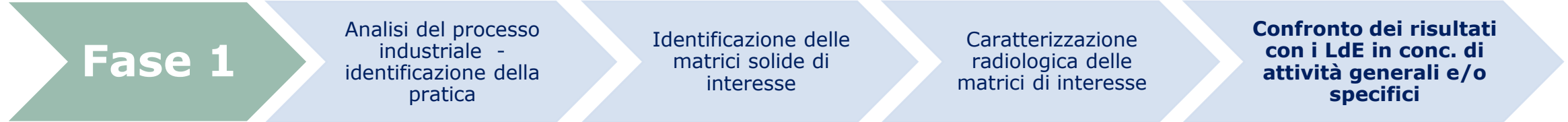


TABELLA II: VERIFICA DEI LIVELLI DI ESENZIONE E DI ALLONTANAMENTO (cont.)
(art. 22 e All. 2 D.Lgs. 101/2020 e s.m.i.)

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Destinazione	Livelli di esenzione e livelli di allontanamento
Residuo	polveri di abbattimento	polveri da sistemi abbattimento (macinazione, fumi)	allontanamento, riutilizzo	Tabella II-2, con l'eccezione di Pb-210; Po-210 = 5 kBq/kg Per il riutilizzo in sottofondi stradali e conferimento in discarica: Allegato II, sezione II paragrafo 4 punto 4)
	scarti di lavorazione	materiale di scarto ottenuto nel ciclo produttivo		
	fanghi	fango da sistemi interni di trattamento acque, fango da scrubber		
	materiale filtrante esausto	filtri a maniche, altre tipologie		
	Incrostazioni	residui derivanti dalla manutenzione di parti di impianto		
	parti di impianto	raccordi, valvole, tubi...		

Fase 2

Identificazione degli scenari espositivi per la stima della dose al lavoratore e all'individuo rappresentativo

Fase 2

Caratterizzazione radiologica di altre matrici identificate e misure in campo

Stima della dose al lavoratore e all'individuo rappresentativo

Confronto dei risultati con i LdE in termini di dose efficace

TABELLA III: LAVORATORI – IDENTIFICAZIONE DEGLI SCENARI ESPOSITIVI, STIMA DELLA DOSE E VERIFICA ESENZIONE IN TERMINI DI DOSE EFFICACE

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Scenari specifici	Vie di esposizione	Livello di esenzione (dose efficace)
Materia prima	materie prime contenenti fosforo di origine naturale	fosforite, fosfato naturale	trasporto, cumuli di materie prime, macinazione	irraggiamento, inalazione, ingestione, radon (4)	1 mSv/anno
	materie prime contenenti fosforo di origine non naturale	acido fosforico, perfosfato, perfosfato triplo, MAP, fosfato bicalcico			
	materie prime contenenti potassio	sali di potassio, cloruro di potassio, solfato di potassio			
	altri materiali contenenti radionuclidi di origine naturale				
Intermedio di processo	materiale ottenuto da processi di lavorazione intermedi	risultato dell'attacco acido	attività lavorative svolte a contatto o in prossimità		

Fase 2

Fase 2

Identificazione degli scenari espositivi per la stima della dose al lavoratore e all'individuo rappresentativo

Caratterizzazione radiologica di altre matrici identificate e misure in campo

Stima della dose al lavoratore e all'individuo rappresentativo

Confronto dei risultati con i LdE in termini di dose efficace

TABELLA III: LAVORATORI – IDENTIFICAZIONE DEGLI SCENARI ESPOSITIVI, STIMA DELLA DOSE E VERIFICA ESENZIONE IN TERMINI DI DOSE EFFICACE- cont.

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Scenari specifici	Vie di esposizione	Livello di esenzione (dose efficace)
Residuo	polveri di abbattimento	polveri da sistemi abbattimento (macinazione, fumi)	trasporto, gestione (5)	irraggiamento, inalazione, ingestione, radon (4)	1 mSv/anno
	scarti di lavorazione	materiale di scarto ottenuto nel ciclo produttivo		irraggiamento, ingestione, radon (4)	
	fanghi	fango da sistemi interni di trattamento acque, fango da scrubber		irraggiamento, ingestione, radon (4)	
	materiale filtrante esausto	filtri a maniche, altre tipologie	manutenzione (6), sostituzione, gestione (5), trasporto	irraggiamento, inalazione, ingestione, radon (4)	
	Incrostazioni	residui derivanti dalla manutenzione di parti di impianto	manutenzione (6), gestione (5), trasporto	irraggiamento, ingestione, radon (4)	
	parti di impianto	raccordi, valvole, tubi...	manutenzione (6), sostituzione, gestione (5), trasporto	irraggiamento, radon (4)	
Prodotto (7)	fertilizzanti fosfatici e potassici	fertilizzanti fosfatici, potassici semplici e complessi	confezionamento, stoccaggio, trasporto	irraggiamento, inalazione, ingestione, radon (4)	

Fase 2

Fase 2

Identificazione degli scenari espositivi per la stima della dose al lavoratore e all'individuo rappresentativo

Caratterizzazione radiologica di altre matrici identificate e misure in campo

Stima della dose al lavoratore e all'individuo rappresentativo

Confronto dei risultati con i LdE in termini di dose efficace

TABELLA IV: INDIVIDUO RAPPRESENTATIVO – IDENTIFICAZIONE DEGLI SCENARI ESPOSITIVI, STIMA DELLA DOSE E VERIFICA ESENZIONE IN TERMINI DI DOSE EFFICACE

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Scenari specifici	Vie di esposizione	Livello di esenzione (dose efficace)
Materia prima	materie prime contenenti fosforo di origine naturale	fosforite, fosfato naturale	trasporto	irraggiamento, inalazione, radon	0.3 mSv/anno
	materie prime contenenti fosforo di origine non naturale	acido fosforico, perfosfato, perfosfato triplo, MAP, fosfato bicalcico			
	materie prime contenenti potassio	sali di potassio, cloruro di potassio, solfato di potassio			
	altri materiali contenenti radionuclidi di origine naturale				
Effluente (8)	aeriforme	emissioni in atmosfera dai camini	rilascio di radionuclidi nelle polveri emesse dai camini	irraggiamento, inalazione, ingestione (9)	
	liquido	scarico in corpo idrico o in fognatura	rilascio di radionuclidi nell'effluente scaricato in corpo idrico o in fognatura		

Fase 2

Identificazione degli
scenari espositivi per
la stima della dose al
lavoratore e
all'individuo
rappresentativo

Fase 2

Caratterizzazione
radiologica di altre
matrici identificate e
misure in campo

Stima della dose al
lavoratore e
all'individuo
rappresentativo

Confronto dei
risultati con i
LdE in termini
di dose efficace

TABELLA IV: INDIVIDUO RAPPRESENTATIVO – IDENTIFICAZIONE DEGLI SCENARI ESPOSITIVI, STIMA DELLA DOSE E VERIFICA ESENZIONE IN TERMINI DI DOSE EFFICACE

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Scenari specifici	Vie di esposizione	Livello di esenzione (dose efficace)
Residuo (10,11)	polveri di abbattimento	polveri da sistemi abbattimento (macinazione, fumi)	dipendono dalla destinazione dei residui	irraggiamento, inalazione, radon, ingestione (9)	0,3 mSv/anno
	scarti di lavorazione	materiale di scarto ottenuto nel ciclo produttivo			
	fanghi	fango da sistemi interni di trattamento acque, fango da scrubber			
	materiale filtrante esausto	filtri a maniche, altre tipologie			
	incrostazioni	residui derivanti dalla manutenzione di parti di impianto			
	parti di impianto	raccordi, valvole, tubi...			

Fase 2

Fase 2

Identificazione degli
scenari espositivi per la
stima della dose al
lavoratore e
all'individuo
rappresentativo

**Caratterizzazione
radiologica di altre
matrici identificate e
misure in campo**

Stima della dose al
lavoratore e
all'individuo
rappresentativo

Confronto dei
risultati con i LdE
in termini di dose
efficace

TABELLA V: CARATTERIZZAZIONE RADIOLOGICA DI ALTRE MATRICI DI INTERESSE E MISURE IN CAMPO

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Tecnica di analisi	Radionuclidi
Effluente	aeriforme (12)	emissioni in atmosfera dai camini	spettrometria gamma	K-40, radionuclidi delle catene U-238 e Th-232
	liquido (13)	scarico in corpo idrico o in fognatura	scintillazione liquida	concentrazione di attività alfa totale e beta totale
			ICP/MS (14)	concentrazione di uranio
			spettrometria gamma	K-40, radionuclidi delle catene U-238 e Th-232
Acqua (13)	acqua in ingresso (15)	acqua da pozzo, acqua potabile, acqua industriale	scintillazione liquida	concentrazione di attività alfa totale e beta totale
			ICP/MS (14)	concentrazione di uranio
			spettrometria gamma	K-40, radionuclidi delle catene U-238 e Th-232
Residuo	parti di impianto	raccordi, valvole, tubi...	rateo di dose	
Intermedio di processo	materiale ottenuto da processi di lavorazione intermedi	risultato dell'attacco acido	rateo di dose	
Prodotto	fertilizzanti fosfatici e potassici	fertilizzanti fosfatici, potassici semplici e complessi	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
			rateo di dose	

NOTE ALLE TABELLE

1. Equilibrio radioattivo nelle catene dell'U-238 e del Th-232 è ipotizzabile a priori per le materie prime di origine naturale.
2. In assenza di processo termico ad alta temperatura, la concentrazione di attività nelle polveri di abbattimento derivanti da processi di macinazione si può assumere pari a quella dei materiali macinati.
3. La concentrazione di attività dei radionuclidi va riferita alla massa delle incrostazioni stesse.
4. Per l'esposizione al radon, si rimanda al protocollo dedicato.
5. La gestione dei residui comprende le operazioni di raccolta, carico e scarico...
6. La manutenzione comprende le operazioni di pulizia, montaggio, smontaggio, ecc.
7. Nella valutazione della dose efficace per i lavoratori vanno considerate anche le lavorazioni sui prodotti come finitura, confezionamento, stoccaggio, trasporto ossia tutte quelle lavorazioni che comportano esposizione per i lavoratori prima della commercializzazione dei prodotti.
8. La valutazione della dose efficace all'individuo rappresentativo dovuta agli effluenti può essere calcolata con modelli semplificati (pubblicazione ISPRA "Valutazione da impatti radiologici da NORM, RP 135), oppure con modelli più sofisticati.
9. Si fa riferimento all'ingestione attraverso la catena alimentare
10. Nella valutazione della dose efficace all'individuo rappresentativo derivante dall'esposizione ai residui, va considerata la destinazione specifica di ciascun residuo.
11. Tra tutti i residui, vanno considerati nelle stime di dose efficace all'individuo rappresentativo solo quelli con concentrazione di attività superiore al livello di esenzione/livello di allontanamento in termini di concentrazione di attività.

NOTE ALLE TABELLE

12. Per l'effluente aeriforme si può dedurre la concentrazione di attività dei radionuclidi con opportune assunzioni dalle concentrazioni di attività misurate nelle polveri di abbattimento dei camini.
13. L'ordine in cui sono elencate le tecniche di misura riflette un approccio graduale, dalla più semplice alla più complessa. Nell'ipotesi che la stima della dose sulla base delle MAR ottenuta con la tecnica più semplice garantisca il non superamento del livello di esenzione in termini di dose efficace, si possono evitare gli approfondimenti.
14. L'analisi dell'uranio (e eventualmente del torio) in ICP-MS è raccomandata in fase di screening; va considerato che il rapporto isotopico negli effluenti e più in generale in acqua può non essere quello naturale.
15. E' opportuna l'analisi anche delle acque in ingresso all'impianto quando venga rilevata la presenza di radioattività naturale nello scarico, al fine di sottrarre il contributo presente in ingresso.