

# PROTOCOLLO OPERATIVO

## Settore industriale: *Industria dello zircone e dello zirconio*

### Classe o tipo di pratica o scenario critico: *Lavorazione delle sabbie zirconifere*

**Versione 2.0**

Il presente protocollo è stato elaborato nell'ambito del progetto di ricerca (BRIC2019 ID30) «Protocolli operativi e metodologie di calcolo per l'attuazione della nuova normativa di radioprotezione, recepimento della direttiva 59/2013/Euratom, in settori industriali NORM di particolare impatto radiologico»

R. Trevisi, A. Bogi, S. Bucci, E. Caldognetto, A. De Stena, F. Leonardi, G. La Verde, L. Luzzi, C. Nuccetelli, I. Peroni, F. Picciolo, G. Pratesi, F. Trotti, R. Ugolini, G. Venoso, M. Pugliese



# Struttura del protocollo operativo

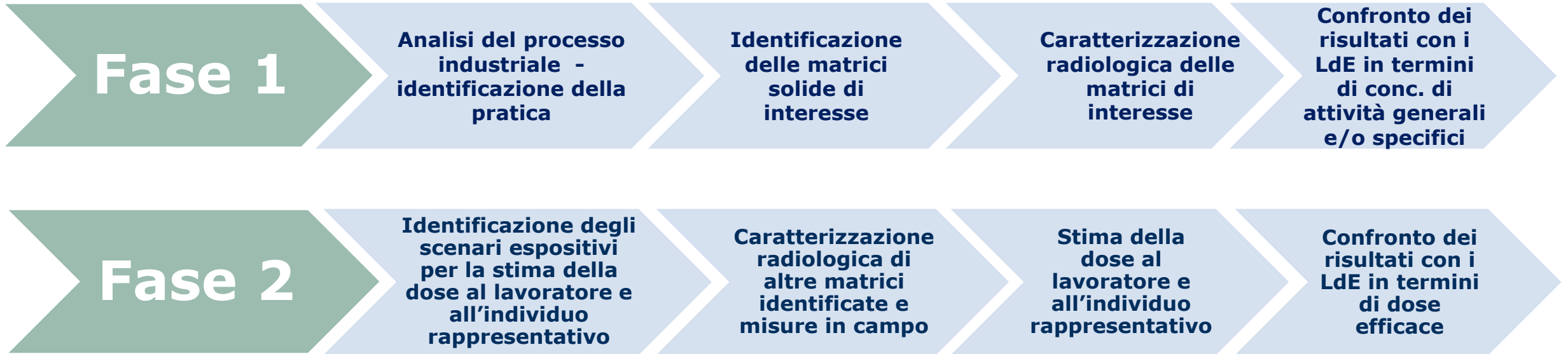
Il presente protocollo operativo si articola in:

- 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

**industria dello  
zircone e dello  
zirconio**

**lavorazione  
delle sabbie  
zirconifere**

- **Materie prime**  
materia prima zirconifera di origine naturale, materia prima zirconifera di origine non naturale
- **Residui**  
polveri di abbattimento, fanghi, materiale filtrante, incrostazioni, parti di impianto
- **Effluenti aeriformi**  
rilascio di radionuclidi da camino
- **Effluenti liquidi**  
scarico in corpo idrico o in fognatura
- **Prodotti**  
sabbia zirconifera macinata

# Scenari espositivi e matrici di interesse nella lavorazione delle sabbie zirconifere

## ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI

**Materie prime**  
esposizione ai cumuli  
di materia prima;  
trasporto

**Residui**  
gestione;  
manutenzione; trasporto

**Prodotti**  
confezionamento;  
stoccaggio;  
trasporto

**INDUSTRIA  
DELLO  
ZIRCONIO E  
DELLO  
ZIRCONIO**

**LAVORAZIONE  
DELLE SABBIE  
ZIRCONIFERE**

## ESPOSIZIONE DELL'INDIVIDUO RAPPRESENTATIVO

**Materie prime**  
trasporto

**Residui**  
esposizione dovuta all'allontanamento;  
trasporto

**Effluenti aeriformi**  
rilascio di radionuclidi da camino

**Effluenti liquidi**  
rilascio di radionuclidi nell'effluente  
scaricato in corpo idrico o in fognatura

# Fase 1



**TABELLA I: MATRICI DI INTERESSE E CARATTERIZZAZIONE RADIOLOGICA**

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Tecnica di analisi	Radionuclidi
<b>Materia prima</b>	materia prima zirconifera di origine naturale (1)	sabbia zirconifera da miniera	spettrometria gamma	K-40, catene U-238 e Th-232
	materia prima zirconifera di origine non naturale		spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232

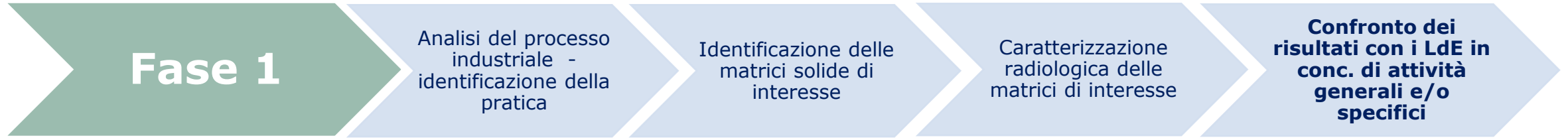
# Fase 1



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

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Tecnica di analisi	Radionuclidi	
Residuo	polveri di abbattimento (2)	polvere di abbattimento del camino di macinazione	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232	
		polvere di abbattimento di altri camini			
	fanghi	da pozzetto di raccolta reflui			
		da impianto di depurazione asservito all'azienda			
	materiale filtrante esausto	maniche filtranti, altre parti sistema filtranti			spettrometria gamma
					spettrometria gamma nd in situ
	incrostazioni (3)	residui derivanti dalla manutenzione di parti di impianto			spettrometria gamma
					spettrometria gamma nd in situ
	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
<b>Materia prima</b>	materia prima zirconifera di origine naturale	sabbia zirconifera da miniera	-	Tabella II-2
	materia prima zirconifera di origine non naturale		-	Tabella II-2 con l'eccezione di Pb-210; Po-210 = 5 kBq/kg
<b>Residuo</b>	polveri di abbattimento	polvere di abbattimento del camino di macinazione	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)
		polvere di abbattimento di altri camini		
	fanghi	da pozzetto di raccolta reflui		
		da impianto di depurazione asservito all'azienda		
	materiale filtrante esausto	maniche filtranti		
		altre parti sistema filtranti		
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	materia prima zirconifera di origine naturale	sabbia zirconifera da miniera	trasporto, cumuli di materie prime	irraggiamento, inalazione, ingestione, radon (4)	1 mSv/anno
	materia prima zirconifera di origine non naturale				
Prodotto (5)	sabbia zirconifera macinata	Sabbie zirconifere macinate di varie granulometrie	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 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	polvere di abbattimento del camino di macinazione	trasporto, gestione (6)	irraggiamento, inalazione, ingestione, radon (4)	1 mSv/anno
		polvere di abbattimento di altri camini			
	fanghi	da pozzetto di raccolta reflui	trasporto, gestione (6)	irraggiamento, radon (4)	
		da impianto di depurazione asservito all'azienda			
	materiale filtrante esausto	maniche filtranti	manutenzione (7), sostituzione, gestione (6), trasporto	irraggiamento, inalazione, ingestione, radon (4)	
		altre parti sistema filtranti			
incrostazioni	residui derivanti dalla manutenzione di parti di impianto	manutenzione (7), gestione (6), trasporto	irraggiamento, radon (4)		
parti di impianto	raccordi, valvole, tubi...	manutenzione (7), sostituzione, gestione (6), trasporto			

## 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	materia prima zirconifera di origine naturale	sabbia zirconifera da miniera	trasporto	irraggiamento, inalazione	0.3 mSv/anno
	materia prima zirconifera di origine non naturale				
Effluente (8)	aeriforme	emissioni in atmosfera dai camini	rilascio di radionuclidi da camino	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

### 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- cont.**

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Scenari specifici	Vie di esposizione	Livello di esenzione (dose efficace)
Residuo (10,11)	polveri di abbattimento	polvere di abbattimento del camino di macinazione	dipendono dalla destinazione dei residui	irraggiamento, inalazione, radon, ingestione (9)	0,3 mSv/anno
		polvere di abbattimento di altri camini			
	fanghi	da pozzetto di raccolta reflui			
		da impianto di depurazione asservito all'azienda			
	materiale filtrante esausto	maniche filtranti, altre tipologie			
		altre parti sistema filtranti			
	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	scarico in corpo idrico o in fognatura	scintillazione liquida (14)	concentrazione di attività alfa totale e beta totale
			ICP/MS	determinazione della concentrazione di uranio
Acqua	acqua in ingresso (13)	acqua di lavaggio superfici impianto, acqua di pozzo, acqua potabile, acqua industriale	spettrometria gamma	K-40, radionuclidi delle catene U-238 e Th-232
			scintillazione liquida (14)	concentrazione di attività alfa totale e beta totale
			ICP/MS	determinazione della concentrazione di uranio
Residuo	parti di impianto	raccordi, valvole, tubi...	rateo di dose	-
Prodotto	sabbia zirconifera macinata	Sabbie zirconifere macinate di varie granulometrie	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. 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.
6. La gestione dei residui comprende le operazioni di raccolta, carico e scarico...
7. La manutenzione comprende le operazioni di pulizia, montaggio, smontaggio, ecc.
8. La valutazione della dose efficace all'individuo rappresentativo dovuta all'effluente aeriforme 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. La misura della concentrazione di attività nell'acqua in ingresso all'impianto è richiesta qualora l'attività misurata nell'effluente liquido sia superiore alla MAR.
14. Nella caratterizzazione delle acque in ingresso e degli effluenti liquidi, se la concentrazione di attività alfa totale è  $< 0,1$  Bq/L e beta totale è  $< 0,5$  Bq/L [rif. D.lgs. 28/2016], non sono necessarie ulteriori analisi.