

PROTOCOLLO OPERATIVO

Settore industriale: *Industria dello zircone e dello zirconio*

Classe o tipo di pratica o scenario critico: *Produzione di sanitari e piastrelle*

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, S. Bucci, E. Caldognetto, D. Di Summa, L. Ferrara, 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

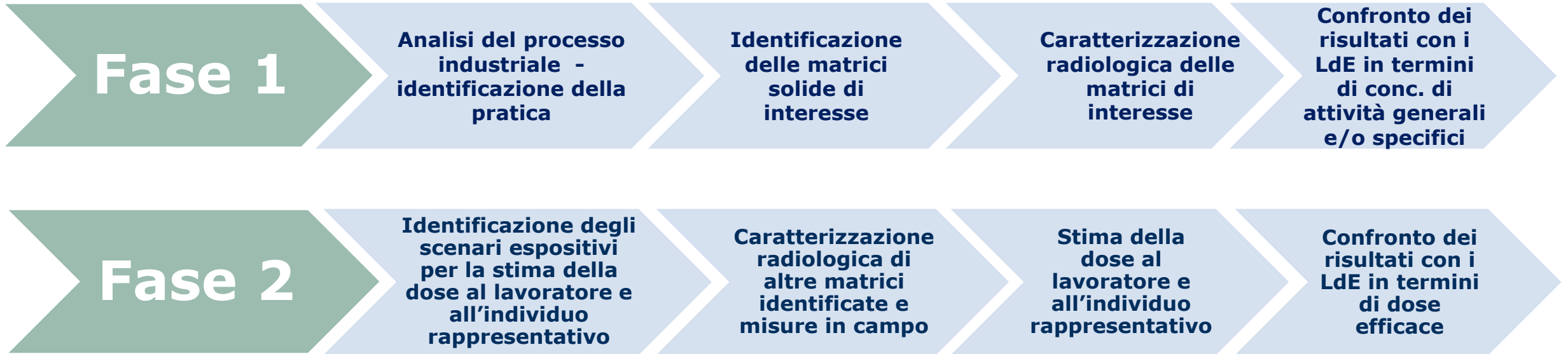
Il presente protocollo operativo si articola in:

- 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

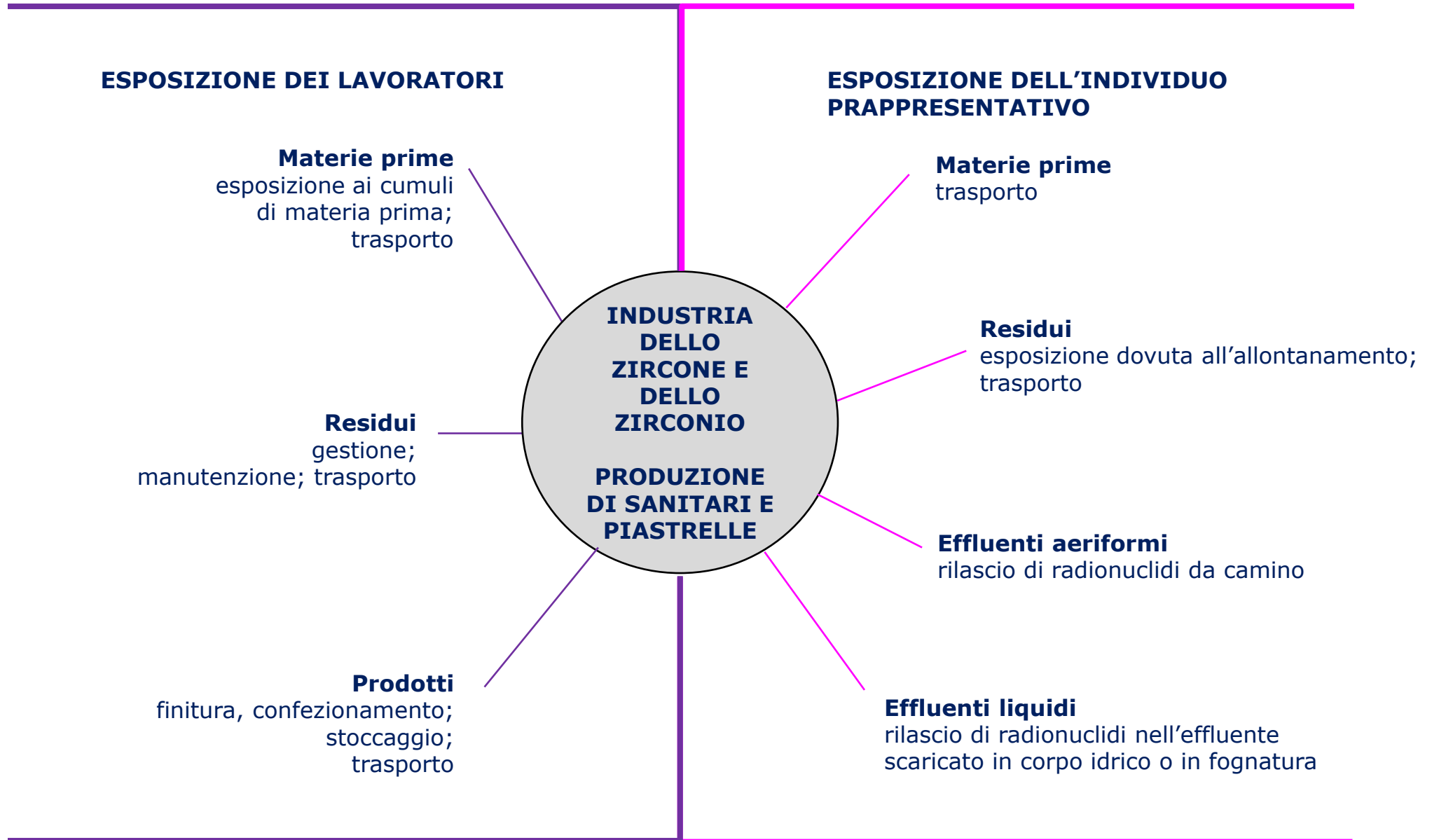


**industria dello
zirconio e dello
zirconio**

**produzione di
sanitari e
piastrelle**

- **Materie prime**
materia prima zirconifera di origine naturale, materia prima zirconifera di origine non naturale, altri materiali contenenti radionuclidi di origine naturale
- **Residui**
polveri di abbattimento, scarti di lavorazione, fanghi, materiale filtrante esausto, incrostazioni, parti di impianto
- **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**
ceramiche monocottura, ceramiche bicottura, gres porcellanato

Scenari espositivi e matrici di interesse nella produzione di sanitari e piastrelle



Fase 1



TABELLA I: MATRICI DI INTERESSE E CARATTERIZZAZIONE RADIOLOGICA

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Tecnica di analisi	Radionuclidi
Materia prima	materia prima zirconifera di origine naturale (1)	sabbie zirconifere da miniera	spettrometria gamma	K-40, catene U-238 e Th-232
	materia prima zirconifera di origine non naturale	prodotti industriali contenenti zirconio (da recupero/riprocessamento)	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
	altri materiali contenenti radionuclidi di origine naturale		spettrometria gamma	K-40, catene U-238 e Th-232, segmenti di catena U-238 e Th-232
Intermedio di processo	materiale ottenuto da processi di lavorazione intermedi	gres bianco non cotto	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
		smalto		
Residuo (4)	polveri di abbattimento (2,3)	polveri da impianto di depolverazione	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
			spettrometria alfa	Po-210
	polvere di abbattimento di altri camini		spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
			spettrometria alfa	Po-210
	fanghi	fango da sistemi interni di trattamento acque	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
parti di impianto (5)	raccordi, valvole, tubi...	spettrometria gamma nd in situ	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232	

Fase 1

Fase 1

Analisi del processo industriale - identificazione della pratica

Identificazione delle matrici solide di interesse

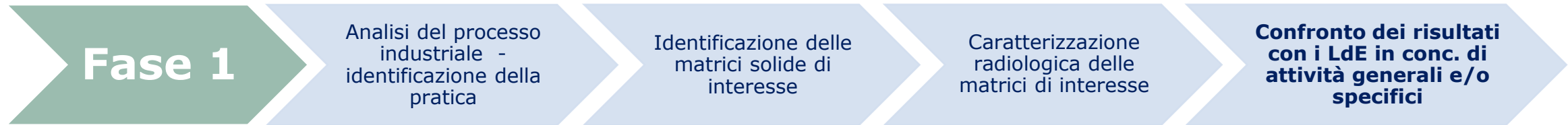
Caratterizzazione radiologica delle matrici di interesse

Confronto dei risultati con i LdE in conc. di attività generali e/o specifici

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

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Tecnica di analisi	Radionuclidi	
Residuo (4)	scarti di lavorazione	scarti di ceramica cotti	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232	
		scarti di ceramica non cotti			
		calce esausta da depurazione fumi	spettrometria gamma		K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
			spettrometria alfa		Po-210
		residui derivanti dalla produzione degli smalti	spettrometria gamma		K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
			spettrometria alfa		Po-210
	scarti da taglio prodotti finiti	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232		
	materiale filtrante esausto	filtri a maniche, altre tipologie	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232	
			spettrometria gamma nd in situ		
			spettrometria alfa	Po-210	
	incrostazioni (5)	residui derivanti dalla manutenzione di parti di impianto	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232	
			spettrometria gamma nd in situ		
spettrometria alfa			Po-210		

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	materia prima zirconifera di origine naturale	sabbie zirconifere da miniera	-	Tabella II-2
	materia prima zirconifera di origine non naturale	prodotti industriali contenenti zirconio (da recupero/riprocessamento)	-	Tabella II-2, con l'eccezione di Pb-210; Po-210 = 5 kBq/kg
	altri materiali contenenti radionuclidi di origine naturale		-	
Intermedio di processo	materiale ottenuto da processi di lavorazione intermedi	gres bianco non cotto	-	
		smalto	-	
Residuo	polveri di abbattimento	polveri da impianto di depolverazione	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) Per incenerimento: Allegato II, sezione II paragrafo 4 punto 5)
		polvere di abbattimento di altri camini		
	fanghi	fango da sistemi interni di trattamento acque		
	parti di impianto	raccordi, valvole, tubi...		

Fase 1

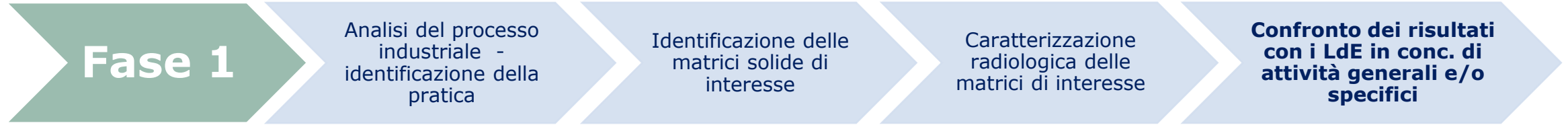


TABELLA II: VERIFICA DEI LIVELLI DI ESENZIONE E DI ALLONTANAMENTO- cont. (art. 22 e All. 2 D.Lgs. 101/2020 e s.m.i.)

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Destinazione	Livelli di esenzione e livelli di allontanamento
Residuo	scarti di lavorazione	scarti di ceramica cotti	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) Per incenerimento: Allegato II, sezione II paragrafo 4 punto 5)
		scarti di ceramica non cotti		
		calce esausta da depurazione fumi		
		residui derivanti dalla produzione degli smalti		
	scarti da taglio prodotti finiti			
	materiale filtrante esausto	filtri a maniche, altre tipologie		
incrostazioni (5)	residui derivanti dalla manutenzione di parti di impianto			

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

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Scenari specifici	Vie di esposizione	Livello di esenzione (dose efficace)
Materia prima	materia prima zirconifera di origine naturale	sabbie zirconifere da miniera	trasporto, cumuli di materie prime	irraggiamento, inalazione, ingestione, radon (7)	1 mSv/anno
	materia prima zirconifera di origine non naturale	prodotti industriali contenenti zirconio (da recupero/riprocessamento)			
	altri materiali contenenti radionuclidi di origine naturale				
Intermedio di processo	materiale ottenuto da processi di lavorazione intermedi	gres bianco non cotto	attività lavorative svolte a contatto o molto vicino al materiale		
		smalto			
Prodotto (6)	piastrelle	ceramica monocottura	finitura, confezionamento, stoccaggio, trasporto		
		ceramica bicottura			
		gres porcellanato			
	altri materiali ceramici				

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 impianto di depolverazione	trasporto, gestione (8)	irraggiamento, inalazione, ingestione, radon (7)	1 mSv/anno
		polvere di abbattimento di altri camini			
	fanghi	fango da sistemi interni di trattamento acque	trasporto, gestione (8)	irraggiamento, ingestione, radon (7)	
	materiale filtrante esausto	filtri a maniche, altre tipologie	sostituzione, gestione (8), trasporto	irraggiamento, inalazione, ingestione, radon (7)	
	scarti di lavorazione	scarti di ceramica cotti	trasporto, gestione (8)		
		scarti di ceramica non cotti			
		calce esausta da depurazione fumi			
residui derivanti dalla produzione degli smalti					
scarti da taglio prodotti finiti					
incrostazioni	residui derivanti dalla manutenzione di parti di impianto	manutenzione (9), gestione (8), trasporto	irraggiamento, radon (7)		
parti di impianto	raccordi, valvole, tubi...	manutenzione (9), sostituzione, gestione (8), 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	prodotti industriali contenenti zirconio (da recupero/riprocessamento)			
	altri materiali contenenti radionuclidi di origine naturale				
Effluente (10)	aeriforme	emissioni in atmosfera dai camini	rilascio di radionuclidi da camino	irraggiamento, inalazione, ingestione (13)	
	liquido	scarico in corpo idrico o in fognatura	rilascio di radionuclidi nell'effluente scaricato in corpo idrico o in fognatura		
Residuo (11,12)	polveri di abbattimento	polveri da impianto di depolverazione	dipendono dalla destinazione del residuo e dalle lavorazioni, trasporto	irraggiamento, inalazione, radon (7), ingestione (13)	
		polvere di abbattimento di altri camini			
	fanghi	fango da sistemi interni di trattamento acque			

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)
Residuo (11,12)	scarti di lavorazione	scarti di ceramica cotti	dipendono dalla destinazione del residuo e dalle lavorazioni, trasporto	irraggiamento, inalazione, radon (7), ingestione (13)	0,3 mSv/anno
		scarti di ceramica non cotti			
		calce esausta da depurazione fumi			
		residui derivanti dalla produzione degli smalti			
		scarti da taglio prodotti finiti			
	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 (14)	emissioni in atmosfera dai camini	spettrometria gamma	K-40, radionuclidi delle catene U-238 e Th-232
			spettrometria alfa	Po-210
	liquido	scarico in corpo idrico o in fognatura	scintillazione liquida (16)	concentrazione di attività alfa totale e beta totale
			ICP/MS	concentrazione di uranio
Acqua	acqua in ingresso (15)	acqua da pozzo, acqua potabile, acqua industriale	spettrometria gamma	K-40, radionuclidi delle catene U-238 e Th-232
			spettrometria alfa	Po-210
			scintillazione liquida (16)	concentrazione di attività alfa totale e beta totale
			ICP/MS	concentrazione di uranio
Residuo	parti di impianto	raccordi, valvole, tubi...	rateo di dose	-

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-cont.

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Tecnica di analisi	Radionuclidi
Intermedi di processo	materiale ottenuto da processi di lavorazione intermedi	gres bianco non cotto	rateo di dose	-
		smalto		
Prodotto	piastrelle	ceramica monocottura	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
		rateo di dose	-	
	ceramica bicottura	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232	
		rateo di dose	-	
	gres porcellanato	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232	
		rateo di dose	-	
altri materiali ceramici	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. Nei processi termici ad alta temperatura può avvenire la volatilizzazione del Po-210 e del Pb-210, pertanto può essere richiesta la spettrometria alfa per le matrici coinvolte in tali processi per la completa caratterizzazione radiologica.
4. L' esercente può non effettuare la misura della concentrazione di attività del Po-210 attraverso spettrometria alfa su tutte le "Matrici" di una medesima "Tipologia Matrice": in tal caso la scelta va motivata e la valutazione sul Po-210 può essere effettuata basandosi sulle concentrazioni rilevate di Pb-210 e sui processi coinvolti che hanno originato il residuo.
5. La concentrazione di attività dei radionuclidi va riferita alla massa delle incrostazioni stesse.
6. 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.
7. Per l'esposizione al radon, si rimanda al protocollo dedicato.
8. La gestione dei residui comprende le operazioni di raccolta, carico e scarico, ecc.
9. La manutenzione comprende le operazioni di pulizia, montaggio, smontaggio, ecc.
10. La valutazione della dose efficace all'individuo rappresentativo dovuta all'effluente può essere calcolata con modelli semplificati (pubblicazione ISPRA "Valutazione da impatti radiologici da NORM, RP 135), oppure con modelli più sofisticati.
11. Nella valutazione della dose efficace all'individuo rappresentativo derivante dall'esposizione ai residui, va considerata la destinazione specifica di ciascun residuo.

NOTE ALLE TABELLE

12. 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.
13. Si fa riferimento all'ingestione attraverso la catena alimentare.
14. 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.
15. 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.
16. 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.