



PORTALE  
AGENTI  
FISICI

PREVENZIONE  
E SICUREZZA



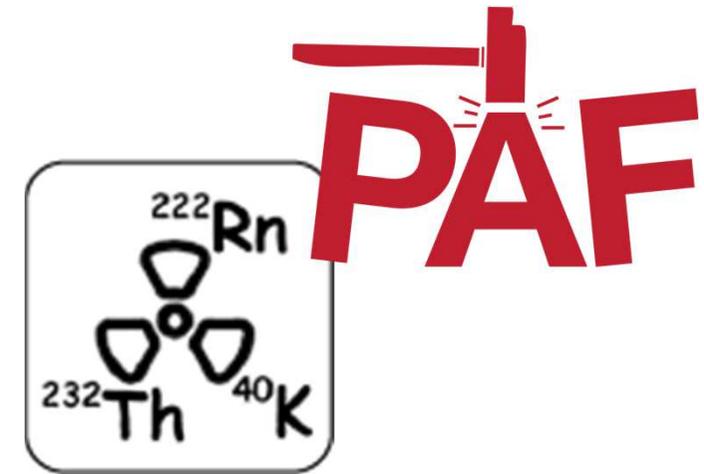
ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE  
CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO

# APPLICAZIONE DEI PROTOCOLLI OPERATIVI E DEL CALCOLATORE DI DOSE DEL PAF PER L'ANALISI DELL'ESPOSIZIONE RADIOLOGICA IN CASI STUDIO RELATIVI ALL' INDUSTRIA DELLO ZIRCONIO E DELLO ZIRCONIO

Francesca Duchi, Federica Leonardi e Rosabianca Trevisi



# SEZIONE PAF: Radiazioni Ionizzanti da Sorgenti Naturali NORM



Sezione ideata e sviluppata nell'ambito dei progetti BRIC INAIL 2019 ID 30 e BRIC INAIL 2022 ID 37 per fornire supporto nella valutazione del rischio nel campo delle attività industriali NORM.

The screenshot shows the website page for 'Radiazioni Ionizzanti da Sorgenti Naturali NORM'. The page includes a navigation menu on the left with links such as Home, Corsi, Webinar, Eventi PAF, Podcast, Rumore, and various radiation-related topics. The main content area features the title 'Radiazioni Ionizzanti da Sorgenti Naturali NORM' and a sub-header 'Sezione ideata nell'ambito del progetto BRIC INAIL 2019 ID 30 e sviluppata nell'ambito del progetto BRIC INAIL 2022 ID 37'. The text explains the NORM acronym and provides information on industrial activities, including a 'check list' for verification. A sidebar on the right contains the INAIL logo, regional information for Toscana, and a newsletter sign-up section.

# Cosa sono i NORM?

Vengono definiti NORM (Naturally Occurring Radioactive Materials) quei materiali che contengono radionuclidi naturali in concentrazioni mediamente superiori rispetto ai minerali comunemente presenti sulla crosta terrestre.

Il Capo II del Titolo IV del D.lgs 101/20 disciplina le "Pratiche che comportano l'impiego di materiali contenenti radionuclidi di origine naturale", le cosiddette "industrie NORM".



Le **attività NORM** o **industrie NORM** sono quelle che utilizzano tali materiali NORM per le loro caratteristiche chimiche o fisiche, **NON** per la presenza di radionuclidi, quindi non per le loro proprietà radiologiche (fissili o fertili).

## Problema??

L'uso di enormi quantità di **materie prime NORM** fa sì che, malgrado la presenza di radioattività sia in tracce, non si possa trascurare il loro impatto radiologico sui lavoratori.

In alcuni casi, poi, il processo, porta ad un aumento di concentrazione di radionuclidi nei residui industriali (**residui NORM**), per cui non si può trascurare il loro impatto radiologico sui lavoratori e sulla popolazione.

**materie prime** (es. fosforiti, bauxite, ecc) oppure

**residui** (ceneri di carbone, metallurgiche, fanghi rossi, ecc.)

**PAF**



# SEZIONE PAF-NORM: Cosa contiene

## Banca Dati

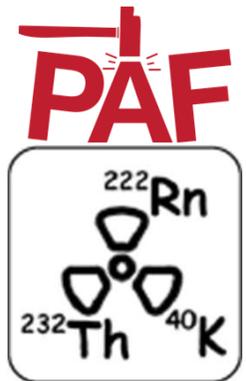
raccoglie i dati radiometrici relativi a matrici NORM appartenenti ai cicli produttivi dei settori industriali elencati nell'Allegato II del Dlgs 101/2020

## Protocolli operativi

protocolli operativi specifici per ogni settore industriale e/o classe di pratica elencato dell'Allegato II del Dlgs 101/2020 ai fini dell'applicazione dell'art.22 che disciplina gli obblighi dell'esercente ai fini della verifica dell'esenzione

## Calcolatore di dose

strumento di calcolo in grado di fornire in maniera immediata una stima "cautelativa" della dose efficace al lavoratore in funzione degli scenari espositivi e della concentrazione di attività dei radionuclidi in considerazione



# Esposizione Radiologica da Sorgenti Naturali (NORM) Analisi nell'Industria dello Zirconio e dello Zirconio

## Obiettivo

Utilizzare strumenti integrati (protocolli operativi e calcolatore di dose PAF) per una **valutazione preliminare del rischio radiologico**.

## Caso Studio

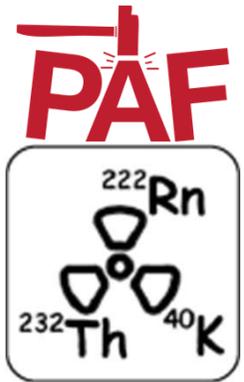
Industria dello Zirconio e dello Zirconio

## Perché questo settore?

◆ Ampia diffusione in Italia: Circa 370 stabilimenti (*fonte: Relazione Confindustria Ceramica 2023-2024*)

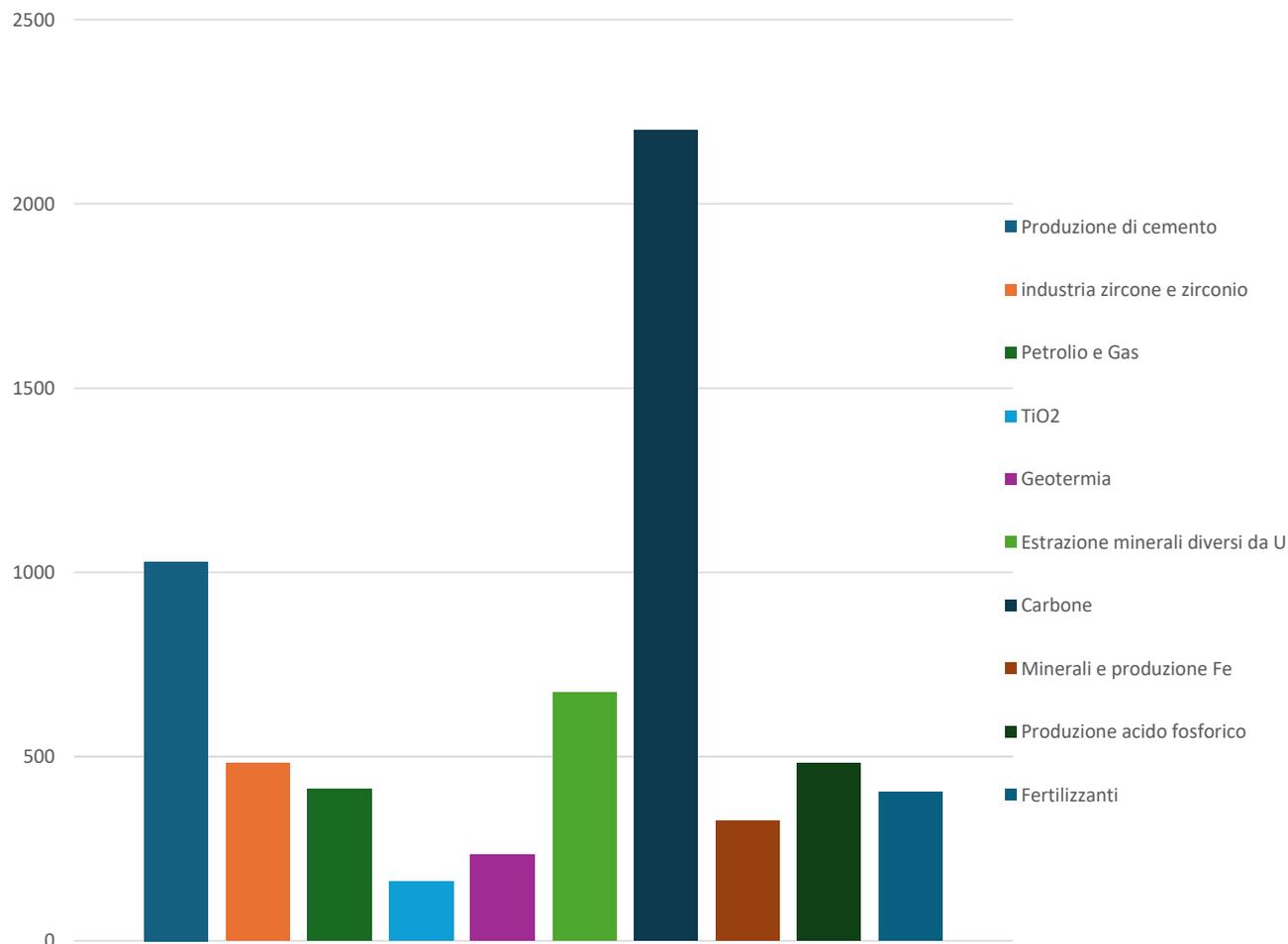
◆ Qualità e disponibilità dei dati

Settori industriali	Classi o tipi di pratiche o scenari tipici di esposizione
Centrali elettriche a carbone	Manutenzione caldaie
Estrazione di minerali diversi dal minerale di uranio	Estrazione di granitoidi, quali graniti, sienite e ortogneiss, porfidi, tufo, pozzolana, lava, basalto
Industria dello zirconio e dello zirconio	Lavorazione delle sabbie zirconifere produzione di refrattari, ceramiche, piastrelle, produzione di ossido di zirconio e zirconio metallico
Lavorazioni di minerali e produzione primaria di ferro	Estrazione di terre rare da monazite; estrazione di stagno; estrazione di piombo; estrazione di rame; estrazione di ferro-niobio da pirocloro; estrazione di alluminio da bauxite; lavorazione del minerale niobite-tantalite; utilizzo del cloruro di potassio come additivo nella estrazione dei metalli tramite fusione
Lavorazioni di minerali fosfatici e potassici	produzione di fosforo con processo termico; produzione di acido fosforico; produzione e commercio all'ingrosso di fertilizzanti fosfatici e potassici; produzione e commercio all'ingrosso di cloruro di potassio
Produzione del pigmento di TiO <sub>2</sub>	Gestione e manutenzione degli impianti di produzione del pigmento biossido di titanio
Produzione di cemento	Manutenzione di forni per la produzione di clinker
Produzione di composti di torio e fabbricazione di prodotti contenenti torio	Produzione di composti di torio e fabbricazione, gestione e conservazione di prodotti contenenti torio, con riferimento a elettrodi per saldatura con torio, componenti ottici contenenti torio, reticelle per lampade a gas
Produzione di energia geotermica	Impianti di alta e media entalpia, con particolare riguardo alla manutenzione dell'impianto
Produzione di gas e petrolio	Estrazione e raffinazione di petrolio ed estrazione di gas, con particolare riguardo alla presenza e rimozione di fanghi e incrostazioni in tubazioni e contenitori
Industrie dotate di impianti per la filtrazione delle acque di falda	Gestione e manutenzione dell'impianto
Lavorazioni di taglio e sabbiatura	Impianti che utilizzano sabbie o minerali abrasivi

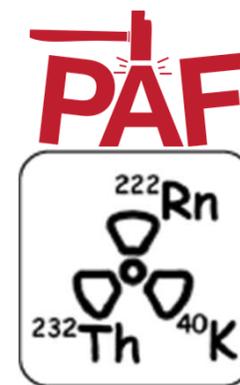


# La Banca dati NORM

## ANALISI DELL'ESPOSIZIONE RADIOLOGICA NELL'INDUSTRIA DELLO ZIRCONO E DELLO ZIRCONIO



Contiene i dati radiometrici di **6400 campioni** provenienti da **60 Paesi**



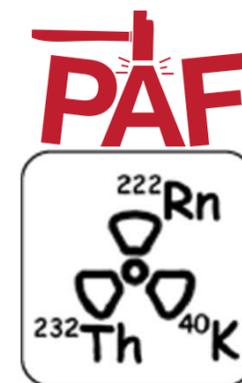
## ANALISI DELL'ESPOSIZIONE RADIOLOGICA NELL'INDUSTRIA DELLO ZIRCONONE E DELLO ZIRCONIO

Utilizzando i protocolli operativi sono state individuate le matrici di maggiore interesse radiologico nel settore

Per ogni matrice sono state selezionate dalla banca dati misure di campioni con concentrazioni rappresentative

Utilizzando i protocolli operativi sono stati individuati gli scenari espositivi più probabili per i lavoratori

Stimate le dosi ai lavoratori per ogni matrice



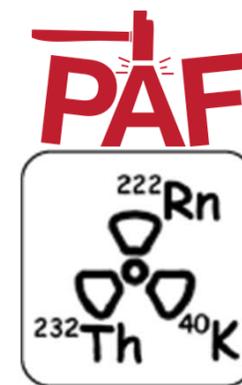
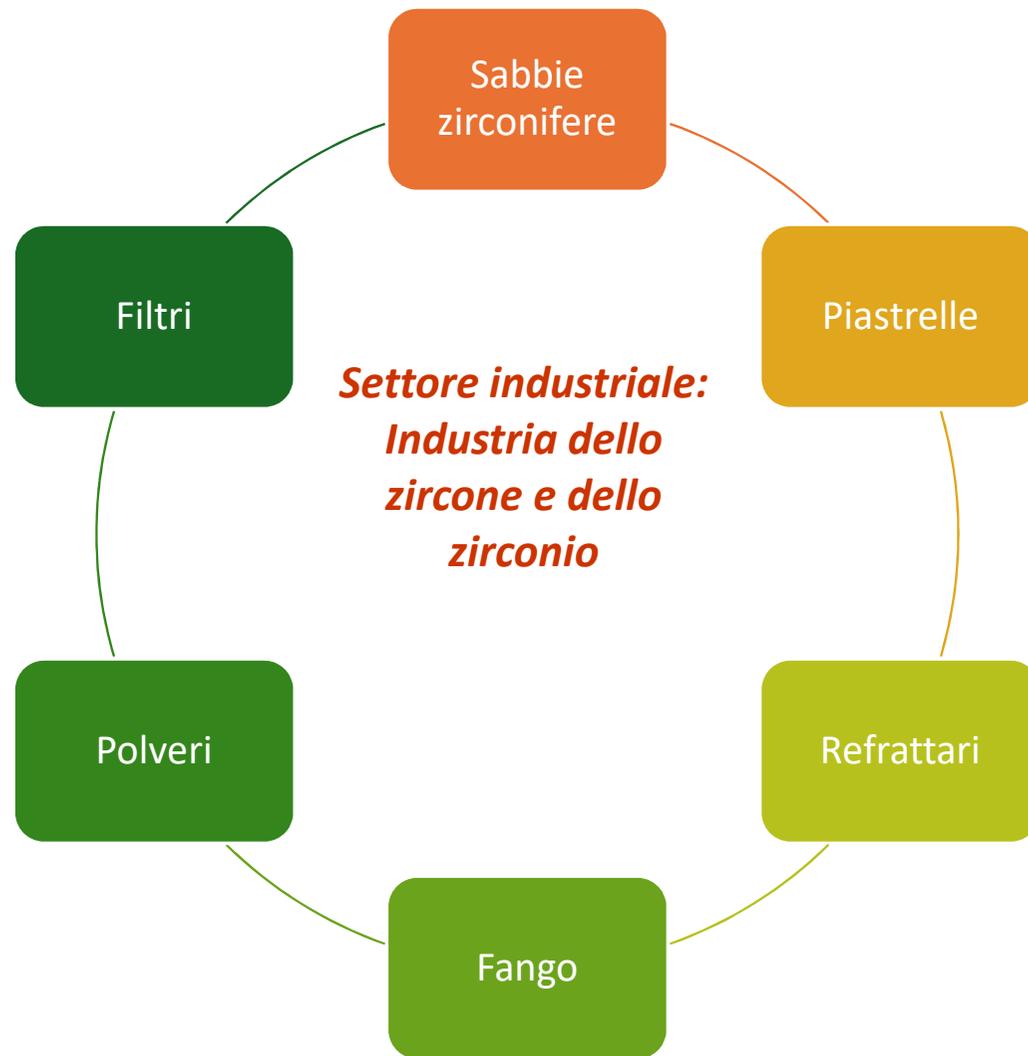
# ANALISI DELL'ESPOSIZIONE RADIOLOGICA NELL'INDUSTRIA DELLO ZIRCONIO E DELLO ZIRCONIO



Obbligo di stima della dose per concentrazioni di attività dei radionuclidi naturali delle serie dell'U-238 e del Th-232 maggiori **del livello di esenzione** (1 Bq/g).  
Fanno eccezione il Pb-210 e il Po-210 per i quali il livello di esenzione è 5 Bq/g.



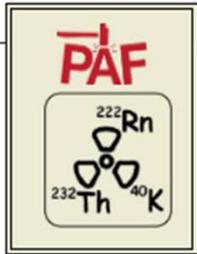
# ANALISI DELL'ESPOSIZIONE RADIOLOGICA NELL'INDUSTRIA DELLO ZIRCONO E DELLO ZIRCONIO



# Radiazioni Ionizzanti da Sorgenti Naturali NORM

ANALISI DELL'ESPOSIZIONE RADIOLOGICA NELL'INDUSTRIA DELLO ZIRCONO E DELLO ZIRCONIO

## Sabbie zirconifere



PAF > [PAF](#) > IONIZZANTI NORM BANCA DATI

### Scheda misura NORM

Settore:	Industria dello zircono e dello zirconio
Tipo materiale:	materia prima
Materiale:	sabbie zirconifere
Paese:	Italia

[Home](#)

[Corsi, Webinar, Eventi PAF](#)

[Podcast](#)

[Rumore](#)

[Vibrazioni Mano-Braccio](#)

[Vibrazioni Corpo Intero](#)

[Campi Elettromagnetici](#)

[Radiazioni Ottiche Artificiali](#)

[Radiazioni Ottiche Naturali](#)

[Radiazioni Ionizzanti Naturali](#)

[Radiazioni Ionizzanti Naturali - NORM](#)

[Banca Dati NORM](#)

[Descrizione](#)

[Normativa](#)

[Calcolatore](#)

ID riferimento di lettura:	185
Riferimento N:	zampieri_2004
Autori:	Zampieri, C., Trotti, F., Desideri, D., Jia, G., Caldognetto, E., Torri, G., et al.
Titolo:	A study concerning NORM in refractories industries.
Anno:	2004
Sede nota rivista:	Naturally Occurring Radioactive Materials (NORM IV), IAEA-TECDOC-1472, IAEA, Vienna, 240-245.

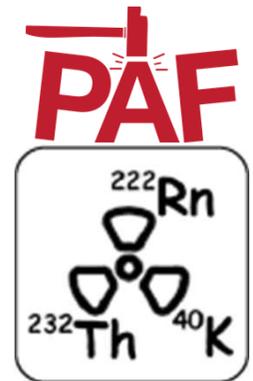
## Radionuclidi

Unità di Misura: Bq/kg

U-238											
U238			Ra226			Pb210			Po210		
s/m	min	max									
3613			3219			2707			2748		

Th-232								
Th232			Th228			Ra228		
s/m	min	max	s/m	min	max	s/m	min	max
517								

K40		
s/m	min	max



# Radiazioni Ionizzanti da Sorgenti Naturali NORM

## ANALISI DELL'ESPOSIZIONE RADIOLOGICA NELL'INDUSTRIA DELLO ZIRCONIO E DELLO ZIRCONIO

Sabbie zirconifere							Fango							
Radionuclide	U238	Ra226	Pb210	Po210	Th232	K40	Radionuclide	U238	Ra226	Pb210	Po210	Th232	K40	Unat
media pesata	3613	3219	2707	2748	517		media pesata	1635	1496	1166.5	1176.5	238	27	1646.9
numero campioni	1	1	1	1	1		numero campioni	1	1	1	1	1	7	1

Piastrelle							Polveri								
Radionuclide	U238	Ra226	Pb210	Po210	Th232	K40	Unat	Radionuclide	U238	Ra226	Pb210	Po210	Th232	K40	Unat
zampieri 2004	1714.5	1481	1343.5	1352.5	250	23	1727.0	media pesata	1191	1046	1033	1293.5	178	255	1199.7
numero campioni	1	1	1	1	1	1	1	numero campioni	1	1	1	1	1	1	1

Refrattari							Filtro								
Radionuclide	U238	Ra226	Pb210	Po210	Th232	K40	Unat	Radionuclide	U238	Ra226	Pb210	Po210	Th232	K40	Unat
media pesata	370	280	51		300	44	372.7	media pesata				28000			
numero campioni	6	7	7		8	8	6	numero campioni				1			0



# Radiazioni Ionizzanti da Sorgenti Naturali NORM

ANALISI DELL'ESPOSIZIONE RADIOLOGICA NELL'INDUSTRIA DELLO ZIRCONIO E DELLO ZIRCONIO

*Scenari espositivi di RP 122 individuati nei protocolli:*

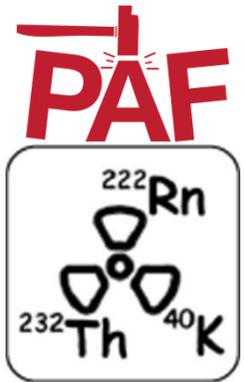
Trasporto  
lunghe distanze

Trasporto  
brevi distanze

Stoccaggio  
outdoor  
senza  
manipolazione

Stoccaggio  
outdoor  
con manipolazione

Stoccaggio indoor  
con manipolazione



# Radiazioni Ionizzanti da Sorgenti Naturali NORM

## ANALISI DELL'ESPOSIZIONE RADIOLOGICA NELL'INDUSTRIA DELLO ZIRCONIO E DELLO ZIRCONIO

### Calcolatori di dose da attività NORM

Le procedure per il calcolo dell'esposizione dei lavoratori alle radiazioni ionizzanti da sorgenti naturali (NORM) riportate consentono di valutare la dose al lavoratore e/o all'individuo rappresentativo in determinati scenari espositivi, ai fini della valutazione del rischio prevista dal D.lgvo 101/20 e smi Titolo IV, Capo III.

Scenario

Segmento di catena

Concentrazione attività  Bq/g

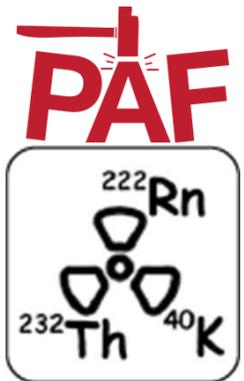
Fattore di diluizione  %

Esposizione esterna		
Parametro	Valore	Unità
Tempo di esposizione	<input type="text" value="1800"/>	(ore/anno)
Fattore di decadimento	<input type="text" value="1"/>	
Fattore di schermatura	<input type="text" value="1"/>	
DCF	<input type="text" value="3.19e-8"/>	(Sv/a)/(Bq/g)
Fonte del DCF	<input type="text" value="RP 122-II"/>	
Dose efficace	<input type="text" value="0,207"/>	(mSv/a)

Inalazione		
Parametro	Valore	Unità
Tempo di esposizione	<input type="text" value="1800"/>	(ore/anno)
Frequenza respiratoria	<input type="text" value="1,2"/>	(m3/h)
Fattore di conc. (fk)	<input type="text" value="1"/>	
Cpolvere	<input type="text" value="0,002"/>	(g/m3)
DCF inalazione	<input type="text" value="6.99e-5"/>	(Sv/a)/(Bq/g)
Fonte del DCF	<input type="text" value="ICRP 137"/>	
Dose efficace	<input type="text" value="1,092"/>	(mSv/a)

Ingestione		
Parametro	Valore	Unità
Tempo di esposizione	<input type="text" value="1800"/>	(ore/anno)
Rateo di ingestione	<input type="text" value="0,01"/>	(g/h)
DCF ingestione	<input type="text" value="8e-7"/>	(Sv/Bq)
Fonte del DCF	<input type="text" value="ICRP 137"/>	
Dose efficace	<input type="text" value="0,051"/>	(mSv/a)

Dose efficace totale  (mSv/a)



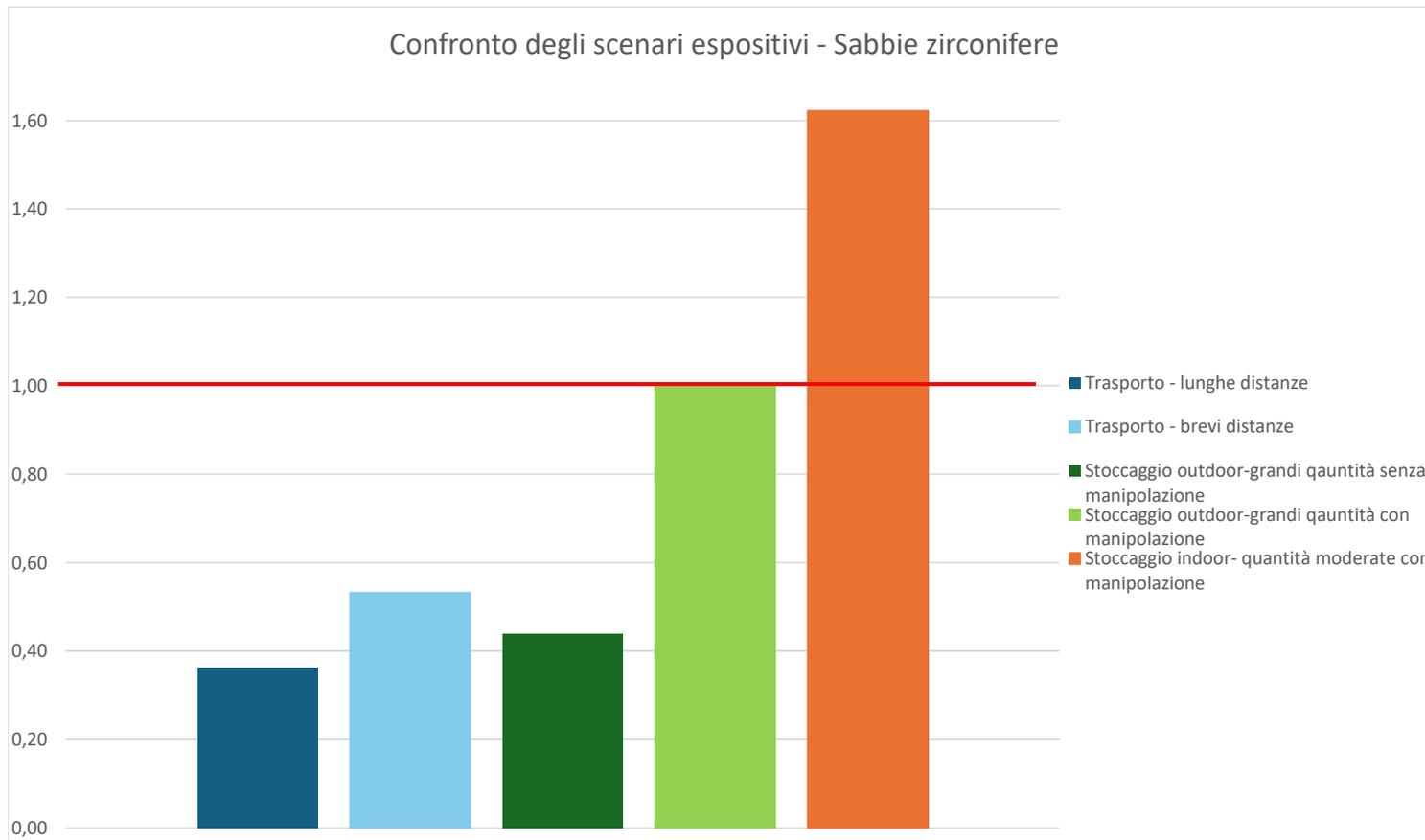
# Materia prima- Sabbie zirconifere

<b>Segmenti di catena</b>	<b>U-238sec</b>	<b>Th-232sec</b>
Conc. di attività (Bq/g)	<b>3,613</b>	<b>0,517</b>

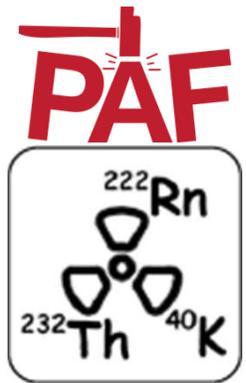
	Trasporto lunghe distanze		Trasporto brevi distanze		Stoccaggio outdoor senza manipolazione		Stoccaggio outdoor con manipolazione		Stoccaggio indoor con manipolazione	
	U-238sec	Th-232sec	U-238sec	Th-232sec	U-238sec	Th-232sec	U-238sec	Th-232sec	U-238sec	Th-232sec
<b>Dose efficace (mSv/anno)</b>	0,33	0,06	0,44	0,09	0,37	0,07	<b>0,81</b>	0,16	<b>1,35</b>	0,3
<b>Dose efficace totale (mSv/anno)</b>	0,4		0,5		0,4		1		1,7	

# Radiazioni Ionizzanti da Sorgenti Naturali NORM

ANALISI DELL'ESPOSIZIONE RADIOLOGICA NELL'INDUSTRIA DELLO ZIRCONIO E DELLO ZIRCONIO



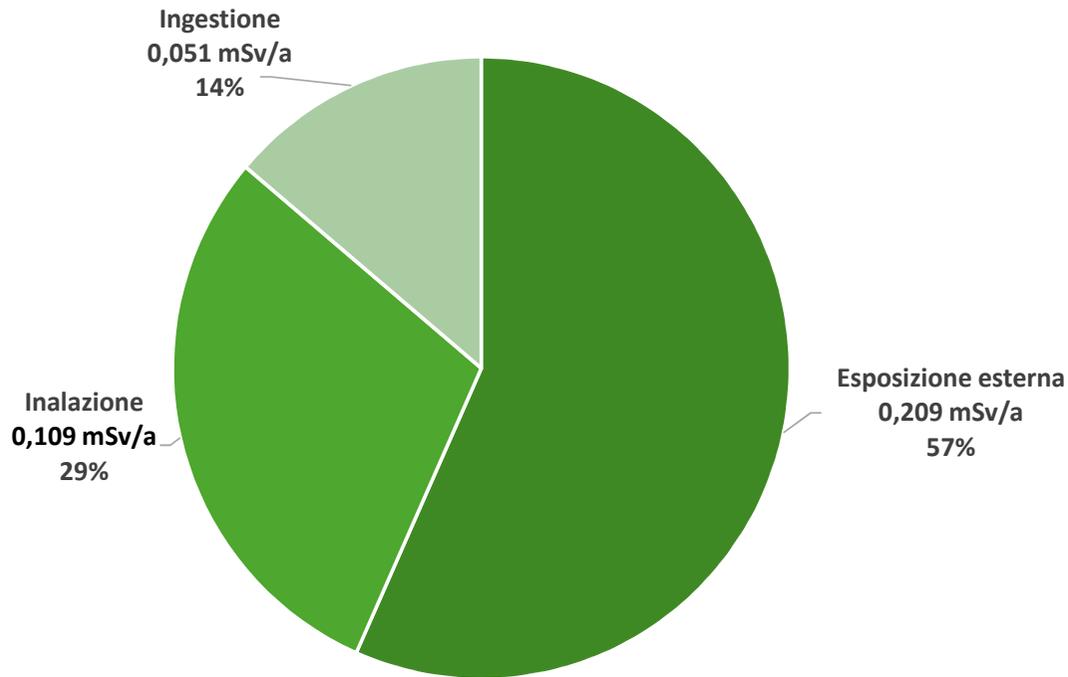
La Sezione II dell'Allegato II del D.Lgs. 101/20 definisce i LdE in termini di dose efficace:  
-lavoratori: **1** mSv/anno



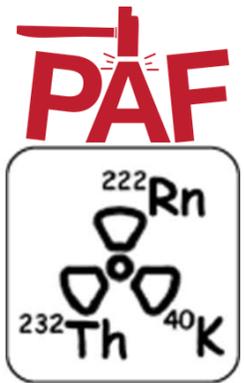
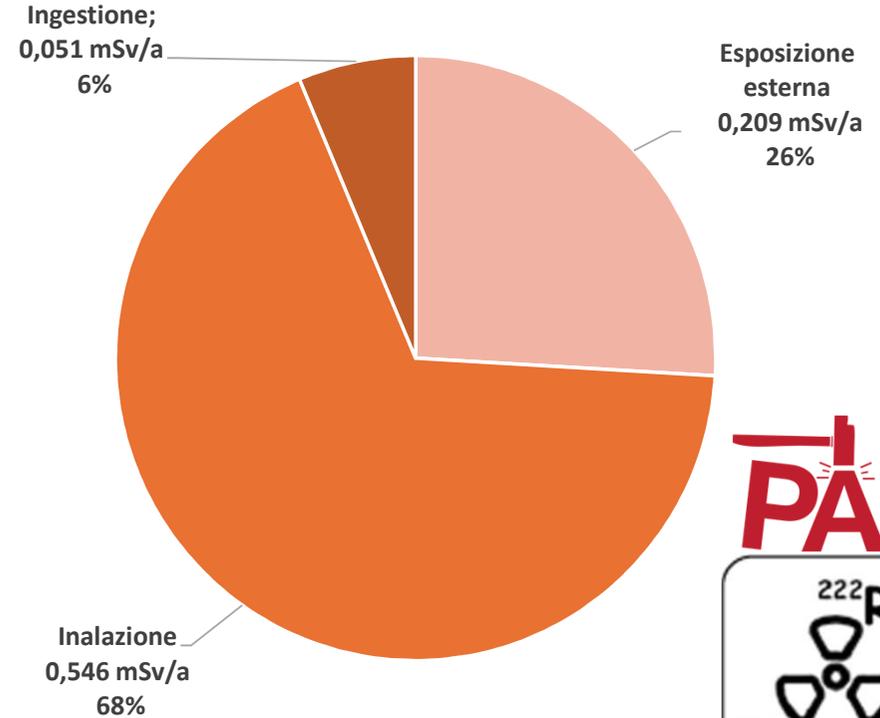
# Radiazioni Ionizzanti da Sorgenti Naturali NORM

## ANALISI DELL'ESPOSIZIONE RADIOLOGICA NELL'INDUSTRIA DELLO ZIRCONIO E DELLO ZIRCONIO

Stoccaggio outdoor-grandi quantità senza manipolazione U-238 sec



Stoccaggio outdoor- quantità moderate **con** manipolazione U-238sec



## ANALISI DELL'ESPOSIZIONE RADIOLOGICA NELL'INDUSTRIA DELLO ZIRCONIO E DELLO ZIRCONIO

### Contributi delle diverse vie di esposizione - sabbie zirconifere

U-238sec 3,613 Bq/g	Esposizione esterna	Ingestione	Inalazione	Dose efficace totale
Trasporto lunghe distanze	0,3	0,03	0,003	0,3
Trasporto brevi distanze	0,3	0,1	0,01	0,4
Stoccaggio outdoor senza manipolazione	0,2	0,1	0,05	0,4
Stoccaggio outdoor con manipolazione	0,2	0,6	0,05	0,8
<b>Stoccaggio indoor con manipolazione</b>	0,2	1,1	0,05	<b>1,4</b>

Th-232sec 0,517 Bq/g	Esposizione esterna	Ingestione	Inalazione	Dose efficace totale
Trasporto lunghe distanze	0,06	0,006	-	0,06
Trasporto brevi distanze	0,07	0,03	0,001	0,09
Stoccaggio outdoor senza manipolazione	0,04	0,02	0,004	0,07
Stoccaggio outdoor con manipolazione	0,04	0,1	0,004	0,2
Stoccaggio indoor con manipolazione	0,04	0,2	0,004	0,3

## Conclusioni e sviluppi futuri

### ✓ Cosa abbiamo fatto

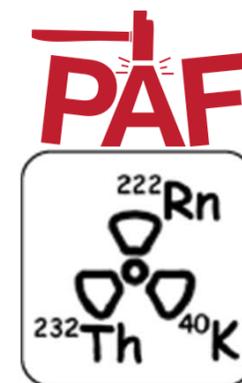
- Individuazione delle **matrici a rischio radiologico** tramite protocollo operativo.
- Utilizzo della banca dati per mappare i **range di concentrazione dei radionuclidi naturali** nei diversi settori industriali.

### 📊 Cosa permette di fare il calcolatore di dose PAF

- 🔍 Identificare **scenari critici** per ogni matrice e segmento della catena produttiva.
- 📊 Valutare i **contributi delle diverse vie di esposizione** in ciascuno scenario.

### 🚀 Prossimi sviluppi

- 🔄 Nuovi **scenari espositivi**
- ✅ **Aggiornamento continuo** della banca dati
- 🌐 **Traduzione in inglese** in fase di rilascio



Grazie per  
l'attenzione!

[f.duchi-sta@inail.it](mailto:f.duchi-sta@inail.it)

