2025

INDUSTRIA DELLA PRODUZIONE DEL CEMENTO E RADIOPROTEZIONE

PROPOSTA DI UNA METODOLOGIA TECNICO-PRATICA AI SENSI DEL D.LGS 101/2020 e s.m.i.

INTRODUZIONE

Il riferimento legislativo per la radioprotezione, in Italia, è il d.lgs. 101/2020 e s.m.i., che, al Capo II del Titolo IV, riporta le disposizioni attinenti le pratiche che comportano l'impiego e/o lo stoccaggio di matrici e/o la produzione di residui o di effluenti contenenti NORM (*Naturally Occurring Radioactive Material*). Questa norma identifica i processi industriali nei quali sono coinvolti materiali che abitualmente non sono considerati radioattivi, ma che potrebbero contenere elevate concentrazioni di radionuclidi naturali e, per questo motivo, essere considerati di interesse radioprotezionistico per i lavoratori e/o per l'individuo rappresentativo, definito dal decreto come "*la persona che riceve una dose rappresentativa di quella degli individui maggiormente esposti nella popolazione*" e che in seguito sarà indicato con il termine: popolazione. Per assicurare una efficace gestione del rischio, ed ottemperare alle disposizioni di legge, è stata predisposta una serie di protocolli operativi standardizzati e specifici per ogni settore industriale NORM. In ognuno di questi sono stati individuati gli scenari espositivi, per i lavoratori e per la popolazione, e le relative matrici coinvolte, le quali rientrano nelle seguenti categorie: materie prime, residui, effluenti liquidi, effluenti aeriformi e prodotti.

Il Gruppo di Lavoro (GdL) del progetto NORM (BRIC ID 30-2019) ha sviluppato un protocollo tecnico-pratico relativo alla produzione del cemento al fine di attuare in modo standardizzato le attività di radioprotezione previste dalla normativa (Figura 1); il progetto NORM (ID 30-2019) è una collaborazione tra Inail, Università di Napoli "Federico II", Istituto superiore di sanità, Arpa Veneto, Arpa Toscana, e l'Azienda Usl Toscana Sud-Est. Il protocollo operativo relativo alla produzione del cemento, insieme agli altri protocolli operativi, è fruibile sul Portale Agenti Fisici (PAF)[1].

Figura 1 **Schema della metodologia generale basata sull'art. 22 del d.lgs. 101/2020 e s.m.i.**

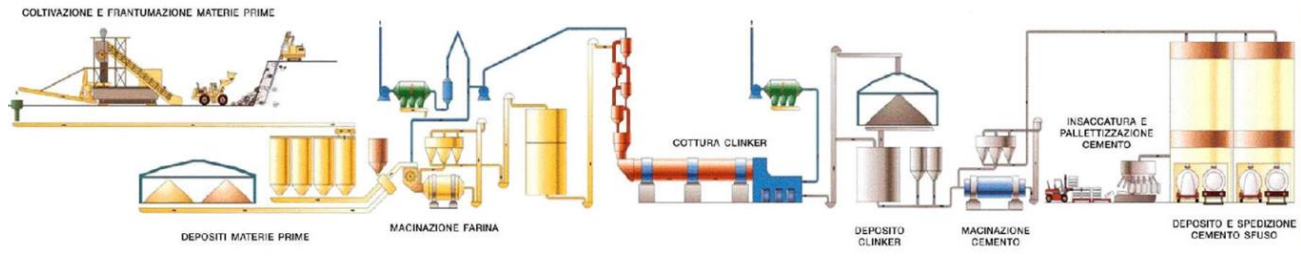
(Inail – Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

L'INDUSTRIA DELLA PRODUZIONE DEL CEMENTO

Per l'industria della produzione del cemento, la pratica da attenzionare, dal punto di vista radioprotezionistico, è la manutenzione dei forni per la produzione di clinker. Il clinker è il principale componente dei cementi e viene prodotto a partire prevalentemente da calcare e argilla opportunamente macinati e miscelati, prima di essere immessi nel forno. Nel forno, calcare, argilla e altri ingredienti, subiscono un processo termico ad alte temperature (1500 °C) dando origine al clinker. Questo si presenta come un insieme di piccole sfere solide che, dopo il raffreddamento, vengono macinate prima di essere miscelate a gesso e altri materiali per formare i diversi tipi di cemento. Una schematizzazione del processo di produzione del cemento è in Figura 2. Alla luce delle indicazioni fornite dalla norma, si ritiene che i cementifici non dotati di forno clinker siano al di fuori del campo di applicazione. Da un punto di vista radioprotezionistico, la fase del ciclo produttivo di maggiore interesse è quella pertinente al processo termico, durante il quale i due radionuclidi maggiormente volatili, polonio (Po-210) e piombo (Pb-210), si separano dagli altri e si concentrano nelle polveri del camino del forno e nelle incrostazioni del forno stesso. Le incrostazioni si depositano sulle pareti del forno per cui sono rimosse durante le operazioni di manutenzione straordinaria (mediamente un paio volte all'anno). Al termine della rimozione, che può essere svolta manualmente o con l'aiuto di mezzi meccanici, le incrostazioni sono reimmesse nel forno e riutilizzate nella produzione del clinker.

[1] Radiazioni Ionizzanti da Sorgenti Naturali NORM.
Sezione ideata nell'ambito del progetto BRIC INAIL 2019 ID 30 e sviluppata nell'ambito del progetto BRIC INAIL 2022 ID 37.
Url:portaleagentifisici.it/fo_ionizzanti_norm_index.php?lg=IT [consultato giugno 2025].

Figura 2 **Schema di produzione del cemento**



Analisi ambientale del comparto produttivo dei cementifici (convenzione con APAT prot. 46520 del 20/12/2004) pag. 16 Url: https://www.isprambiente.gov.it/public_files/cicli_produttivi/Cementifici/Analisi_Comparto_Cementifici.pdf [consultato giugno 2025].

Poiché la pratica potenzialmente a rischio è la "manutenzione del forno clinker", nella prima fase di valutazione del rischio, sarà necessario caratterizzare, dal punto di vista radiologico, le diverse tipologie di residui NORM associate alla manutenzione del forno clinker: polveri di abbattimento, incrostazioni, materiale filtrante esausto, parti di impianto, ecc.

Nel caso in cui dalle misurazioni risultassero concentrazioni di attività superiori ai livelli di esenzione fissati dalla legge (1 kBq/kg per i radionuclidi della serie dell'Uranio-238 e del Torio-232 - ad eccezione del Piombo-210 e Polonio-210 che hanno un livello di esenzione di 5 kBq/kg - e 10 kBq/kg per il Potassio-40), la norma chiede di procedere alla stima della dose al lavoratore e all'individuo rappresentativo della popolazione in determinati scenari espositivi ritenuti più critici. Per la determinazione della dose, alcuni scenari espositivi legati all'esposizione del lavoratore potrebbero richiedere la misurazione della concentrazione di attività dei radionuclidi naturali presenti anche nelle materie prime impiegate nella produzione del cemento, come ad esempio pozzolana e ceneri volanti. Lo stesso discorso si applica ad alcuni scenari espositivi legati all'esposizione della popolazione, che, in questo contesto, necessitano della caratterizzazione radiologica degli effluenti aeriformi.

INDIVIDUAZIONE DELLE MATRICI E DEGLI SCENARI ESPOSITIVI

Per una corretta valutazione del rischio, è necessario prima di tutto procedere ad un'analisi approfondita del ciclo produttivo del clinker, con il fine di identificare tutte le matrici di interesse da sottoporre ad analisi e, conseguentemente i possibili scenari espositivi per i lavoratori dell'impianto e per la popolazione. Ai fini dell'individuazione puntuale delle matrici rilevanti e della definizione degli scenari espositivi associati, la Figura 3 e la Tabella 1 forniscono un quadro articolato, suddiviso per tipologia di matrice, riscontrabile nel contesto delle attività di manutenzione del forno clinker, di potenziale rilevanza radiologica. La caratterizzazione radiologica delle matrici, che deve essere eseguita su un campione rappresentativo di ciascuna matrice, è un dato essenziale per valutare la dose efficace annua ai fini della verifica del rispetto dei relativi livelli di esenzione (1 mSv/anno per il lavoratore e 0,3 mSv/anno per la popolazione). Da queste informazioni, infatti, sarà possibile valutare la dose efficace che i lavoratori direttamente coinvolti nelle operazioni sono suscettibili di ricevere, così come l'individuo rappresentativo della popolazione in altre circostanze, descritte mediante scenari espositivi costruiti in modo appropriato e coerente con il ciclo operativo dell'impianto. Si rammenta, inoltre, la valutazione della dose efficace annua è da intendersi come misura di tutela per i lavoratori anche nell'ambito del d.lgs. 81/2008 e s.m.i.

Figura 3 **Sintesi delle matrici presenti nel ciclo produttivo**

(Inail – Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Tabella 1	Scenari espositivi e matrici per la manutenzione del forno clinker	
SCENARI ESPOSITIVI	**MATRICE**	**MATERIALE**
LAVORATORI		
Esposizione a cumuli	Materie prime	Materiali contenenti radionuclidi di origine naturale
Trasporto	Materie prime	Materiali contenenti radionuclidi di origine naturale
	Residui	Polveri di abbattimento, materiale filtrante esausto, incrostazioni, parti di impianto
Gestione[1]	Residui	Polveri di abbattimento, materiale filtrante esausto, incrostazioni, parti di impianto
Manutenzione[2]	Residui	Materiale filtrante esausto, incrostazioni, parti di impianto
Sostituzione	Residui	Materiale filtrante esausto, parti di impianto
POPOLAZIONE		
Trasporto	Materie prime	Materiali contenenti radionuclidi di origine naturale
Dipendono dalla destinazione dei residui (conferimento in discarica, incenerimento)	Residui	Polveri di abbattimento, materiale filtrante esausto, incrostazioni, parti di impianto
Rilascio di radionuclidi dai camini	Effluente aeriforme	Emissioni in atmosfera dai camini

[1]La gestione dei residui comprende le operazioni di raccolta, carico e scarico.
[2]La manutenzione comprende le operazioni di pulizia, montaggio, smontaggio, ecc.

RIFERIMENTI NORMATIVI

Decreto legislativo del 31 luglio 2020, n. 101
Attuazione della direttiva 2013/59/Euratom, che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti.

Decreto legislativo del 9 aprile 2008, n. 81
Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

PER ULTERIORI INFORMAZIONI
Contatti: w.damico@inail.it

BIBLIOGRAFIA

Ugolini R, Trotti F, Caldognetto E, et al. Sviluppo di protocolli di campionamento e di valutazione della dose per settori industriali con presenza di NORM. In AIRP ed.; XXXVIII Congresso Nazionale Airp;

Milano, 28 – 30 settembre 2022. AIRP. 2023;535-543.

Trevisi R, Ampollini M, Bogi A, Bucci S, Caldognetto E, La Verde G, Leonardi F, Luzzi L, Nuccetelli C, Peroni I. et al. Radiological Protection in Industries Involving NORM: A (Graded) Methodological Approach to Characterize the Exposure Situations. Atmosphere. 2023;14 - 635. https://doi.org/10.3390/atmos14040635

PAROLE CHIAVE
Metodologia, Settori Industriali NORM, Decreto Legislativo, Cementifici, Radioprotezione

GRUPPO DI LAVORO (BRiC ID30)
Rosabianca Trevisi, Marco Ampollini, Andrea Bogi, Silvia Bucci, Elena Caldognetto, Giuseppe La Verde, Federica Leonardi, Laura Luzzi, Cristina Nuccetelli, Ilaria Peroni, Francesco Picciolo, Gabriele Pratesi, Flavio Trotti, Raffaella Ugolini, Gennaro Venoso, Mariagabriella Pugliese

ISBN 978-88-7484-930-7

© 2025 Inail. La pubblicazione viene distribuita gratuitamente e ne è quindi vietata la vendita nonché la riproduzione con qualsiasi mezzo. È consentita solo la citazione con l'indicazione della fonte.

Stampato dalla Tipolitografia Inail di Milano • Edizione 2025 **Autori: F. Leonardi, W. D'Amico, R. Trevisi** • Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale
Progetto editoriale: Inail-Dimeila • Redazione editoriale e grafica: C. Branchi.

Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale - Direttrice: Giovanna Tranfo
Via Fontana Candida, 1 - 00078 Monte Porzio Catone (RM)
Tel. 06 941 81 405 - 404 • Fax 06 941 81 419 • dmil@inail.it