

MISURA DELLA CONCENTRAZIONE DI GAS RADON NEL TERRENO

Tecnica innovativa di proprietà del Laboratorio Radongas srl

Brevetto Europeo N. 2307912: "New method and apparatus for mesuremets of radon concentration indoors, in soil, in water, and/or aqueous media"

1. RIASSUNTO

Le attuali tecniche di misura del radon negli ambienti confinati, in cui non vi sono condizioni ambientali particolarmente critiche, non sono adatte per misure nel terreno caratterizzato da alte concentrazioni di radon, elevata variabilità di concentrazione da punto a punto e umidità non trascurabile.

Inoltre, tali misure sono fortemente dipendenti dalle dimensioni dei fori praticati nel terreno per l'introduzione delle sonde impiegate per la misurazione del radon.

Il *brevetto europeo N. 2307912* ha portato una rivoluzione nel campo delle misure passive a tracce col CR-39, grazie alla realizzazione di opportune plastiche in policarbonato aventi una struttura cristallina molto ordinata che presenta delle nano holes aventi dimensioni confrontabili con l'atomo di radon. Il radon presente nelle matrici oggetto della misura si annida in maniera uniforme all'interno delle holes di queste plastiche, le quali fungono da radiatori che, affacciati al CR-39, producono su questo le tracce delle particelle alfa emesse dal radon e dai suoi figli.

Questa rivoluzionaria tecnica di misura supera tutti i limiti dei comuni dosimetri attualmente disponibili, in quanto hanno dimensioni molto compatte, sono insensibili all'umidità, possono essere utilizzati in tutte le matrici (aria, acqua, terreno) e persino in matrici con elevate concentrazioni di radon (maggiore di 100.000 Bq/m³), grazie alla possibilità di poter disporre di radiatori a bassa solubilità di radon.

2. PREMESSA

La tecnica attualmente più utilizzata per la misura del radon nel terreno consiste di un monitore attivo (tipo *RAD7, AlphaGuard*) che aspira aria dal terreno mediante una sonda conficcata nel terreno stesso. Si tratta di una misura costosa in quanto necessita della permanenza sul posto degli operatori, e complessa poiché il sistema deve essere costantemente tenuto sotto controllo in quanto una variazione del volume di aria aspirata può determinare errori significativi. Inoltre, i tempi di una campagna di misura sono molti lunghi poiché è difficile disporre di più di uno strumento di misura considerato il loro alto costo.

Radongas srl

Amministratore Unico: Dr Claudio Cazzato
Via L. Cadorna, 6 – 73043 Copertino (Le)
P.IVA / C.F. 05004310750
www.radongas.it
E-mail: info@radongas.it
PEC: radongas@pec.it



Figura 1 – Tecnica tradizionale di misura di Radon nel terreno

3. LA TECNICA INNOVATIVA DI MISURA UTILIZZATA DAL LABORATORIO RADONGAS SRL

Il Laboratorio Radongas utilizza la tecnica dei dosimetri a tracce, che è la stessa impiegata per le misure indoor, riconosciuta come molto affidabile e raccomandata dalle autorità, in quanto ogni dosimetro è marchiato con numero specifico e, pertanto, rimane una prova documentale della misura eseguita. Il problema dell'utilizzo dei normali dosimetri a tracce è che tutti hanno una camera a diffusione che presenta un volume non trascurabile che falsa la misurazione.

Gli scienziati più accreditati in queste misure raccomandano di utilizzare fori nel terreno da 1 a 2 cm di diametro. In tale volume non può essere posizionato il normale dosimetro che si utilizza nelle abitazioni. Inoltre, i dosimetri impiegati negli ambienti indoor non possono essere utilizzati nei luoghi in cui vi è un elevato tasso di umidità, come quello riscontrato nei terreni.

La tecnica utilizzata dal Laboratorio Radongas consiste di un dosimetro a tracce CR-39 di 1 mm di spessore e dimensioni 9 mm x 20 mm, avente una superficie di lettura di 360 mm². Il dosimetro a tracce è ricoperto con due radiatori di policarbonato di 40 µm di spessore ognuno, che catturano il radon nei suoi pori, per cui trasformano la concentrazione di radon da volumetrica in superficiale. Il dosimetro così preparato viene inserito in una piccola busta di polietilene progettata ad hoc che impedisce all'umidità di entrare a contatto col CR-39.

La possibilità di realizzare un dosimetro con tali caratteristiche è stata resa possibile sfruttando una tecnica, coperta da brevetto Europeo (Brevetto N. 2307912: "*New methods and apparatus for the measurements of radon concentrations indoors, in soil, in water, and/or aqueous media*"), il cui inventore è il Dott. Luigi Tommasino, uno dei maggiori esperti mondiali di radon, già ricercatore ENEA, co-fondatore di due riviste internazionali di radioprotezione (*Radiation Protection Dosimetry* e *Radiation Measurements*), che vanta a suo credito diversi brevetti e invenzioni. Questi

Radongas srl

Amministratore Unico: Dr Claudio Cazzato
Via L. Cadorna, 6 – 73043 Copertino (Le)
P.IVA / C.F. 05004310750
www.radongas.it
E-mail: info@radongas.it
PEC: radongas@pec.it

brevetti sono stati sfruttati, tra l'altro, sia per la campagna nazionale del radon nelle abitazioni che per la campagna di misure di esposizione ai raggi cosmici in alta montagna, nonché sui voli dell'Alitalia.

La bontà del brevetto è stata dimostrata da un Interconfronto nel 2017 tra i seguenti nove Laboratori, i cui risultati sono stati pubblicati in *Radiation Protection Dosimetry* (2017, pp. 1-4):

1. National Agency for Environmental Protection , Rome, Italy
2. Radiation Protection Bureau, Health Canada, 775 Brookfield Road, Ottawa, Canada K1A 1C1
3. National Institute of Radiological Sciences, Chiba, Japan
4. National Institute of Radiation Metrology, ENEA, Casaccia, Rome, Italy
5. National Institute for Insurance Against Accidents at Work, DiMEILA, Rome, Italy
6. ARPA Piemonte, Ivrea, Italy
7. ARPAVal D'Aosta, Italy
8. Physics Institute, Mexico City University, UNAM, Mexico
9. Institute of Nuclear Physics, PAN, Krakov, Poland



Figura 2 – (a) Dimensioni dei dosimetri utilizzati per le misure nel terreno; (b) Puntazza smontata con le tre cavità in cui sono collocati i dosimetri passivi

La misura nel terreno viene effettuata mediante una sonda ad asta del diametro di 1,8 cm e lunghezza 125 cm, denominata *puntazza*, che presenta all'interno tre piccole cavità cilindriche di dimensioni 14 mm x 30 mm, distanziate tra loro di 30 cm, all'interno delle quali viene alloggiato il dosimetro.

Le cavità in cui sono collocati i dosimetri sono a 90, 60 e 30 cm dal piano del terreno. In questa maniera si riesce a misurare la concentrazione del radon a tre diverse altezze. Per poter stabilire la durata complessiva della misurazione, evitando di saturare i dosimetri a tracce, occorre sapere in anticipo l'ordine di grandezza della concentrazione di radon esistente nel terreno oggetto dell'indagine. Questa valutazione può essere effettuata con un monitor in continuo (ad esempio

Radongas srl

Amministratore Unico: Dr Claudio Cazzato
Via L. Cadorna, 6 – 73043 Copertino (Le)
P.IVA / C.F. 05004310750
www.radongas.it
E-mail: info@radongas.it
PEC: radongas@pec.it



il RAD7) che è dotato di una sonda cava di circa 1 metro di lunghezza che viene piantata nel terreno. Il RAD7 aspira l'aria dal terreno e misura la concentrazione di radon. Sebbene questa misura sia affetta da diversi errori è comunque utile per fornire un'idea della concentrazione di radon presente.

Se non si ha a disposizione il RAD7 è possibile, comunque, effettuare la misurazione nel terreno prevedendo un tempo massimo di misurazione di sette giorni, che corrisponde ad una concentrazione di circa 100.000 Bq/m³, concentrazione molto alta e difficilmente superabile. Dall'esperienza maturata si deduce che il dosimetro non si satura se la misura ha la durata di una settimana.



Figura 3 – Sonda ad asta, denominata puntazza, conficcata nel terreno

Radongas srl

Amministratore Unico: Dr Claudio Cazzato
Via L. Cadorna, 6 – 73043 Copertino (Le)
P.IVA / C.F. 05004310750
www.radongas.it
E-mail: info@radongas.it
PEC: radongas@pec.it



4. STRATEGIA DI MISURA DEL LABORATORIO RADONGAS

Le misure effettuate con la tecnica adottata dal Laboratorio Radongas permettono di effettuare:

- Misurazioni accurate della concentrazione di radon nel terreno;
- Valutazione del coefficiente di diffusione del radon nel terreno mediante la misurazione della concentrazione di radon nel terreno a diverse profondità.

Questa tecnica si basa sulle considerazioni effettuate da Ryzhakova¹ che ha proposto la seguente semplice equazione di diffusione del trasporto di radon nel suolo:

$$[1] \frac{d^2 C_A}{dx^2} - \frac{\lambda}{D_e} C_A + \frac{\lambda}{D_e \eta} K_{em} A_{Ra} \rho_d = 0$$

dove C_A è la concentrazione di attività del ^{222}Rn nel gas del suolo, D_e è il coefficiente di diffusione, λ è la costante di decadimento del ^{222}Rn , η è la porosità del mezzo, K_{em} è il coefficiente di emanazione, A_{Ra} è l'attività specifica di massa del ^{226}Ra (Radio, precursore del Radon) e ρ_d è la densità del suolo asciutto.

Supponendo che:

- 1) la diffusione molecolare sia il meccanismo di trasporto dominante nel suolo del ^{222}Rn ;
- 2) la porosità e il coefficiente di diffusione siano costanti su tutto il terreno;
- 3) la concentrazione di ^{226}Ra sia costante su tutto il terreno;
- 4) il terreno sia omogeneo nell'ultimo tratto;
- 5) che la concentrazione di radon in superficie sia zero;

la soluzione dell'Equazione [1] di diffusione è

$$C_A(x) = C_{A,\infty} \left(1 - e^{-\frac{x}{L_D}} \right)$$

Dove L_D è uguale a:

$$L_D = \sqrt{\frac{D_e}{\lambda}}$$

$C_{A,\infty}$ è la concentrazione di attività ^{222}Rn alla profondità grande (infinita) e L_D è la lunghezza di diffusione di ^{222}Rn .

Facendo un fit esponenziale con i tre valori di concentrazione trovati a 90, 60 e 30 cm di profondità si riesce a calcolare la concentrazione massima nel terreno e il coefficiente di diffusione.

¹ K. Ryzhakova, "A new method for estimating the coefficients of diffusion and emanation of radon in the soil" - Journal of Environmental Radioactivity, 135, 63-66, 2014.

Sulla base dei risultati ottenuti (concentrazione massima e coefficiente di diffusione) si può fare la valutazione del rischio radon per le nuove costruzioni.

Per valutare il rischio connesso alla presenza di radon e misurare la concentrazione di radon nel terreno vi sono due approcci:

- 1) Quello proposto dalla *Swedish Radiation Protection Authority (SSI)*, che si basa esclusivamente sulla concentrazione di radon nel suolo, secondo le seguenti corrispondenze²:

Concentrazione	Rischio
< 10 kBq/m ³	<i>Low Risk Area</i>
10-50 kBq/m ³	<i>Normal Risk Area</i>
> 50 kBq/m ³	<i>High Risk Area</i>

- 2) Quello proposto da Nezal et Alii³, ripreso in Italia da Castelluccio⁴ sulla base delle indicazioni suggerite dall'ARPA nel 2000, che ha l'obiettivo di ricavare l'Indice Radon (RI), parametro che definisce il livello di rischio locale connesso alle emanazioni di Radon. L'indice Radon RI (basso, medio, alto) viene ricavato dal valore dell'indice denominato *Radon Potential (RP)* che si ottiene da misure strumentali della concentrazione del Radon nel suolo e della permeabilità intrinseca del terreno, effettuate ad almeno 80 cm di profondità, utilizzando la seguente formula:

$$RP = \frac{C_A - 1}{-\log k - 10}$$

Dove C_A è la concentrazione di attività di radon nel suolo (kBq/m³) e k la permeabilità intrinseca del suolo (m²).

² Dubois G. "An overview of radon surveys in Europe", Radioactivity Environmental Monitoring - Emissions and Health Unit - Institute for Environment and Sustainability - Joint Research Center - European Commission - EUR 21892 EN (2005).

³ Neznal M., Matolin M., Barnet I. & Miksova J., "The new method for assessing the radon risk of building sites", Czech Geological Survey Special Papers, CGS Prague (2004).

⁴ Castelluccio M., Moroni M., Tuccimei P., Neznal M. & Neznal M., *Soil Gas Radon Concentration and Permeability at "Valle della Caffarella" Test Site (Roma, Italy). Evaluation of Gas Sampling Techniques and Radon Measurements Using Different Approaches*. Proceedings of 10th International Workshop On The Geological Aspects Of Radon Risk Mapping, Ivan Barnet and Matej Neznal Eds, Czech Geological Survey, Prague (CZ), September 22nd - 25th, 2010: 61-71.

Dal valore di RP si ricava l'Indice Radon (RI), cioè la classe di rischio, secondo la seguente tabella:

Classe di Rischio (RI)	Valore di RP
Bassa	$RP < 10$
Media	$10 \leq RP \leq 35$
Alta	$RP > 35$

Questo secondo approccio richiede uno studio molto più approfondito e distribuito nel corso nell'anno in quanto la concentrazione di radon varia al variare delle stagioni e la permeabilità misurata dipende anch'essa dalle condizioni climatiche. Tali misure hanno bisogno, ovviamente, di tempi lunghi e costosi.

Il metodo brevettato dal Laboratorio Radongas permette di effettuare una valutazione seguendo le linee guida proposte dalla *Swedish Radiation Protection Authority* (SSI) e, in qualche misura, anche l'approccio proposto da Neznal, in quanto riesce a dare una valutazione i) della concentrazione massima di radon nel terreno ii) del coefficiente di diffusione.

La tecnica proposta è caratterizzata da una affidabilità maggiore rispetto a tutte le altre metodologie a disposizione perché non perturba il terreno e non risente né dell'alta umidità presente, né di altre perturbazioni di origine elettromagnetiche. Infine, è molto semplice e può essere utilizzata da tutti, anche da parte di chi non ha una formazione specifica nel campo delle misure nucleari.

Radongas srl

Amministratore Unico: Dr Claudio Cazzato
Via L. Cadorna, 6 – 73043 Copertino (Le)
P.IVA / C.F. 05004310750
www.radongas.it
E-mail: info@radongas.it
PEC: radongas@pec.it



5. ESEMPIO

La misurazione è stata condotta nell'agro di Leverano, dal 25-09-2020 al 02-10-2020 per un totale di 172 ore. Dalle misure eseguite è stata riscontrata la seguente concentrazione di gas radon nel suolo:

Profondità (cm)	Bq/m ³
80	32158
50	25495
19	21267

La figura seguente mostra la soluzione dell'equazione e l'andamento della concentrazione di gas radon nel terreno. Il punto di ascissa 0 corrisponde al punto in cui è stata misurata la massima concentrazione di radon nel terreno (cioè a 80 cm di profondità).

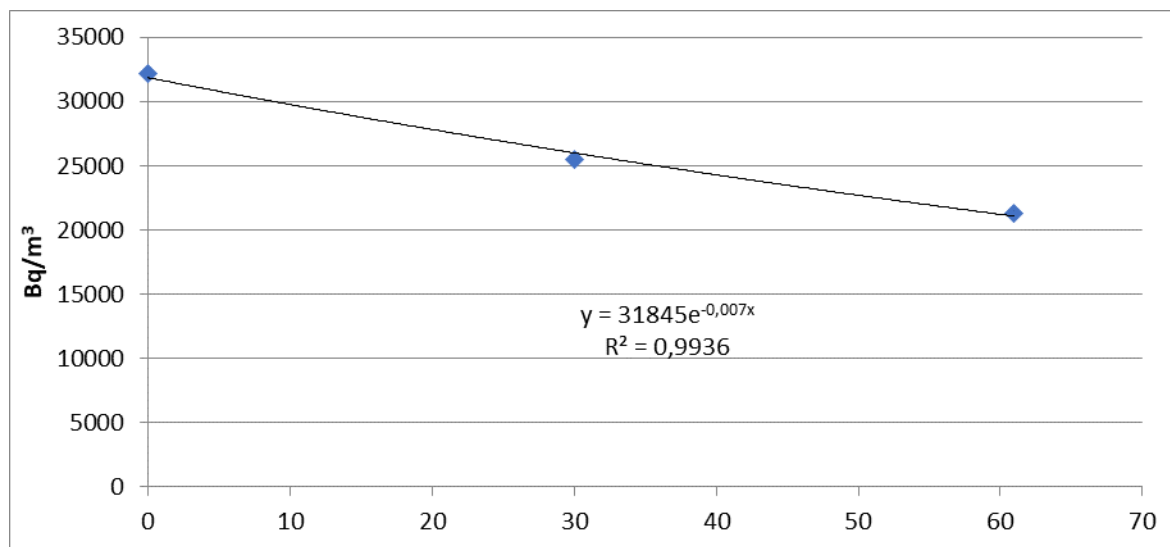


Figura 4 – Andamento della concentrazione di gas radon nel terreno

Dal fitting dei dati riportato in Figura 4 si evince che:

- Il *coefficiente di diffusione* di gas radon nel terreno è di circa **4,27 * 10⁻⁶ m²/s**;
- La *massima concentrazione* di gas radon nel terreno è di circa **32.000 Bq/m³**.

I dati ottenuti permettono di affermare che l'area in questione è da classificare come **ZONA A RISCHIO MEDIO**.

Radongas srl

Amministratore Unico: Dr Claudio Cazzato
Via L. Cadorna, 6 – 73043 Copertino (Le)
P.IVA / C.F. 05004310750
www.radongas.it
E-mail: info@radongas.it
PEC: radongas@pec.it