

GAS RADON, CARATTERISTICHE, NORMATIVA, PUNTI DI INGRESSO, INTERVENTI DI RISANAMENTO

a cura dell'Associazione Nazionale "Donne Geometra – Esperti Edificio Salubre – Gas Radon" del Consiglio Nazionale dei Geometri e Geometri Laureati

INDICE

Premessa

Il gas radon negli edifici

- Descrizione ed effetti sulla salute
- Sorgenti del radon: il suolo, i materiali da costruzione e l'acqua
- La radioattività nei materiali da costruzione e la valutazione dei radionuclidi
- Le misurazioni del gas radon in ambiente indoor e i livelli di riferimento
- Cadenza delle misure nei luoghi di lavoro e adempimenti
- La nuova figura dell'esperto in interventi di risanamento gas radon

Gli interventi edili di prevenzione e riduzione del gas radon

- La prevenzione negli edifici esistenti e nelle nuove costruzioni

Il gas radon e l'efficientamento energetico

Il Piano Nazionale d'Azione per Radon 2023-2032

Conclusioni

PREMESSA

Il radon è un gas inodore e incolore largamente presente in natura prodotto dal decadimento radioattivo dell'uranio contenuto nel suolo e nelle rocce.

Mentre la concentrazione del gas radon nell'atmosfera è bassa e non costituisce un rischio per la salute delle persone, diventa significativo nel caso rimanga confinato negli ambienti chiusi, dove trascorriamo il 90% del tempo, poiché può raggiungere valori elevati. In tali situazioni si parla di rischio sanitario da radon indoor. L'*Istituto Superiore di Sanità* ha stimato che, dei 31 mila casi di tumore ai polmoni che si registrano in Italia ogni anno, il 10% circa è attribuibile al radon. Per proteggere le persone dai pericoli derivanti dalle radiazioni ionizzanti nelle *abitazioni* e nei *luoghi di lavoro*, l'Italia ha recepito la direttiva 2013/59/EURATOM in tema di radiazioni ionizzanti con il [D.lgs. 101/2020](#) e il [D.lgs. n.203/2022](#).

Con Dpcm dell'11 gennaio 2024 è stato adottato il nuovo *Piano nazionale d'azione radon per 2023-2032* pubblicato sulla [Gazzetta Ufficiale n. 43 del 21 febbraio 2024](#), da aggiornare ogni 10 anni. La normativa prevede di eseguire le misure negli edifici attraverso dei dosimetri e agire con interventi edili di risanamento nel caso le concentrazioni rilevate siano oltre i livelli di sicurezza stabiliti, con il supporto di un esperto in interventi di risanamento (geometra, ingegnere, architetto, perito edile iscritto all'ordine professionale).

La progettazione degli edifici da ora in avanti richiederà un approccio più attento alle normative vigenti, anche per quanto riguarda il gas radon. Il Ministero della Transizione Ecologica, in linea con il Codice degli appalti (D.Lgs. 50/2016), ha emanato il Decreto 23 giugno 2022 n. 256, che fissa i *criteri ambientali minimi per l'edilizia*, includendo l'obbligo di adottare soluzioni di mitigazione e controllo del radon. Ugualmente il principio *Do No Significant Harm* (DNSH) impone che gli interventi previsti nei piani nazionali di ripresa e resilienza (PNRR) includano misure per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento, in coerenza con gli obiettivi di sostenibilità ambientale. Ciò significa che sarà necessario fornire evidenze di verifica *ante* e *post operam* per valutare l'impatto dell'intervento sul rischio radon e la validità delle soluzioni di mitigazione adottate.

IL GAS RADON NEGLI EDIFICI

Descrizione ed effetti sulla salute

Il radon, appartenente alla famiglia dei nobili gas radioattivi, è un elemento chimico naturale che non può essere identificato dai sensi umani in quanto privo di colore, odore e sapore. Deriva dal processo di decadimento nucleare del radio, il quale a sua volta proviene dall'uranio (Fig.1) presente fin dalle origini della terra in quantità variabile in tutto il suolo terrestre. Il radon e i suoi

discendenti radioattivi emettono delle pericolose *radiazioni alfa*, che possono causare danni irreparabili al nostro organismo; infatti, se inalato all'interno degli ambienti chiusi può fissarsi sulle superfici dei tessuti polmonari e modificare la struttura della cellula, dando origine a un effetto degenerativo di tipo cancerogeno. La combinazione tra il fumo di tabacco e il radon può aumentare notevolmente il rischio di cancro ai polmoni¹. Gli studi scientifici mostrano che a parità di concentrazione di radon e durata dell'esposizione, il rischio di tumore polmonare è molto più alto per i fumatori rispetto ai non fumatori (circa 25 volte).

Studi epidemiologici pubblicati sul *The Lancet* (*Volume 335, numero 8696, O 1008-1012, Aprile 1990*) hanno dimostrato anche una correlazione diretta tra l'esposizione al radon e l'incidenza di leucemia mieloide, il cancro del rene, melanoma e alcuni tumori infantili. Inoltre, come riportato dall'ISS², uno studio epidemiologico italiano (pubblicato su *International Journal of Cancer*) ha rilevato un possibile legame tra il radon e la dieta: l'aumento di rischio prodotto dal radon risulta maggiore negli individui con una dieta povera di alimenti antiossidanti.

Sorgenti del radon: il suolo, i materiali da costruzione e l'acqua

Il radon viene principalmente prodotto dal suolo, dai materiali da costruzione, l'aria esterna e l'acqua in percentuali diverse (Fig.2). Nel rapporto dell'anno 2000 del Comitato Scientifico delle Nazioni Unite sugli Effetti della Radiazione Atomica (UNSCEAR), il contributo fornito dai materiali da costruzione al valor medio mondiale della concentrazione di radon nelle abitazioni viene stimato intorno al 15-20 %, mentre quello relativo al suolo, è stato stimato tra il 40 e il 70 %.

Decadimento dell'U-238



Figura 1. Decadimento dell'uranio

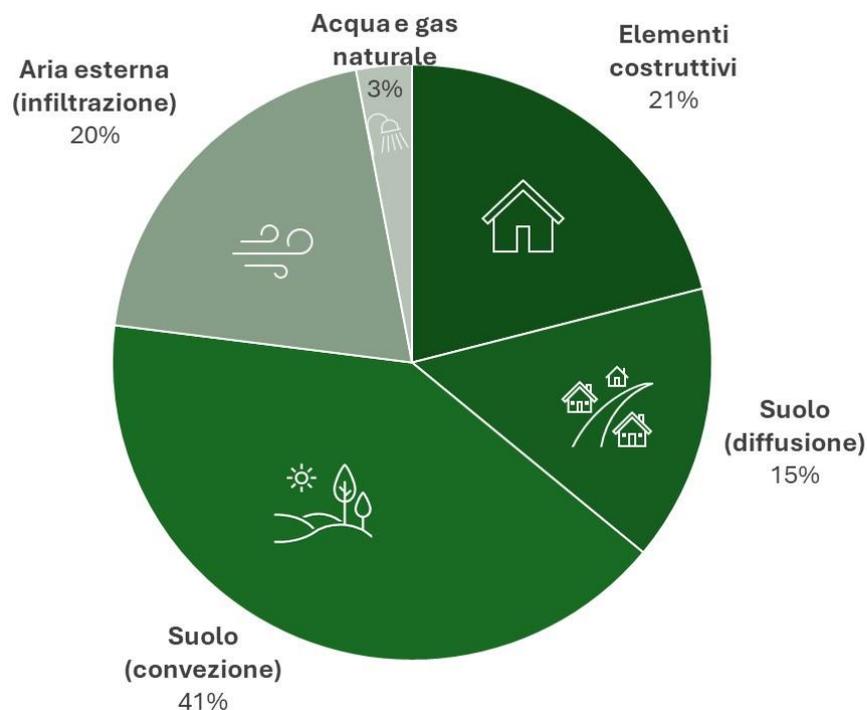


Figura 2. Le sorgenti del gas radon

¹ fonte IARC-OMS (Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro dell'Organizzazione mondiale della Sanità)

² [Radon aspetti epidemiologici \(iss.it\)](http://www.iss.it)

Il radon prodotto dal suolo, che è la fonte primaria è in grado di diffondersi fino ad arrivare in superficie. La quantità del radon che si forma nelle rocce e nel suolo dipende dal loro contenuto di uranio e radio, i materiali da costruzione anche se in misura minore rappresentano anch'essi una fonte di radon indoor. Rocce come graniti e porfidi e il materiale da costruzione come il tufo contengono un'alta concentrazione di uranio.

I processi che determinano l'ingresso negli edifici sono:

- la diffusione,
- la convezione
- il trasporto da parte di un fluido.

La diffusione trattata dalla legge di Fick³ si verifica quando due volumi d'aria con concentrazioni di gas differenti tendono all'equilibrio, la convezione dipende dalla differenza di temperatura, che genera una differenza di pressione restituendo così l'edificio in depressione e facilitando lo spostamento di aria dal suolo all'edificio. Questo fenomeno è accentuato nelle stagioni più fredde.

La concentrazione di gas radon è mutevole, dipendente da vari fattori come la posizione geografica, l'elevazione rispetto al suolo e il passare del tempo, sia durante la giornata che durante l'anno.

Un'altra via di ingresso del radon è attraverso l'acqua. Il gas radon è altamente solubile a basse temperature e può essere trasportato dall'acqua, penetrando così negli edifici.

L'Italia è uno dei paesi europei con la maggiore concentrazione di gas radon, i valori più alti sono stati registrati nelle aree prealpine e preappenniniche dove le rocce sono prevalentemente costituite da graniti per le prime e tufo per le seconde, anche le aree vulcaniche sono zone ad alta concentrazione di radon perché il processo di vetrificazione della superficie delle rocce laviche permette un'alta permeabilità al gas radon che proviene dalle profondità del suolo.

Ulteriori cause, quali la tipologia degli edifici, con particolare riferimento all'*attacco a terra*⁴ (che influisce maggiormente sulla concentrazione di radon), e le abitudini di vita degli occupanti, possono incidere sulla presenza di radon.

L'insieme di questi fattori (Fig.3), tutti molto variabili, contribuisce a una distribuzione spaziale della concentrazione di radon indoor fortemente diversificata sul territorio, principalmente governata dalla geo litologia locale. Ad esempio, i terreni argillosi ad alta umidità possono agire come una barriera naturale alla fuoriuscita del radon, contribuendo a trattenerlo nel sottosuolo, riducendo così il rischio di esposizione umana. Anche tra singoli edifici simili e vicini tra loro è possibile riscontrare una forte differenza della concentrazione di radon. Gli edifici con più vie di ingresso presentano livelli più alti di radon ai piani inferiori, senza tuttavia escludere la possibilità di riscontrarne la presenza anche ai piani superiori. I locali a diretto contatto con il suolo, come cantine, scantinati, taverne e garage oppure gli immobili oggetto di *riqualificazione energetica* scarsamente ventilati sono i più suscettibili alla presenza di radon.

Anche se non è possibile eliminare completamente il radon dagli ambienti di vita, di lavoro e ricreativi, è possibile abbassare la sua concentrazione sotto la soglia di pericolo.

In ogni Regione, il valore di concentrazione di radon per le singole abitazioni, luoghi di lavoro, scuole o residenze per gli anziani varia da pochi Bq/m³ fino a migliaia di Bq/m³.

³ La Legge di Fick originariamente formulata nell'Ottocento dal medico Adolf Eugen Fick sta alla base dei processi di diffusione e prevede che la quantità di gas che in un intervallo di tempo passa attraverso le membrane alveolari dipende da un coefficiente (detto coefficiente di diffusione), dall'estensione della superficie di scambio, dalla differenza della concentrazione fra i due ambienti e dal tratto lungo il quale ha luogo la diffusione stessa.

⁴ Gli elementi costruttivi dell'attacco a terra che delimitano uno spazio interno devono assicurare un'adeguata qualità ambientale, garantendo la ventilazione, la tenuta all'umidità (separazioni con asfalto, distacco con vespai areati, giunti) e alle infiltrazioni di *gas radon* o acqua (impermeabilizzazioni, drenaggi), la resistenza agli attacchi biologici (rame per termiti, funghi) e il controllo dei consumi energetici (isolamento termico). *Tratto da: Al piede dell'architettura: Riferimenti progettuali sull'«Attacco a terra» degli edifici di Paolo Giambartolomei pubblicato da Officina.*

I PRINCIPALI FATTORI CHE INFLUENZANO IL GAS RADON NEGLI EDIFICI

- 1) La composizione e la struttura geologica, la permeabilità dei terreni e i materiali utilizzati per la costruzione
- 2) Le modalità costruttive dell'edificio a contatto o meno con il terreno, le caratteristiche di isolamento rispetto al suolo, la sigillatura per l'efficientamento energetico
- 3) Le abitudini e gli stili di vita degli occupanti, in particolare le modalità di ricambio dell'aria nei locali
- 4) Le condizioni metereologiche e climatiche della zona, che influiscono sia sull'emanazione di radon dal terreno, sia sul regime di ventilazione
- 5) Le risorgive d'acqua profonda che possono trasportare il gas radon in soluzione

Figura 3. I fattori che influenzano il gas radon negli ambienti confinati

La radioattività nei materiali da costruzione e la valutazione dei radionuclidi

Tutti i materiali presenti nella crosta terrestre e quindi anche i materiali da costruzione contengono, in quantità variabile, alcuni elementi radioattivi naturali, fra i quali i più noti sono l'uranio, il torio, il radio, il radon e il potassio. I radionuclidi primordiali, presenti ovunque nel substrato terre, rappresentano una delle principali sorgenti di irraggiamento per l'uomo. Tuttavia, la loro concentrazione dipende fortemente dalla conformazione geologica dei diversi territori, con considerevoli variazioni da luogo a luogo.

Ecco perché i materiali da costruzione come i tufi e i graniti, spesso naturalmente ricchi di radionuclidi, possono risultare fonte di attività radioattiva. Inoltre, elementi derivati da rocce come "inerti" o "leganti", se di origine vulcanica, possono sensibilmente aumentare la concentrazione di attività del materiale. Un esempio è dato dalla pozzolana nell'intonaco o nel cemento pozzolanico. Altri materiali ad elevata concentrazione sono il gesso, sottoprodotto dell'industria dei fosfati, le ceneri di carbone, sottoprodotto delle centrali elettriche a combustibile solido. La *Comunità Europea* nel 2000 al fine di limitare la dose di irraggiamento gamma indoor al di sotto di valori pari a 0,3 e 1 [mSv/anno] in eccesso a quella outdoor, ha definito con il documento RP 112 (ISBN 92-828-8376-0) un indice di concentrazione di attività I, adimensionale, con la seguente espressione:

$$I = \frac{C_{Ra}}{300 \text{ Bq kg}^{-1}} + \frac{C_{Th}}{200 \text{ Bq kg}^{-1}} + \frac{C_K}{3000 \text{ Bq kg}^{-1}}$$

dove C indica la concentrazione dei radionuclidi Ra-226 (radio), Th-232 (torio) e K-40 (potassio) in [Bq/kg]. Il valore che l'Indice non dovrebbe mai superare 1.

I nuovi edifici a far data dal 1.1.2025 dovranno essere progettati incorporando precauzioni contro il radon, prevedendo l'isolamento dell'edificio dal suolo per assicurare concentrazioni sotto i 200 Bq/mc, con la raccomandazione di evitare l'uso dei materiali da costruzione contenenti radionuclidi negli ambienti di vita, particolarmente nella zona notte (tufi, graniti, sieniti, basalti, pozzolane, cementi contenenti polveri e scorie di altoforno, calci eminentemente idrauliche, gres porcellanati, finiture di legno proveniente da paesi stranieri dell'Europa orientale che sono altamente radioattivi, a meno che non siano accompagnati da certificati d'analisi di enti riconosciuti che ne attestino un contenuto di radionuclidi nella norma). Indicazioni già recepite da molte Regioni e dai regolamenti edili locali. I valori confermati per l'Italia sono desumibili nel rapporto [Istisan 17/36](#) (pag.25 - Risica, Bolzan e Nuccetelli) dell'Istituto Superiore di Sanità. Per le pietre ornamentali la [Tabella](#) è stata redatta da Facchini, Valli e Vecchi dell'Università di Milano.

Le misurazioni del gas radon in ambiente indoor e i livelli di riferimento

La misurazione della concentrazione di radon nell'ambiente può essere eseguita con diverse tecniche, ma quella più diffusa e dal costo contenuto richiama l'utilizzo dei dosimetri dei dosimetri passivi CR39.

Questi dispositivi di piccole dimensioni vengono posizionati nell'ambiente oggetto di esame quindi analizzati da un laboratorio accreditato, oppure dalle Agenzie di Protezione Ambientale e l'Enea, che rilasciano apposita certificazione.

Tuttavia, a causa della variabilità della concentrazione di radon nell'ambiente, influenzata dalle condizioni climatiche e dalla stagionalità (notte/giorno; estate/inverno) la misurazione deve essere eseguita per un intero anno, suddivisa in *due semestri*.

Per le misurazioni nelle abitazioni sono da prediligere i locali a maggiore permanenza frequentati dagli occupanti (es. camera da letto, soggiorno o camera dei bambini).

I livelli di riferimento per la concentrazione di radon indoor in abitazioni e luoghi di lavoro sono stati definiti dalla Direttiva Europea 59/2013, recepita in Italia dal Decreto Legislativo 101/2020 e smi; la concentrazione media annua deve essere uguale o inferiore a **300 Bq/m³**.

Nei casi in cui le misure correttive attuate nei luoghi di lavoro non siano efficaci deve essere prevista una valutazione dell'esposizione o della *dose efficace* dei lavoratori e qualora risulti superiore al valore di 6 mSv/anno (o il corrispondente valore di esposizione al radon), tale situazione è da intendersi come una situazione di esposizione pianificata. Ovviamente tali adempimenti, sinteticamente descritti, vanno inquadrati nell'ambito degli obblighi previsti dal *D.Lgs 81/08 e smi*; quindi, ad esempio le relazioni delle misurazioni di radon vanno a corredo del documento di valutazione dei rischi (*DVR, articolo 17 del D.lgs. del 9 aprile 2008, n. 81*).

Tra i luoghi di lavoro cui si applicano le disposizioni contenute della *Sezione II* del decreto legislativo n.101/2020 "*Esposizione al radon nei luoghi di lavoro*" ed in cui è quindi necessario procedere con l'esecuzione di misure, l'*art.16* riporta:

- luoghi di lavoro sotterranei;
- luoghi di lavoro in locali semi-sotterranei o situati al piano terra, localizzati nelle aree identificate "prioritarie";
- specifiche tipologie di luoghi di lavoro identificate nel Piano nazionale d'azione per il radon;
- stabilimenti termali.

Tra le disposizioni è stato stabilito che:

- l'esercente o l'occupante (in caso di abitazioni) è responsabile della corretta gestione dei dispositivi di misurazione durante i periodi di campionamento;
- ciascun dispositivo di misurazione deve essere univocamente associato ad un punto di misurazione;
- per i luoghi di lavoro, le misurazioni vanno eseguite in tutti i locali separati del luogo di lavoro. In caso di un elevato numero di locali analoghi (per struttura, uso e ventilazione), è possibile effettuare misurazioni su un campione ridotto, comunque *non inferiore al 50%*. Nel caso in cui si riscontri il superamento del livello di riferimento (LdR) almeno in un locale, le misurazioni dovranno essere estese a tutti gli altri ambienti non misurati;
- per locali con una superficie inferiore o uguale a 100 mq, è necessario identificare almeno un punto di misurazione ogni 50 mq o frazione. Per locali di dimensioni maggiori di 100 mq è necessario identificare almeno un punto di misurazione ogni 100 mq o frazione;
- Nel caso di tunnel, sottovie, catacombe, grotte e metropolitane e altri luoghi individuati dal Piano nazionale d'azione per il radon, le misurazioni devono essere eseguite preferenzialmente nelle posizioni ove solitamente stazionano gli operatori. In questi casi devono altresì essere adottate tecniche di misurazione adeguate alle condizioni microclimatiche degli ambienti;
- Per le abitazioni, le misurazioni vanno eseguite almeno in un locale privilegiando i piani più bassi dell'abitazione stessa, i locali con più alto fattore di occupazione quali ad esempio le camere da letto.

La prima valutazione della concentrazione media annua di attività del Radon deve essere effettuata entro *24 mesi* dall'inizio dell'attività o dalla definizione delle aree a rischio o dalla identificazione delle specifiche tipologie nel Piano nazionale.

Cadenza delle misure nei luoghi di lavoro e adempimenti

Le misure vanno ripetute:

- ogni volta che vengono fatti degli interventi strutturali a livello di attacco a terra, o di isolamento termico;
- ogni 8 anni, se il valore di concentrazione è inferiore a 300 Bq/m³.

Se viene superato il livello di riferimento di 300 Bq/m³, entro due anni vengono adottate misure correttive per abbassare il livello sotto il valore di riferimento. L'efficacia delle misure viene valutata tramite una nuova valutazione della concentrazione.

In particolare:

- a seguito di esito positivo (minore di 300 Bq/m³) le misurazioni vengono ripetute ogni 4 anni.
- se la concentrazione risulta ancora superiore occorre effettuare la valutazione delle dosi efficaci annue, tramite *esperto di radioprotezione* che rilascia apposita relazione (il livello di riferimento questo caso è 6 mSv annui).

A far data dal **1.1.2025**, gli edifici dovranno essere progettati incorporando precauzioni contro il radon, prevedendo l'isolamento dell'edificio dal suolo per assicurare concentrazioni inferiori o uguali ai **200 Bq/mc**.

In fase di progettazione o di costruzione di un nuovo edificio, adottare criteri che riducano l'ingresso del radon dal suolo, ha un costo relativamente ridotto e conveniente rispetto ad un intervento successivo di mitigazione su un edificio esistente.

Gli studi scientifici hanno rivelato che il rischio di contrarre il tumore polmonare aumenta del 16% per ogni incremento di 100 Bq/m³ della concentrazione media di radon. Questo rischio è superiore alla media statistica del tumore polmonare; quindi, è necessario che i tecnici designati dal decreto legislativo agiscano per ridurre l'esposizione della popolazione al gas radon, adoperandosi a garantire concentrazioni più basse possibili.

L'Organizzazione Mondiale della Sanità, nel 2009, ha suggerito un livello di riferimento di **100 Bq/m³** o al massimo 300 Bq/m³ per garantire la sicurezza e il benessere di tutti i cittadini. È quindi imperativo che vengano attuati tutti gli interventi necessari per proteggere la salute dei cittadini e prevenire il tumore polmonare.

La nuova figura dell'esperto in interventi di risanamento gas radon

Gli interventi sono stati delegati dal legislatore ad un **esperto in interventi di risanamento**, tecnico iscritto all'Albo e/o Ordine professionale (*geometri, architetti, ingegneri, periti*) in possesso dell' *abilitazione per lo svolgimento di attività di progettazione in opere edili* e aver partecipato ad un corso della durata di 60 ore sulla progettazione, attuazione, gestione e controllo degli interventi correttivi per la riduzione della concentrazione di attività di radon negli edifici, con l'obbligo di aggiornarsi con cadenza triennale.

Tra le attività che può svolgere ci sono:

- l'identificazione delle vie di ingresso del gas radon nell'edificio e la valutazione delle misure correttive necessarie per ridurre i livelli di concentrazione sotto la soglia prevista;
- lo sviluppo di un piano di intervento personalizzato di risanamento dell'edificio, che può includere la supervisione delle operazioni di sigillatura, il cambio di una destinazione d'uso (ad esempio lo spostamento di una camera dal piano terra al piano superiore), la realizzazione di tramezzature, la chiusura di botole o la delimitazione di vani scala riducendo la propagazione del radon nei piani superiori per l'effetto camino, l'installazione di sistemi di ventilazione, l'installazione di pozzetti o il coordinamento di altre

attività correlate alla pianificazione di una progettazione integrata, che tenga conto della tipologia degli immobili, dell'ubicazione, la natura del suolo, dei materiali, della presenza di ulteriori fonti inquinanti, del fattore rumore in caso di tecniche attive di risanamento (scegliendo estrattori idonei), gli interventi di efficientamento energetico eseguiti che possono influire sul risultato dell'intervento immaginato, con una valutazione della ventilazione e dei ricambi d'aria, dei costi/benefici, evitando laddove possibile una dipendenza tecnologica dell'edificio stesso, che può implicare una manutenzione complessa ed onerosa;

- la messa in atto di tecniche di mitigazione, specifiche a seconda della sorgente (pressurizzazione edificio, depressurizzazione suolo, ventilazione, sigillatura vie d'ingresso, l'uso di materiali barriera etc.);
- l'acquisizione delle autorizzazioni da parte degli enti preposti per l'esecuzione degli interventi di ristrutturazione su edifici esistenti che coinvolgono l'attacco a terra, inclusi gli interventi di manutenzione straordinaria, di restauro, risanamento conservativo e di ristrutturazione edilizia (*articolo 3, comma 1, lettere b), c) e d) del decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380*);
- la direzione dei lavori e la verifica dell'efficacia delle misure di risanamento attraverso un ulteriore monitoraggio dei livelli di radon nell'edificio;
- il calcolo dell'efficacia dell'intervento di mitigazione;
- la redazione di un piano di manutenzione con la descrizione delle soluzioni tecniche adottate e le indicazioni per le misurazioni di verifica ogni qualvolta vengano apportate delle modifiche o siano fatti nuovi interventi nell'edificio anche di ordinaria manutenzione, che possano inficiare sull'intervento di mitigazione adottato con le garanzie degli impianti tecnologici inseriti;
- la variazione catastale, laddove siano state apportate delle modifiche all'edificio o sia stato necessario un cambio di destinazione d'uso di alcuni vani.

Inoltre, fornisce una documentazione informativa, la consulenza e l'assistenza tecnica in materia di gas radon per aiutare i proprietari di immobili e le amministrazioni pubbliche a comprendere e gestire il problema.

GLI INTERVENTI EDILI DI PREVENZIONE E RIDUZIONE DEL GAS RADON

La scelta del metodo più appropriato dipende da vari fattori e richiede la discussione di tutti gli interessati (proprietari, occupanti, aziende), ed è sempre un equilibrio tra l'efficacia nella rimozione del radon, i costi di installazione e manutenzione, la tollerabilità da parte degli occupanti, facilità di manutenzione e durata.

Le tecniche di risanamento sono del tipo passivo e attivo.

Tra quelle passive si annoverano:

- sigillatura di fessure ed intercapedini o isolamento della struttura;
- ventilazione naturale del locale interrato/seminterrato;
- ventilazione naturale del vespaio o del terreno sotto la soletta contro terra.

Tra quelle attive:

- pressurizzazione/depressurizzazione del suolo/vespaio;
- ventilazione meccanica dei locali (pressurizzazione dell'intero edificio).

Le tecniche di risanamento più efficaci sono quelle appartenenti alla classe degli interventi di *depressurizzazione* attiva del suolo, tra i quali rientrano le tecniche di "depressurizzazione attiva sotto soletta" ed il "pozzo radon".

Questa tipologia di interventi prevede l'installazione di un aspiratore ed è caratterizzata da elevate efficienze di risanamento che raggiungono fino al 90% di mitigazione e costituiscono una misura molto efficace per i livelli di radon particolarmente elevati (anche oltre 2000 Bq/m³). In alternativa, si può optare per la *pressurizzazione* dell'edificio. Questo metodo prevede di creare una pressione positiva all'interno dell'edificio per impedire l'ingresso del radon. In questa situazione, l'obiettivo è quello di aumentare la pressione all'interno dell'edificio per contrastare l'ingresso di radon dal suolo. In pratica, l'aria interna spingerà il radon fuori dall'edificio. Per questo, è indispensabile l'uso di un ventilatore.

Abbassare alti livelli di radon richiede sempre conoscenze tecniche e abilità specifiche da parte dei professionisti, altrimenti si potrebbe peggiorare il problema. Si parte sempre dall'ipotizzare interventi minimi, per poi procedere *step by step* fino a considerare interventi più complessi e impegnativi, che richiedono maggiori controlli e manutenzione.

Ogni intervento deve essere un compromesso tra i costi iniziali dell'opera e quelli di manutenzione.

La prevenzione negli edifici esistenti e nelle nuove costruzioni

Nei casi di interventi di rimedio su costruzioni esistenti e nuove il pozzetto potrà essere posizionato al di sotto dell'edificio se la destinazione d'uso dei locali, e in particolare il tipo di pavimentazione presente, consentano di effettuare uno scavo per il pozzetto e una traccia per la canalizzazione di evacuazione (per es. in autorimesse, cantine, locali tecnici, ecc.).

In caso contrario sarà necessario intervenire sul perimetro dell'edificio esistente. (Fig.4)

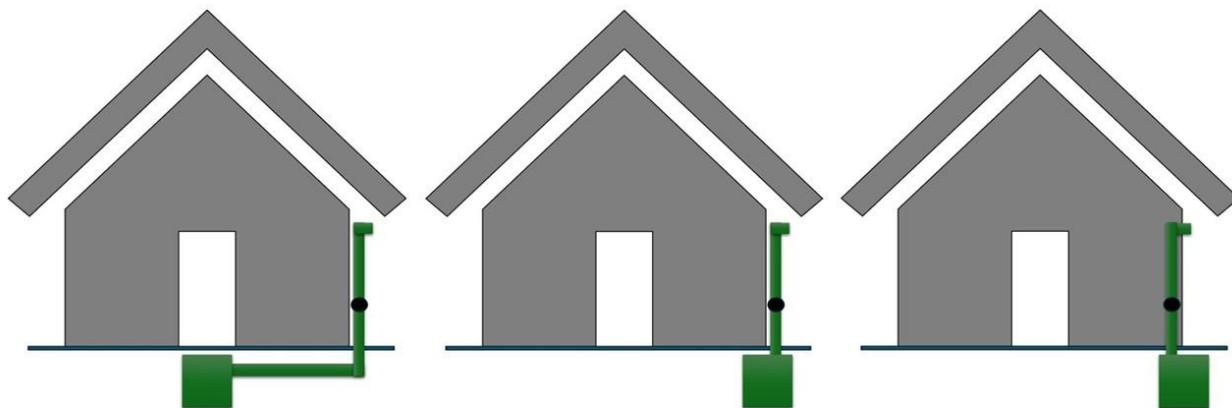


Figura 4. Esempi di mitigazione attiva del gas radon tramite pozzetto centrale o perimetrale (interno ed esterno)

Si procede con uno scavo nel quale verrà inserita una tubazione in PVC di 100-120 millimetri di diametro aperta all'estremità, con una serie di forature perimetrali di 25-30 millimetri di diametro, da collegare ad un estrattore e la tubazione di evacuazione. Lo scavo sarà poi riempito con ghiaia lavata di grossa pezzatura.

L'adozione di un sistema di estrazione di questo tipo ha, naturalmente un costo, rappresentato sia dall'acquisto dell'aspiratore, che dall'energia necessaria al suo funzionamento.

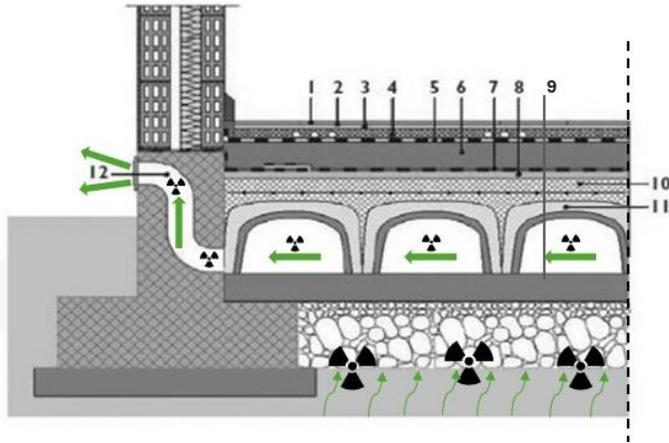
Nell'ipotesi di un impianto di estrazione (Elicent AXR 100), in grado di assorbire un'energia elettrica pari a 27 W, in condizioni di funzionamento continuo corrispondente a 8750 ore annue si può determinare un costo medio annuo per spese elettriche di consumo pari a € 158,47, ed un costo stimato per la corretta manutenzione e verifica dello stesso in regime annuale pari a circa € 90,00 + Iva 22%.

Per ridurre i consumi e allungare la vita dell'impianto può essere valutata una temporizzazione del funzionamento dell'estrattore.

Nel caso di una nuova costruzione, è più semplice pianificare azioni di mitigazione per il gas radon con costi inferiori rispetto ad un intervento successivo.

Una soluzione economica e non invasiva prevede la creazione di un vespaio con sistema di ventilazione naturale, con aperture sui lati opposti dell'edificio. (Fig. 5)

Vespaio aerato



1. Finitura superficiale
2. Strato di collegamento
3. Strato di regolarizzazione
4. Alloggiamento impiantistico
5. Strato di controllo vapore
6. Strato di isolamento termico
7. Strato impermeabile al passaggio del gas radon
8. Strato di regolarizzazione
9. Soletta in calcestruzzo
10. Strato di collegamento
11. Vuoto sanitario
12. Canalizzazione di espulsione

Figura 5. Vespaio aerato

Questa tecnica può essere facilmente integrata con una barriera anti-radon in PE ad alta densità o una guaina bituminosa prefabbricata posizionata sotto il massetto di sottofondo o lo strato isolante. È importante che la barriera sia continua e sigillata anche sui lati verticali.

Sono sempre più in uso le membrane liquide, che consentono una maggiore riduzione delle vie di ingresso del radon, da mettere in opera con l'ausilio di personale altamente qualificato.

Nel caso in cui la ventilazione passiva non sia sufficiente, è possibile installare un aspiratore centrifugo all'estremità della tubazione di espulsione. In questo caso, gli ingressi sul lato opposto devono essere chiusi per consentire al ventilatore di mantenere correttamente la depressione del vespaio. Si può predisporre un sistema analogo per la fondazione a platea.

TABELLA VALUTAZIONI EFFICACIA/ECONOMICHE/SOCIALI

Metodo di risanamento	Efficacia*	Costo di installazione	Costi di operazione e manutenzione	Invasiva**	Durevolezza	Praticabile	Affidabilità***	Penalità energetiche
Isolare e sigillare	Modesta/variabile	Modesta/variabile	Zero	No	Limitata	Sempre	Alta	Bonus
Ventilazione naturale vespaio	Media	Basso	Zero	No	Alta	Quasi sempre	Alta	Limitata
Ventilazione naturale vespaio (P+)	Media/Alta	Medio	Medio	No	Alta	Quasi sempre	Alta	Limitata
Ventilazione naturale vespaio (P-)	Medio/Alta	Medio	Medio	No	Alta	Quasi sempre	Alta	Limitata
Ventilazione locali interrati non occupati	Media	Basso	Zero	No	Alta	Quasi sempre	Limitata	Malus
Estrazione aria intercapedine pavimento	Medio/Alta	Alto	Medio	Si	Alta	Si, costosa	Alta	Malus
DPS pozzetti sotto l'edificio	Medio/Alta	Medio	Zero	Si	Alta	Quasi sempre	Alta	Nessuna
DAS pozzetti sotto l'edificio	Medio/Alta	Medio	Medio	Si	Alta	Quasi sempre	Alta	Nessuna
DAS pozzetti esterni all'edificio	Medio/Alta	Medio	Alta	No	Alta	Quasi sempre	Alta	Nessuna
Ventilazione condutture di drenaggio	Media	Medio	Medio	Poco	Alta	Quasi sempre	Alta	Nessuna
Pressurizzazione attiva del suolo	Medio/Alta	Basso	Medio	Si	Alta	Poco	Scarsa	Malus
Pressurizzazione intero edificio	Media	Medio	Medio	Poco	Media	Poco	Alta	Malus
Ventilazione naturale ambienti interni	Discreta	Zero	Zero	No	Alta	Quasi sempre	Scarsa	Malus
Ventilazione forzata ambienti interni	Media	Medio	Medio	Poco	Media	Si, costosa	Alta	Malus
Ventilazione forzata recupero di calore	Media	Alto	Alto	Mediamente	Media	Si, costosa	Alta	Nessuna

*Efficacia media: 40-70%

**Efficacia medio/alta: 70-95%

Figura 6. Tabella valutazione dell'efficacia dei diversi tipi di mitigazione del gas radon

Prima del getto della fondazione, sarà possibile creare un pozzetto in calcestruzzo permeabile, annegato nella ghiaia lavata, per intercettare il gas radon. La parte superiore del pozzetto sarà collegata ad una canna d'aspirazione in PVC o PE che conduce il gas radon all'esterno dell'edificio. Nelle facciate dei fabbricati, per la salvaguardia del decoro architettonico si adoperano canne di aspirazione e di evacuazione di rame.

Nella tabella (Fig.6) sono indicati gli interventi di mitigazione del gas radon con le valutazioni dell'efficacia.

IL GAS RADON E L'EFFICIENTAMENTO ENERGETICO

Gli edifici ben isolati tendono ad avere meno ricambi d'aria naturali rispetto a edifici meno efficienti dal punto di vista energetico. Questo può portare a un accumulo di umidità, odori e agenti inquinanti, come il gas radon all'interno dell'ambiente domestico, contribuendo a peggiorare la qualità dell'aria respirata dagli abitanti.

Molti studi scientifici⁵, tra cui quello condotto dai ricercatori del *Nuig*, hanno dimostrato che aggiungere nuove tecnologie agli edifici come quelle per l'efficientamento energetico, espone gli occupanti a livelli di radon quantificabili più del doppio⁶.

Alla luce di queste evidenze il legislatore⁷ ha stabilito che nel parco immobiliare la protezione contro il radon deve essere migliorata stabilmente, in particolare devono essere create sinergie con le misure energetiche negli edifici e la qualità dell'aria indoor.

D'ora in avanti gli interventi riguardanti l'efficientamento energetico degli edifici devono quindi tenere conto del radon affinché nell'ambito del medesimo intervento edilizio si abbia un risanamento dal punto di vista sia energetico sia del gas radon. Va assolutamente evitato che un intervento di risparmio energetico causi un peggioramento della esposizione al radon. Per questi lavori da realizzare in sinergia è stato istituito un Fondo di 10 milioni di euro per ciascuno degli anni dal 2023 al 2031 (*D.lgs. 13 giugno 2023 n.69 art.8*). Questo processo, che avviene mediante Segnalazione Certificata di Inizio Attività (SCIA) presso il Comune di competenza, influisce sulla dichiarazione di agibilità ai sensi dell'*art.24 del Testo Unico dell'Edilizia 380/2001*, con le relative responsabilità in capo al progettista, del direttore dei lavori e del proprietario.

IL PIANO NAZIONALE D'AZIONE PER IL RADON 2023-2032

L'obiettivo del Piano è ridurre il numero dei casi di tumore polmonare causati dall'esposizione al radon e ai suoi prodotti di decadimento, rendendo salubri e idonei gli edifici alla salute della popolazione.

Il Piano si articola attorno a tre linee guida fondamentali: la mappatura, l'informazione e la legislazione ad hoc. Secondo quanto previsto dal Dlgs. N.101/2020 e n.2023/2023, che hanno recepito la direttiva Euratom, le Regioni e le Province autonome di Trento e Bolzano si occuperanno di individuare le zone, definite come "*aree prioritarie*", in cui il livello di riferimento di 300 Bq/mc viene superato nel 15% di edifici. Saranno definite anche le priorità d'intervento all'interno di tali aree.

L'elenco delle aree prioritarie è pubblicato da ciascuna regione e provincia autonoma sulla GURI ed è aggiornato ogni volta che il risultato di nuove indagini o una modifica dei criteri lo renda necessario. Il Piano definisce i criteri precisi per la mappatura dell'intero territorio nazionale, utilizzando metodologie uniformi e definendo una mappatura della radioattività naturale potenziale su base geologica.

⁵ Le indagini condotte dai brillanti ricercatori Onishchenko, Malinovskij, Vasilyev, Nazarov & Zhukovsky e Yarmoshenko, sul pericoloso gas radon, hanno portato a sorprendenti risultati riguardanti diverse città russe, tra cui Ekaterinburg, Chelyabinsk, San Pietroburgo e Krasnodar. Studiando con attenzione ben 478 appartamenti, grazie a rilevatori passivi di ultima generazione, i ricercatori hanno rivelato una concentrazione maggiore di radon nei nuovi edifici ad alta efficienza energetica rispetto alle vecchie costruzioni in muratura degli anni '70 e '90.

⁶ Lo studio è stato condotto dal dottor James McGrath, guidato dall'ottantaenne Miriam Byrne in una ricerca finanziata dall'Environmental Protection Agency. Pubblicato sulla rivista *Building and Environment*.

⁷ allegato III Decreto legislativo 31 luglio 2020, n.101

Ad oggi le Regioni che hanno definito le aree prioritarie sono la [Lombardia](#), il [Piemonte](#) e la [Sardegna](#).

L'obiettivo primario consiste nel perseguire il risparmio energetico in modo sinergico e virtuoso, allo scopo di massimizzare le risorse e l'organizzazione degli interventi. A tal fine, è fondamentale creare una logica normativa basata su tre temi cruciali: radon indoor, air quality ed efficientamento energetico. Il Piano stesso suggerisce di introdurre specifici incentivi economici a livello nazionale o regionale o di *integrare la concentrazione del radon nella certificazione energetica obbligatoria ex lege nei contratti di vendita o affitto* almeno dal 1° gennaio 2025. Questo sarebbe anche utile per garantire l'equità del mercato immobiliare.

Altri punti cardine:

- ridurre la concentrazione di radon del 50% in almeno la metà delle abitazioni del patrimonio di edilizia residenziale pubblica nelle aree prioritarie;
- la priorità sarà data alle abitazioni in cui la concentrazione supera il tetto di 300 Bq/m³, ma saranno prese in considerazione anche quelle con un livello superiore ai 200 Bq/mc;
- la verifica che le abitazioni costruite dopo il 31 dicembre 2024 non superino una concentrazione di radon di 200 Bq/m³;

Le appendici 2.1 e 2.2 del Piano sono dedicate alle metodologie di intervento normalmente adottate per il risanamento o la prevenzione dell'inquinamento da radon, sia per edifici esistenti che per quelli di nuova costruzione. Tali metodologie rappresentano uno strumento prezioso per i progettisti che vogliono ottenere un risultato ottimale, riducendo al minimo gli impatti ambientali e massimizzando l'efficienza energetica degli edifici.

La realizzazione del Piano è monitorata dall'Osservatorio nazionale radon, organismo al quale partecipano le amministrazioni competenti in materia, e che verifica e restituisce i risultati delle iniziative assunte in attuazione del Piano stesso.

In Italia il numero di abitazioni potenzialmente soggette al gas radon è stimato intorno a 800.000, ma l'ultimo dato disponibile risale agli anni '80. Tenuto conto del peggioramento delle concentrazioni in caso di lavori di efficientamento energetico, il numero degli immobili da risanare è in crescita. Tuttavia, affinché il Piano sia efficace, è necessario sensibilizzare la popolazione, fornire incentivi e promuovere la responsabilità individuale nella gestione dei rischi legati al radon.

CONCLUSIONI

Il tema del radon, un noto nemico della salute pubblica da decenni (infatti è stato classificato nel 1988 come agente cancerogeno di classe 1 dall'IARC-OMS), rappresenta una delle principali innovazioni introdotte dal Decreto Legislativo 101 del 31 luglio 2020 e s.m.i. sulla legislazione nazionale di radioprotezione. Ovviamente, è una novità che non poteva passare inosservata, dato l'enorme impatto che il gas può avere sulla salute degli individui, un diritto sancito dall'art. 32 della Costituzione italiana.

Per la prima volta, la normativa sulla protezione dall'esposizione al radon include anche gli ambienti residenziali, accostati ai luoghi di lavoro come situazioni di esposizione.

A partire dal 1.1.2025, i nuovi edifici dovranno essere progettati tenendo in considerazione l'emissione di radon e avranno l'obbligo di incorporare misure preventive al fine di garantire concentrazioni inferiori a 200 Bq/mc, utilizzando materiali da costruzione privi di radionuclidi negli ambienti di vita, da attuare contestualmente all'efficientamento energetico e la qualità dell'aria indoor, secondo idonee pratiche sanitarie atte a favorire una progettazione integrata, nel rispetto delle condizioni di sicurezza, igiene, salubrità, risparmio energetico degli edifici e degli impianti negli stessi installati, richieste dal certificato di agibilità di cui all'art.24 del Testo Unico dell'Edilizia 380/2001, tali da assicurare livelli di qualità indoor compatibili con la salute e il benessere degli occupanti. Questa prospettiva pone al centro la necessità di rivisitare il parco immobiliare attraverso metodi e sistemi che considerino la salute degli occupanti come un fattore primario nella progettazione, nella ristrutturazione e nella realizzazione di nuovi fabbricati, idonei all'uso a cui sono destinati e alla loro commerciabilità.