

Cristiano Vergani

Responsabile R.&D

Deparia Engineering S.r.l.

## **“Il rischio Radon”**

*Il Radon è una pericolosa insidia per la nostra salute, un gas proveniente dalle profondità della crosta terrestre capace di generare particelle radioattive che possono contaminare gli ambienti, soprattutto in alcune zone geologicamente predisposte. Con opportuni accorgimenti nella scelta dei materiali edilizi e nella ventilazione degli edifici è possibile limitare od eliminare del tutto il rischio Radon.*

Quando si parla di Radon, si intende in genere l'isotopo  $^{222}\text{Rn}$  che è un prodotto di decadimento del Radio ( $^{226}\text{Ra}$ ), a sua volta discendente dall'Uranio ( $^{238}\text{U}$ ). Sia l'Uranio che il Radio sono presenti un po' dovunque nella crosta terrestre, in quantità variabili da una zona geografica all'altra. A differenza dei suoi progenitori, il Radon è un gas nobile, quindi in grado di risalire, senza reagire con altre sostanze, dagli strati superiori della crosta terrestre fino alla superficie, infiltrandosi nelle fondamenta degli edifici. L'emissione del Radon da parte del suolo è influenzata da fattori fisici e meteorologici: i più importanti fattori fisici sono rappresentati dalla porosità e dall'umidità del terreno. Terreni molto porosi, asciutti ed arieggiati facilitano la diffusione del Radon, mentre terreni umidi e più compatti rappresentano una barriera. Tra i fattori meteorologici la pressione atmosferica sembra avere il ruolo più significativo: infatti brusche diminuzioni di pressione provocano veri e propri picchi di emissione di Radon.

### **Esposizione della popolazione al Radon**

Una recente indagine (1989-93), svolta in collaborazione tra l'Istituto Superiore di Sanità e l'AMPA/DISP (ex ENEA/DISP), ha evidenziato i valori dell'esposizione della popolazione

italiana alla radioattività naturale all'interno delle abitazioni, dovuta alla presenza di Radon. Nella Tab. 1 è riportato il valore medio di radioattività riscontrato in Italia a confronto con le rilevazioni effettuate in altri Paesi industrializzati. La media italiana è di  $77 \text{ Bq/m}^3$ , con rilevazioni che dai  $25\text{-}40 \text{ Bq/m}^3$  in Basilicata e Liguria si estendono ai  $90\text{-}120 \text{ Bq/m}^3$  di Lazio, Campania, Lombardia, Friuli-Venezia Giulia. Questa ampia variabilità dipende dalla diversità geologica dei suoli e dall'uso di materiali da costruzione particolari estratti da cave locali (tufo, pozzolana). Su 5000 abitazioni monitorate, nel 5% dei casi si sono riscontrati valori superiori ai  $200 \text{ Bq/m}^3$ , persino oltre i  $400 \text{ Bq/m}^3$  nell'1% del totale. Durante successive indagini, tuttora in corso, sono stati rilevati in provincia di Viterbo picchi di circa  $1000 \text{ Bq/m}^3$ . In generale si può dire che le zone ad elevato rischio Radon sono quelle interessate da fenomeni sismici o vulcanici relativamente recenti, ovvero la fascia vulcanica tirrenica che si estende dalla Toscana alla Sicilia, anche se è possibile individuare aree circoscritte pericolose anche in altre regioni.

### **Gli effetti degli isotopi radioattivi sull'organismo**

Nella Tab. 2 sono indicati i livelli di rischio correlati all'esposizione al Radon: oltre i  $200 \text{ Bq/m}^3$  il rischio di contrarre un tumore ai polmoni è pari a quello di un fumatore da 4 pacchetti di sigarette al giorno, oltre i  $400 \text{ Bq/m}^3$  il rischio diventa 60 volte quello di un non-fumatore. In base a all'esame di questi dati si può vedere come la situazione, pur senza allarmismo, sia tale da richiedere una decisa attenzione, specialmente in alcune aree del territorio nazionale. Per un opportuno riferimento, i limiti previsti per le massime concentrazioni di Radon in ambiente sono pari a  $150 \text{ Bq/m}^3$  secondo l'EPA statunitense,  $200 \text{ Bq/m}^3$  per le nuove costruzioni e  $400 \text{ Bq/m}^3$  per le vecchie costruzioni secondo la Comunità Europea.

La specie umana si è evoluta in un ambiente caratterizzato da un certo livello di radioattività naturale ("radiazione di fondo"); tuttavia, l'uomo non ha fisiologicamente sviluppato una difesa pienamente efficace contro i danni arrecati all'organismo dalle radiazioni. Secondo la scienza evoluzionista, ciò è perfettamente logico, visto che la radioattività naturale ha tra gli altri, l'importantissimo effetto di indurre mutazioni genetiche casuali, indispensabili per l'evoluzione della specie. Tuttavia, ciò che può essere benefico per l'intera specie può essere spiacevolissimo per il singolo individuo, visto che nella grande maggioranza dei casi le radiazioni ionizzanti hanno conseguenze dannose per l'organismo, specialmente sotto forma di tumori maligni a carico di vari organi o apparati.

Tra le fonti note di radioattività naturale, il Radon rappresenta una voce non trascurabile infiltratosi nell'ambiente, nel giro di pochi giorni si trasforma in una serie di altri elementi radioattivi (Progenie del Radon), costituiti da isotopi di elementi non più gassosi, ma solidi (Polonio, Piombo, Bismuto). Tra questi, quelli più interessanti sono gli isotopi del Polonio ( $^{214}\text{Po}$ ,  $^{218}\text{Po}$ ), a causa della natura della loro radioattività. Si tratta infatti di  $\alpha$  emettitori, cioè aventi un nucleo che emette radiazioni costituite da particelle  $\alpha$ , ovvero nuclei di Elio (due neutroni e due protoni). Negli ambienti chiusi, questi isotopi sono rilevabili misurando l'attività radioattiva  $\alpha$  del particolato in sospensione nell'aria oppure adeso alle superfici delle suppellettili o dei materiali di rivestimento di pareti e pavimenti. Gli effetti dell'esposizione ai prodotti del decadimento del Radon dipendono proprio dall'emissione di particelle  $\alpha$ . Queste particelle vengono rilasciate a grandissima velocità, come dei veri e propri "proiettili" dotati di una energia cinetica molto elevata: su scala molecolare, l'impatto con questi "proiettili" può produrre effetti devastanti (eccitazioni, ionizzazioni, dissociazioni). Quando questi isotopi radioattivi entrano in contatto con un tessuto vivente, ad esempio la superficie degli alveoli polmonari, sottopongono le cellule ad un incessante "bombardamento" dalle conseguenze distruttive. Nelle cellule del nostro organismo, le molecole più vulnerabili sono quelle di grandi dimensioni, quindi statisticamente più

esposte alla probabilità di essere danneggiate: le più grosse molecole presenti sono quelle dei cosiddetti acidi nucleici DNA e RNA, responsabili della trasmissione del patrimonio genetico e della sintesi dei vari componenti cellulari. Un danneggiamento di queste macromolecole porta nel migliore dei casi alla semplice morte della cellula, ma di frequente l'esito è invece una trasformazione tumorale, con la cellula che inizia a replicarsi in modo incontrollabile. Fortunatamente l'organismo è in grado, entro certi limiti, di individuare e distruggere le cellule cancerose, ed il rischio di contrarre tumori polmonari causati dalla progenie del Radon è in media decisamente basso, ma in ogni caso, proporzionale alla dose accumulata nel tempo. In alcune categorie di lavoratori particolarmente esposti (minatori) i tumori polmonari da Radon rappresentano una malattia professionale riconosciuta e frequente. Solo negli anni '50 venne dimostrato un rapporto causa-effetto tra l'inalazione degli isotopi radioattivi generati dal decadimento del Radon e l'insorgenza di tumori polmonari: si diede quindi inizio ad una campagna di ricerca e monitoraggio che porterà negli anni alla scoperta del Radon non solo nell'atmosfera delle miniere, ma anche in numerosi ambienti di lavoro e residenziali. Recentemente è stato ipotizzato un ruolo del Radon anche nell'insorgenza di altri tipi di tumore: leucemia mieloide, tumore del rene e della prostata, melanoma. Tuttavia, tali ipotesi non sono ancora state confermate da indagini epidemiologiche analitiche, anche se esiste una correlazione geografica tra queste malattie e l'esposizione ad alti livelli di Radon.

### **Fonti di Radon nei locali residenziali**

La fonte principale di Radon è rappresentata dal suolo sul quale è costruito l'edificio: il passaggio avviene tramite crepe ed imperfezioni nelle fondamenta, oppure attraverso le connessioni di servizio degli impianti elettrici ed idraulici. Questo gas è anche in grado di penetrare nell'edificio per diffusione attraverso fondamenta intatte di cemento armato.

Altre fonti importanti sono rappresentate dai materiali di costruzione e dall'acqua. Sovente materiali edilizi ricavati da rocce di origine vulcanica contengono rilevanti quantità di precursori del Radon, rappresentando così una fonte persistente di contaminazione. Il ruolo dell'acqua è significativo come veicolo, vista la discreta solubilità di questo gas: alte concentrazioni di Radon sono state riscontrate in acque di pozzo direttamente utilizzate, mentre l'acqua di acquedotto sembra rappresentare una fonte di minore importanza, poichè le vasche di decantazione ed i processi di filtrazione (ghiaie, carboni attivi) permettono di ridurre notevolmente la presenza dei contaminanti radioattivi.

Per capire la dinamica del rischio Radon in un particolare locale, è necessario seguire un metodo di valutazione che tenga conto dei seguenti parametri (Fig. 1):

- 1- potenzialità delle sorgenti di Radon;
- 2- efficienza dei meccanismi di trasporto e diffusione;
- 3- efficacia dei provvedimenti di contenimento.

### **1- potenzialità delle fonti di Radon**

La fonte più significativa, il suolo, va distinta in due parametri fondamentali:

- composizione geologica dell'area (S1): l'area intorno al sito di costruzione delimitata da un cerchio di 10 km di diametro;
- composizione geologica del sito (S2): attraverso l'esame delle rocce affioranti nelle vicinanze dell'edificio.

La potenzialità di questi due indici consiste nella concentrazione presente di  $^{238}\text{U}$ , rilevata da dati bibliografici o da rilevazioni analitiche.

## 2- efficienza dei meccanismi di trasporto e diffusione

Questi i parametri da considerare:

- caratteristiche geologiche strutturali dell'area (T1): la presenza di fenomeni geotermici, di bacini minerali, di faglie, sono determinanti per il trasporto di Radon in superficie;
- caratteristiche geologiche strutturali del sito (T2): granulometria, permeabilità, tasso di umidità del terreno, sono fattori molto importanti a livello locale: alte concentrazioni di Radon sono possibili in presenza di terreni molto permeabili ed asciutti,
- superficie di contatto suolo-edificio (T3): la presenza di cavità, fratture, crepe ed imperfezioni che possono rappresentare facili vie di accesso;
- rifornimento idrico (T4): utilizzo di acque di pozzo per scopi alimentari o igienici, specialmente docce;
- elevazione del piano considerato (T5): in quanto l'incidenza della quota di Radon proveniente dal suolo è inversamente proporzionale all'aumentare del piano considerato dell'edificio.

## 3- efficacia dei provvedimenti di contenimento

Nel caso di edifici esistenti, in genere non è possibile modificare profondamente la struttura per ridurre radicalmente la contaminazione da Radon (anche se molto si può fare per contenerla); diversamente, in fase di progettazione, conoscendo il rischio correlato a determinate aree, è possibile mettere in atto tutti i provvedimenti del caso:

- ventilazione del piano di contatto col suolo (C1): un corretto ricambio d'aria nei locali seminterrati è essenziale per disperdere il Radon. la presenza di vespai ed interventi di impermeabilizzazioni possono ridurre moltissimo l'infiltrazione;
- sistemi di trattamento dell'acqua (C2): l'analisi dell'acqua può evidenziare livelli pericolosi di Radon che possono essere drasticamente ridotti con opportuni impianti di filtrazione;

- sistemi di trattamento delle superfici dell'ambiente (C3): l'emanazione da parte dei materiali di costruzione può essere efficacemente contenuta per mezzo di interventi di sigillatura ed impermeabilizzazione. E' possibile inoltre utilizzare rivestimenti in grado di adsorbire i contaminanti (carboni attivi),
- sistemi di ventilazione e trattamento dell'aria (C4): dove possibile, elevati tassi di ricambio dell'aria possono diluire efficacemente il Radon e i suoi derivati: diversamente, si possono utilmente filtrare gli isotopi radioattivi veicolati dalle particelle in sospensione nell'aria per mezzo di idonei impianti di purificazione.

### **Ruolo delle differenze di pressione tra suolo ed edificio nella diffusione del Radon**

La dinamica della circolazione dell'aria è inoltre molto importante nell'influencare il passaggio del Radon dal suolo all'interno dell'edificio: la differenza di pressione tra interno ed esterno è determinante. E' necessario uno stato di depressione interna per permettere l'ingresso del gas, depressione che può instaurarsi per "effetto camino" oppure a causa del vento.

L'"effetto camino" dipende dalla differenza di temperatura fra interno ed esterno dell'edificio, secondo la seguente:

$$\Delta P = \alpha \left( \frac{1}{t_e + 273} - \frac{1}{t_i + 273} \right)$$

dove  $\Delta P$  è la differenza di pressione in Pascal,  $t_e$  e  $t_i$  rispettivamente la temperatura esterna e quella interna in gradi centigradi, e  $\alpha = 3462 \text{ Pa} \cdot \text{K}$ .

La depressione indotta dal vento si può invece quantificare per mezzo della:

$$\Delta P = P_a + C_p \left( \frac{1}{2} \rho v^2 \right)$$

dove  $P_0$  è la pressione statica del vento,  $v$  è la velocità del vento,  $\rho$  è la densità dell'aria e  $C_p$  è il coefficiente di pressione. Questo coefficiente è di solito ricavato sperimentalmente, e dipende da una moltitudine di fattori (direzione del vento, presenza di aperture, forma dell'edificio). Per dare un esempio tipico, alla velocità di 5 m/sec, con una temperatura di 10°C, viene indotta una depressione pari a  $\Delta P = -5$  Pa.

## **Interventi pratici per ridurre il rischio Radon**

### **1- Filtrazione dell'aria interna**

I prodotti del decadimento del Radon si trovano dispersi nell'atmosfera dell'ambiente sotto forma di grossi ioni, aggregati al particolato naturalmente presente in sospensione. Il particolato può essere facilmente sequestrato dall'ambiente per mezzo di apparecchi purificatori a ricircolo dotati di filtri elettrostatici. La frazione gassosa può essere intercettata da adeguati filtri con carboni attivi. L'utilizzo di ionizzatori ambientali provoca invece l'aggregazione del particolato e la sua precipitazione nel locale, dove rimane adeso alle superfici (plateout).

### **Ricambio con aria esterna**

Tale metodo di intervento si basa sul presupposto che la concentrazione esterna di Radon è molto minore di quella interna: un apporto di aria esterna sia per mezzo della ventilazione naturale che tramite aeratori elettrici può essere molto efficace per un effetto di diluizione. Purtroppo la ventilazione naturale nei moderni edifici è assai scarsa, mentre il ricambio artificiale può difficilmente raggiungere i livelli necessari, visto il notevole dispendio energetico necessario per il trattamento termico di elevati volumi d'aria.

### **Riduzione dell'ingresso di Radon**



Si tratta del metodo attualmente più seguito, secondo quattro modalità di intervento principale:

a) Sigillatura delle vie di ingresso

E' indicata una sigillatura totale del piano di calpestio e delle pareti dei locali seminterrati, per mezzo di prodotti impermeabili, come polietilene, catrame, malte speciali e resine epossidiche. Si deve in ogni caso provvedere ad una accurata manutenzione, perchè assestamenti successivi potrebbero compromettere l'integrità della tenuta. Particolarmente svantaggiati sono gli edifici prefabbricati, nei quali esiste una grande quantità di giunzioni strutturali da sigillare accuratamente. Attraverso i normali materiali da costruzione, perfettamente integri, il Radon possiede un coefficiente di diffusibilità variabile da  $10^{-4}$  a  $10^{-7}$  cm<sup>2</sup>/sec. Attraverso l'utilizzo dei rivestimenti murali normalmente usati nel nostro Paese, è possibile ottenere una riduzione dell'emissione pari ad un ordine di grandezza con tre strati di tinta murale a base oleosa, e fino al 30% per mezzo della carta da parati.

b) Sovrapressione dell'edificio

Questo metodo si basa sul ribaltamento della normale situazione di depressione all'interno dell'edificio, fino ad arrivare ad una leggera sovrappressione che possa impedire l'ingresso del Radon. E' una soluzione applicata di raramente, a causa delle difficoltà ad ottenere una tenuta in pressione efficace in tutto lo stabile.

c) Ventilazione delle fondamenta e della muratura

Si tratta di un intervento da prevedere in sede di progettazione dell'edificio, in quanto presuppone un complesso sistema di canalizzazioni che permette di estrarre l'aria da fondamenta ed intercapedini nella muratura. Può essere molto efficace, ma è anche costoso e di difficile attuazione.

d) Depressurizzazione del suolo (Radon sump)

Questa modalità di intervento si basa sulla costruzione, nelle vicinanze o al di sotto dell'edificio da proteggere, di un pozzetto che viene messo in forte depressione per mezzo

di ventilatori, "risucchiando" ed espellendo all'esterno il Radon prima che possa diffondere nelle fondamenta dello stabile. Si tratta di un intervento molto efficace e relativamente semplice da attuare.

Nella Tab.3 si possono confrontare i fattori di riduzione ottenuti dalle diverse tipologie di intervento in una sperimentazione condotta in Inghilterra: come si può vedere, in genere gli interventi di ventilazione sembrano assicurare migliori risultati delle sigillature.

### **Un esempio pratico di impianto**

Nell'ambito di un progetto finanziato dalla Commissione delle Comunità Europee, a cura dell'AMPA di Roma, sono in corso di realizzazione degli interventi di ventilazione delle fondazioni e depressurizzazione del suolo in quattro abitazioni civili tipo villetta monofamiliare, dotate di seminterrato, con vespaio o direttamente fondate su platea. Le dimensioni in pianta si aggirano intorno ai 100 m<sup>2</sup>. La tipologia d'intervento prescelta è quella della depressurizzazione del suolo. E' stato ipotizzato l'impiego di un pozzetto del volume di un m<sup>3</sup>. Un solo ventilatore centrifugo di modesta potenza (intorno ai 300 watt) viene utilizzato per mettere in depressione sia il pozzetto che il vespaio, se presente, tramite apposite canalizzazioni in plastica. L'ipotesi di spesa non dovrebbe superare i 5 milioni di lire per installazione. Nella Fig. 2 è descritto schematicamente l'impianto: il livello di depressione viene mantenuto costante controllando elettronicamente il ventilatore in base al valore di  $\Delta P$  rilevato da un sensore.

### **Strutture di riferimento e consulenza**

E' bene ricordare che la circolare n.2/87 del Ministero della Sanità ha Istituito in ogni regione i Laboratori di Riferimento per il controllo della radioattività ambientale, ai quali ci si può rivolgere per avere delucidazioni sull'entità dell'esposizione al Radon nella propria

zona. Chi volesse monitorare in proprio la concentrazione di Radon, potrebbe farlo utilizzando appositi apparecchi in commercio, uno dei quali è illustrato nella Fig.3. Tuttavia, questi apparecchi necessitano di una accurata taratura per dare misurazioni attendibili. Il centro di riferimento nazionale per la taratura degli apparecchi di monitoraggio è L'Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti (INMRI), presso il Dipartimento Ambiente del Centro Ricerche Casaccia di Roma dell'ENEA, dove esistono apposite camere di taratura con sorgenti campione di  $^{222}\text{Rn}$ .

### Conclusioni

Allo stato attuale della conoscenza, il rischio Radon rappresenta un problema dai contorni ancora sfumati, ma che non deve essere sottovalutato, specialmente in una prospettiva di prevenzione dei tumori al polmoni a carico delle popolazioni che vivono in zone ad elevata contaminazione. Occorre ricordare che, nei casi di assunzione nell'organismo di isotopi radioattivi, il concetto di livello di sicurezza è discutibile: non esiste un livello al di sotto del quale il rischio è zero. Gli effetti delle radiazioni ai fini dell'entità del rischio sono cumulativi, quindi livelli relativamente bassi di esposizione non sono mai innocui. Interventi risolutivi da effettuare sul patrimonio edilizio esistente non sono né semplici né economici e dovrebbero essere riservati ai casi con livelli di Radon superiori alle raccomandazioni della Comunità Europea ( $400 \text{ Bq/m}^3$  per edifici di vecchia costruzione). Tuttavia, valori superiori ai  $150 \text{ Bq/m}^3$  comportano già una situazione di rischio assolutamente non trascurabile, che andrebbe contenuta attraverso un deciso aumento del ricambio d'aria, quando possibile, oppure per mezzo di efficaci purificatori a ricircolo. Per le abitazioni di nuova costruzione è altamente raccomandabile una stima preliminare dell'entità del rischio qualora si preveda la presenza di elevati livelli di contaminazione, basterà predisporre strutture di fondazione ventilate naturalmente, con la possibilità di inserire in un secondo tempo sistemi attivi di depressione.

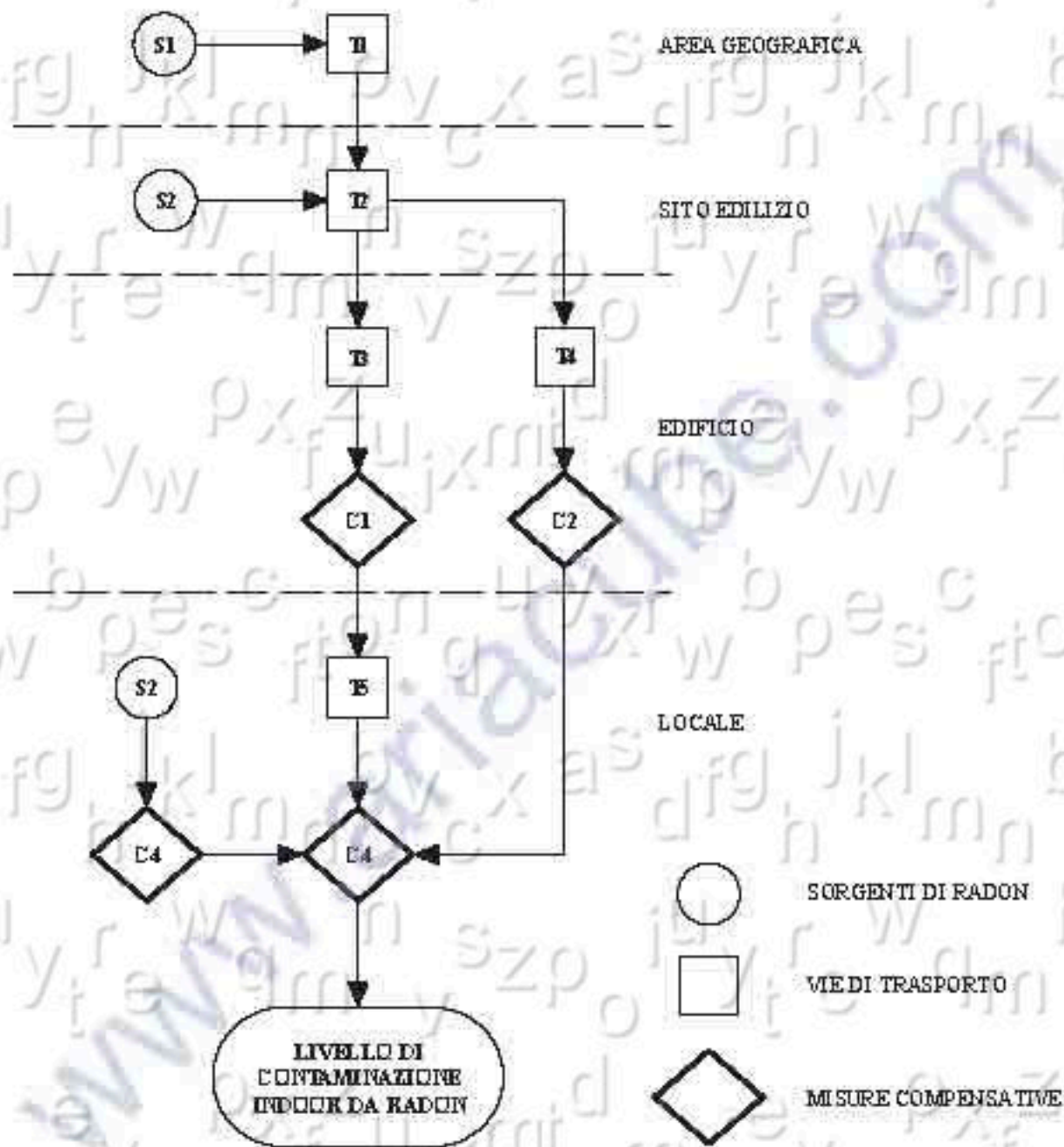
Stato	N.ro abitazioni	Periodo di misura	Concentrazione Rn (Bq/m <sup>3</sup> )
Australia	3413	1 anno	12
Nuova Zelanda	717	1 anno	20
Gran Bretagna	2100	1 anno	21
Giappone	6000	1 anno	29
Olanda	1000	1 anno	29
Stati Uniti	5967	1 anno	46
Danimarca	496	6 mesi	47
Belgio	450	6 mesi	48
Germania (ex RFT)	5970	3 mesi	49
Norvegia	7500	6 mesi	60
Svizzera	1600	2,5 mesi	70
Italia	4800	1 anno	77
Portogallo	4200	4 mesi	81
Finlandia	8150	1 mese	90
Svezia	1360	3 mesi	108

**Tab. 1.** Concentrazione media di Radon indoor nelle nazioni industrializzate.

Le campagne di indagine e monitoraggio nei vari Paesi sono iniziate solo in tempi relativamente recenti; i dati non sono ancora considerati sufficienti per avere una immagine definitiva della situazione. Diversi programmi di ricerca sono in atto al fine di estendere il più possibile la conoscenza della distribuzione quantitativa del Radon. I dati attualmente disponibili collocano comunque l'Italia tra le nazioni a più alto rischio Radon.

<b>Attività del Radon p Ci/l (Bq/m<sup>3</sup>)</b>	<b>N° stimato di decessi per tumore ai polmoni dovuto ad esposizione a Radon (su 1000)</b>	<b>Entità dell'esposizione</b>	<b>Rischio equivalente di contrarre tumore ai polmoni</b>
200 (7400)	440-770	1000 volte il livello medio all'esterno	60 volte il rischio di un non-fumatore
100 (3700)	270-630	100 volte il livello medio all'interno	rischio di un fumatore da 4 pacche/ti/giorno
40 (1480)	120-380		4000 radiografie/anno al torace
20 (740)	60-210	100 volte il livello medio all'esterno	rischio di un fumatore da 2 pacche/ti/giorno
10 (370)	30-120	10 volte il livello medio all'interno	rischio di un fumatore da 1 pacchetto/giorno
4 (148)	13-50		5 volte il rischio di un non-fumatore
2 (74)	7-30	10 volte il livello medio all'esterno	200 radiografie/anno al torace
1 (37)	3-13	livello medio all'interno	rischio di un non- fumatore di contrarre tumore ai polmoni
0,2 (7,4)	1-3	livello medio all'esterno	20 radiografie/anno al torace

**Tab. 2.** Valutazione del rischio da esposizione a Radon (EPA, "A citizen guide to Radon").  
L'entità del rischio correlato all'esposizione al Radon e ai suoi prodotti di decadimento è ancora oggetto di discussione: per avere un termine di confronto facilmente comprensibile si fa spesso riferimento al rischio equivalente dovuto al fumo di sigaretta.

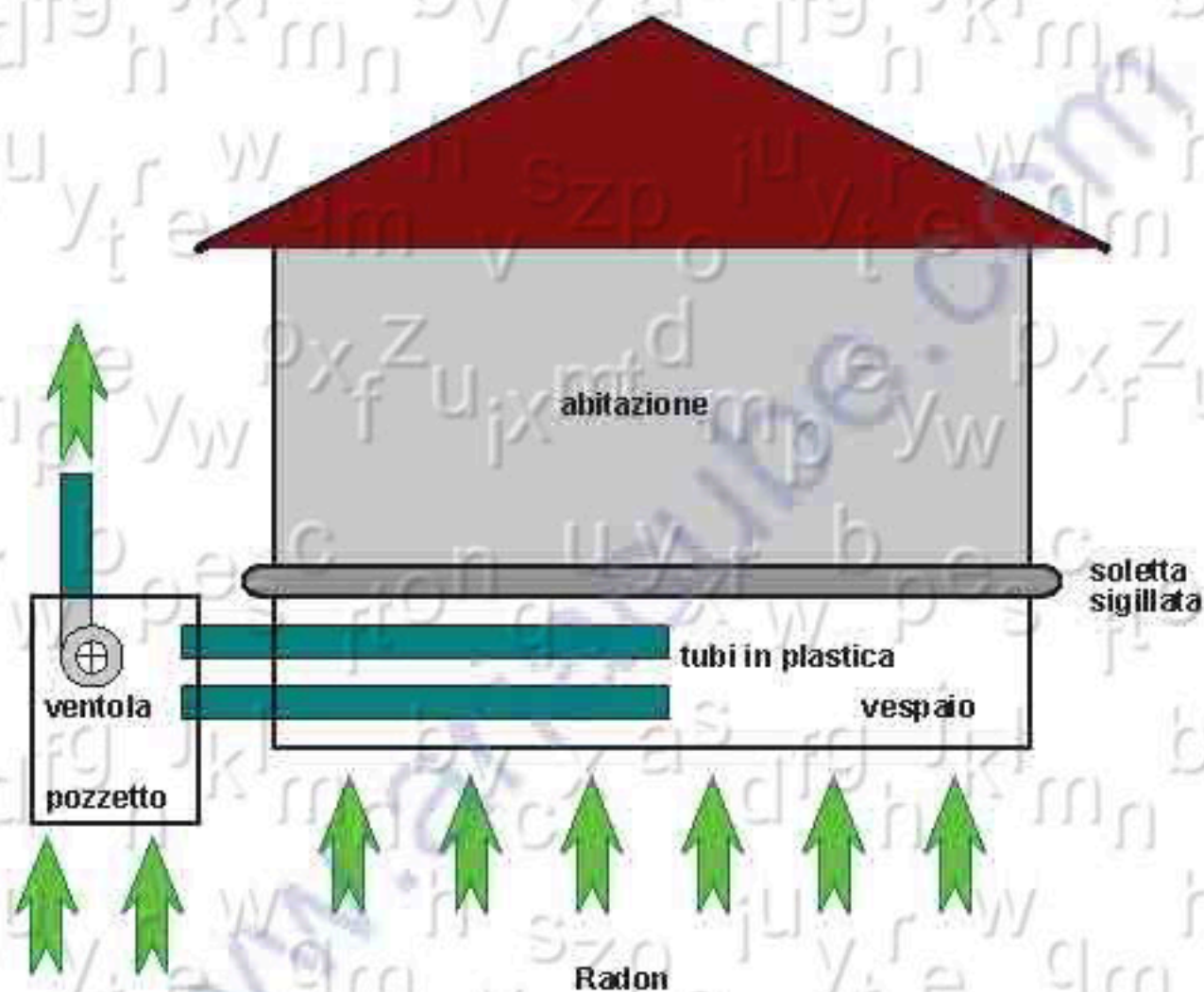


**Fig. 1.** Dinamica del rischio Radon in un locale.

Esame dei fattori principali che possono influenzare la concentrazione indoor del Radon

<b>Tipo di intervento</b>	<b>N° di case</b>	<b>Fatt. di riduzione medio</b>	<b>Range</b>
Sigillatura parziale	19	2	1-6
Sigillatura totale	13	2,5	1-6
Pressurizzazione	35	4	1-24
Ventilazione naturale del vespaio	15	2	1-15
Ventilazione forzata del vespaio	8	3,4	1-10
De pressurizzazione del suolo	41	14	1-66

**Tab. 3.** Metodi per la riduzione del passaggio del Radon suolo/edificio a confronto. La sola sigillatura non appare un rimedio sufficiente a risolvere il problema, mentre i provvedimenti più efficaci sono quelli che intervengono sulla differenza di pressione edificio/soilo.



**Fig. 2.** Schema di intervento di depressurizzazione del suolo.

Il Radon viene deviato verso il pozzetto dalla depressione causata dalla ventola ed espulso all'esterno, evitando così possibili infiltrazioni nell'edificio. Questo tipo di intervento è considerato la scelta d'elezione per le nuove costruzioni.





**Fig.3.** Apparecchio portatile per il monitoraggio della concentrazione di Radon. Si tratta di un apparecchio per uso residenziale, in grado di rilevare la radioattività nel pulviscolo atmosferico dovuta ai prodotti del decadimento del Radon  $\alpha$  emettitori (isotopi del Polonio  $^{218}\text{Po}$  e  $^{214}\text{Po}$ ).

## Bibliografia

Altieri A., Catano F., Orlando P., Trevisi R., *Diagnostica del rischio Radon negli edifici*, Atti del 3° convegno nazionale Aria '94, Monteporzio Catone (Roma) 26-28 Ottobre 1994

Bam B.B., Bassignani A., Colombo G., Dehissi H., Fracchetta V., Fresca Fantoni R., Giacomelli G., Mascioli M., Sartorio C., *Monitoraggio dei livelli di concentrazione di  $^{222}\text{Rn}$  presso i laboratori sotterranei del Gran Sasso*, Atti del 3° convegno nazionale Aria '94, Monteporzio Catone (Roma) 26-28 Ottobre 1994

Cherubini G., Forastiere F., Quercia A., Sperati A., Terenzoni B., Miceli M., *Indagini sui livelli di Radon nelle abitazioni dell'Alto Lazio. Metodiche e risultati preliminari*, Atti del 3° convegno nazionale Aria '94, Monteporzio Catone (Roma) 26-28 Ottobre 1994

G. Campos-Venuti, S. Piermattè, *Radon indoors: status of the art and perspectives*, Proceedings of Healthy Buildings '95, Settembre 1985, Milano

Gianguasso, M., Notaro M., Torri G., *Azioni di remedio in edifici con elevata concentrazione di Radon*, Atti del 3° convegno nazionale Aria '94, Monteporzio Catone (Roma) 26-28 Ottobre 1994

NRCP, *Control of Radon in houses*, NRCP Report N°103, September 1989, National Council on Radiation and Measurements, Bethesda, Maryland

NRCP, *Measurement of Radon and Radon daughters in air*, NRCP Report N°97, November 1988, National Council on Radiation and Measurements, Bethesda, Maryland