



# IL RADON IN VENETO

## ecco come proteggersi



GUIDA PRATICA ALLA MISURAZIONE DEL RADON E ALLA BONIFICA DELLE ABITAZIONI



# Il radon in Veneto ecco come proteggersi

Guida pratica alla misurazione del radon  
e alla bonifica delle abitazioni

## IL RADON IN VENETO: ECCO COME PROTEGGERSI

**Progetto:** Regione Veneto

**Realizzazione:** a cura di ARPAV  
Agenzia Regionale per la Prevenzione  
e la Protezione Ambientale del Veneto

**Testi:** Luca Carra, Raffaella Daghini (Zadig)

**Redazione:** EDITORE **ZADIG**  
via Calzecchi 10, 20133 Milano

**Consulenza:** Roberto Gnesotto (Centro di riferimento  
del sistema epidemiologico regionale del Veneto),  
Giancarlo Torri (ANPA), Flavio Trotti (ARPAV),  
Giovanni Zannoni (IUAV)

**Grafica:** Laboratorio srl, Milano

**Disegni:** Stefano Fabbri

**Stampa:**

**Data:** novembre 2001

**C**on questa pubblicazione la Regione Veneto e l'ARPAV si propongono di fare il punto sul problema radon in Veneto.

Rivolto sia al pubblico sia ai tecnici e agli operatori del settore, il libretto analizza la situazione del radon in Veneto, come è emersa dalla recente campagna di misurazione promossa dalla Regione e coordinata dal CRR di Verona in collaborazione con i Dipartimenti Provinciali dell'ARPAV. Conclusasi nel 2000, l'indagine ha permesso di individuare in modo preliminare le aree con alti livelli di radon nel territorio regionale.

Consapevoli degli importanti impatti sulla salute derivanti dall'esposizione a questo gas radioattivo, la Regione e l'ARPAV hanno cercato di indicare ai cittadini, in modo chiaro e concreto, le possibili contromisure da mettere in pratica e i comportamenti più opportuni da adottare per proteggersi da un inquinante pericoloso.

Un'ampia sezione di questa pubblicazione è stata perciò dedicata a consigli pratici sulle modalità più corrette per condurre la misurazione del livello di radon nelle proprie abitazioni e per mettere in pratica le necessarie azioni di rimedio.

Al fine di salvaguardare la salute dei propri residenti, la Regione Veneto, prima in Italia, ha emanato una Delibera che indica 200 Becquerel per metro cubo come livello di riferimento oltre il quale si consiglia di intraprendere azioni di rimedio. Un valore limite inferiore, e quindi più protettivo, rispetto ai limiti adottati, anche a livello legislativo, da molti altri paesi.

*Fabio Gava*  
*Assessore alle politiche sanitarie*  
*e vicepresidente Regione Veneto*

# Indice



**Radon e salute**

**p. 5**



**Il radon in Veneto**

**p. 13**



**Misurare il radon**

**p. 19**



**Le azioni di rimedio**

**p. 25**

# Radon e salute

- Il radon è di gran lunga la principale sorgente di radioattività naturale, ed è responsabile di quasi la metà dell'esposizione media mondiale della popolazione alle radiazioni ionizzanti, che danneggiano i tessuti dell'organismo

- Il radon rappresenta la seconda causa di tumore al polmone, dopo il fumo di sigaretta che resta nettamente la più importante

- È dovuto al radon circa il 10 per cento dei tumori al polmone; il fumo è responsabile di più dell'80 per cento dei casi

- Il radon è più pericoloso del benzene, dell'amianto e dell'esposizione ai campi elettromagnetici

- I "figli" del radon si legano alle particelle di pulviscolo e vapore acqueo presenti nell'aria e possono essere introdotti nell'organismo attraverso le vie respiratorie. Le radiazioni emesse danneggiano i tessuti e possono provocare tumori

- Il rischio legato al radon cresce con la concentrazione presente nell'abitazione: se questa raddoppia, raddoppia anche



il rischio. Ma si rischia di più anche all'aumentare del tempo di permanenza in ambienti ricchi di radon

- Non esiste una concentrazione al di sotto della quale non c'è rischio; tuttavia il livello può essere ridotto fino a rendere il rischio-radon paragonabile a quello di altre attività umane

- I rischi dovuti a fumo e radon si moltiplicano tra loro: un fumatore esposto rischia circa 15 volte di più di un non fumatore esposto allo stesso livello di radon

- Rinunciare al fumo fa diminuire il rischio di sviluppare un tumore al polmone indotto dal radon molto più che bonificare i propri ambienti di vita

# Un pericolo naturale, un rischio reale

È radioattivo, viene dal sottosuolo e si accumula negli ambienti chiusi. La sua origine è naturale, e forse per questo la sua pericolosità è spesso sottovalutata. Eppure il radon ha importanti effetti sulla salute, essendo la seconda causa di tumore al polmone dopo il fumo. E proprio l'abitudine al fumo moltiplica il rischio legato alla presenza di radon

## SALUTE A RISCHIO CON IL RADON

Non ha colore, odore né sapore, e la sua origine è del tutto naturale. Il radon è una sostanza radioattiva, la cui presenza è legata all'abbondanza di minerali radioattivi naturali nella crosta terrestre. Insieme alle altre sorgenti naturali di radiazioni, costituisce una delle principali fonti di radiazioni ionizzanti alle quali è esposta la popolazione. Tanto che il radon è considerato l'inquinante indoor più pericoloso e, a livello mondiale, si stima che sia responsabile di quasi il 50 per cento dell'esposizione media individuale della popolazione alle sorgenti naturali di radiazione. Il radon è in grado di provocare il tumore al polmone. Gli studi compiuti negli ultimi decenni, infatti, hanno dimostrato che il radon e le sostanze radioattive da esso generate costituiscono la seconda causa di insorgenza di tumore al polmone, dopo il fumo

## I punti principali

- Il radon è un gas nobile radioattivo di origine naturale, prodotto dal decadimento dell'uranio
- Si trova in alcune rocce, nel suolo e nelle acque
- Fuoriesce continuamente dal terreno e si accumula negli ambienti chiusi
- Il radon si trasforma emettendo sostanze radioattive, che decadono a loro volta emettendo ancora radiazioni
- Il gas radon è la seconda causa di tumore al polmone, dopo il fumo, che è la più importante

## IDENTIKIT DEL RADON

Il radon è un gas radioattivo naturale. È incolore e inodore ed è prodotto dal decadimento radioattivo del radio, generato a sua volta dal decadimento dell'uranio. L'uranio è una sostanza radioattiva naturale presente nelle rocce, soprattutto quelle vulcaniche e granitiche, fin dal tempo della loro formazione. L'uranio è presente in tutti i suoli e nelle acque. Dalla sua "nascita" dal radio alla sua "morte", che dà origine ai prodotti di decadimento ("figli"), passano alcuni giorni. Questo tempo è sufficiente a far sì che il radon provenga anche da alcune decine di metri di profondità e che si accumuli negli ambienti chiusi. Nella trasformazione viene emessa una particella alfa, dotata di grande energia. A loro volta i figli, in breve tempo, decadono, emettendo anch'essi radiazioni, alcune delle quali ancora di tipo alfa.

Essendo un gas, il radon fuoriesce continuamente dal terreno e da alcuni materiali da costruzione, disperdendosi nell'atmosfera ma accumulandosi negli ambienti chiusi.

## GLOSSARIO

**Radioattività:** proprietà di alcune sostanze di emettere radiazioni, sia in modo naturale che indotto. **Radiazioni:** particolari forme di energia o di materia che si propagano nello spazio.

**Radiazioni ionizzanti:** particolari radiazioni di alta energia, in grado di distruggere la neutralità degli atomi e di renderli elettricamente carichi.

**Decadimento radioattivo:** trasformazione spontanea di una particella instabile in un'altra, con emissione di altre particelle e di radiazioni.

**Gas nobili:** sostanze che, per la struttura dei propri atomi, sono particolarmente stabili e poco attive dal punto di vista chimico. Oltre al radon, sono gas nobili l'elio, il neon, l'argon, il cripton e lo xenon.

**Bequerel:** rappresenta il numero di trasformazioni nell'unità di tempo di una sostanza radioattiva; in Bequerel per metro cubo si misura la concentrazione in aria di una sostanza radioattiva.

**Esposizione:** è ciò che rende il radon pericoloso. È il prodotto della concentrazione di radon e del tempo trascorso a contatto con il gas radioattivo.

di sigaretta che rimane di gran lunga la causa principale.

E, in presenza del radon, sono proprio i fumatori che rischiano di più, grazie all'effetto combinato dei due agenti inquinanti. La presenza di radon costituisce un pericolo negli ambienti chiusi, dove il gas penetra e si accumula e dove, perciò, la concentrazione è più alta.

## PERCHÉ IL RADON È NOCIVO AI POLMONI

Il rischio per la salute viene principalmente dai prodotti di decadimento, i cosiddetti figli, del radon. In quanto gas nobile, infatti, il radon è poco attivo dal punto di vista chimico e sarebbe perciò meno dannoso, in quanto la maggior parte del radon inalato verrebbe espulsa durante l'espiazione.

I prodotti di decadimento del radon, invece, so-

no chimicamente ed elettricamente reattivi. In parte rimangono liberi in aria, e in parte si attaccano al particolato (vapore acqueo, fumi prodotti dalle attività di cucina, polveri sospese e fumo di sigaretta).

Durante la respirazione i figli del radon penetrano nelle vie respiratorie. Quelli che "vivono" più a lungo tendono a essere rimossi dall'apparato respiratorio, ma quelli a vita breve possono raggiungere, prima di decadere, i bronchi e i polmoni. Infatti i meccanismi di filtraggio che proteggono l'apparato respiratorio non sono in grado di bloccare completamente queste particelle. In particolare, due di queste decadono emettendo radiazioni che rilasciano tutta la loro energia in un sottile strato superficiale delle pareti dei polmoni, alterando e provocando lesioni alle cellule che lo compongono, e che possono portare allo sviluppo di un tumore.

## LA RADIOATTIVITÀ NATURALE

La radioattività naturale, alla quale si è continuamente esposti, è generata sia dai raggi cosmici sia dagli elementi radioattivi, principalmente uranio, torio e potassio, presenti nella crosta terrestre. Questi elementi radioattivi generano la cosiddetta radiazione terrestre. Presenti sulla Terra fin dalla sua origine, questi elementi si trovano, in quantità più o meno elevate, nelle rocce che costituiscono la crosta terrestre.

Tra questi elementi radioattivi c'è il radio, in particolare il radio 226 (discendente dell'uranio 238), che dà origine, per decadimento, al radon. Un altro tipo di radio, il radio 228 (discendente del torio 232), presente in misura minore in natura, genera invece il toron, gas radioattivo che costituisce anch'esso una sorgente di radioattività naturale, anche se di minore importanza dal punto di vista dell'impatto sanitario. Le sorgenti di radioattività naturale, nell'insieme, costituiscono la principale causa dell'esposizione della popolazione alle radiazioni ionizzanti, di cui sono note le proprietà cancerogene.

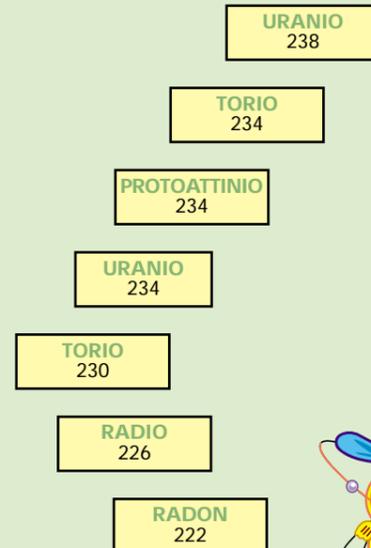
# Che cos'è, da dove viene, perché fa male

Il radon deriva dal radio, che a sua volta proviene dall'uranio, e dà origine ad altre sostanze radioattive. Proprio queste particelle costituiscono un pericolo per la salute: se inalate, infatti, raggiungono i polmoni e qui emettono radiazioni che possono provocare tumori al polmone



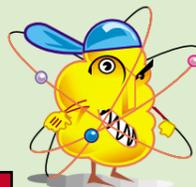
Uranio 238

■ **URANIO 238:** è il tipo di uranio più diffuso in natura, presente, fin dalla loro formazione, nelle rocce, nel suolo e nelle acque. La sua pericolosità nei processi di fissione sfruttati per usi civili (centrali nucleari) e militari (bombe atomiche) è piuttosto bassa rispetto a quella dell'uranio 235.



## L'ORIGINE DEL RADON

■ Il radon deriva dal decadimento del radio, a sua volta generato dall'uranio, sostanza radioattiva naturale. Il radon si trasforma anch'esso spontaneamente in altre sostanze radioattive, i cosiddetti «figli». La catena di decadimenti termina con il piombo che, al contrario dei progenitori, è stabile.

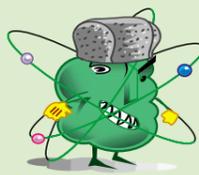


Radio 226

■ **RADON 222:** il radon, generato dalla trasformazione del radio, si trasforma a sua volta in altre sostanze radioattive, i figli, che emettono ancora radiazioni tra le quali alcune, quelle alfa, particolarmente dannose.



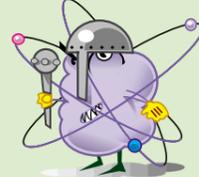
Radon 222



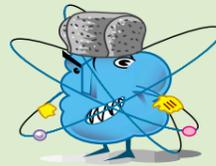
Polonio 218



Bismuto 214



Piombo 214



Polonio 214

■ Alcuni **FIGLI DEL RADON**, quelli indicati in rosso, vivono solo per pochi minuti o secondi, e poi si trasformano emettendo radiazioni. Sono i più pericolosi.

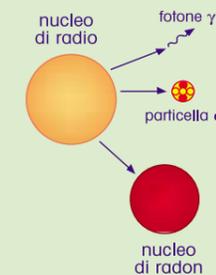


## COM'È FATTO

Parlando di radon ci si riferisce al radon 222, che ha numero atomico 86 e numero di massa 222. Per numero atomico si intende il numero dei protoni, cioè delle particelle con carica positiva, presenti nel nucleo dell'atomo. Il numero di massa è invece la somma dei protoni e dei neutroni (particelle senza carica), cioè di tutte le particelle presenti nel nucleo dell'atomo.

## COME SI FORMA

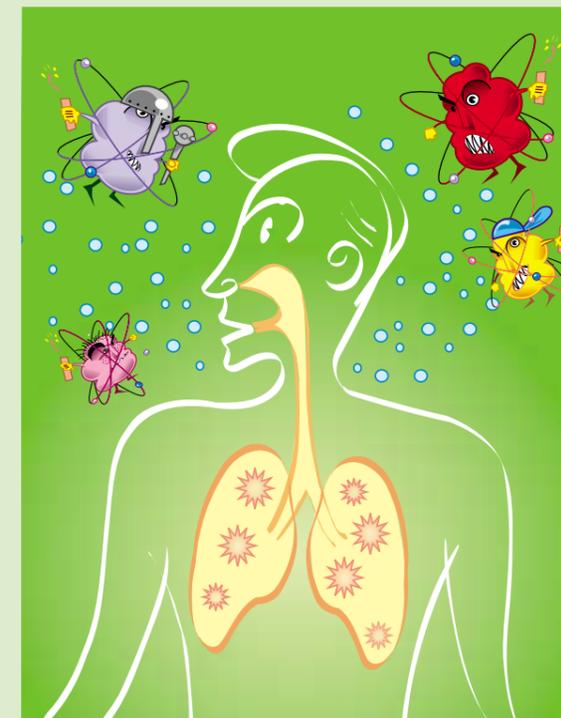
Il nucleo di radon nasce quando il nucleo del radio, instabile, si trasforma, emettendo una particella alfa e un fotone, particella in cui può essere scomposta la radiazione luminosa.



## PERCHÉ È PERICOLOSO

■ Il radon è un gas poco attivo chimicamente, pertanto non si deposita facilmente nei polmoni. Le sostanze più pericolose per la salute sono i suoi prodotti di decadimento. Questi, infatti, sono chimicamente ed elettricamente reattivi e si depositano, in parte, sul pulviscolo atmosferico, sul vapore acqueo, sui composti organici volatili, soprattutto il fumo di sigaretta, che risulta quindi doppiamente dannoso, o rimangono sospesi in aria.

■ Durante la respirazione, le particelle più piccole giungono fino ai polmoni e, contrariamente al radon che non reagisce, si fissano sui tessuti. I figli continuano a emettere radiazioni che, da questa posizione, colpiscono le cellule e sono in grado di danneggiarle irreversibilmente.



### LE CIFRE DEL RISCHIO

I primi dati sulla nocività di questa sostanza sono venuti dagli studi sui minatori delle miniere di uranio, ma negli ultimi decenni le indagini si sono concentrate anche sugli effetti dell'esposizione al radon all'interno delle abitazioni, con studi compiuti su persone colpite da tumore polmonare ed esposte ad alte concentrazioni di radon.

Oggi non ci sono dubbi che l'esposizione a livelli elevati di radon sia in grado di provocare tumori al polmone. Si stima che, in Italia, circa il 10 per cento di tutti i tumori polmonari sia attribuibile al radon. Questo significa che le morti attribuibili a esso, ogni anno, sono circa 3000. In Veneto il tumore al polmone è quello che provoca il maggior numero di morti, circa 2900 all'anno. Di questi, circa 290, e cioè il 10 per cento, sono attribuibili al radon.

Particolarmente colpiti sono i fumatori, per i quali il rischio dovuto al fumo e quello dovuto al radon si rafforzano a vicenda con effetto moltiplicativo. Confrontato con le altre cause di tumore al polmone, il radon risulta occupare il secondo posto, con molte lunghezze di distacco rispetto al consumo di tabacco, che provoca più dell'80 per cento dei casi (si veda figura qui sotto).

Il radon risulta molto più pericoloso rispetto all'esposizione ai campi elettromagnetici (rischio peraltro ancora da dimostrare compiutamente). Secondo le stime dell'Organizzazione mondiale della sanità, infatti, i casi di leucemia attesi ogni anno in Italia dovuti ai campi elettromagnetici di bassa frequenza (come quelli emessi dagli

## I punti principali

- Il fumo è la prima causa di tumore polmonare, e provoca più dell'80 per cento dei casi
- Il radon è la seconda causa, ed è molto più pericoloso rispetto ad altri fattori, come il benzene e l'amianto. È molto più pericoloso anche dell'esposizione ai campi elettromagnetici
- Il rischio è più elevato se la concentrazione di radon è più alta e se si è esposti per tempi lunghi
- I fumatori rischiano circa 15 volte di più rispetto ai non fumatori, a tutti i livelli di radon
- Smettere di fumare è più importante che bonificare la propria casa dal radon, per ridurre il rischio di tumore al polmone

apparecchi elettrodomestici, o quelli generati dagli elettrodotti) sarebbero solo alcune unità, contro i circa 3000 casi attesi di tumore al polmone indotto dal radon.

Il rischio dipende dalla concentrazione e dalla durata dell'esposizione. Vale a dire che se si vive in un ambiente in cui il livello di radon è maggiore si rischia di più, così come se si resta per più tempo a contatto con le radiazioni. Per questo motivo è importante misurare la concentrazione di radon all'interno delle abitazioni, nei locali dove si trascorre la maggior par-

### UN PO' DI STORIA

- Pur senza conoscere l'esistenza del radon e della radioattività, già nella **seconda metà del 1500** i trattati di Agricola e di Paracelso descrivevano una particolare malattia al polmone che colpiva i minatori, probabilmente a causa delle polveri inalate nelle miniere e ricche di vari tipi di metalli
- Nel **1898**, con l'estrazione del radio da alcuni minerali da parte di Marie e Pierre Curie, venne identificato un gas nobile radioattivo prodotto dal decadimento del radio
- Nel **1900**, il radon fu identificato come elemento chimico da Ernst Dorn
- Negli **anni immediatamente successivi** il radon fu identificato, grazie alle misurazioni, come un elemento sempre presente negli ambienti chiusi
- Negli **anni cinquanta**, in Svezia, furono effettuate le prime misurazioni all'interno delle case
- Negli **anni settanta** vennero pubblicati diversi rapporti in cui si ipotizzava una relazione tra la presenza di radon in ambienti chiusi e il tumore al polmone. Gli studi erano stati condotti su categorie di persone particolarmente a rischio, primi fra tutti i minatori delle miniere di uranio

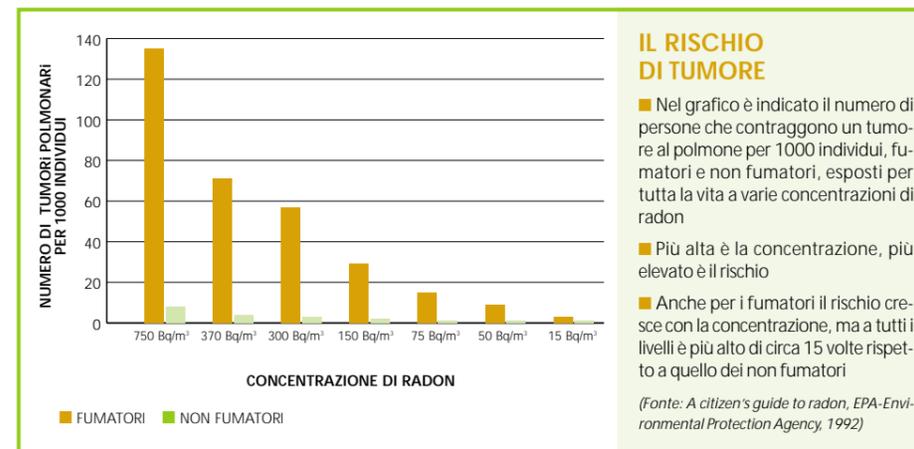
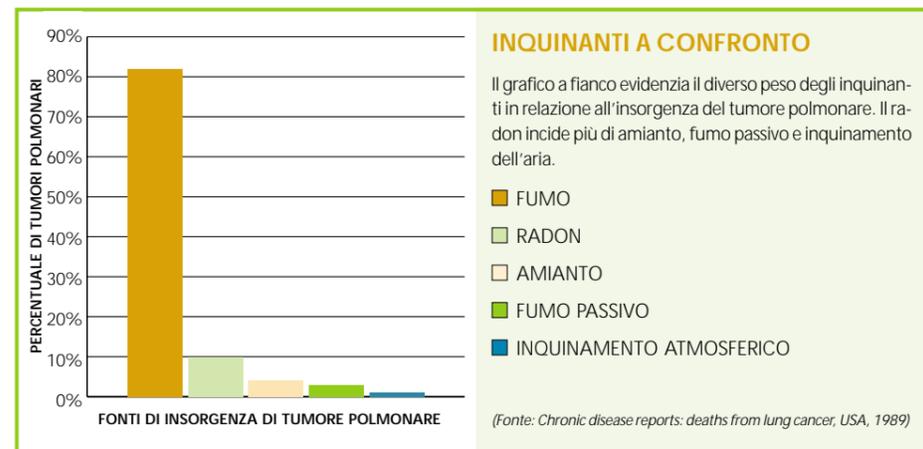
te del tempo. Il rischio cresce in modo lineare con l'esposizione: se l'esposizione raddoppia, raddoppia anche il rischio, e non esiste un livello al di sotto del quale ci si possa considerare immuni.

Di certo, però, al di sotto di certe concentrazioni il rischio scende fino a diventare comparabile con quello legato a eventi traumatici normalmente accettati (per esempio, incidenti stradali, aerei, incendi ecc.).

Per questo motivo molti paesi hanno fissato livelli di concentrazione di riferimento, al di so-

pra dei quali il rischio è considerato non più accettabile e viene raccomandato di adottare opportuni interventi di rimedio.

Tuttavia è più pericoloso essere esposti a bassi livelli per tempi prolungati, piuttosto che a concentrazioni elevate per tempi brevi, anche se alla fine l'esposizione totale è la stessa. La figura qui sotto mette in evidenza la crescita del rischio con la concentrazione di radon, ma anche l'importanza primaria del fumo, che più di ogni altro fattore aumenta il rischio di tumore al polmone in presenza di radiazioni.



## CON IL FUMO SI RISCHIA MOLTO DI PIÙ

Su 1000 persone esposte per tutta la loro vita a questo livello di radon, si stima che potranno ammalarsi di tumore al polmone:

LIVELLO DI RADON (Bq/m <sup>3</sup> )	TRA I NON FUMATORI	TRA I FUMATORI
400	4 persone	71 persone. Il rischio è 100 volte quello di morire in un incendio
300	3 persone. Il rischio è 10 volte quello di morire in un disastro aereo	57 persone
150	2 persone. Il rischio è pari a quello di annegare	29 persone. Il rischio è 100 volte quello di morire in un disastro aereo
75	1 persona. Il rischio è pari a quello di morire in un incendio	15 persone. Il rischio è 2 volte quello di morire in un incidente stradale

Se 1000 persone fossero esposte, per tutto il corso della loro vita, a varie concentrazioni di radon, i rischi per fumatori e non fumatori sarebbero ben diversi. Le stime sono indicative, dal momento che è abbastanza difficile che una persona trascorra tutta la vita a contatto con la stessa concentrazione di radon. Per gli ex fumatori i dati sono intermedi. I dati sono riferiti agli Stati Uniti: i rischi dell'esposizione al radon sono comparabili con quelli italiani, quelli degli eventi traumatici sono invece specifici per gli Stati Uniti. (Fonte: A citizen's guide to radon, EPA-Environmental Protection Agency, 1992)

### NON FUMARE È LA MIGLIORE STRATEGIA

Un fumatore che vive a contatto con il radon rischia circa 15 volte di più rispetto a un non fumatore esposto alle stesse concentrazioni. Infatti i rischi legati alla presenza contemporanea di queste due cause di tumore polmonare, le più importanti, si moltiplicano tra loro. Il rischio

totale, cioè, risulta molto più elevato della semplice somma dei rischi dovuti al fumo e al radon separatamente.

Grazie a questa relazione tra tabacco e radon, smettere di fumare costituisce l'azione di rimedio più efficace, molto più della semplice bonifica dell'abitazione.

## COME SPEGNERE LA SIGARETTA

Esistono varie tecniche per smettere di fumare, con diversi gradi di efficacia. Le tecniche di più recente sviluppo si basano sulle terapie sostitutive con farmaci, nicotina (che può essere assunta sotto forma di cerotti o gomme da masticare) e bupropione. Lo scopo è quello di ridurre i sintomi dovuti alla dipendenza fisica da nicotina. I risultati sono promettenti se la terapia è accompagnata da un supporto medico o psicologico. Il medico di famiglia può inoltre mettere in pratica approcci di tipo motivazionale, che possono essere portati avanti attraverso contatti con il paziente e che possono essere anche molto brevi.



# Il radon in Veneto



■ Aree ad alto potenziale di radon sono state individuate preliminarmente nella zona settentrionale del bellunese e del vicentino, ma anche, in aree meno estese, nelle province di Padova e Treviso

■ Identificare le zone con alti livelli di radon è importante per poter razionalizzare le strategie e gli interventi di prevenzione dei rischi legati alla presenza del gas

■ Per individuare le aree ad alto potenziale di radon, cioè le zone in cui i livelli di radon nelle abitazioni superano, in molti casi, possibili valori di riferimento, la regione Veneto ha promosso un'indagine sul territorio regionale, conclusa nel 2000

■ La concentrazione di radon è stata misurata, per la durata di un intero anno, in 1230 abitazioni campione su tutto il territorio regionale, ad eccezione della zona meridionale che, per la sua composizione geologica, ha minore probabilità di essere interessata dal fenomeno

■ La misura è stata effettuata con strumenti posizionati, nella maggior parte dei casi, al piano più basso delle abitazioni, dove la concentrazione è di solito più elevata a causa della vicinanza con il terreno

■ Il valore medio misurato in queste aree è risultato di 94 Bequerel per metro cubo. Questo valore è superiore a quello medio di tutta la regione (59 Bequerel per metro cubo), individuato in una precedente indagine nazionale del 1989

■ Sono state costruite mappe dove sono riportate le percentuali di abitazioni in cui il livello risulta più elevato di possibili valori di riferimento. Sono state considerate ad alto potenziale, in particolare, le aree dove, almeno nel 10 per cento delle abitazioni, il livello è risultato superiore a 200 Bequerel per metro cubo

# Alla ricerca del gas in tutta la regione

**Il gas radioattivo è presente in modo non trascurabile anche in Veneto. Un'indagine, condotta nell'area centro settentrionale della regione e conclusa nel 2000, ha evidenziato che, benché la concentrazione media regionale di radon sia inferiore a quella nazionale, esistono, soprattutto in provincia di Belluno e di Vicenza, zone in cui il livello è particolarmente elevato**

## IL PERCHÉ DI UN'INDAGINE

Il radon è presente anche in Veneto. L'indagine nazionale condotta nel 1989 ha indicato, per questa regione, una concentrazione media di radon di 59 Bequerel per metro cubo, inferiore a quella registrata in altre regioni e anche al valore medio nazionale, di 70 Bequerel per metro cubo. Un valore medio, il quale tuttavia non esclude che esistano aree con alte concentrazioni locali.

Questo può essere dovuto alle caratteristiche geologiche, alle tecniche di costruzione degli edifici, alle condizioni meteorologiche, climatiche e ambientali della zona. Individuare queste aree è importante, visto il rischio che l'esposizione prolungata al radon porta con sé.

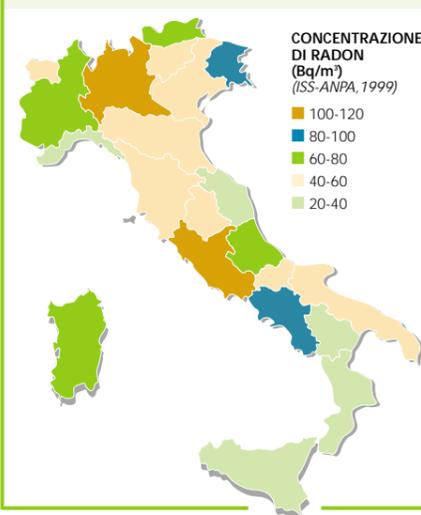
Per questo motivo la regione Veneto ha cercato di individuare, nel proprio territorio, le zone con elevati livelli di radon all'interno delle abitazioni, attraverso una campagna di misurazioni coordinata dal Centro regionale radioattività (CRR) di Verona in collaborazione con i Dipartimenti provinciali dell'ARPAV, che si è conclusa nel 2000.

Anche se il rischio esiste a tutte le concentrazioni, su queste aree più critiche si dovranno indi-

## IL RADON IN ITALIA

■ Concentrazione di radon, in Bequerel per metro cubo, nelle diverse regioni italiane. I valori medi regionali sono stati ricavati da un'indagine nazionale condotta alla fine degli anni ottanta, che ha indicato come valore medio nazionale 70 Bequerel per metro cubo

(Fonte: ARPAV)



## COSA DICE LA LEGGE

- La normativa italiana (Decreto Legislativo 26/05/00, n. 241) ha stabilito una soglia per l'esposizione al radon negli ambienti di lavoro di 500 Bequerel per metro cubo.
- Per quanto riguarda le abitazioni, invece, non esiste in Italia una normativa specifica, ma una raccomandazione della Comunità Europea (Raccomandazione CEC 90/143) indica i valori oltre i quali si suggerisce di intraprendere azioni di rimedio. Questi sono: 400 Bequerel per metro cubo per le abitazioni già esistenti e 200 Bequerel per metro cubo per quelle di nuova costruzione.

## I punti principali

- Da un'indagine nazionale, condotta alla fine degli anni ottanta, è risultato che in Veneto il livello medio di radon è di 59 Bequerel per metro cubo, più basso di quello nazionale (70 Bequerel per metro cubo)
- Nonostante il basso valore medio, possono esistere aree in cui il livello è, localmente, alto
- L'indagine regionale, conclusa nel 2000, aveva lo scopo di individuare le aree più a rischio, per concentrare prioritariamente su queste interventi di bonifica e di prevenzione
- Le possibili zone con alti livelli di radon sono state individuate, preliminarmente, tenendo anche conto del fatto che il sottosuolo costituisce la principale sorgente di questo gas nelle case in Veneto, e contribuisce quindi in modo determinante alla sua concentrazione

rizzare prioritariamente gli interventi di risanamento e di prevenzione.

## ATTENZIONE AL SOTTOSUOLO

Costruire una mappa del territorio che metta in evidenza le zone a rischio non è semplice, a causa dei numerosi fattori che influenzano il livello di radon in un'abitazione. L'indagine nazionale ha fornito indicazioni sulle sorgenti di radon che, in Veneto, contribuiscono al livello di ra-

dioattività nelle abitazioni. La principale fonte d'ingresso del gas negli edifici è il suolo. Nell'edilizia del Veneto, infatti, sono utilizzati solo in minima parte materiali da costruzione ricchi di radio, e che quindi rilasciano radon. Anche l'acqua contribuisce in maniera trascurabile.

Se il suolo è certamente la fonte principale, le possibilità d'ingresso del gas all'interno della casa sono legate non solo alla composizione del terreno, ma anche alle caratteristiche dell'abitazione, che può fornire maggiori o minori vie d'accesso per il radon; alla sua distanza dal suolo, e quindi al piano; al clima. La costruzione di una mappa e l'individuazione delle zone a rischio non può, quindi, tenere conto solo dei dati geologici.

## LA CAMPAGNA DI MISURAZIONE REGIONALE (1996-2000)

Dall'indagine è stata esclusa la zona meridionale della regione, la pianura alluvionale, perché con bassa probabilità di essere soggetta a significativi livelli di radon, a causa della sua conformazione e composizione geologica (depositi fini e poco permeabili) e dai risultati dell'indagine nazionale del 1989.

Il territorio da analizzare è stato suddiviso in sezioni rettangolari di poco più di 30 chilometri quadrati. In ognuna di queste maglie il livello di radon è stato misurato mediamente in cinque abitazioni. In totale, al termine dell'indagine, sono state misurate 1230 abitazioni in 218 maglie. La misura è stata effettuata soprattutto in locali posti al piano terra delle abitazioni dove, a causa della vicinanza con il terreno, la concentrazione è di solito più elevata, soprattutto se mancano locali interrati o seminterrati.

## LA SITUAZIONE IN ITALIA

In altre zone d'Italia il radon è presente in concentrazioni elevate, anche superiori a quella misurata in Veneto.

È il caso, per esempio, di alcune zone del Lazio e della Campania, caratterizzate da terreni di origine vulcanica, che contengono elevate quantità di uranio, progenitore del radon, e in cui spesso sono stati utilizzati materiali da costruzione, come il tufo, ad alto contenuto di radio. Alte concentrazioni sono state individuate anche nell'area del Carso in Friuli, dove il terreno è soggetto a forti erosioni.

La situazione italiana è stata messa in luce per la prima volta da un'indagine nazionale condotta alla fine degli anni ottanta.

All'estero alti livelli sono stati rilevati nei paesi scandinavi, a causa delle caratteristiche del suolo e delle rocce, spesso utilizzate come materiali da costruzione.

## I LIMITI NEGLI ALTRI PAESI

Paese	Abitazioni	Ambienti di lavoro (scuole)
USA	150	150
Regno Unito	200	400
Germania	250/1000	-
Svezia	200/400	400
Danimarca	200/400	400

- Nella tabella sono indicati i valori di riferimento, in Bequerel per metro cubo, per le abitazioni e per gli ambienti di lavoro in vari paesi
- I valori indicati in neretto indicano limiti imposti per legge, gli altri rappresentano invece valori raccomandati, al di sopra dei quali sono suggerite azioni di rimedio
- I due livelli raccomandati in Germania e Danimarca suggeriscono diversi tipi di azioni di rimedio da adottare: più semplici se si supera il livello più basso, anche complesse se la concentrazione è più alta del valore più elevato  
(Fonte: G. Akerblom Swedish Radiation Protection Institute)

Per ogni abitazione sono state raccolte, attraverso un questionario, tutte le informazioni ritenute necessarie per comprendere meglio le cause del fenomeno: tra queste la struttura dell'edificio (numero di piani, materiali da costruzione impiegati), le caratteristiche dell'abitazione (dimensioni, tipo di riscaldamento, eventuali impianti di condizionamento), le caratteristiche del locale in cui sono stati posizionati i rivelatori (tipo di isolamento dal suolo, ventilazione). In ogni casa sono stati posizionati rivelatori che hanno misurato i livelli di radon per un intero anno, suddividendo il periodo di esposizione in due semestri. Ciò ha consentito di valutare le differenze di concentrazione in funzione delle stagioni. I dati misurati nelle singole abitazioni hanno permesso di ricavare, per ogni maglia, il valore medio della concentrazione di radon e la percentuale di abitazioni nelle quali la concentrazione supera un livello di riferimento stabilito.

## I RISULTATI

Al termine dell'indagine il livello medio misurato sul territorio considerato, la zona centrale e settentrionale del Veneto, è risultato di 94 Bequerel per metro cubo, superiore al valore medio nazionale e al dato regionale misurato in precedenza. Questo è dovuto in parte al fatto che dall'indagine è stata esclusa l'area in cui il livello di radon era più basso. I valori misurati durante l'anno nelle case hanno permesso anche di costruire delle mappe del territorio regionale, in cui sono indicate le percentuali di abitazioni in cui il livello di radon supera un valore scelto come riferimento. Ad esempio, la mappa della figura nella pagina a fianco è stata costruita considerando come livello di riferimento 200 Bequerel per metro cu-

## I punti principali

- L'indagine ha coinvolto tutto il territorio regionale, tranne la parte meridionale, considerata in prima battuta poco interessata dal fenomeno
- Il livello di radon è stato misurato per un anno, con strumenti di misura posizionati, principalmente, nei piani più bassi, dove la concentrazione è più elevata a causa della vicinanza con il terreno
- Il livello medio dell'area analizzata è risultato di 94 Bequerel per metro cubo, superiore a quello nazionale
- Sono state considerate ad alto potenziale le aree in cui il livello di radon è superiore a 200 Bequerel per metro cubo in almeno il 10 per cento delle abitazioni
- Aree ad alto potenziale sono state individuate preliminarmente nella parte settentrionale delle province di Belluno e Vicenza, e in alcune piccole zone isolate nelle province di Padova e Treviso

bo, valore indicato dalla Regione Veneto come soglia per l'adozione di interventi di rimedio. Sono considerate aree ad alto potenziale quelle in cui il livello di riferimento è superato in almeno il 10 per cento delle abitazioni. In queste aree la Regione Veneto raccomanda una misura del livello di radon nelle case. Le aree individuate occupano circa un decimo del territorio. In tali aree, complessivamente, circa il 14 per cento delle abitazioni supera il livello di riferimento di 200 Bequerel per metro cubo.



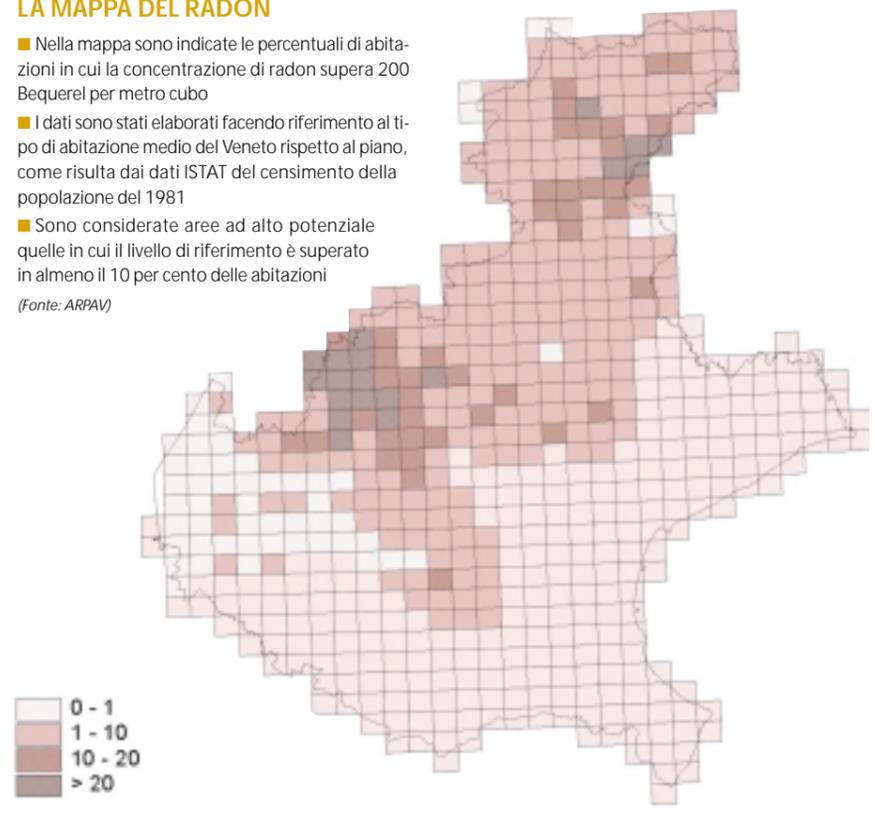
## AREE AD ALTO POTENZIALE IN VENETO

Le zone settentrionali delle province di Belluno e di Vicenza presentano alti valori di concentrazione di radon. Nel bellunese l'area critica comprende la zona del Cadore, in particolare la valle di Ampezzo e l'alta valle del Piave fino oltre Longarone, i dintorni di Agordo e il Comelico. In provincia di Vicenza risultano a maggior ri-

schio l'alta Val d'Astico, la parte occidentale dell'altopiano di Asiago, le zone pedemontane sottostanti a queste, la zona a ridosso dei monti Lessini orientali. Esistono poi alcune zone isolate in cui la concentrazione è risultata particolarmente elevata, tanto da rientrare tra le aree ad alto potenziale. Si tratta di alcune maglie nelle aree di Asolo e del Cansiglio, in provincia di Treviso,

## LA MAPPA DEL RADON

- Nella mappa sono indicate le percentuali di abitazioni in cui la concentrazione di radon supera 200 Bequerel per metro cubo
- I dati sono stati elaborati facendo riferimento al tipo di abitazione medio del Veneto rispetto al piano, come risulta dai dati ISTAT del censimento della popolazione del 1981
- Sono considerate aree ad alto potenziale quelle in cui il livello di riferimento è superato in almeno il 10 per cento delle abitazioni  
(Fonte: ARPAV)



TERRITORIO REGIONALE INTERESSATO (%)		10
N° ABITAZIONI TOTALI		200.000
STIMA DELLE ABITAZIONI IN CUI SI SUPERA IL LIVELLO DI RIFERIMENTO		30.000
PERCENTUALE RISPETTO ALLE ABITAZIONI TOTALI (%)		14
N° SCUOLE		500
N° STRUTTURE DI RICOVERO		10

### UN DECIMO DEL VENETO DA CONTROLLARE

■ I valori indicati sono statistiche orientative delle aree ad alto potenziale di radon, individuate preliminarmente. I dati sono riferiti alle zone in cui, in almeno il 10 per cento delle abitazioni, il livello di radon è più alto di 200 Becquerel per metro cubo. Il che non vuol dire che tutte le case comprese in quelle zone, definite ad alto potenziale, siano fortemente inquinate dal radon. Si calcola che le abitazioni che superano il valore di soglia siano circa il 14 per cento. È opportuno che, in tali zone, le scuole e le strutture di ricovero, ospedali, centri e case di cura pubbliche e private, vengano quanto prima controllati, anticipando quanto sarà previsto nella normativa per i luoghi di lavoro

(Fonte: ARPAV)

e dei colli Euganei, in provincia di Padova. Per i colli Euganei, in particolare, le caratteristiche geologiche giustificerebbero l'esistenza di significativi potenziali di radon.

L'indagine regionale non può escludere che anche chi abita fuori dalle aree considerate possa essere esposto a livelli di radon elevati. La probabilità di essere soggetti ad alti valori dell'inquinante è tuttavia inferiore a quella delle zone a maggior rischio. L'individuazione di queste aree è comunque preliminare, e andrà quindi verificata e continuamente aggiornata.

### IL PIANO D'AZIONE PER IL VENETO

A seguito dell'indagine regionale, che ha permesso di individuare le aree ad alto potenziale di radon, la Regione Veneto, prima in Italia, ha emanato una Delibera con cui ha fissato in 200 Becquerel per metro cubo il valore di riferimento al di sopra del quale sono consigliabili interventi di rimedio. Si tratta di un valore inferiore, e quindi più protettivo, rispetto ai limiti stabiliti per legge da molti paesi del mondo.

Il piano di azione che la Regione Veneto intende mettere in pratica prevede di aggiornare e verificare l'identificazione delle aree ad alto potenziale, e di condurre una campagna di misura nelle scuole pubbliche e private, materne e dell'obbligo, che si trovano in queste aree. L'indagine nelle scuole è di particolare importanza, non solo perché anticipa gli obblighi legislativi previsti dalla normativa per i luoghi di lavoro, ma perché questi siti sono particolarmente rilevanti dal punto di vista sociale. Inoltre, gli edifici che ospitano le scuole presenta-

no spesso caratteristiche che favoriscono l'elevata concentrazione di radon.

Le iniziative di prevenzione comprendono la definizione delle tecniche di misurazione e delle azioni di rimedio, riportate in un documento tecnico redatto dall'ARPAV.

Prevedono inoltre l'individuazione delle aziende idonee per svolgere le misure. L'ARPAV, inoltre, assicura il proprio supporto alla sperimentazione degli interventi di rimedio su alcune abitazioni con concentrazioni di radon superiori a 200 Becquerel per metro cubo.

### PER SAPERNE DI PIÙ

■ Per qualsiasi ulteriore informazione è possibile rivolgersi all'ARPAV, al numero verde 800-080480

■ L'elenco preliminare dei comuni interessati da alti livelli di radon, per ora circa 80, è disponibile in rete, sul sito internet dell'ARPAV (<http://www.arpa.veneto.it>)

■ L'indagine regionale è disponibile in rete, sui siti internet dell'ARPAV (<http://www.arpa.veneto.it>) e della Regione Veneto, settore sanitario (<http://www.regione.veneto.it/sanita/>)

■ L'elenco delle aziende idonee a svolgere le misure della concentrazione di radon nelle abitazioni è disponibile sul sito internet dell'ARPAV

# Misurare il radon



■ Conoscere la concentrazione di radon all'interno di un'abitazione, di una scuola o di un ambiente di lavoro, è importante per valutare il rischio e la necessità di azioni di rimedio

■ I rischi sanitari legati al radon esistono a tutte le concentrazioni, ma sono più elevati se il livello a cui si è esposti è alto

■ La misurazione dei livelli di radon nelle abitazioni è particolarmente importante nelle zone individuate come aree ad alto potenziale, dove la probabilità di avere livelli elevati di radon nelle abitazioni è maggiore. Questo non vuol dire, comunque, che nelle altre zone il radon non sia presente e che non vi sia rischio

■ Il livello di radon di un ambiente chiuso varia molto, nel tempo e nello spazio, a causa delle caratteristiche del terreno, dell'abitazione e del clima

■ Una misura utile ai fini della valutazione del rischio deve essere portata avanti per tempi lunghi: il periodo ideale per avere dati significativi è l'anno solare

■ Il costo di una misura annuale è di circa 100 euro (200.000 lire)

■ I dispositivi di misura vanno posizionati al piano più basso dell'abitazione, in un locale frequentato per lunghi periodi, di solito camera da letto o salone. I bagni e le cucine vanno esclusi perché la presenza dell'acqua e le turbolenze dell'aria disturbano le rilevazioni

■ Non solo in casa, ma anche sul luogo di lavoro la concentrazione di radon può essere elevata. A parità di concentrazione il rischio è inferiore, perché di solito il tempo trascorso in questi ambienti è più breve

■ Tra gli ambienti di lavoro più a rischio vi sono le miniere e le grotte, i locali seminterrati e interrati, i piani bassi degli edifici perché più a contatto con il terreno, i luoghi in superficie in cui la concentrazione di gas è alta per le caratteristiche del terreno

# A caccia di radiazioni in casa

Misurare il livello di radon presente in un'abitazione è importante per valutare il rischio a cui si è sottoposti restando per lunghi periodi a contatto con il gas. Perché la misura sia significativa deve essere portata avanti per un anno

## PERCHÉ MISURARE IL RADON

Se la concentrazione di gas in un ambiente chiuso è alta, è elevato anche il rischio di sviluppare un tumore al polmone. Ma di certo il rischio, per quanto minore, esiste anche a concentrazioni più basse. E dipende anche dal tempo trascorso a contatto con il gas. Una misura del livello di radon presente nella propria abitazione, quindi, permette di valutare il rischio legato alla permanenza in quell'ambiente. In base a queste valutazioni è poi possibile decidere eventuali azioni di rimedio per ridurre il livello.

## DOVE MISURARE

In Veneto, grazie ai risultati dell'indagine regionale, è stato possibile identificare (anche se in via preliminare) le aree in cui è più probabile che gli edifici esistenti o di futura costruzione presentino alti livelli di radon. Queste aree ad alto potenziale sono quelle in cui almeno il 10 per cento delle abitazioni presenta un livello di radon superiore a quello di riferimento, fissato a 200 Becquerel per

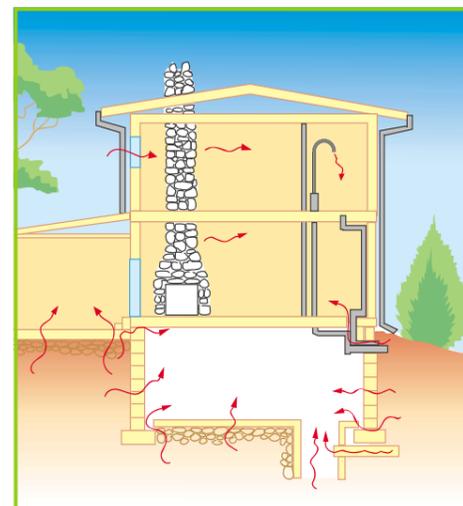
## I punti principali

- Misurare il livello di radon in casa permette di valutare il rischio e di prendere decisioni su eventuali azioni di rimedio
- La misura è importante soprattutto nelle aree ad alto potenziale, dove la probabilità di livelli elevati è maggiore, ma il pericolo potrebbe esistere comunque, anche al di fuori di queste aree
- Il sottosuolo, soprattutto se ricco di radio o fortemente permeabile, è spesso la principale sorgente di radon

metro cubo. All'interno di queste aree la concentrazione del gas radioattivo è potenzialmente più elevata che nelle altre, ed è quindi più urgente effettuare una misura. Va comunque sottolineato

## LE SORGENTI DI RADON

Il radon è generato dal radio contenuto in tutti i suoli in misura molto variabile. Anche i materiali da costruzione, estratti dalle cave o che derivano dalla lavorazione dei terreni, emettono radon. Le varie sorgenti di radon contribuiscono in modo diverso alla concentrazione del gas. Quando in un ambiente chiuso la concentrazione è elevata, di solito il sottosuolo è la sorgente più importante. I materiali da costruzione contribuiscono molto in situazioni particolari, in cui l'edilizia locale utilizza spesso rocce vulcaniche, come tufi e lave. È il caso, per esempio, del Lazio e della Campania, ma non del Veneto, in cui questi materiali sono poco utilizzati. Il radon può essere trasportato anche dall'acqua, in cui si scioglie. Infatti le acque, scorrendo nel sottosuolo, possono arricchirsi di radon, rilasciandolo poi attraverso pozzi o rubinetti. Questo contributo, però, è di solito molto ridotto.



## I PUNTI DI INGRESSO DEL GAS

- Tra i meccanismi di ingresso del gas nella casa vi è la depressione rispetto all'aria del sottosuolo, che può essere prodotta dalla differenza di temperatura tra interno ed esterno o dall'azione del vento sulla casa. La depressione aspira il gas dal suolo attraverso le aperture dell'edificio
- La sorgente più importante di radon è di certo il suolo. Da qui il gas può penetrare nell'edificio attraverso crepe e fessure a contatto con il terreno, o attraverso le strutture realizzate per il passaggio delle tubazioni dell'acqua, dell'elettricità, degli scarichi
- All'esterno la concentrazione è più bassa, in quanto il gas si disperde velocemente in atmosfera. L'ingresso diretto del gas da porte e finestre è quindi poco importante
- I soli materiali da costruzione che contengono molto radio, come quelli di origine vulcanica, possono contribuire in misura considerevole alla presenza di radon nelle case

che anche al di fuori di queste zone possono esistere abitazioni con concentrazioni elevate e che, in ogni caso, il rischio non è mai nullo.

## PER QUANTO TEMPO?

Per ottenere una misura significativa del livello di radon a cui si è esposti all'interno di un'abitazione

ne bisogna tenere conto che la concentrazione varia molto nel tempo, a causa dei numerosi fattori che la influenzano.

Il livello di radon, infatti, varia considerevolmente durante il corso della giornata: di notte, proprio quando si trascorre molto tempo in casa, raggiunge livelli più alti che di giorno.

## QUESTIONE DI SUOLO E DI CLIMA

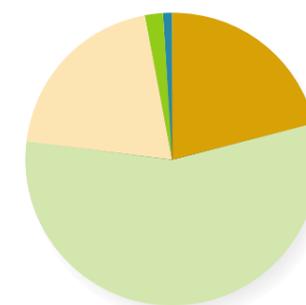
Sono diverse le condizioni che determinano la concentrazione di radon in casa, a scuola e sul luogo di lavoro. Un terreno che contiene grandi quantità di radio, permeabile o che si frattura facilmente, favorisce l'ingresso e l'accumulo del radon. Allo stesso modo un edificio costruito con materiali che contengono radio, in cattive condizioni di manutenzione, o con scarsa ventilazione dei locali, presenterà più facilmente alti livelli di radon. Ma anche il clima può avere effetti sul livello dell'inquinante in un ambiente chiuso. Le differenze di temperatura tra l'interno e l'esterno dell'abitazione e l'azione del vento su di essa, per esempio, oltre all'intervento di altri fattori, favoriscono l'immissione del gas in ambiente chiuso.

## SORGENTI A CONFRONTO

(rappresentazione semplificata per condizioni standard)

La quantità più elevata di radon proviene dal sottosuolo, ed entra nelle case per diffusione attraverso le porosità del terreno (15%), ma soprattutto grazie alla differenza di pressione tra interno ed esterno (41%).

(Fonte: UNSCEAR 1988)



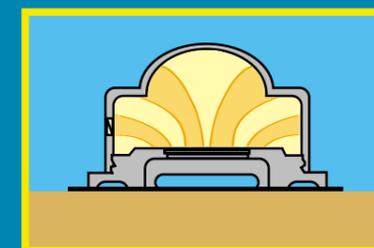
- MATERIALI DA COSTRUZIONE (21%)
- ACQUA (2%)
- SUOLO (56%)
- GAS NATURALE (1%)
- ARIA ESTERNA (20%)

# Ecco come si conducono le misurazioni

Si può registrare la concentrazione di radon in un ambiente chiuso utilizzando semplici strumenti, che devono essere esposti per un intero anno all'interno dei locali più frequentati al piano più basso dell'abitazione. Si tratta di dispositivi passivi, che non necessitano di alimentazione elettrica

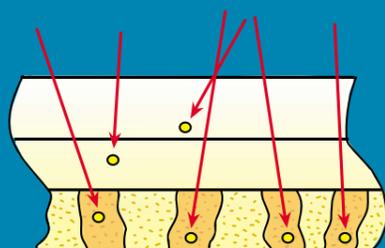
■ Il dosimetro deve essere posizionato al piano più basso dell'abitazione, escludendo i locali interrati e seminterrati (a meno che l'abitazione non si riduca ad essi), dove la concentrazione di radon è più elevata, grazie alla maggior vicinanza al suolo da cui il gas fuoriesce.

■ La misura deve essere effettuata in un locale in cui si trascorre una quantità elevata di tempo, di solito la camera da letto o il salone. Infatti, il rischio legato al radon dipende non solo dalla concentrazione presente, ma anche dal tempo che si trascorre a contatto con il gas. Per dare risultati affidabili, la misura deve essere effettuata per tempi lunghi, possibilmente per un intero anno. Lo strumento di misura più opportuno e semplice per misurazioni semestrali o annuali è un dosimetro basato su rivelatori a tracce o elettretti.



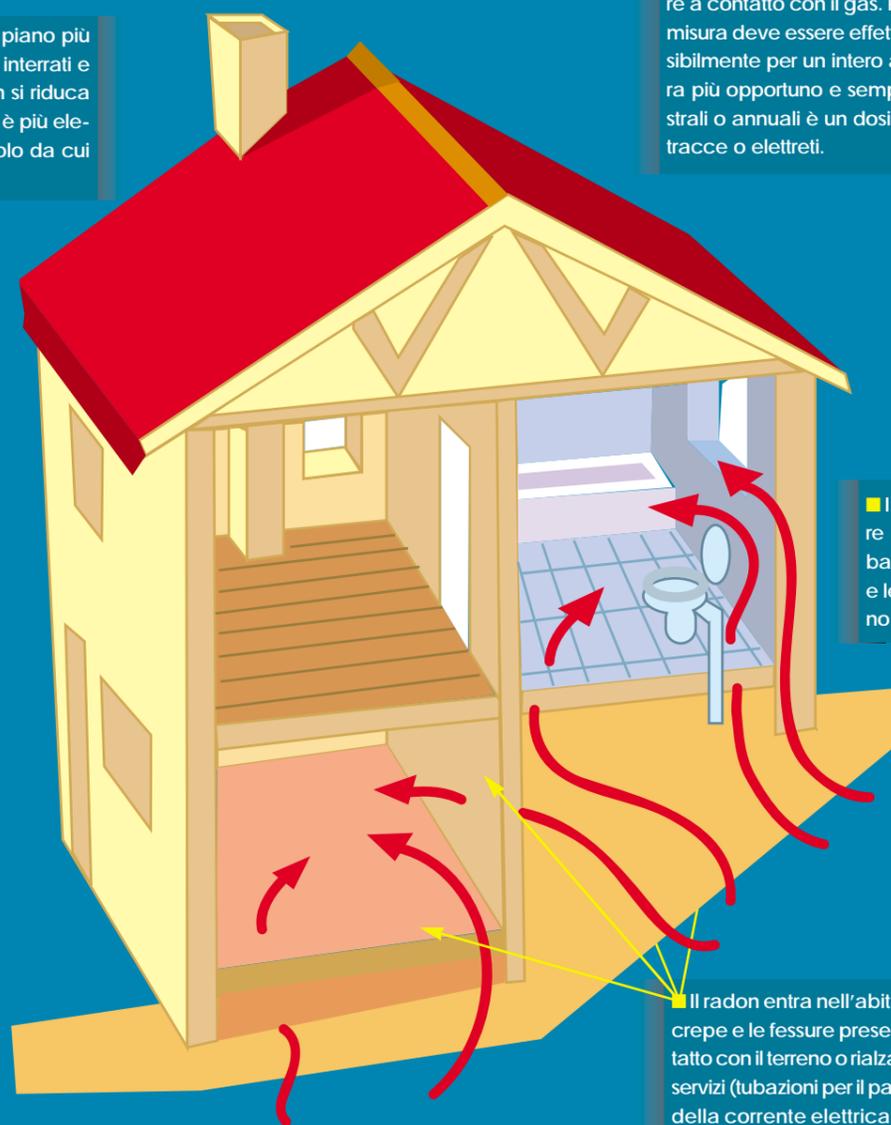
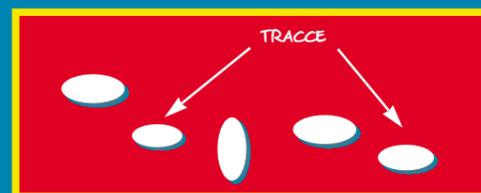
## ■ GLI ELETTRETI

I dosimetri basati sugli elettretti sono in grado di fornire misure della concentrazione di radon di varia durata, da poche ore fino a un anno. Il funzionamento degli elettretti si basa sul principio dell'attrazione elettrostatica tra particelle cariche. Un disco di teflon viene caricato elettrostaticamente e mantiene la propria carica negativa a lungo nel tempo. Il disco viene inserito in un contenitore, chiamato camera, e qui produce un campo elettrico. Quando la camera è in funzione, il radon entra nel contenitore e qui decade, emettendo radiazioni. Queste sono di elevata energia, e sono in grado di spezzare i legami delle molecole presenti nell'aria all'interno della camera di misura, creando cariche positive e negative (ioni). Quelle positive sono attratte dal campo elettrico e si depositano sulla superficie del disco, neutralizzando in parte la carica originale. Al termine dell'esposizione la carica sul disco sarà ridotta di una quantità legata alla concentrazione di radon: la differenza permette di valutare appunto la concentrazione presente.



## ■ I RIVELATORI A TRACCE

Alcuni dosimetri si basano sui rivelatori a tracce, il cui meccanismo di registrazione delle radiazioni è il seguente. Le particelle alfa, emesse dal radon o dai suoi figli, cedono la propria energia negli urti con gli atomi e le molecole del materiale che attraversano, rompendo i legami delle molecole e degli atomi e producendo ioni (particelle cariche). Quando le particelle alfa attraversano alcuni materiali plastici, producono, in determinate condizioni, una rottura permanente dei legami, e lasciano una traccia del loro passaggio. Attraverso opportuni trattamenti chimici queste tracce possono essere rese visibili. Il numero di tracce presenti è proporzionale alla concentrazione di radon.



■ I dosimetri non devono essere utilizzati nelle cucine o nei bagni, per evitare che l'acqua e le turbolenze dell'aria possano disturbare la misura.

■ Il radon entra nell'abitazione attraverso le crepe e le fessure presenti nel solaio a contatto con il terreno o rialzato, dalle entrate dei servizi (tubazioni per il passaggio dell'acqua, della corrente elettrica e degli scarichi fognari), o attraverso i blocchi di calcestruzzo cavi dei muri.

## I punti principali

- Una misura dà risultati attendibili solo se condotta per un periodo abbastanza lungo. Il periodo ideale è un anno solare
- Lo strumento di misura va posto al piano più basso dell'abitazione, in un locale molto frequentato, camera da letto o salone, esclusi bagno e cucina, poiché l'acqua e le turbolenze dell'aria disturbano la misura. Vanno esclusi i locali seminterrati e interrati
- Durante la misura è importante mantenere le normali abitudini di vita e il consueto utilizzo dei locali

E anche nel corso dell'anno si hanno forti variazioni: i valori massimi si raggiungono in inverno, quelli minimi in estate.

Poiché i livelli di radon variano così tanto, è importante che la misura sia effettuata su tempi sufficientemente lunghi, per avere dati attendibili. Il periodo ideale per la misurazione è l'intero anno solare, che può essere suddiviso in due semestri, utilizzando due rivelatori in successione.

### QUALE STRUMENTO?

I dispositivi di misura più idonei per misurazioni lunghe, semestrali o annuali, sono dosimetri passivi basati su rivelatori a tracce o elettretti. Il dosimetro deve essere posizionato al piano più basso dell'abitazione, dove la concentrazione di radon è più elevata. Il locale scelto per la misurazione deve essere tra quelli in cui si trascorre la maggior parte del tempo, di solito camera da letto o salone.

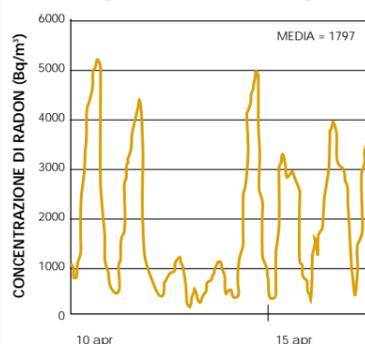
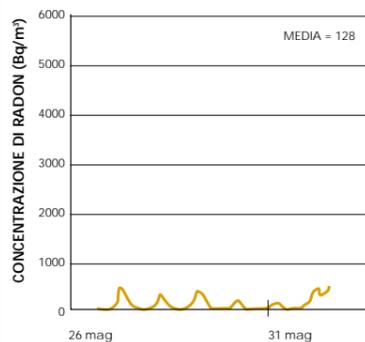
### QUANTO COSTA LA MISURA?

Il costo indicativo per una misura annuale con dosimetri passivi è mediamente di circa 100 euro (200.000 lire), IVA inclusa, e i prezzi possono variare tra 50 e 130 euro (100.000-250.000 lire). In questa cifra non sono contemplate, o sono comprese solo in parte, le spese di spedizione degli strumenti di misurazione.

## COME VARIA IL RADON

Nella stessa casa, in periodi diversi, il livello di radon varia notevolmente.

(Fonte: G. Torri; Azioni di rimedio: rassegna; Quaderni di Architettura naturale. Radon: la necessità di un approccio multidisciplinare. Edizioni Edicom in stampa)



### A CHI RIVOLGERSI PER LA MISURA

I cittadini possono rivolgersi direttamente a ditte pubbliche o private chiedendo misure annuali con dosimetri passivi, accertandosi, nel loro interesse, che queste ditte abbiano forme di qualificazione e che il responsabile tecnico della ditta abbia laurea o diploma tecnico-scientifico.

Oppure è possibile consultare l'ARPAV (<http://www.arpa.veneto.it>; numero verde 800-080480) che mette a disposizione un elenco di ditte ritenute idonee. Secondo disponibilità, gli stessi dipartimenti provinciali ARPAV possono provvedere alle misurazioni. È di grande utilità che i cittadini diano il consenso alle ditte cui chiedono le rilevazioni per trasmettere i risultati all'ARPAV, per aggiornare in tempo reale lo stato dell'esposizione al radon in tutto il Veneto.

# Le azioni di rimedio

■ Se in un'abitazione il livello di radon, misurato nel corso di un anno, risulta superiore a 200 Bequerel per metro cubo, si può considerare di realizzare azioni di rimedio

■ Si stima che, in tutto il Veneto, le case da bonificare dovrebbero essere oltre 50 mila, di cui quasi 30 mila nelle zone ad alto potenziale di radon

■ La concentrazione di radon in un'abitazione non può essere ridotta a zero, ma può essere diminuita fino a rendere il rischio legato alla presenza dell'inquinante paragonabile a quello di altre attività umane

■ La migliore azione per ridurre il rischio da radon è smettere di fumare. Il radon, infatti, ha maggiore effetto sui fumatori. Per tutti il rischio può essere ridotto adottando opportuni interventi di bonifica

■ Arieggiare spesso i locali, in modo corretto, può essere utile per far uscire il radon dall'abitazione, in attesa di rimedi definitivi

■ Poiché il radon in Veneto proviene essenzialmente dal sottosuolo, i principali sistemi di riduzione devono tendere a limitare o impedire l'ingresso



al gas, ad esempio ventilando i vespai, costruendo i pozzetti d'intercettazione o sigillando accuratamente le vie d'ingresso

■ Le varie tecniche di rimedio possono essere applicate, in modo più semplice e meno costoso, anche alle case in costruzione

■ Il costo di una bonifica dipende dalla struttura della casa e dalla concentrazione presente. Può variare tra 500 e 2.600 euro (1-5 milioni di lire), ma nella maggior parte dei casi è tra 500 e 1.000 euro (1-2 milioni)

■ Le informazioni in merito alle bonifiche sono reperibili al numero verde dell'ARPAV: 800-080480

■ Le imprese che realizzano le bonifiche devono verificarne l'efficacia e rilasciare una dichiarazione

# Come liberarsi di uno scomodo inquilino

**Il radon non può essere eliminato completamente. È possibile, però, ridurre la concentrazione, e quindi il rischio per la salute, utilizzando alcune tecniche di rimedio. Queste possono essere applicate alle abitazioni già realizzate, e, in modo più semplice, a quelle in costruzione**

## CHIUDERE LE PORTE AL GAS

Non è possibile liberare completamente un'abitazione dal radon. Solo in una casa a tenuta stagna, con sistemi di filtraggio dell'aria, sarebbe possibile non essere esposti del tutto al rischio legato alla presenza di questo inquinante.

L'esposizione, però, può essere ridotta diminuendo la concentrazione di radon all'interno dell'abitazione, tramite particolari tecniche di rimedio. È importante ricordare ai fumatori che smettere di fumare resta l'azione più efficace per ridurre il rischio di tumore al polmone.

La principale fonte di radon in Veneto è il sottosuolo da cui il radon penetra nell'abitazione. In queste condizioni i sistemi più efficaci sono quelli che tendono a impedire l'ingresso del radon nell'abitazione.

Le azioni di rimedio, dovrebbero essere messe in pratica quando dalla misurazione annuale della concentrazione di radon risultassero valori superiori a 200 Becquerel per metro cubo. Questo potrebbe accadere, secondo le stime, in oltre 50 mila abitazioni in tutto il Veneto, di cui quasi 30 mila si trovano all'interno delle zone che sono state identificate come aree ad alto potenziale. La scelta di una particolare azione dipende da diversi fattori, tra i quali molto importante è il livello di radon misurato inizialmente. Alcune semplici tecniche di rimedio possono far scendere il livello di radon da 400 a 80 Becquerel per metro cubo, ma potrebbero non essere adatte per portare la concentrazione da 1000 a meno di 200 Becquerel per metro cubo.

Sono molti i fattori che concorrono alla scelta del sistema di bonifica: la struttura dell'edificio, la tipologia del sottosuolo, i costi di installazione e manutenzione, le stesse abitudini di vita degli occupanti.

## I punti principali

- Un'abitazione in cui il livello di radon, misurato nel corso di un anno, risulta superiore al valore di riferimento di 200 Becquerel per metro cubo dovrebbe essere bonificata
- Per diminuire la concentrazione di radon all'interno dell'abitazione è necessario limitare l'ingresso del gas dal terreno
- Per ostacolare l'ingresso del radon si possono applicare tecniche di ventilazione, naturale o forzata, del vespaio. Oppure sono disponibili tecniche di sigillatura di tutte le vie di accesso del radon (crepe, fessure, tubazioni dei servizi)

## UNA SOLUZIONE TEMPORANEA: ARIEGGIARE I LOCALI

Aprire spesso le finestre è certamente il modo più immediato ed efficace per far uscire il radon accumulato all'interno delle abitazioni, e diminuire la concentrazione. Non solo il radon viene diluito, ma possono essere eliminate anche altre sostanze inquinanti che si accumulano nelle abitazioni.

La ventilazione, però, deve essere effettuata nel modo giusto. Le finestre devono essere aperte almeno tre volte al giorno, partendo dai locali interrati e seminterrati, e da quelli che si trovano ai piani più bassi dell'abitazione.

La chiusura delle finestre, invece, deve iniziare dai piani più alti, per evitare che, a causa della differenza di pressione, il gas venga risucchiato

dal terreno. Aprire le finestre solo ai piani superiori della casa potrebbe rendere inutile l'effetto della ventilazione, o addirittura peggiorare la situazione.

È importante anche chiudere le canne fumarie dei camini che non vengono utilizzati, altrimenti la ventilazione dei locali potrebbe addirittura peggiorare la situazione. Tuttavia, dato che la maggior concentrazione di radon si raggiunge di notte, questa azione ha un'efficacia limitata e va considerata come una misura temporanea, in attesa di adottare soluzioni definitive.

## COME LIMITARE L'INGRESSO DEL RADON

Alcune azioni di bonifica hanno come scopo quello di ridurre l'ingresso del gas dal sottosuolo, che in Veneto rappresenta la principale sorgente di radon.

Tra queste tecniche ci sono la sigillatura delle vie d'ingresso dalle pareti e dai solai a contatto con il terreno; la ventilazione dei vespai (sistemi di isolamento dei vani terreni di un edificio, basati su strutture che permettano la circolazione dell'aria al di sotto del pavimento); la pressurizzazione dell'abitazione o l'aspirazione del radon

dal terreno sottostante l'edificio. Crepe e fessure di vario spessore possono trovarsi lungo le superfici di contatto tra il terreno e le pareti verticali o il solaio a terra. Ma anche i fori e le fessure per il passaggio degli impianti collegati al sottosuolo, come quelli dell'acqua, dell'energia elettrica o degli scarichi fognari, possono costituire vie d'accesso per il gas. Le crepe e le fessure possono essere sigillate con prodotti specifici a base di silicone o poliuretano; con malte di cemento; o con getti di cemento sul solaio a contatto con il terreno.

La sigillatura può anche essere totale: può cioè riguardare tutte le superfici utilizzando membrane impermeabili. Questo intervento è particolarmente indicato in caso di ristrutturazioni che prevedono il rifacimento dei pavimenti.

Pur essendo una tecnica utile, la sigillatura non è ritenuta, da sola, in grado di garantire la buona riuscita di una bonifica. Assestamenti strutturali possono, con il tempo, aprire nuove fessure, alterando le caratteristiche di tenuta al radon dell'abitazione. Per questi motivi la sigillatura è applicata sempre in aggiunta ad altre azioni di rimedio.

## I VARI TIPI DI INTERVENTO

L'ingresso e l'accumulo del radon in un'abitazione possono essere ridotti attraverso tecniche di vario tipo:

- **tecniche provvisorie, che possono essere utilizzate temporaneamente, in attesa di mettere in pratica vere e proprie azioni di rimedio, e in edifici già realizzati in cui siano presenti alti livelli di radon;**
- **tecniche di rimedio, che possono essere applicate in costruzioni già realizzate, che presentino elevate concentrazioni di radon;**
- **tecniche preventive, che possono essere realizzate durante la costruzione di edifici che sono o potrebbero essere a rischio per inquinamento da radon.**

Si può intervenire in diversi modi:

- **impedendo l'ingresso del radon dal sottosuolo, ventilando o aspirando l'aria dal vespaio o dal terreno;**
- **sigillando le possibili vie d'ingresso del gas dal sottosuolo, per rendere l'edificio più ermetico possibile;**
- **invertendo il flusso dell'aria con sistemi di pressurizzazione;**
- **allontanando il flusso del gas per aspirazione e ventilazione dei locali;**
- **eliminando le eventuali sorgenti di radon dovute ai materiali da costruzione.**

Le tecniche di rimedio possono essere:

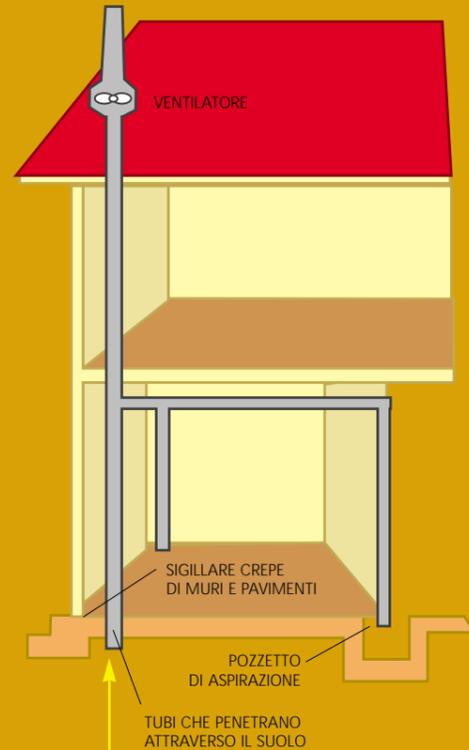
- **di tipo passivo, cioè senza alcun supporto meccanico;**
- **di tipo attivo, che prevedono sistemi che consumano energia. Questi apparecchi, per esempio sistemi aspiranti o soffianti, possono funzionare in modo discontinuo nell'arco della giornata.**

# Come bloccare il radon

In Veneto la principale sorgente di radon è il sottosuolo. Per diminuire la concentrazione di radon all'interno dell'abitazione, perciò, è importante ostacolare il più possibile l'ingresso del gas. Questo risultato può essere ottenuto con varie tecniche

## DEPRESSURIZZAZIONE DEL SUOLO

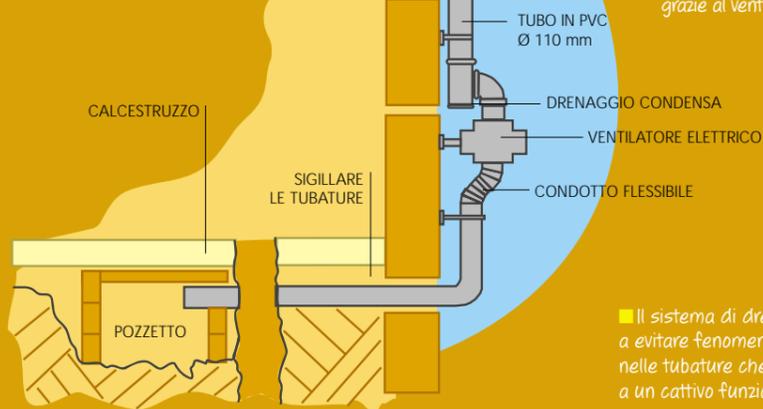
Consiste nel ridurre la pressione nel sottosuolo, in modo che il gas venga risucchiato e diretto verso l'esterno. Per gli edifici in cui non esistono locali interrati, questo risultato si può ottenere attraverso la realizzazione di uno o più pozzetti al di sotto dell'abitazione, collegati con un impianto di aspirazione. Lo stesso risultato può essere ottenuto utilizzando, al posto del pozzetto, tubazioni interrate e collegate a impianti aspiranti.



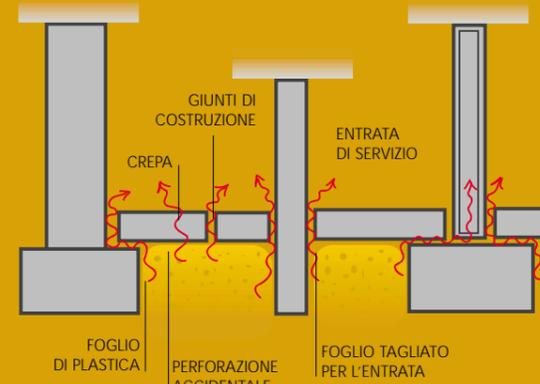
Lo scarico termina al di sopra della gronda per evitare che il radon rientri nell'edificio.

La soluzione migliore è quella che prevede la costruzione di un pozzetto all'interno dell'edificio con le tubature di scarico all'esterno, per evitare che le eventuali perdite finiscano all'interno.

Il gas penetra nel pozzetto attraverso le sue numerose aperture, viene incanalato nei tubi di raccolta, aspirato grazie al ventilatore ed espulso all'esterno.



Il sistema di drenaggio serve a evitare fenomeni di condensa nelle tubature che potrebbe portare a un cattivo funzionamento del ventilatore.

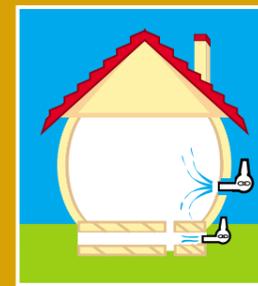
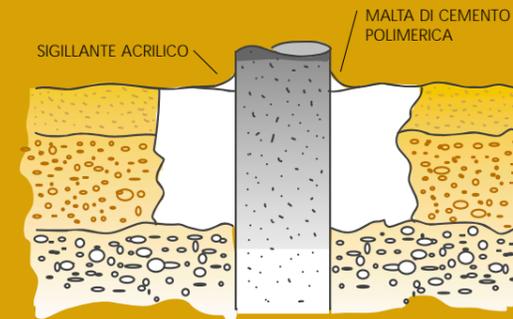


## SIGILLATURA DELLE VIE D'INGRESSO

Il radon può penetrare attraverso le fessure negli elementi a contatto con il terreno, soprattutto pareti e solaio.

Le fessure possono comparire lungo l'attacco tra parete verticale e solaio orizzontale, in corrispondenza dei giunti, delle zone in cui avviene il ritiro dei getti di calcestruzzo, delle entrate dei servizi cioè delle canalizzazioni per il passaggio dell'acqua, dell'energia elettrica e dello scarico fognario.

Le fessure possono essere riempite con sigillanti acrilici, a base di silicone o di poliuretano, o con malta polimerica di cemento con particolari additivi antiritiro, meglio se impermeabili all'acqua. In particolare, le aperture attorno alle entrate dei servizi devono essere sigillate togliendo il vecchio riempimento, applicando quello nuovo di malta polimerica, e sigillando i punti di contatto con il tubo con il sigillante acrilico.



## PRESSURIZZAZIONE DEI LOCALI INTERNI O DEL VESPAIO

La ventilazione forzata, attraverso ventilatori, dei locali interni o del vespaio, permette di aumentare il ricambio dell'aria. L'immissione dell'aria, che può essere realizzata sia nei locali interni sia nel vespaio, permette di aumentare la pressione all'interno di questi ambienti, contrastando l'ingresso del radon dal sottosuolo.

## VENTILAZIONE DEL VESPAIO

Se l'edificio presenta un vespaio al di sotto dell'attacco a terra, è possibile realizzare una ventilazione naturale o artificiale che può diluire il gas proveniente dal sottosuolo, diminuendo la concentrazione all'interno dell'edificio. Il vespaio, cioè la camera d'aria che isola il pavimento dal terreno, può essere ventilata in modo naturale attraverso un sistema di aperture che generino correnti d'aria in grado di far fuoriuscire il gas. Lo stesso risultato può essere ottenuto attraverso sistemi di ventilazione meccanici lungo il perimetro del vespaio.



Se l'edificio possiede una zona vuota al di sotto dell'attacco a terra, è possibile sfruttare l'azione dei venti per ventilare il vespaio e diluire il gas che fuoriesce dal terreno. In questo caso occorre aumentare il numero di bocchette di aerazione del vespaio. La ventilazione può essere realizzata anche con piccoli ventilatori che favoriscono il ricambio d'aria. In alternativa, immettendo aria nel vespaio e chiudendo le bocchette di uscita, si realizza una sovrappressione che contrasta la fuoriuscita del radon dal terreno.

In assenza di vespaio si può deviare il flusso del gas dal terreno verso l'edificio, attraverso un sistema di aspirazione che intercetta il gas al di sotto del solaio e lo rilascia nell'atmosfera. Se l'abitazione poggia direttamente sul terreno, e non esiste un locale sottostante, si possono costruire uno o più pozzetti interrati, a profondità che possono arrivare a 200 centimetri. All'interno del pozzetto si produce una depressione che permette di risucchiare il gas dal terreno e di trasportarlo, attraverso un opportuno sistema di tubazioni, fuori dall'edificio.

Le tubazioni possono essere interne o esterne alla costruzione, ma in quest'ultimo caso si evita il rischio che le perdite di gas durante il trasporto rientrino nella casa. Lo stesso risultato del pozzetto può essere ottenuto anche sotterrando tubazioni orizzontali o verticali, forate e collegate con un sistema di aspirazione, o sfruttando, eventualmente, i tubi utilizzati per il drenaggio dell'acqua dalle fondamenta.

### COME DIMINUIRE LA CONCENTRAZIONE DI GAS

La concentrazione di radon può essere dimi-

## I punti principali

■ Se il radon è già presente nell'abitazione, è possibile diluirlo per diminuire la concentrazione, attraverso sistemi meccanici

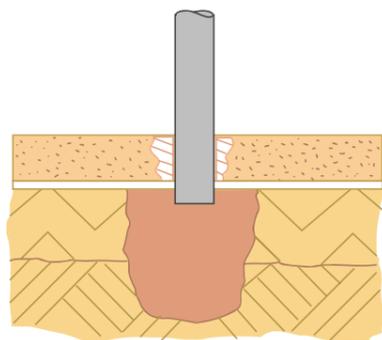
■ Le tecniche per ridurre il radon in un'abitazione già realizzata si basano sulla ventilazione naturale o forzata dei locali e del vespaio. È anche possibile realizzare l'aspirazione del gas dal sottosuolo e la sua dispersione in atmosfera, tramite un pozzetto al di sotto dell'abitazione

■ Se la casa è in costruzione possono essere applicate, in modo più semplice e meno costoso, le stesse tecniche di rimedio

■ Il costo di un intervento di bonifica può variare tra 500 e 2.600 euro (1-5 milioni), ma nella maggior parte dei casi è tra 500 e 1.000 euro (1-2 milioni)

■ Per informazioni sulle bonifiche ci si può rivolgere all'ARPAV al numero verde 800-080480. Le imprese a cui sono affidati i lavori devono verificarne l'efficacia e rilasciare una dichiarazione.

ta, per esempio, ventilando i locali in modo forzato, cioè attraverso ventilatori che aumentino i ricambi d'aria dei locali. Questo effetto può essere ottenuto aspirando aria, immettendo aria o con entrambe le azioni. L'aspirazione, pur favorendo il ricambio d'aria, rischia, in alcuni casi, di



### LA TECNICA DEL POZZETTO

■ Se non esiste un locale interrato o seminterrato, è possibile costruire un pozzetto, in materiale prefabbricato, in muratura o in plastica, localizzato nel terreno al di sotto del solaio o anche adiacente all'edificio

■ Il pozzetto ha di solito dimensioni 60 per 60 centimetri ed è posto a una profondità che può variare da 50-60 centimetri fino a 180-200.

■ La pressione negativa creata all'interno del pozzetto, aspirando con ventilatori, si estende nel terreno sottostante, risucchiando il gas, che viene poi incanalato nelle tubazioni e rilasciato in atmosfera.

■ È necessaria una copertura stagna al di sopra del pozzetto, spesso realizzata con membrane di polietilene

## LE CIFRE DELLA BONIFICA IN VENETO

Tipo di area	Abitazioni che superano il livello di riferimento	Abitazioni totali	Costo delle bonifiche (miliardi di lire)
Aree ad alto potenziale	30.000	200.000	60
Aree non ad alto potenziale	20.000	1.500.000	40
Veneto	50.000	1.700.000	100

■ Nella tabella sono riportati i costi previsti se tutte le abitazioni in cui si supera il livello di riferimento venissero bonificate, con costo unitario orientativo di 1.000 euro (2 milioni di lire)

■ I dati sulle abitazioni che superano il livello di riferimento sono stime orientative ricavate dall'indagine regionale per l'individuazione delle aree ad alto potenziale di radon

■ In tutto il Veneto le abitazioni in cui il livello di radon è superiore a 200 Becquerel per metro cubo potrebbero essere più di 50.000, secondo le stime

■ Sono considerate aree ad alto potenziale quelle per cui, in almeno il 10 per cento delle abitazioni, il livello di radon supera 200 Becquerel per metro cubo

(Fonte: ARPAV)

aumentare la depressione della casa, favorendo il risucchio del radon dal sottosuolo. In questi casi l'immissione d'aria, oltre ad aumentare la ventilazione, aumenta la pressione contrastando l'ingresso del radon. In ogni caso occorre fare i conti con la perdita di calore che, specie nei mesi invernali, può far lievitare i costi.

### COSTRUIRE UNA CASA MENO INQUINATA

Se la casa è in costruzione, è possibile mettere in pratica alcune azioni per prevenire la presenza di alti livelli di radon nell'abitazione.

Molte delle tecniche di rimedio utilizzate per ridurre la concentrazione di radon negli edifici già realizzati possono essere applicate anche alle abitazioni in costruzione.

In questo caso la realizzazione di tali opere è più semplice, più economica, ed è più facile adattare al meglio il sistema scelto alle caratteristiche dell'abitazione.

Le soluzioni possono essere di tipo diverso, ma i migliori risultati si ottengono, comunque, abbinando diverse tecniche.

Possibili azioni preventive sono:

- la ventilazione del vespaio;
- la sigillatura di crepe, fessure e passaggi di servizi;
- la realizzazione di pozzetti interrati interni o esterni alla casa;
- l'aumento della pressione nella zona del vespaio, per contrastare la naturale fuoriuscita del gas dal terreno;

■ l'inserimento di una barriera impermeabile al gas, mentre si realizzano le parti a contatto con il terreno;

■ l'utilizzo di particolari cementi antiritiro, che possono mantenere stabile la struttura dell'edificio, limitando il naturale ritiro che si verifica dopo ogni colata di cemento. In questo modo si limita la formazione di fessure nella fase di consolidamento del cemento.

### A CHI RIVOLGERSI

Per informazioni sulle azioni di rimedio più opportune, ci si può rivolgere al sito ARPAV (<http://www.arpa.veneto.it>), dove è a disposizione del pubblico il fascicolo che contiene le indicazioni per le bonifiche. In seguito si può contattare un'impresa che si occupi della realizzazione dei lavori. Una volta compiuta la bonifica, l'impresa dovrà verificare quantitativamente l'efficacia dell'intervento, e rilasciare una dichiarazione che la attesti. Questa dichiarazione potrà essere inviata all'ARPAV, per aggiornare una banca dati sulle bonifiche.

### I COSTI DELLE BONIFICHE

La spesa necessaria per realizzare le azioni di rimedio dipende dalla concentrazione di radon presente nell'abitazione e dalla struttura dell'edificio. Il costo di un intervento di bonifica può variare tra 500 e 2.600 euro (da 1 a 5 milioni di lire), ma nella maggior parte dei casi è tra 500 e 1.000 euro (da 1 a 2 milioni).



## PER SAPERNE DI PIÙ

### Numero verde ARPAV

Maggiori informazioni e approfondimenti su radon, misurazioni e bonifiche possono essere richieste al numero verde: 800-080480 (tariffa urbana)

### Siti internet di interesse

Ulteriori informazioni, e il documento tecnico di approfondimento, sono disponibili in rete, agli indirizzi:

- **ARPAV:**  
<http://www.arpa.veneto.it/>
- **Regione Veneto settore sanitario:**  
<http://www.regione.veneto.it/sanita/>
- **ANCE:**  
<http://www.ance.it/>

La situazione del radon in Veneto, gli effetti sanitari che possono derivare dall'esposizione continuata a questo gas radioattivo, particolarmente all'interno delle abitazioni, le possibili contromisure da adottare per proteggersi. Il problema del radon è analizzato in questa pubblicazione nei suoi vari aspetti, a partire dalla situazione del Veneto, messa in luce dalla campagna di misurazione promossa dalla Regione e conclusa nel 2000, che ha permesso di individuare in modo preliminare le aree con alti livelli di questo gas nel territorio regionale.

Il radon è la seconda causa di tumore polmonare dopo il fumo, ma i livelli di concentrazione all'interno degli ambienti chiusi possono essere tenuti sotto controllo attraverso opportuni comportamenti e adeguati interventi di rimedio.

Per questo motivo grande spazio è dedicato a consigli pratici su come realizzare in modo corretto la misurazione del radon nelle proprie abitazioni e i necessari interventi di bonifica dei propri ambienti di vita.