

A cura di:

Giancarlo Torri
Valeria Innocenzi
Leandro Magro
Marco Cavaioli
Patrizia Leone
Maurizio Petruzzi
Francesco Salvi

Copertina:

Franco Iozzoli

Progetto grafico:

Elena Porrazzo


ISPRA

Via Vitaliano Brancati, 48
00144 Roma

Stampa:

Tipograf srl
Via Costantino Morin, 26/a
00195 Roma

Finito di stampare ottobre 2008



L'individuazione e la conoscenza delle potenziali fonti di inquinamento rappresentano un passaggio necessario per l'impostazione di corrette e adeguate politiche di prevenzione e di risanamento ambientale.

Spesso le fonti di pressione ambientale sono attribuite alle attività umane, ma, in alcuni casi, hanno un'origine naturale. È proprio il caso del radon, un gas naturale invisibile, incolore e inodore, prodotto dal decadimento radioattivo dell'uranio presente nel suolo e nelle rocce fin dalle origini del nostro pianeta. Il radon si accumula negli edifici, case, scuole, ambienti di lavoro.

L'Organizzazione Mondiale della Sanità lo ha dichiarato un agente cancerogeno in grado di indurre il tumore polmonare. Stime consolidate da decenni a livello mondiale attribuiscono al radon la seconda causa di tumore polmonare dopo il fumo di tabacco.

Il controllo della concentrazione di radon negli ambienti di lavoro è stato introdotto nella legislazione italiana nel 2000, ma il radon è presente anche nelle nostre case.

Elevate concentrazioni possono essere ridotte utilizzando semplici azioni di prevenzione e risanamento.

Per questi motivi e rispondendo al diritto di informazione del pubblico l'ISPRA e L'ARPA Lazio hanno prodotto un opuscolo informativo per la popolazione.

La misura della concentrazione di radon può essere fatta in modo semplice, affidabile e poco costoso e rappresenta un'azione che ognuno di noi può svolgere per la conoscenza e la prevenzione dei propri ambienti di vita.

Ma, prima, bisogna essere informati.

La radioattività

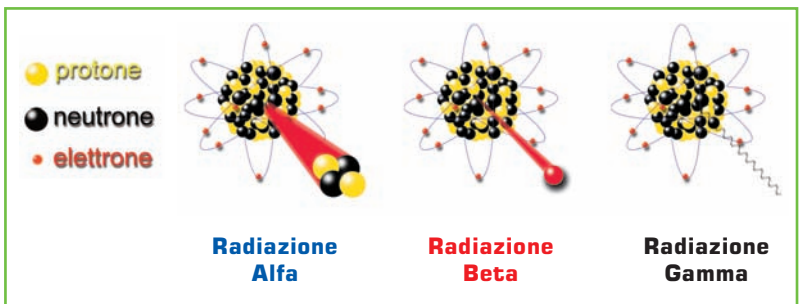
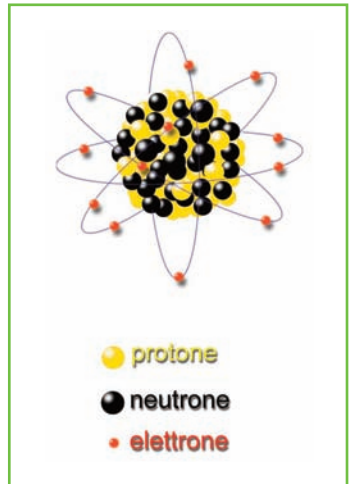
Gli atomi (o elementi) costituiscono la base della materia. Sono formati da un nucleo centrale costituito da protoni e neutroni intorno ai quali ruotano gli elettroni.

Le caratteristiche chimiche degli elementi sono definite essenzialmente dal numero di protoni (numero atomico) del nucleo. Uno stesso elemento, tuttavia, può contenere nel suo nucleo, un diverso numero di neutroni dando origine a quelli che sono definiti "isotopi", ossia elementi dalle stesse caratteristiche e comportamento chimico, ma con alcune diverse proprietà, ad esempio proprio in relazione alla radioattività.

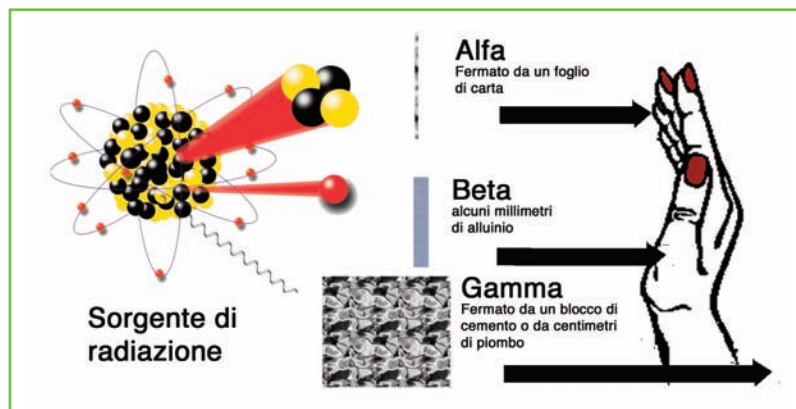
Le infinite combinazioni tra atomi danno luogo alle molecole. L'insieme delle molecole formano la materia.

Molti elementi/isotopi presenti in natura e altri artificialmente prodotti sono caratterizzati da una instabilità dei propri nuclei e tendono spontaneamente a trasformarsi verso forme più stabili. Le trasformazioni consistono nell'emissione di particelle e/o di energia da parte del nucleo e costituiscono il fenomeno della radioattività. Le particelle o l'energia emesse durante le trasformazioni sono le cosiddette radiazioni ionizzanti. L'aggettivo ionizzante è dovuto alla proprietà di modificare la struttura della materia con la quale interagiscono.

Esistono principalmente tre tipi di radiazioni: radiazioni alfa, beta e gamma.



I tre tipi di radiazioni hanno proprietà e comportamenti differenti. In particolare, diverso è il potere di penetrazione e l'energia che rilasciano durante il loro passaggio nella materia.



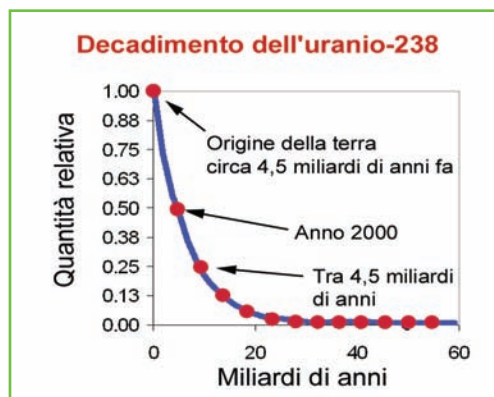
Nel caso dei tessuti biologici tale interazione può causare un danneggiamento delle cellule. Nella maggior parte dei casi il danno viene riparato dai normali meccanismi di difesa dell'organismo, ma, in alcuni casi, in funzione anche dell'entità e della durata dell'esposizione, le cellule interessate possono risultare compromesse e possono verificarsi effetti sanitari sugli individui esposti.

La radioattività si misura in trasformazioni per secondo (disintegrazioni per secondo) e, in onore al fisico francese Henry Becquerel, la sua unità di misura è il Becquerel (Bq):

$$1 \text{ Bq} = 1 \text{ disintegrazione per secondo}$$

La trasformazione di un elemento, che in termini tecnici viene definita "decadimento",

segue delle regole probabilistiche con tempi che variano moltissimo da elemento a elemento.



Ad esempio l'uranio-238 (92 protoni e 146 neutroni), che è uno degli isotopi presenti da sempre nella crosta terrestre, ha un nucleo instabile. La sua presenza si dimezza ogni 4,47 miliardi di

anni. Attualmente è circa la metà della quantità originariamente presente sulla terra che ha un'età proprio di circa 4.5 miliardi di anni.

Radioattività artificiale e radioattività naturale

La radioattività può avere un'origine sia artificiale, sia naturale.

La radioattività artificiale è quella che si produce a seguito di attività umane: produzione di energia nucleare, uso di apparecchiature industriali e mediche per diagnosi e cure, attività di ricerca, ecc. A queste si devono aggiungere le attività legate alla produzione di materiale bellico. Le attività sopracitate sono rigorosamente regolate da legislazioni nazionali e/o internazionali.

La radioattività naturale è dovuta alla presenza di radiazioni provenienti dal cosmo, alle interazioni tra queste e l'atmosfera e alla presenza di molti elementi radioattivi presenti fin dalle origini della terra, che non si sono ancora trasformati completamente e ancora non hanno raggiunto lo stato di stabilità finale.

Alcune particolari attività produttive trattano materiali naturali contenenti elementi radioattivi e possono dar luogo a esposizioni a radiazioni non trascurabili sia per i lavoratori sia per la popolazione. Queste attività sono regolate da specifiche norme che tutelano i lavoratori e la popolazione.

Cosa è il radon

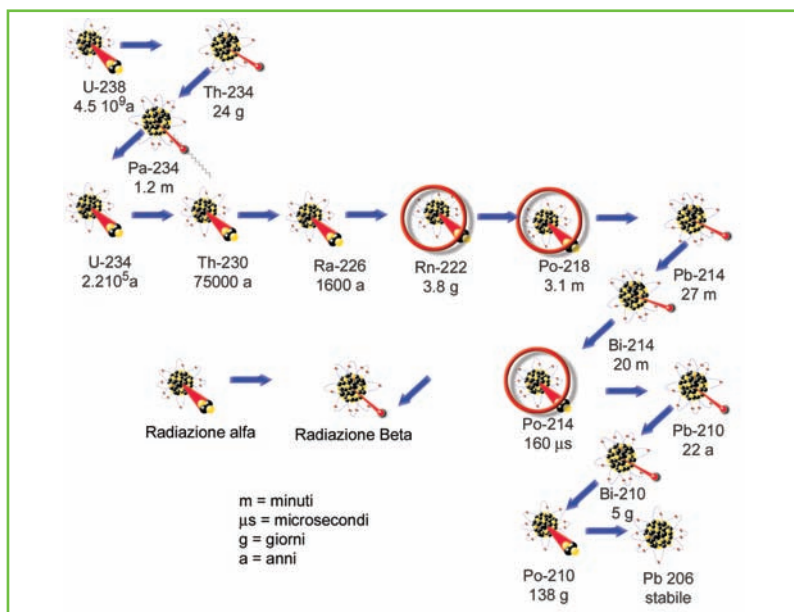
Il radon è un elemento chimico naturale, radioattivo, appartenente alla famiglia dei cosiddetti gas nobili o inerti.

È incolore, inodore, insapore e non può essere avvertito dai sensi. Deriva dal "decadimento nucleare" del radio che a sua volta proviene dall'uranio.

Questi elementi sono presenti fin dalle origini della terra, in quantità molto variabile, in tutta la crosta terrestre e quindi anche nei materiali da costruzione che da questa derivano (cementi, tufi, laterizi, pozzolane, graniti, ecc.).

L'uranio-238 è il capostipite di una catena naturale che attraverso successivi decadimenti del nucleo si trasforma in elementi e isotopi diversi fino a raggiungere l'isotopo stabile del piombo-206.

Durante tutto il processo vengono emesse, ad ogni trasformazione nucleare, radiazioni ionizzanti di diverso tipo: alfa, beta, gamma o combinazioni di esse.



L'uranio e il radio sono elementi solidi, ma il radon è un gas e quindi è in grado di muoversi e di fuoriuscire dal terreno, dai materiali da costruzione e dall'acqua ed entrare negli edifici.

Anche il radon emette radiazioni e si trasforma in altri elementi. Questi ultimi sono definiti "prodotti di decadimento" o "figli" del radon e sono a loro volta radioattivi ed emettono ancora radiazioni.

In particolare, oltre al radon-222, il polonio-218 e il polonio-214 emettono radiazioni alfa che sono vere e proprie particelle energetiche che producono un notevole danno durante il breve tratto di tessuto che eventualmente attraversano.

Non esiste luogo ove il radon non sia presente. In atmosfera si disperde rapidamente e non raggiunge quasi mai elevate concentrazioni, ma nei luoghi chiusi (case, scuole, negozi, ambienti di lavoro, ecc.) può, in taluni casi, arrivare a concentrazioni tali da rappresentare un rischio eccessivo per gli occupanti.

Come unità di misura viene utilizzato il:

Bq/m³ (Becquerel per metro cubo)

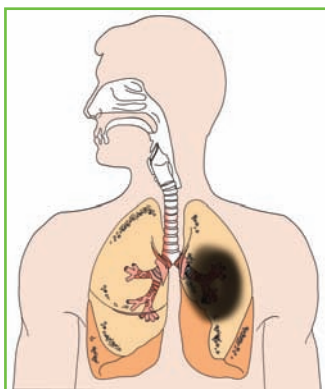
che rappresenta il numero di disintegrazioni nucleari che ogni secondo sono emesse in un metro cubo di aria. In pratica, una concentrazione di 400 Bq/m³ vuol dire che 400 nuclei di radon si stanno trasformando, ogni secondo, in ogni metro cubo di aria, emettendo radiazioni.

Gli effetti sulla salute

Il radon è un agente cancerogeno.

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO), attraverso l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC), ha classificato fin dal 1988 il radon nel Gruppo 1 nel quale sono elencate le 105 sostanze per le quali si ha la massima evidenza di cancerogenicità per l'uomo.

Il principale effetto sanitario è il tumore polmonare.



Il radon è un gas inerte ed elettricamente neutro, per cui non reagisce con altre sostanze. Di conseguenza, così come viene inspirato, viene espirato. Tuttavia è anche radioattivo, ossia si trasforma in altri elementi, chiamati prodotti di decadimento del radon, o più generalmente "figli". Questi sono elettricamente carichi e si attaccano al particolato, sempre presente in aria, che può essere inalato, fissandosi, in parte, sulle superfici dei tessuti polmonari. In particolare due isotopi del polonio (Po-218 e Po-214) sono ancora radioattivi ed emettono radiazioni "alfa" che possono danneggiare le cellule.

Tali danni sono generalmente riparati dai meccanismi biologici, ma, in alcuni rari casi, possono modificare la struttura della cellula, lasciandone inalterata la capacità riproduttiva e dando origine ad un fenomeno degenerativo di tipo cancerogeno. Fino ad oggi non sono stati sufficientemente dimostrati effetti diversi dal tumore polmonare.

Fondamentale importanza assume la combinazione tra fumo di tabacco ed esposizione al radon. Il rischio di tumore polmonare causato dal radon per i fumatori viene considerato 15-25 volte superiore rispetto al rischio per i non fumatori.

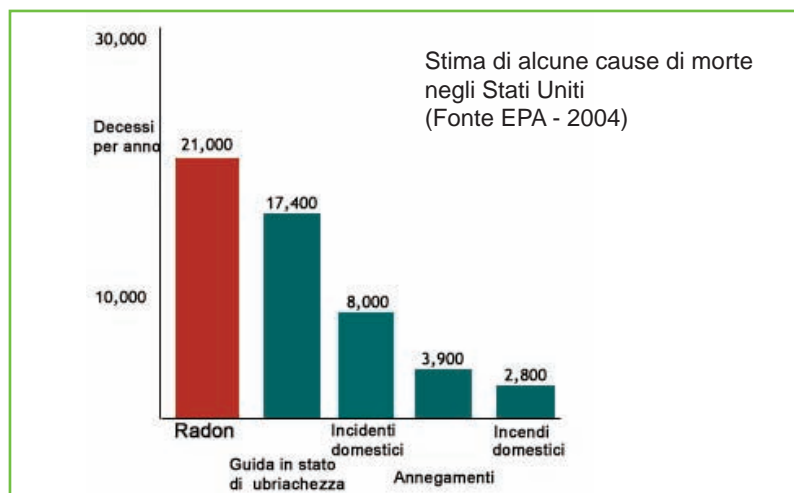
Le più recenti e accurate stime di rischio basate su un insieme di 13 studi europei che prendono in esame le esposizioni nelle abitazioni, confermano e consolidano le valutazioni dei decenni precedenti. In media ogni cento Bq/m³ si ha un aumento di rischio di circa il 16%. Questo vuol dire, ad esempio, che essendo la concentrazione media italiana pari a 70 Bq/m³ circa l'11% degli oltre 31.000 casi di tumore polmonare che ogni anno si registrano in Italia sono attribuibili al radon, con una incidenza molto maggiore tra i fuma-

tori. In Europa si stima che il radon sia responsabile del 2% circa dei decessi causati da tutti i tipi di tumore.

La probabilità di contrarre il tumore polmonare è proporzionale alla concentrazione in aria e al tempo trascorso nei vari ambienti di vita (case, scuole, ambienti di lavoro, ecc.) e al consumo di tabacco.

Non esiste una concentrazione “sicura” al di sotto della quale la probabilità di contrarre il tumore è nulla. Tuttavia molte organizzazioni scientifiche internazionali, l'Organizzazione Mondiale della Sanità, la Comunità Europea e singoli Paesi hanno fissato dei livelli di riferimento per le abitazioni e per gli ambienti di lavoro al di sotto dei quali ritengono il rischio accettabile. Al di sopra di questi valori, invece, suggeriscono e in alcuni casi impongono di adottare provvedimenti per la riduzione della concentrazione.

Per aiutare a comprendere il rischio sanitario associato al radon è utile confrontare questo rischio con altri più conosciuti. Nella tabella seguente sono riportati vari fattori di rischio di morte per alcune cause (fonte EPA - Agenzia per la Protezione Ambientale degli Stati Uniti - 2004).



Valori di riferimento

Molti paesi industrializzati hanno emanato delle raccomandazioni per invitare la popolazione ad affrontare questo problema attraverso, innanzi tutto, la misura della concentrazione di radon e l'adozione di azioni di risanamento quando questa superi determi-

nati livelli, in quanto ritenuta fonte di un rischio elevato per la salute. Tali valori variano da paese a paese, e comunque nella maggior parte dei casi sono compresi nell'intervallo tra 150 e 400 Bq/m³. La Commissione Europea, con la Raccomandazione 143/Euratom del 1990, ha fissato dei valori di riferimento della concentrazione di radon nelle abitazioni oltre i quali si raccomandano interventi di bonifica per la riduzione della sua concentrazione:

- 400 Bq/m³ per edifici esistenti;
- 200 Bq/m³ per edifici da costruire (come valore di progetto).

I due valori sono diversi in relazione alla maggiore semplicità di intervento in caso di nuovi edifici.

Molti paesi hanno adottato valori di riferimento unici per case già costruite e in costruzione: Stati Uniti 150 Bq/m³, Inghilterra 200 Bq/m³, Germania 250 Bq/m³, Canada 800 Bq/m³.

In Italia non è ancora stato fissato un valore di riferimento a livello nazionale; è comunque vigente la raccomandazione europea.

Come entra negli edifici

Il radon è un gas inerte, pertanto non reagisce chimicamente con l'ambiente che lo circonda. Una volta prodotto è in grado di migrare attraverso il suolo e diffondere dai materiali da costruzione.

L'interno degli edifici è generalmente in depressione rispetto all'esterno. Questa depressione produce dei moti convettivi nel suolo che fanno sì che il radon venga "aspirato" verso l'interno degli edifici stessi.



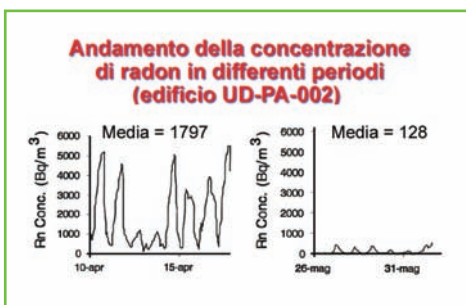
Una volta raggiunto l'edificio il radon penetra attraverso:

- le fessure dei pavimenti, anche se invisibili, che sono sempre presenti;
- le giunzioni pavimento - parete;
- i passaggi degli impianti termici, idraulici, delle utenze elettriche, del gas ecc..

Anche i materiali da costruzione emettono radon e possono, in alcuni casi, contribuire considerevolmente ad aumentarne la concentrazione.

Anche l'acqua è una sorgente di radon, ma, a meno di casi eccezionali, contribuisce in misura minore alla sua concentrazione.

La concentrazione di radon è molto variabile sia da luogo a luogo sia nel tempo. Due edifici simili e vicini possono avere concentrazioni molto differenti. Forti variazioni della concentrazione di radon si possono riscontrare tra il giorno e la notte, durante differenti condizioni meteorologiche e tra estate e inverno. Per questo motivo una misura della concentrazione di radon significativa, per conoscere la situazione e per decidere cosa fare, deve essere protratta per un periodo sufficientemente lungo, possibilmente per un intero anno.



Come si misura

La grandezza che viene presa come riferimento per valutare l'entità del problema è la concentrazione di radon gas (o radon 222) in aria. Viene espressa in:

Bq/m³
(Becquerel per metro cubo)

ossia il numero di trasformazioni nucleari che ogni secondo sono emesse in un metro cubo di aria.

La misura si effettua con diverse tecniche; il metodo più diffuso ed economico, con il quale sono state fatte decine di milioni di misure in tutto il mondo, richiama i dosimetri degli addetti ai reparti di radiologia dei laboratori di analisi cliniche.

Un dispositivo di piccole dimensioni viene posizionato nell'ambiente che si vuole misurare.

Nel dispositivo è presente un materiale sensibile alle radiazioni alfa emesse dal radon e dai suoi prodotti di decadimento.



Le radiazioni alfa, attraversando il materiale, vi imprimono delle "tracce" indelebili.

Al termine dell'esposizione il dispositivo viene portato in laboratorio ed analizzato. Il "numero" delle tracce rilevate è proporzionale alla concentrazione del radon gas presente nell'ambiente in esame. Il dispositivo può essere spedito per posta. I materiali con cui sono costruiti i dosimetri sono comuni plastiche del tutto innocue.

A causa della elevata variabilità della concentrazione di radon, la misura deve essere protratta per un intero anno, possibilmente suddivisa in due semestri corrispondenti ai periodi caldi (primavera-estate) e freddi (autunno-inverno)

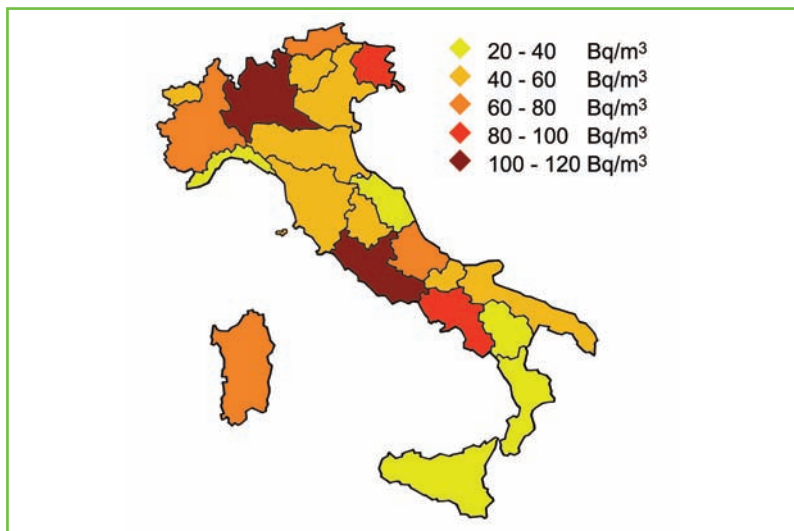
Il costo di una singola misura di radon si aggira intorno ad alcune decine di euro.

La situazione in Italia

Tra gli anni '80 e '90 è stata realizzata un'indagine nazionale sull'esposizione al radon nelle abitazioni dall'ISPRA, dall'Istituto Superiore della Sanità e dai Centri Regionali di Riferimento della Radioattività Ambientale degli assessorati regionali alla sanità, oggi confluiti nelle Agenzie per la protezione dell'ambiente regionali e provinciali (ARPA-APPA). Il valore della concentrazione media è risultato:

70 Bq/m³

Tale valore è relativamente elevato rispetto alla media mondiale va-



lutata intorno a 40 Bq/m³ e a quella europea di circa 59 Bq/m³.

Nell'ambito delle regioni vi è una situazione molto diversificata con concentrazioni medie regionali che vanno da poche decine di Bq/m³ fino ad oltre 100 Bq/m³ e singole abitazioni che superano 1000 Bq/m³.

La concentrazione di radon dipende da molti fattori: presenza di uranio e radio nel suolo e nei materiali da costruzione, permeabilità del suolo e persino le abitudini di vita. Anche in aree dove generalmente si riscontrano basse concentrazioni, esiste la possibilità che in alcuni edifici vi sia una elevata presenza di radon.

La bonifica degli ambienti

Non è possibile eliminare completamente il radon dai nostri ambienti di vita. Anche all'esterno è presente, in concentrazioni relativamente basse (5-15 Bq/m³). Tuttavia è possibile, anzi è raccomandabile intervenire in quegli ambienti in cui la concentrazione è elevata e causa un elevato rischio per la salute.

Negli Stati Uniti sono ormai milioni gli edifici bonificati dal radon o costruiti con criteri anti-radon.

La scelta del metodo più adatto al singolo edificio dipende da molti fattori e deve essere oggetto di discussione e di approfondimento tra tutti i soggetti interessati (proprietario, eventuali occupanti, imprese).

L'intervento sull'edificio è un compromesso tra efficienza di abbattimento del radon, costi di installazione ed esercizio, accettabilità da parte degli occupanti, facilità di manutenzione, incidenza sulle abitudini di vita, durata nel tempo.

Sono di seguito elencate alcune tecniche per ridurre la concentrazione di radon in un ambiente.

Sigillatura delle vie di ingresso

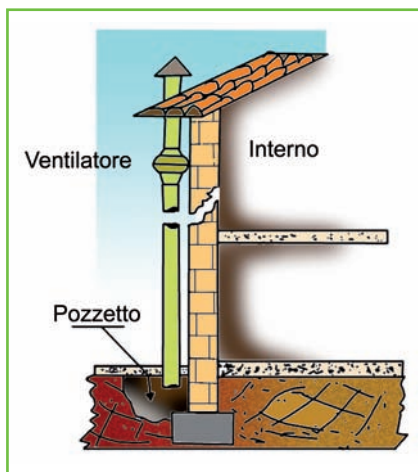
Con questo metodo si tenta di chiudere tutte le possibili vie di ingresso. La sigillatura può essere parziale, cioè a carico delle fessure, delle giunzioni pavimento-pareti, dei passaggi dei servizi, (idraulici, termici, delle utenze, ecc.), oppure totale, cioè su tutta la superficie di contatto con il suolo. Si utilizzano particolari materiali polimerici per la sigillatura parziale e fogli di materiale a bassa permeabilità al radon per la sigillatura totale. La sigillatura è impiegata generalmente come supporto alle tecniche descritte di seguito.

Ventilazione

Un aumento della ventilazione dell'ambiente diluisce il radon presente. Questo metodo si realizza con l'ausilio di un ventilatore. I

problemi connessi con questo sistema sono legati alla necessità di recupero del calore nei mesi invernali.

Il metodo è più adatto per applicazioni in ambienti di lavoro, in particolare laddove esista già un impianto. Questa tecnica oltre a risolvere il problema del radon contribuisce, con opportuni accorgimenti, a migliorare il complesso della qualità dell'aria.



Depressurizzazione del suolo

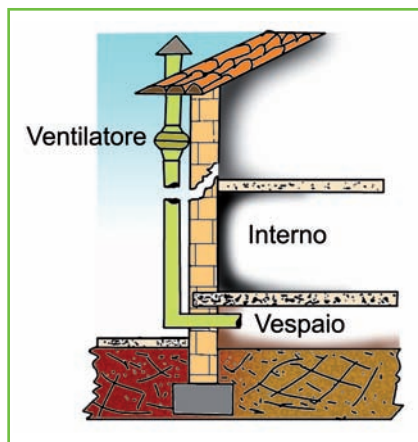
Questa è la tecnica maggiormente consigliata nel caso di concentrazione molto elevata derivante dal suolo. Si tratta di realizzare sotto o nei pressi dell'edificio un piccolo ambiente per la raccolta del gas radon. Questo "pozzetto" viene collegato a un piccolo ventilatore. In tal modo si realizza, all'interno del pozzetto, una depressione che raccoglie il radon e lo espelle in aria impedendo che entri all'interno dell'edificio.

Pressurizzazione dell'edificio

In questo caso si cerca di incrementare la pressione interna dell'edificio, in modo da contrastare l'ingresso del radon dal suolo. In pratica l'aria interna spinge il radon fuori dall'edificio. Anche in questo caso è necessario l'ausilio di un ventilatore.

Ventilazione del vespaio

Questo metodo è utilizzato quando è presente un vespaio al di sotto dell'edificio. Aumentando la ventilazione del vespaio si diluisce il radon presente e di conseguenza meno radon si trasferisce nell'edificio. L'incremento della ventilazione può essere realizzato aumentando il numero delle bocchette di aeraazione ed eventualmente applicando un ventilatore. In alcuni casi la semplice pulizia



delle bocchette di aerazione già presenti porta a un abbassamento della concentrazione di radon.

I costi della bonifica dipendono dal tipo di intervento e possono andare da alcune centinaia di euro fino a 2-3000 euro per la bonifica e da qualche decina a qualche centinaia di euro l'anno per i costi di esercizio.

Azioni di prevenzione per nuove costruzioni

In fase di progettazione o di costruzione di un nuovo edificio, adottare criteri che riducano l'ingresso del radon dal suolo, ha un costo relativamente ridotto.

Nel caso si voglia adottare la tecnica del vespaio o delle intercapedini, è sufficiente prevedere la realizzazione di una buona ventilazione naturale per tutta la superficie di contatto suolo-edificio. Il numero delle bocchette di aerazione deve essere sufficiente a consentire un buon ricambio di aria (orientativamente una bocchetta ogni 2 metri lineari). Inoltre è consigliabile il riempimento del vespaio con ghiaia. In aggiunta deve essere steso un foglio di materiale a bassa permeabilità al radon (già ne esistono in commercio) sempre su tutta la superficie di contatto suolo-edificio. In tal modo la costruzione rimane predisposta per una facile installazione di un ventilatore nel caso la concentrazione risultasse elevata.

Quando non si adotta il vespaio si devono predisporre, al di sotto della prima gettata, uno o più pozzetti di raccolta, a seconda della superficie dell'edificio (circa uno ogni 250 m²), collegati tra loro e collegati con l'esterno dell'edificio. Inoltre si deve stendere, sempre sotto la prima gettata, uno strato di ghiaia di circa 5-10 cm. Infine si deve stendere un foglio di materiale a bassa permeabilità al radon. Anche in questo caso, nell'eventualità in cui si riscontrassero elevate concentrazioni, potrà essere collegato un ventilatore per l'aspirazione del radon dal o dai pozzetti.

I metodi sopra riportati sono da intendersi come descrittivi. La loro scelta e applicazione deve seguire un'accurata fase di indagine e l'ausilio di personale specializzato.

Il radon negli ambienti di lavoro

Per gli ambienti di lavoro, scuole comprese, sono stati fissati precisi obblighi per i datori di lavoro, ma anche per le istituzioni, dal Decreto Legislativo 241 del 2000 (che modifica e integra il precedente Decreto Legislativo 230 del 1995):

I primi sono responsabili di effettuare misure della concentrazione di radon in particolari luoghi di lavoro, individuati dal decreto.

Le seconde sono incaricate della individuazione delle aree del territorio in cui il problema si presenta in misura più rilevante, nel quale tali misure saranno obbligatorie in tutti i luoghi di lavoro.

Il decreto ha fissato un livello di riferimento di 500 Bq/m³, oltre il quale il datore di lavoro deve intervenire con più approfondite valutazioni ed eventualmente con azioni di bonifica.

Attualmente i ritardi nella emanazione di alcuni decreti applicativi e nella costituzione di una speciale commissione tecnica rendono incompleta l'applicazione del decreto.

Cosa fare

Il radon è un serio problema ambientale/sanitario.

Vivere, lavorare o studiare in ambienti con elevate concentrazioni di radon aumenta la probabilità di contrarre un tumore polmonare.

Una semplice prevenzione può ridurre il rischio.

La prima cosa da fare, se si abita o si lavora in edifici a diretto contatto con il terreno, o in edifici costruiti con materiali che possono essere ricchi di uranio/radio, in particolare tufi e pozzolane dell'Italia centrale, è misurare gli ambienti di vita.

Il costo di una misura è relativamente basso (alcune decine di euro).

Anche se si abita in un'area per la quale è nota una generalizzata bassa concentrazione di radon non è esclusa la possibilità di singole elevate concentrazioni.

Se le concentrazioni dovessero essere elevate prendete in considerazione l'eventualità di adottare dei sistemi che riducano la presenza del radon.

Non esiste una concentrazione sicura al di sotto della quale il rischio diventa zero.

Se avete intenzione di ristrutturare la vostra casa valutate la concentrazione di radon ed eventualmente adottate dei sistemi per prevenire l'ingresso e l'accumulo del radon. In questo caso il costo è notevolmente ridotto.

Se state per costruire una nuova casa valutate l'opportunità di applicare criteri anti-radon.