

# Introduzione

**L** radon è un gas radioattivo immesso nell'aria ambiente e proveniente dal decadimento dell'uranio presente nelle rocce, nel suolo e nei materiali da costruzione.

Tende ad accumularsi negli ambienti confinati (ambienti indoor), dove in alcuni casi può raggiungere concentrazioni tali da rappresentare un rischio significativo per la salute della popolazione esposta. È considerato la seconda causa di cancro al polmone dopo il fumo di tabacco e ad esso sono attribuiti dal 5 al 20% di tutti i casi (da 1.500 a 5.500 stimati per la sola Italia all'anno).

Gli edifici maggiormente a rischio sono quelli costruiti su suoli di origine vulcanica o fortemente permeabili e che impiegano materiali da costruzione quali tufo, pozzolane, graniti. L'Italia rappresenta pertanto un Paese a rischio, per quanto la situazione si presenti a macchia di leopardo non solo tra aree diverse ma anche nell'ambito di un medesimo comprensorio territoriale. Il livello di radon raggiunto negli edifici dipende da numerosi fattori, tra i quali la tipologia di edificio e il numero di ricambi d'aria, che a sua volta dipende dal grado di ventilazione naturale o artificiale.

Nonostante l'emanazione di numerose linee guida a livello internazionale e del Decreto Legislativo n. 241/2000, che tutela dall'esposizione al radon nei luoghi di lavoro (recepimento della direttiva 96/29/Euratom), in Italia la popolazione non è ancora tutelata sul piano normativo. In altri Paesi Europei la legge fissa o raccomanda invece determinati livelli di concentrazione di radon da non superare, oppure al di sopra dei quali effettuare azioni di risanamento, oltre che in ambienti di lavoro nelle abitazioni.

Analogamente a quanto avvenuto in altri Paesi l'Italia si è però dotata di un Piano Nazionale Radon (PNR), cioè di un piano coordinato di azioni volte alla riduzione del rischio di tumore polmonare connesso all'esposizione al radon ed ai suoi prodotti di decadimento. Il PNR è stato preparato nel 2002 da un apposito gruppo di lavoro, composto da esperti di diversa provenienza e competenza, nell'ambito di una commissione del Ministero della Salute, e successivamente è stato valutato positivamente dal Consiglio Superiore di Sanità, approvato dal Ministro della Salute, ed infine discusso ed emendato nell'ambito della Conferenza Stato-Regioni.

Nel 2006 il "Centro per la prevenzione ed il controllo delle malattie" (CCM), presso il Ministero della Salute, ha stanziato un primo finanziamento per avviare la realizzazione del PNR, affidandone il coordinamento all'Istituto Superiore di Sanità, coadiuvato da un Sottocomitato Scientifico di cui fanno parte esperti di vari Enti, Ministeri, Regioni. Il PNR prevede azioni su: valutazione del rischio, mappatura della concentrazione di radon ed individuazione degli edifici a maggiore presenza di radon, identificazione di sistemi per prevenire o ridurre l'ingresso del radon negli edifici, informazione della popolazione e di gruppi specifici, formazione degli addetti, normative per le abitazioni ed i luoghi di lavoro.

Le azioni di tutela dal rischio radon passano attraverso un'adeguata informazione alla popolazione e pos-

sono consistere in interventi di bonifica a livello degli edifici esistenti o in soluzioni progettuali per quanto riguarda i nuovi edifici.

Il tipo di azioni da porre in atto dipende dal livello di radon nell'edificio (è sempre necessaria la misura preliminare di questo gas nell'ambiente secondo norme di buona tecnica, anche ai fini della mappatura del territorio e del patrimonio edilizio), dalla tipologia e dall'età dell'edificio, dalla compatibilità con regolamenti e vincoli edilizi e con norme di sicurezza. I costi sono molto variabili in funzione dell'intervento, ma in generale sostenibili per quanto riguarda le singole unità abitative. Dal radon è quindi possibile proteggersi nella maggior parte dei casi, molto spesso attuando azioni semplici e a basso costo.

La presente guida è il risultato dell'attività di un gruppo di lavoro *ad hoc* (gruppo di lavoro "*Ambienti di vita: prevenzione del rischio radon negli ambienti domestici*") costituito presso l'*Osservatorio Nazionale Epidemiologico sulle condizioni di Salute e Sicurezza negli Ambienti di Vita*, con sede presso il Dipartimento di Medicina del Lavoro dell'Istituto Superiore per la Prevenzione E la Sicurezza del lavoro (ISPESL), e fa parte di una collana informativa per la popolazione pubblicata a cura dell'Osservatorio Epidemiologico (*I quaderni per la salute e la sicurezza*) dedicata alla conoscenza e alla gestione di singoli fattori di rischio che si riscontrano in ambiente domestico e in generale negli ambienti di vita. La guida è rivolta alla popolazione nel suo insieme e intende offrire al cittadino un'informativa sul problema radon, comprendente una sintetica descrizione di questo fattore di rischio, l'illustrazione della situazione in Italia, il quadro normativo di riferimento e le principali iniziative già attuate o in corso, la descrizione delle principali azioni di tutela, i riferimenti nazionali e locali dei soggetti che a vario titolo si occupano del problema radon.

Ciò allo scopo di favorire una corretta percezione del rischio, orientare la valutazione del medesimo a livello della specifica situazione abitativa, essere da supporto al cittadino nella scelta di cosa fare per proteggersi e a chi rivolgersi.

L'opera è caratterizzata dal linguaggio facilmente accessibile ed è corredata da una iconografia di immediata comprensione. È inoltre integrata da un glossario essenziale alla comprensione delle informazioni di tipo tecnico.

# Cosa è il radon

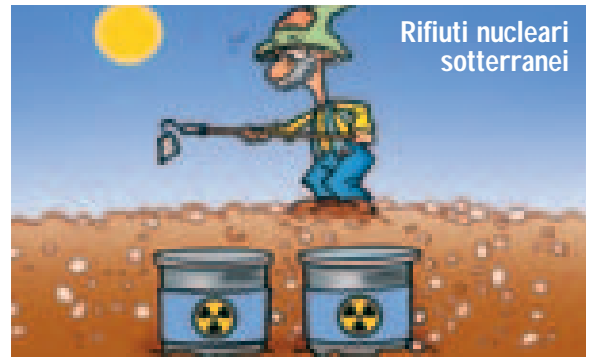
**L'**uomo è stato esposto da sempre a una **radioattività di origine naturale**, dovuta sia ai raggi cosmici sia alle emissioni radioattive dal suolo sia ad altre fonti (figura 1.1).

Figura 1.1 - Esposizioni a sorgenti naturali



Nella nostra epoca, alla radioattività naturale cui la popolazione è esposta quotidianamente si somma l'esposizione a **sorgenti artificiali di radiazioni**, utilizzate in ambito medico, industriale, nella ricerca scientifica o legate all'impiego pacifico dell'energia nucleare o alla conduzione in passato di test nucleari in atmosfera (figura 1.2).

Figura 1.2 - Esposizioni a sorgenti artificiali



Si è anche assistito ad un aumento delle esposizioni a fonti naturali come conseguenza del progresso tecnologico: ad esempio una maggiore esposizione a radiazioni di origine cosmica si registra durante i voli in aereo alla quota di crociera.

Per quanto riguarda la radioattività naturale, la quota di gran lunga più rilevante è quella derivata dall'**esposizione a radon presente nell'aria degli ambienti confinati** (*ambienti indoor*).

## Radioattività e radiazioni

Con il termine di **radiazione** si intendono tutti quei processi dove vi è trasporto di energia. È possibile suddividere le radiazioni in **ionizzanti** e **non ionizzanti**. Le prime, a differenza delle seconde, hanno sufficiente energia per produrre ioni quando attraversano la materia, compresa la materia vivente.

Per **radioattività** invece si intende la capacità che hanno alcuni elementi chimici di emettere radiazioni ionizzanti in seguito alla trasformazione strutturale dei loro nuclei atomici (nuclei radioattivi). La radioattività può essere distinta in naturale o indotta, a seconda se è una proprietà spontanea dei nuclei atomici o se è stata provocata per mezzo di reazioni nucleari. Per **isotopi** si intendono forme diverse di uno stesso elemento chimico. Tra tutti gli isotopi (o **nuclidi**) alcuni sono stabili mentre altri sono instabili, tendono cioè a perdere uno o più costituenti del nucleo dell'atomo. Durante il processo sono emesse radiazioni ionizzanti e per questo motivo sono definiti isotopi radioattivi.

Un nucleo radioattivo nel momento stesso in cui manifesta la sua radioattività si trasforma in un diverso nucleo. Ciò comporta la trasformazione di un elemento chimico in un altro: il fenomeno è noto con il nome di **decadimento**. Dato che i processi di trasformazione del nucleo comportano l'emissione di energia sotto forma di radiazioni ionizzanti si parla più propriamente di **decadimento radioattivo**. Il tempo impiegato affinché il numero di isotopi inizialmente presente si riduca alla metà è detto **tempo di decadimento** o **emivita**.

Il numero di decadimenti radioattivi che si verificano nell'unità di tempo (un secondo) viene detto **attività del nuclide**, misurata in **Bequerel (Bq)**:  $1 \text{ Bq} = 1 \text{ decadimento radioattivo al secondo}$ . Se il radionuclide è allo stato gassoso, come ad esempio il Radon, si indica l'attività per unità di volume, esprimendola in **Bq per metro cubo ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ )**. Nel caso il radionuclide sia incluso in una matrice liquida (es. Radon disciolto in acqua) l'attività viene espressa in **Bq per litro ( $\text{Bq}/\text{l}$ )**.

Il decadimento radioattivo comporta un'emissione: a seconda del tipo di isotopo interessato è possibile avere tre tipi di emissioni diverse: particella alfa ( $\alpha$ ), particella beta ( $\beta$ ) e radiazione gamma ( $\gamma$ ) (figura 1.3).



Segnale di pericolo che indica la presenza di una sorgente radioattiva



Simbolo con il quale viene indicato il radon nelle illustrazioni del quaderno



Rappresentazione con la quale si indica la diffusione del radon nelle abitazioni illustrate nel quaderno



  
**PERICOLO**  
**Radiazioni**  
**alfa ( $\alpha$ )**



  
**PERICOLO**  
**Radiazioni**  
**beta ( $\beta$ )**



  
**PERICOLO**  
**Radiazioni**  
**gamma ( $\gamma$ )**

*Figura 1.3. Nuclei di elementi radioattivi diversi possono decadere secondo tre possibili modalità: emettendo cioè radiazioni alfa, beta o gamma. Ciascun tipo di radiazione ha capacità differente di attraversare la materia, compresi i tessuti del corpo.*

Le **particelle  $\alpha$**  sono costituite da nuclei di elio. Penetrano in misura molto scarsa nella materia perché sono tra le particelle più pesanti emesse dai nuclei. Questa caratteristica permette loro di superare solo gli strati più esterni della cute; comportano quindi rischi contenuti per quanto concerne l'irraggiamento esterno, ma configurano rischi molto maggiori in caso di irraggiamento interno (penetrazione attraverso lesioni della cute, ingestione accidentale di cibi contaminati, inalazione di gas Radon). Il decadimento  $\alpha$  è proprio di elementi chimici pesanti, quali uranio, torio, lo stesso radon e i suoi "figli".

Le **particelle  $\beta$**  sono costituite da elettroni ( $\beta^-$ ) o positroni ( $\beta^+$ ), a seconda del tipo di isotopo radioattivo che decade. La maggior parte dei decadimenti  $\beta$  è di tipo  $\beta^-$  e interessa soprattutto isotopi radioattivi di elementi leggeri. Gli elettroni hanno massa molto inferiore rispetto alle particelle  $\alpha$  e di conseguenza sono dotati di un potere di penetrazione maggiore nei tessuti del corpo.

A differenza delle particelle  $\alpha$  e  $\beta$  le **radiazioni  $\gamma$**  sono costituite da fotoni, sono cioè vere e proprie radiazioni elettromagnetiche. Hanno la stessa natura della luce e si muovono alla stessa velocità, ma possiedono frequenza, e quindi energia, molto più elevata. Costituiscono il tipo di radiazione ionizzante più penetrante.

## Origine del radon

Il **radon** è un gas nobile radioattivo incolore ed inodore, generato continuamente da alcune rocce della crosta terrestre (principalmente lave, tufi, graniti, pozzolane) in seguito al decadimento del Radio 226 ( $^{226}\text{Ra}$ ), che a sua volta è generato dall'Uranio 238 ( $^{238}\text{U}$ ). Il Radon si trasforma spontaneamente in altre sostanze radioattive dette "figli". La catena di decadimenti ha termine con un elemento stabile rappresentato dal Piombo 206 ( $^{206}\text{Pb}$ ).

Tra gli elementi radioattivi presenti nelle rocce e nel terreno derivano infatti tre importanti catene radioattive:

- la prima ha origine dall'Uranio 238 ( $^{238}\text{U}$ ) e arriva fino al Piombo 206 ( $^{206}\text{Pb}$ ); costituisce la serie dell'Uranio;
- la seconda ha origine dall'Uranio 235 ( $^{235}\text{U}$ ) e termina con il Piombo 207 ( $^{207}\text{Pb}$ ); è detta serie dell'Attinio;
- la terza ha origine dal Torio 232 ( $^{232}\text{Th}$ ) e termina con il Piombo 208 ( $^{208}\text{Pb}$ ); viene definita serie del Torio.

Da queste tre serie si originano 3 isotopi del Radon, che hanno diverso tempo di decadimento, come illustrato nella tabella 1.1.

**Tabella 1.1. Isotopi del radon e loro tempo di decadimento.**

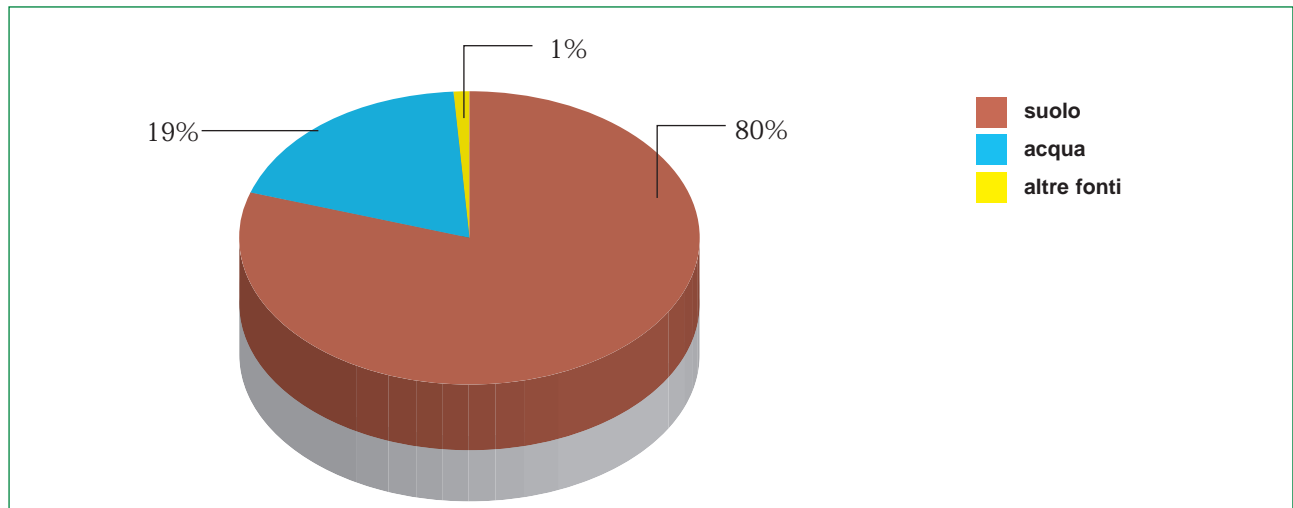
Isotopo di partenza	Isotopo del radon prodotto	Tempo di decadimento dell'isotopo del radon prodotto
$^{235}\text{U}$	$^{219}\text{Rn}$ (detto <b>actinon</b> )	<b>3,96 secondi</b>
$^{238}\text{U}$	$^{222}\text{Rn}$ (detto <b>radon</b> )	<b>3,8 giorni</b>
$^{232}\text{Th}$	$^{220}\text{Rn}$ (detto <b>thoron</b> )	<b>55 secondi</b>

Gli isotopi del radon decadendo emettono particelle  $\alpha$  e si trasformano in elementi "figli", quali Polonio 218 ( $^{218}\text{Po}$ ), Polonio 214 ( $^{214}\text{Po}$ ), Piombo 214 ( $^{214}\text{Pb}$ ) e Bismuto 214 ( $^{214}\text{Bi}$ ), anch'essi radioattivi. Polonio 218 ( $^{218}\text{Po}$ ) e Polonio 214 ( $^{214}\text{Po}$ ) decadono a loro volta emettendo particelle  $\alpha$ .

L'Uranio 238 è il nuclide responsabile della produzione del Radon 222 ( $^{222}\text{Rn}$ ), che rappresenta l'isotopo del radon di maggiore rilevanza ai fini del rischio per la salute dell'uomo.

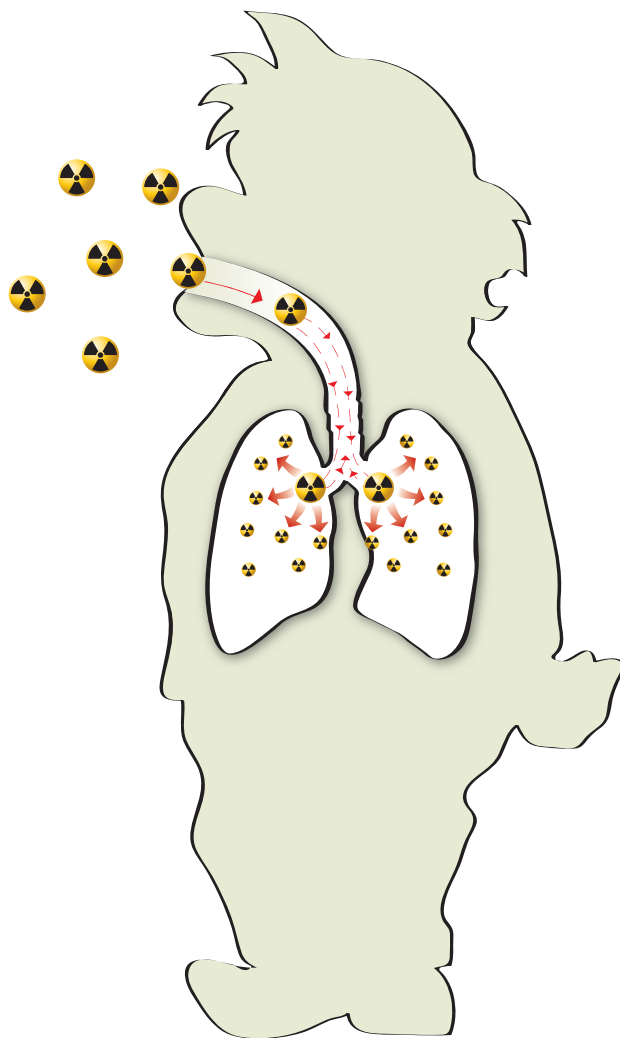
Il radon pertanto deriva principalmente dal terreno, dove sono contenuti i suoi precursori e frequentemente è presente nelle falde acquifere come gas disciolto.

Il suolo è responsabile dell'80% del Radon presente nell'atmosfera, l'acqua del 19% e le altre fonti solo dell'1% (figura 1.4). È circa 8 volte più pesante dell'aria, e per questa sua caratteristica tende ad accumularsi negli ambienti confinati e quindi anche nelle abitazioni.



**Figura 1.4.** Origine del radon





**Figura 1.5.** Una volta inalato il radon, a seguito del processo di decadimento radioattivo, produce elementi detti "figli", anch'essi radioattivi, di natura non gasosa. I "figli" del radon possono pertanto depositarsi sulla superficie delle vie respiratorie e, decadendo a loro volta, irradiarle. In alternativa i "figli" possono formarsi nell'area ambiente per decadimento del radon ed essere poi inalati assieme a particolato, fumi etc.

Il Radon in quanto tale è, da un punto di vista chimico, poco reattivo. Inoltre, essendo un gas, oltre che inalabile è facilmente eliminabile per via respiratoria. Non altrettanto si può dire dei suoi **figli** (figura 1.5), che sono da un punto di vista sia chimico che elettrico molto più reattivi e una **volta formatisi vengono veicolati all'interno del corpo umano grazie a particelle di fumo, vapore acqueo, polveri** etc.

I **figli del radon** una volta giunti a livello polmonare si fissano ai tessuti e continuano ad emettere particelle  $\alpha$ , in grado di danneggiare le cellule dell'apparato polmonare in modo irreversibile.

Sulla base di numerosi studi epidemiologici Il Radon è stato classificato dall'*Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro* (IARC), che è parte dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, come **cancerogeno per l'uomo**.

Oggi **il radon è considerato la principale causa di morte per tumore ai polmoni dopo il fumo di tabacco**.