

# ROMA



***Sovrintendenza ai Beni Culturali  
U.O. Amministrativa e Contabile  
Servizio Protezione e Prevenzione***

**Corso di formazione  
Quaderno N° 13**

**“IL RADON”**

**LE RADIAZIONI IONIZZANTI NATURALI**

## **PREMESSA**

Sebbene la radioattività e i conseguenti pericoli coinvolgano l'equilibrio e la salute dell'intero sistema mondiale, oggi questo argomento continua ad essere materia di studi e conoscenza limitato a sole ristrette branche di addetti

Ad oggi la protezione contro le radiazioni è comunemente rivolta al solo personale interessato alla gestione ed esercizio d'impianti dove si generano o si manipolano materiali radioattivi.

Al comune cittadino, oggetto di eventuali esposizioni di carattere accidentale (Cernobyl), naturali( fonti termali, radon) o sanitarie (risonanza, radioterapia, radiodiagnostica) non è facile acquisire un'informazione sull'argomento per una cosciente protezione.

A seguito di una veloce inchiesta fatta con interviste sui luoghi di lavoro sulla conoscenza di "radiazioni ionizzanti naturali", "radioattività", "radioprotezione", ho ricevuto risposte superficiali e generiche basate sul «sentito dire» o sul «sentito qualcosa...» che ha evidenziato una radicale non conoscenza dell'argomento ed ignoranza sulla normativa a tutela al riguardo dei lavoratori .

A chi se non all'Amministrazione Pubblica deve essere demandato il compito di acquisire una conoscenza almeno sufficiente sull'argomento per dare una seppure minima ma corretta informazione ai lavoratori, in primo luogo anche cittadini, che per la loro attività possono venire a contatto con ambienti contaminati.

Una informazione, seppure elementare, rende cosciente le persone sulla eventuale necessità di misure cautelari atte a ridurre i rischi .

*P.I. Alessandro Moglioni*

## INTRODUZIONE

Una recente normativa (D.Lgs 241/2000) di recepimento ed attuazione di una direttiva comunitaria prevede, ad integrazione di quanto contenuto nel precedente D.Lgs 17 marzo 1995 n° 230, la protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dall'esposizione delle **“radiazioni ionizzanti naturali”**.

In particolare nel campo applicativo del decreto rientrano le **“... attività lavorative durante le quali i lavoratori e, eventualmente le persone del pubblico sono esposti a prodotti di decadimento del radon o del toron o a radiazioni gamma o ad ogni altra esposizione in particolari luoghi di lavoro quali tunnel, sottovia, catacombe, grotte e, comunque, in tutti i luoghi di lavoro sotterranei”**.

In ambito della Sovrintendenza sussiste la possibilità che vengano svolte attività lavorative in ambienti confinati ipogei sia naturali che artificiali per le quali è imposta l'applicazione del disposto della recente normativa.

In tal senso si prevede l'obbligo da parte del Datore di Lavoro di verificare se le eventuali concentrazioni di contaminanti ambientali siano al di sotto dei livelli di azione previsti dal D.Lgs 17 marzo 1995 n° 230 ; ovviamente qualora tali limiti non siano rispettati è ovvio il dovere di mettere in atto quanto previsto dal decreto sopra citato con idonee azioni di rimedio e l'attivazione delle procedure di informazione e formazione ai lavoratori.

Scopo di questo nuovo opuscolo è dare ai lavoratori interessati un minimo di informazione sull'argomento, sui rischi derivanti dall'esposizione e sulla prevenzione da adottare .

## 1.0 LE RADIAZIONI IONIZZANTI

Con il termine generico di “radiazione” intendiamo una infinità di fenomeni notevolmente diversi uno dall’altro che possono spaziare dall’energia luminosa emessa da una lampada, dall’energia termica emessa da una fonte di calore di una fiamma, dall’energia elettromagnetica di un elettrodomestico nonché dall’energia emessa da elementi radioattivi.

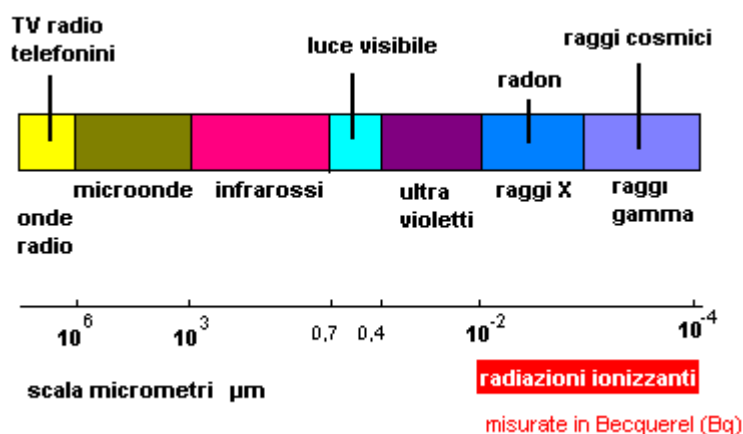
Le radiazioni, essendo in prima analisi un fenomeno naturale, dobbiamo sapere che sono costantemente intorno a noi e sebbene generalmente pericolose per l’uomo non debbono necessariamente essere sempre demonizzate: dobbiamo conoscerle per saper distinguere quelle non pericolose da quelle pericolose nonché da quelle che per ragioni mediche possono risultare indispensabili per salvare le vite umane.

Sono comuni fonte di radiazioni:

- \* Tv, radio, cellulari, ed elettrodomestici in genere.
- \* Onde radio emesse da stazioni di trasmissione.
- \* Antenne tv , ed antenne dei cellulari.
- \* Elettrodotti e cabine di trasformazione di energia elettrica.
- \* Il terreno, le rocce ed i materiali di costruzione.
- \* Alcuni esami di diagnostica e cura medica.
- \* Raggi solari.
- \* Raggi cosmici.
- \* Reattori nucleari.

Le radiazioni emesse sotto forma di onde dalle sorgenti evidentemente non sono tutte dello stesso tipo, della stessa intensità e conseguentemente hanno un diverso impatto sulla nostra salute.

L’unità di misura adottata per la rilevazione della “grandezza dell’onda” è il Becquerel (Bq) .



La scala riprodotta a fianco evidenzia facilmente il limite di classificazione tra “radiazioni ionizzanti” e “radiazioni non ionizzanti”.

Le radiazioni non ionizzanti, causate da telefonia mobile, antenne, elettrodomestici, impianti elettrici, elettrodotti, che comunemente vanno sotto la voce di eletrosmog, hanno una energia generalmente bassa e sebbene produ-

#### Rif.to 1

D.M. 381/98, legge quadro  
N. 36/2001,  
DPCM 08.07.2003

cano un'induzione elettrica nell'organismo umano i loro effetti sono tutt'ora fonte di studio. Attualmente i livelli di esposizione sono normati da altre fonti legislative (**Rif.to 1**).

Le radiazioni ionizzanti, considerate con certezza dalla scienza nocive per l'uomo, possono essere definite come onde elettromagnetiche dotate di potere altamente penetrante nella materia.

Esse sono prodotte da:

1. sostanze radioattive naturali (Radon);
2. sostanze radioattive artificiali (Plutonio impoverito);
3. reazioni nucleari;
4. raggi cosmici;
5. macchine radiogene (raggi x, radioterapia).

Perciò in base alla fonte di produzione ed emissione esistono due diverse possibilità:

- radiazioni ionizzanti naturali** ( dalle rocce e dallo spazio cosmico )
- radiazioni ionizzanti artificiali** ( prodotte dalla tecnologia del l'uomo).

## 2.0 LE RADIAZIONI IONIZZANTI NATURALI

#### Rif.to 2

L'**emivita** (o **tempo di dimezzamento**) di un isotopo radioattivo è definita come il tempo occorrente perché la metà degli atomi di un campione puro dell'isotopo decadano in un altro elemento.

L'emivita dei materiali radioattivi varia da frazioni di secondo per i più instabili, fino a miliardi di anni per quelli che sono solo leggermente instabili. Il decadimento si dice avvenga da un nucleo parente che produce un nucleo figlio.  
(www.wikipedia.org)

Le radiazioni ionizzanti naturali sono l'oggetto di interesse del D.Lgs 241/2000.

L'uomo è stato costantemente esposto, fin dalla sua comparsa sulla terra, alle radiazioni ionizzanti di origine naturale.

Sebbene il vasto impiego di sostanze ed impianti radiogeni, la radioattività naturale continua ad essere la fonte di maggior esposizione da parte della popolazione terrestre. La radiazione naturale può, a sua volta, suddividersi in origine terrestre ed origine extraterrestre; la prima è dovuta ai radionuclidi primordiali presenti in varie concentrazioni nei materiali inorganici della crosta terrestre (rocce minerali), la seconda è costituita dai raggi cosmici.

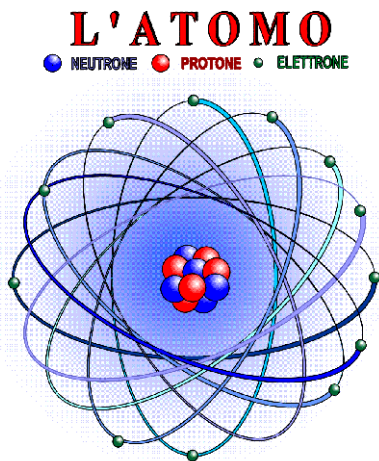
In natura sono presenti dei "radionuclidi primordiali" così definiti perché esistenti fin dalla formazione del sistema solare e tuttora presenti perché caratterizzati da una emivita (**Rif.to 2**) paragonabile a quella della Terra.

I principali radionuclidi primordiali sono gli elementi delle due serie radioattive dell'Uranio (U-238) e del Torio (Th232).

La concentrazione dei radionuclidi naturali nel suolo e nelle rocce varia fortemente da luogo a luogo in dipendenza della formazione geologica dei terreni.

In genere le rocce ignee ed i graniti contengono U-238 in percentuale maggiore di altre rocce ed alcune volte anche le rocce sedimentarie marine possono contenere altissimi valori di concentrazione di tale minerale.

### 3.0 LA RADIOATTIVITA'



Tutta la materia è costituita da atomi formati da un fascio di *Elettroni*, con all'interno un nucleo composto da *Protoni* e *Neutroni*.

Gli *Elettroni* rappresentano la carica negativa dell'atomo, i *Protoni* quella positiva mentre i *Neutroni* hanno carica neutra, da cui ne deriva che l'atomo ha una carica neutra.

Mediante il numero fisso di protoni ed il numero (variabile) di neutroni avviene la classificazione in chimica degli elementi;

Se l'elemento, perché naturalmente instabile o per processi artificiali, varia il numero di neutroni si genera un "isotopo" dell'elemento stesso ( **Rif.to 1** ).

La radioattività, per l'appunto, è la proprietà naturale attraverso la quale gli atomi instabili di alcuni elementi emettono in maniera spontanea energia da parte dei nuclei trasformandosi in atomi di un diverso elemento .

Questa trasformazione ( **Rif.to 2**):

- è chiamata disintegrazione o decadimento e può avvenire in tempi brevissimi o estremamente lunghissimi.

- è la causa delle radiazioni ionizzanti da cui ne deriva la terminologia di isotopi radioattivi, o anche radionuclidi.

I due principali elementi naturali che generano spontaneamente isotopi sono per l'appunto i già citati Uranio e Torio.

#### Rif.to 1

Numero di Protoni=Numero di elettroni= **Numero Atomico**  
Numero di Protoni=Numero di Neutroni =**Numero di Massa**  
Ne deriva che un isotopo è un elemento con **numero atomico** uguale ma diverso **numero di massa** rispetto all'elemento originario

#### Rif.to 2

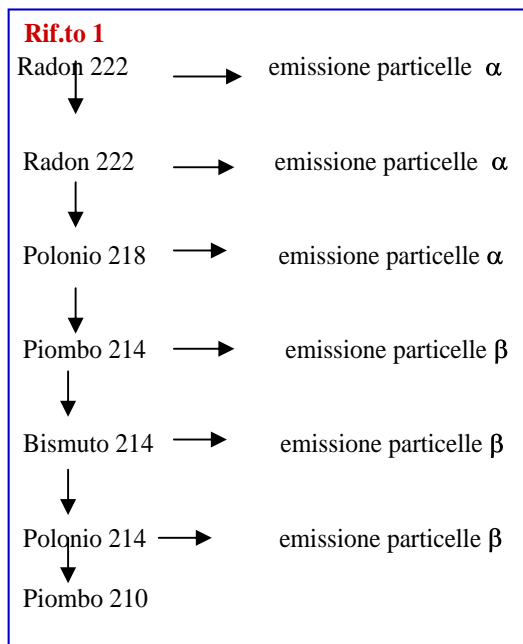
Il numero di trasformazioni nucleari spontanee di un radionuclide che si producono nell'unità di tempo, ovvero la sua attività, si esprime in Becquerel mediante il simbolo **Bq**

## 4.0 IL RADON

Per la relativa facilità di presenza nel terreno di elementi quali l'Uranio ed il Torio ne consegue la presenza di sostanze radioattive da questi derivate e denominate "figli".

Uno di queste è l'isotopo 222 del gas "Radon" formatosi dal decadimento dell'U-238 che porta alla formazione del Radio 226 (*Ra-226*) che emettendo una particella  $\alpha$  decade in **Radon 222** (*Rn-222*).

Dal punto di vista della radioprotezione il Radon decade con una emivita di 3,82 giorni dando origine ad una serie di figli con emivita breve che sono i veri responsabili degli effetti sanitari (**Rif.to 1**).



Il Radon è un gas nobile radioattivo, inodore, incolore, chimicamente inerte, elettricamente neutro, più pesante dell'aria (7,5 volte più pesante) e moderatamente solubile in acqua e per questa ultima caratteristica rilevabile disciolto in falde acquifere.

L'Uranio, che come abbiamo visto è il progenitore del Radon, è un elemento chimico facilmente presente in natura: ne consegue che il Radon è un inquinante ubiquitariamente diffuso sulla terra.

Ai fini della salute riveste particolare attenzione solo quando è presente in ambienti chiusi: il così detto radon indoor.

## 5.0 IL RADON INDOOR

Molti materiali da costruzione emettono quantità modeste di Radon, risultano molto radioattivi i graniti, la pomice, il tufo, la pozzolana e non da ultimi alcuni prodotti di scarto dell'edilizia come le scorie degli altiforni ed il fosfato di gesso.

Tuttavia la principale sorgente di Radon proviene sempre dal terreno sottostante le nostre residenze.

Una recente campagna nazionale ha stabilito il valore medio della concentrazione di radon nelle abitazioni italiane di circa 77 Bq/mc con percentuali superiori del 5% ed 1% rispettivamente per concentrazioni di 200 Bq/mc e 400 Bq/mc (**Rif.to 3**)

Se il gas Radon prodotto dalle rocce e dal sottosuolo si

### Rif.to 3

Una concentrazione di 200 Bq/mc implica una dose efficace di circa 3 mSv/anno

infiltra in un ambiente chiuso tenderà ad accumularsi raggiungendo, in mancanza di ricambi d'aria, livelli tali da rappresentare un rischio.

Il trasporto del Radon all'interno di un edificio è governato principalmente dal gradiente di pressione aria del suolo- aria interna e dall'isolamento a livello del contatto suolo-edificio, nonché dal tasso di esalazione di Radon dal suolo sottostante.

La depressione presente negli ambienti confinati causata da temperature più elevate rispetto all'esterno, determina il così detto "effetto camino" che causa il richiamo di gas rRadon dal terreno sottostante, per tale motivo il riscaldamento dell'aria interna può ulteriormente condizionare il fenomeno.

## 6.0 I RISCHI SULLA SALUTE

Le radiazioni prodotte dai radioisotopi interagiscono con la materia con cui vengono a contatto, trasferendovi energia. Tale apporto di energia, negli organismi viventi, produce una ionizzazione delle nostre molecole.

Gli effetti possono essere irrilevanti o più o meno dannosi, a seconda della dose di radiazioni ricevuta e del tipo di radiazioni.

L'unità di misura della dose assorbita dalla materia a seguito dell'esposizione alle radiazioni ionizzanti è il **Gray (Gy)**.

Per la misura delle dosi di radiazioni assorbite dall'uomo, o più precisamente per una misura degli effetti biologici dovuti alla dose di radiazioni assorbita, è stato introdotto il concetto di **equivalente di dose**, che tiene conto della dannosità più o meno grande, a parità di dose, dei vari tipi di radiazioni ionizzanti.

In questo caso, l'unità di misura è il **Sievert (Sv)** ( **Rif.to 1**).

Nel 1977 il Comitato Scientifico delle Nazioni Unite sugli effetti della radiazione atomica, in un suo rapporto, ha classificato il Radon come la principale sorgente naturale di radiazioni ionizzanti a cui la popolazione mondiale è esposta.

Nel 1988 l'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO) attraverso l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro ( IARC) ha classificato il Radon nel "Gruppo I" ossia come sostanza in cui vi è evidenza di cancerogenità anche negli esseri umani, collocandolo al secondo posto, dopo il fumo di tabacco.

L'effetto sanitario di maggiore rilevanza, legato al Radon, è un aumento di rischio di sviluppo del cancro polmonare.

### Rif.to 1

Ad esempio, una radiografia al torace comporta l'assorbimento di una dose di circa 0,14 mSv.

La dose annualmente assorbita da ogni individuo per effetto della radioattività naturale è in media di 2,4 mSv/anno

Il limite massimo di dose stabilito dalla legge italiana per le persone è 1mSv/anno al di sopra della dose naturale di radiazioni ( 20 mSv/anno per lavoratori impegnati in attività che prevedono l'uso o la manipolazione di radioisotopi )



Il radon ,che come abbiamo visto, è un elemento inerte ed elettricamente neutro, non può reagisce con altre sostanze, di conseguenza, così come viene inspirato, viene espirato. Tuttavia essendo radioattivo si trasforma in altri elementi, chiamati genericamente "figli", che sono elettricamente carichi e si attaccano sul particolato sempre presente in aria. Il particolato, costituito anche da polvere non visibile che rimane sospesa in aria, può essere inalato e fissarsi sulle superfici dei tessuti polmonari.

I danni che vengono prodotti sono generalmente riparati dai meccanismi biologici, ma vi è una probabilità che il danno cellulare provocato dagli atomi radioattivi così depositati , emettendo radiazioni alfa, possono danneggiare il DNA delle cellule polmonari che mantenendo la loro capacità di riproduzione entrano a far parte di un processo cancerogeno.

Il percorso delle radiazioni alfa è molto breve, per cui non vi è possibilità che altri organi possano essere danneggiati, pertanto praticamente l'unico rischio potenziale possibile è il tumore polmonare.

Nella valutazione degli effetti sanitari è molto importante tenere in considerazione l'effetto del fumo di tabacco, infatti , esiste una sinergia tra Radon e fumo di tabacco. Il Radon ha maggiore possibilità di causare il tumore polmonare tra i fumatori che tra i non fumatori. La probabilità di contrarre un tumore è proporzionale alla concentrazione in aria dei figli di Radon ed al tempo trascorso nei vari ambienti di vita (case scuole, ambienti di lavoro, ecc.).

Non esiste una concentrazione "sicura" al di sotto della quale la probabilità di contrarre il tumore è nulla.

La grandezza che viene presa come riferimento per rendersi conto dell'entità del problema è la concentrazione di gas Radon (o Radon 222).

Viene espressa in:

**Bq/m<sup>3</sup>**  
**(Bequerel per metro cubo)**

ossia il numero di disintegrazioni nucleari per ogni secondo per ogni metro cubo di aria. In realtà il danno ai tessuti è causato, come abbiamo visto, dai prodotti di decadimento del radon, i cosiddetti "figli".

## 7.0 COME SI RILEVA E SI MISURA

La misura diretta della concentrazione dei figli di Radon è relativamente complessa, in alternativa la misura della concentrazione del solo gas Radon invece è più semplice. Dato che esiste una corrispondenza tra figli e il gas Radon si preferisce fare riferimento a questa ultima grandezza per tutte le considerazioni sanitarie e per eventuali decisioni su azioni di bonifica degli edifici.

La misura si effettua con un dispositivo " *il dosimetro*" composto da un contenitore e da un rivelatore che viene posizionato nell'ambiente che si vuole analizzare.

Nel dosimetro 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 una "traccia" indelebile.

Il dosimetro rimane esposto per un certo tempo nell'ambiente da monitorare. Al termine della esposizione viene portato in laboratorio ed analizzato. Il "numero" delle tracce rivelate è proporzionale alla concentrazione del gas Radon presente nell'ambiente misurato.

## 9.0 COSA PREVEDE LA NORMATIVA

Il D.Lgs n°241 del 26 maggio 2000 attua la Direttiva Comunitaria 96/29 EURATOM, relativa alla protezione dei lavoratori alle radiazioni ionizzanti che introduce anche l'esposizione dei lavoratori a sorgenti naturali di radiazioni ionizzanti.

**Il campo di applicazione** del D.Lgs n°241 del 26 maggio 2000 prevede le attività lavorative per le quali è necessario effettuare i controlli per ridurre l'esposizione dei lavoratori e di eventuali persone del pubblico ai radionuclidi naturali, con particolare riferimento al Radon.

Le attività lavorative previste dalla vigente normativa ed individuabili in quelle della Sovrintendenza sono quelle:

- a) durante le quali i lavoratori e, eventualmente, persone del pubblico sono esposti a prodotti di decadimento del Radon o del Toron o a radiazioni gamma o ad ogni altra esposizione in particolari luoghi di lavoro quali tunnel, sottovie, catacombe, grotte e comunque, in tutti i luoghi sotterranei( **Rif.to 1**)
- b) durante le quali i lavoratori e, eventualmente, persone del pubblico sono esposti a prodotti di decadimento del Radon o del Toron o a radiazioni gamma o ad ogni altra esposizione in particolari luoghi di lavoro diversi da quelli di cui alla lettera a) in zone ben individuate o con caratteristiche determinate.

### Rif.to 1

Cap.1 c. 1.2 Linee guida per le misure di concentrazione di radon in aria nei luoghi di lavoro sotterranei

#### **Luogo sotterraneo:**

Locale o ambiente con almeno 3 pareti interamente sotto il piano di campagna, indipendentemente dal fatto che queste siano a diretto contatto con il terreno circostante o meno

**Rif.to 1**

Commi 1 e 2 Art. 10  
D.Lgs 241/00

**Rif.to 2**

(Allegato I-bis D.  
lgs. 230/95),

Nei luoghi di lavoro dove si svolgono le attività di cui al punto **a)** l' esercente è obbligato (**Rif.to 1**), a procedere alle misurazioni sistematiche per 365 giorni negli ambienti **tramite organismi riconosciuti**.

Nei luoghi di lavoro dove si svolgono le attività di cui al punto **b)** l' esercente è obbligato (**Rif.to 1**), a procedere alle misurazioni sistematiche per 365 giorni negli ambienti **tramite organismi riconosciuti**.

**Il livello d'azione** fissato è di **500 Bq/mc** di concentrazione di attività di Radon media in un anno (**Rif.to 2**);  
I casi previsti dalla legge che si possono presentare sono così schematizzati:

- A)** se la misura è inferiore a **400 Bq/mc** l'obbligo è risolto e occorre ripetere la misura solo se variano le condizioni di lavoro;
- B)** se la misura è compresa tra **400 e 500 Bq/mc** l'obbligo si risolve con la ripetizione della misura annualmente;
- C)** se la misura supera il livello di azione ( $> 500 \text{ Bq/mc}$ ) si deve:
  - C1)** spedire agli organi di controllo la relazione di misura;
  - C2)** incaricare un "Esperto Qualificato" per la valutazione della dose efficace assorbita dai lavoratori esposti;
  - C3)** verifica della dose efficace:
    - C3.1)** se la dose efficace è  $< 3 \text{ mSv/anno}$  l'obbligo si risolve con la ripetizione della misura;
    - C3.2)** se la dose efficace è  $\geq 3 \text{ mSv/anno}$  è prevista:
      - C 3.2.a)** valutazione del rischio da parte dell'Esperto Qualificato
      - C3.2.b)** il Datore di Lavoro predispone le azioni di rimedio e ripete la misura,
- D)** se i risultati confermano il superamento dei  $3 \text{ mSv/anno}$  lo stesso incarica:
  - D1)** l'Esperto Qualificato per la sorveglianza fisica;
  - D2)** il Medico Competente per la sorveglianza medica dei lavoratori esposti;
  - D3)** predispone ulteriori azioni di rimedio e ripete la misura.

## 7.0 COSA FARE

Il Radon è un serio problema sanitario. Vivere, lavorare o studiare in ambienti con elevate concentrazioni di radon aumenta la probabilità di contrarre un tumore polmonare.

*Richiedete una misura anche nelle scuole dei vostri figli.*

Se le concentrazioni dovessero essere elevate occorre prendere in considerazione la eventualità di adottare dei sistemi che riducano la presenza del Radon.

Per concentrazioni elevate si intendono concentrazioni che superano determinati valori di riferimento (che possono essere diversi per case, ambienti di lavoro, scuole, ecc.). In Italia ancora non c'è una chiara indicazione per questi valori. In attesa di una normativa nazionale si può fare riferimento ai valori raccomandati dalla Comunità Europea.

Molti paesi hanno adottato valori di riferimento più bassi: Stati Uniti: 150 Bq/m<sup>3</sup>, Inghilterra: 200 Bq/m<sup>3</sup>, Germania: 250 Bq/m<sup>3</sup>.

Per le scuole non vi sono indicazioni, ma, pur essendo assimilabili ad ambienti di lavoro, data la particolarità della popolazione esposta (bambini e giovani) si tende a prendere come valore di riferimento quello delle abitazioni.

**RICORDATE , TUTTAVIA, CHE NON ESISTE UNA CONCENTRAZIONE "SICURA" AL DI SOTTO DELLA QUALE IL RISCHIO DIVENTA ZERO.**

Una semplice prevenzione può ridurre tale rischio.

La prima cosa da fare, se si abita o si lavora in edifici per i quali si sospetta la presenza di Radon, è di misurare gli ambienti di vita.

## 8.0 COME SI ELIMINA

Non è possibile eliminare completamente il Radon dai nostri ambienti di vita.

Anche all'aperto vi è una seppur relativamente bassa concentrazione di Radon (5-10 Bq/m<sup>3</sup>). Tuttavia è possibile, anzi è raccomandabile intervenire in quegli ambienti in cui la concentrazione è elevata e causa un inaccettabile rischio per la salute.

Negli Stati Uniti più di un milione di edifici sono stati bonificati riducendo la concentrazione di radon al di sotto del livello di raccomandazione (150 Bq/m<sup>3</sup>) o costruite 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 accordo tra tutti i soggetti interessati (proprietario, progettista, 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, durabilità nel tempo. Vi sono diversi modi 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 a carico di tutta la superficie di contatto con il suolo. Si utilizzano particolari materiali polimerici per la sigillatura parziale e fogli di materiale impermeabile al radon per la sigillatura totale.

**Ventilazione:**

un aumento della ventilazione dell'ambiente favorisce la diluizione e la dispersione del radon presente.

La ventilazione può essere di tipo passivo o forzata, con l'ausilio di ventilatori.

Tuttavia devono essere valutati i problemi connessi ad esempio con il dispendio di calore nei mesi invernali.

**Pressurizzazione dell'edificio:**

In questo caso si incrementa la pressione interna dell'edificio, con l'ausilio di un ventilatore, in modo da contrastare la risalita del radon dal suolo. In pratica l'aria immessa spinge il radon fuori dall'edificio.

**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 aerazione ed eventualmente applicando un ventilatore. In alcuni casi la semplice pulizia delle bocchette di aerazione già presenti porta ad un abbassamento della concentrazione di radon.

**Depressurizzazione del suolo:**

Questa è tra le tecniche maggiormente consigliate per situazioni di concentrazioni molto elevate.

Si tratta di realizzare sotto la superficie dell'edificio un piccolo ambiente per la raccolta del gas radon.

Questo vano viene collegato ad un piccolo ventilatore con funzione di estrattore d'aria. 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.

**Ventilazione del vespaio:**

Il 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 aerazione ed eventualmente applicando un ventilatore. In alcuni casi la semplice pulizia delle bocchette di aerazione presenti porta ad un abbassamento della concentrazione di radon.

#### **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 molto contenuto, a volte irrilevante rispetto all'intero costo della costruzione.

Nel caso si voglia adottare la tecnica del vespaio o delle intercapedini, è sufficiente tenere presente di realizzare 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 impermeabile 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. Nel caso non si adotti 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 m<sup>2</sup>), 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 impermeabile al radon. Anche in questo caso, nella eventualità si riscontrino elevate concentrazioni, potrà essere collegato un ventilatore per l'aspirazione del radon dal o dai pozzetti.

#### **Azioni di prevenzione in cantieri mobili e temporanei**

Uno dei compiti spettanti alla Stazione Appaltante in caso di affidamento di un'opera rientrante nel campo di applicazione del D.Lgs 494/96 è la progettazione della sicurezza.

Nel caso di lavori di qualsiasi genere in ambienti sotterranei è opportuno pertanto che il Coordinatore della Sicurezza in fase di Progettazione preveda e predisponga in fase preventiva un'indagine del sito mirata anche alla rilevazione della concentrazione del gas Radon .

In caso di esito positivo s'impone la previsione di tecniche di mitigazione finalizzate ad ottenere percentuali trascurabili di gas Radon durante le successive attività

lavorative ( durante i lavori dovranno comunque svolgersi indagini che accertino l'efficacia delle tutele progettate).

Considerando che in fase di lavorazione non possono adottarsi misure passive di tutela che limitino preventivamente la penetrazione di gas Radon in ambiente l'unica misura attiva adottabile è il ricorso ad una ventilazione a doppio flusso in squilibrio.

Tale sistema vede l'impiego di una ventilazione dell'ambiente di lavoro abbinata ad una estrazione leggermente sottodimensionata rispetto alla prima in maniera da mettere in atto sia una diluizione di gas presente nel volume con contemporaneo impedimento di penetrazione di ulteriore gas .

Per ottenere un idoneo effetto sarà necessario l'utilizzo di un ventilatore per insufflazione con portata indicativa compresa tra 1,5—5 mc/h x mq di superficie ed un ventilatore per estrazione con portata nominale inferiore.

Il progettista della sicurezza in tal caso dovrà valutare alcune conseguenze determinanti la sicurezza dei lavoratori e la tutela del bene in considerazione che:

- la scelta del tipo di ventilatori deve essere determinata dall'ambiente nel quale sarà prevista l'installazione ( esplosivo, aggressivo, umido, bagnato, polveri etc).
- la ventilazione a doppio flusso in squilibrio può comportare sia rischi di condensazione che di perdita dell'umidità relativa dell'aria con influenze negative sulle strutture da sottoporre a lavori di recupero o restauro.