



Focus tematico:

# ATTIVITÀ DELL' ARPAB PER LE MISURE DI RADON IN BASILICATA



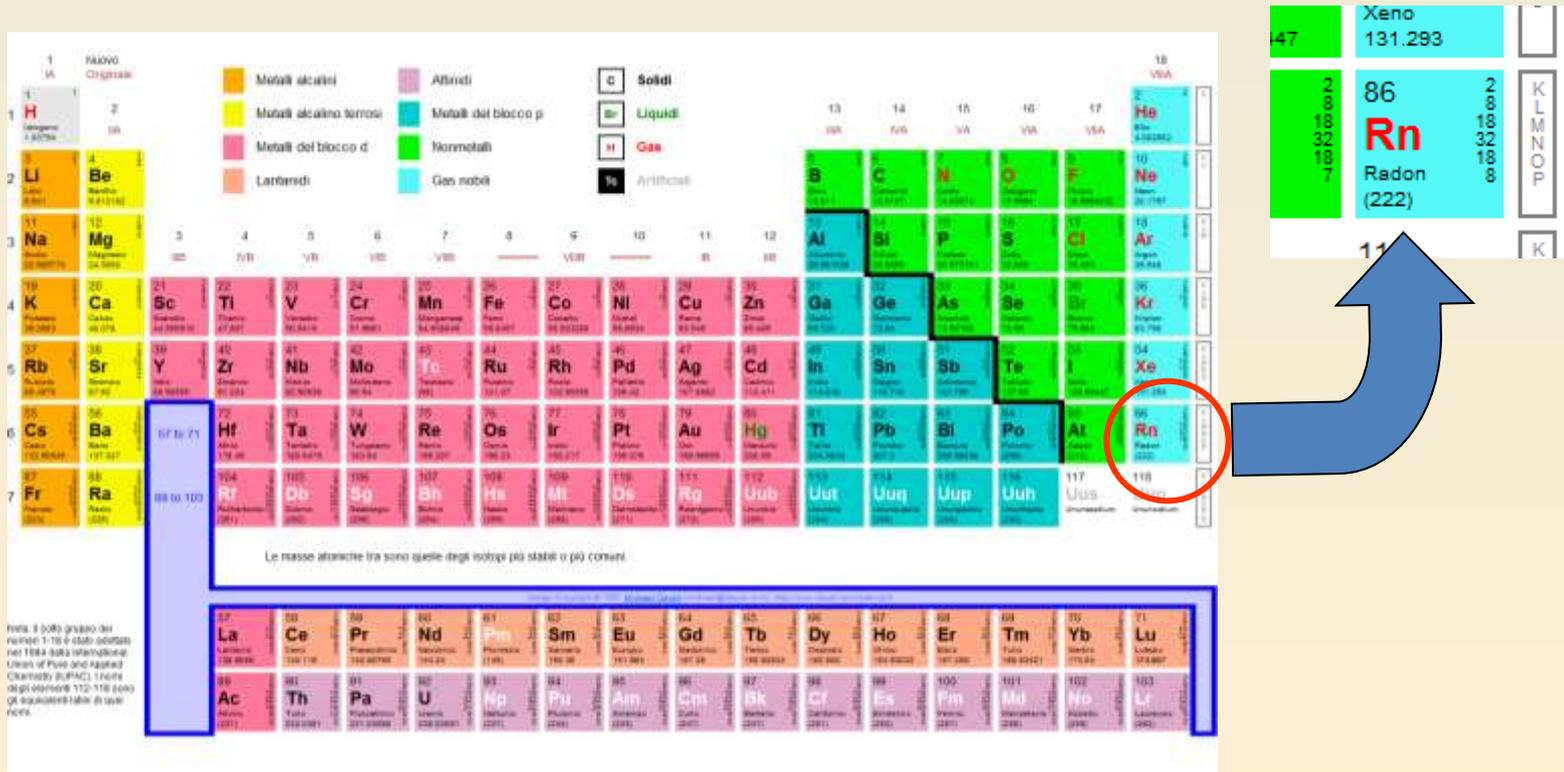
**CRR- ARPA Basilicata**

(dirigente *Dott.ssa C.P. Fortunato*)

*R. Marchese PhD*

# Che cos'è il Radon?

- ❖ è un gas nobile e come tale è chimicamente inerte
- ❖ è il più pesante dei gas nobili e risulta “naturalmente” radioattivo

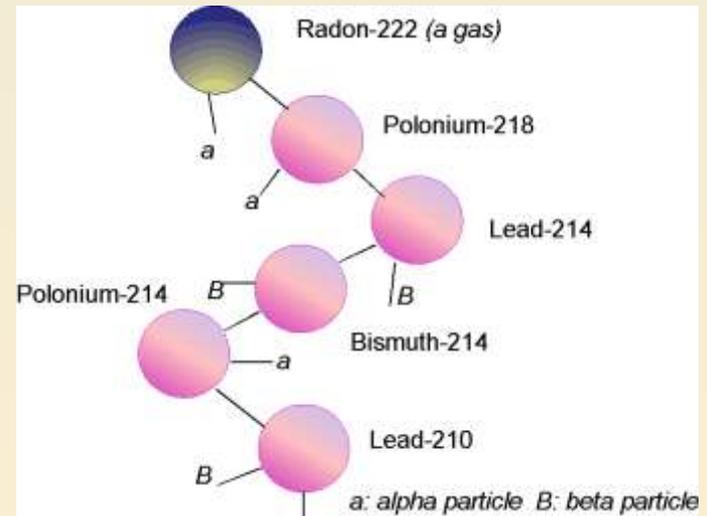


# Che cos'è il Radon?

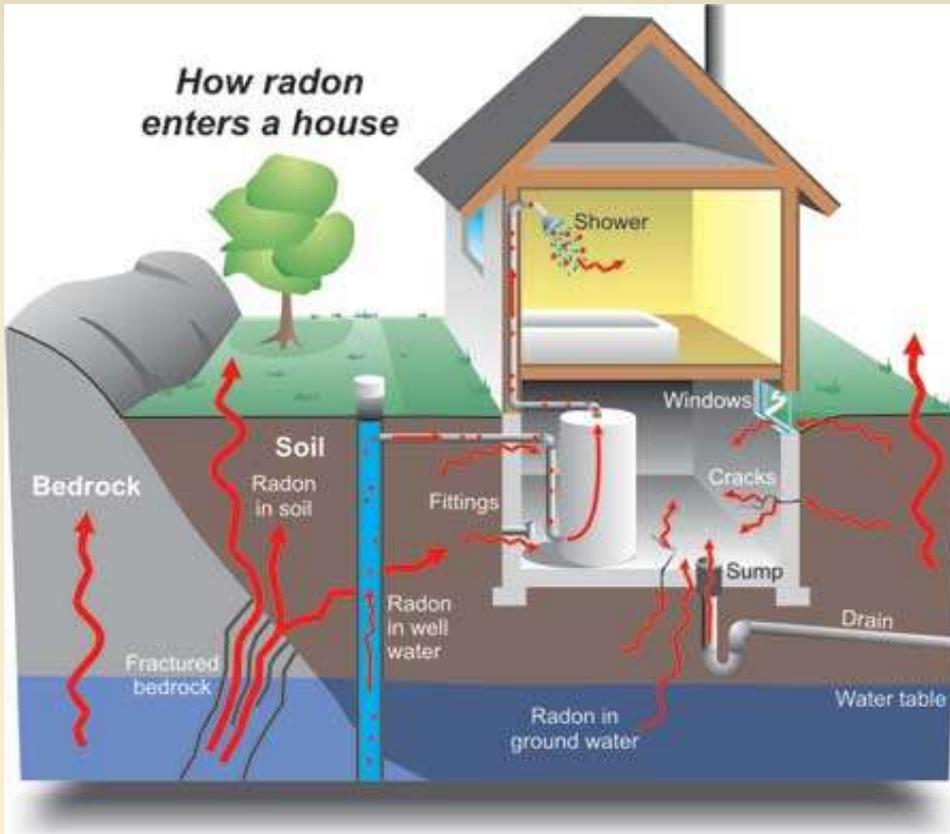
**Il nucleo dell'atomo di radon decade emettendo particelle alfa**  
*(tempo di dimezzamento 3.82 giorni)*



**Decadendo, si trasforma in altri elementi più leggeri (discendenti) che sono anche essi radioattivi**



# Come entra il radon nelle abitazioni?



- Si forma nel sottosuolo per decadimento del *Radio* naturalmente presente  
(essendo chimicamente inerte, il Rn riesce a infiltrarsi anche nella pavimentazione)
- Nei luoghi chiusi o sotterranei si può accumulare in concentrazioni anche molto elevate
- Anche alcuni materiali da costruzione , possono emettere Radon negli edifici:  
(normalmente è un effetto secondario, tranne particolari casi di costruzioni in materiale tufaceo).

# Quali sono gli effetti sanitari del Radon?

**effetti dannosi per esposizione ai prodotti solidi di decadimento del Radon:**

**Po-218 e Po-214**

*si attaccano al pulviscolo atmosferico  
si depositano nell'epitelio bronchiale  
rilasciano dosi di radiazione interne*

**esposizioni significative possono indurre (nel tempo) tumore polmonare**



**Secondo lo IARC il Radon:**

*“evidenza sufficiente di cancerogenicità per l'uomo”.*

**E' al secondo posto per rischio, dopo il fumo di sigaretta**



# Qual è la normativa di riferimento per il Radon?

## Direttiva 1996/29/Euratom

*Titolo VII - art. 40 – esposizione alle sorgenti naturali di radiazioni ionizzanti, tra le quali:*  
**Radon nei luoghi di lavoro**



## Nuova Direttiva 2013/59/Euratom

Nel 2019 ancora da recepire,  
prevede (per il radon):

- radon nelle attività lavorative e abitazioni
- livello di riferimento: 300 Bq/m<sup>3</sup> (m. annua)

Direttiva 2013/51/Euratom  
*(sostanze radioattive presenti nelle acque destinate al consumo umano)*



## **D.Lgs. 28/2016**

per quanto riguarda il radon in acqua  
fissa un **Valore di Parametro** da non superare pari a **100 Bq/l**

## **D.Lgs. 241/2000.**

Capo III bis – art 10 bis (D.Lgs 230/95 e smi)

- **Radon nelle attività lav. nei luoghi di lavoro sotterranei**
- **Radon nelle attività lav. nei luoghi di lavoro in *Radon Prone Areas***

**N.B.** Art.1 - Campo di applicazione (comma 1bis): è esplicitamente esclusa l'esposizione al radon nelle abitazioni

**Livello di Azione pari a 500 Bq/m<sup>3</sup> di media annua**

corrispondente a 3 mSv/y di dose efficace per occupazione di 2000 ore/anno.

# Come si misura il radon?

## La dotazione strumentale del laboratorio Radon del CRR-ARPAB

- ❑ **Dosimetri passivi a tracce nucleari del tipo CR-39 (PADC detectors):**  
utilizzati per misure *long-term* di concentrazioni di Radon indoor



- ❖ *Adatti per campagne di misure intensive*
- ❖ *Economici e facili da installare*
- ❖ *Misurazioni affidabili e bassa incertezza*



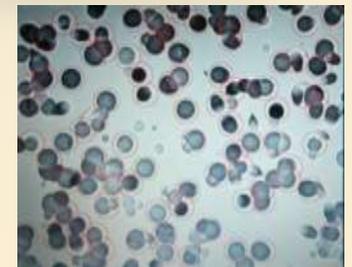
Involucro esterno  
(dosimetro)  
~5 cm x 2 cm

→  
Estrazione del PADC  
dal dosimetro dopo  
l'esposizione



Rivelatore interno  
CR-39 (PADC)  
1 cm x 1 cm

Sviluppo e lettura con  
microscopio ottico  
delle tracce nucleari  
accresciute in  
dimensioni



Area di scansione del  
PADC al microscopio  
0.5 mm x 0,45 mm

# Come si misura il radon?

## La dotazione strumentale del laboratorio Radon del CRR-ARPAB



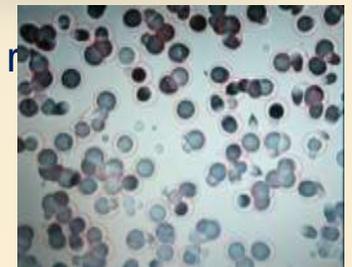
**Elettreti** : misure passive indoor *short-term* (concentrazione radon)

**Monitore attivo:** misure *real-time* indoor/outdoor (concentrazione radon)

**Kit misure di concentrazione radon in acqua**

**Kit misure di concentrazione radon nel suolo**

**Kit misure di flusso di esalazione di radon dal terreno e sistema**



Area di scansione del  
PADC al microscopio  
0.5 mm x 0,45 mm

# Qualità delle misure Radon effettuate dal CRR-ARPAB



**Partecipane ad interconfronti internazionali per testare l'affidabilità delle misure:**

**Precedente interconfronto: 2016-2017**  
*(concentrazione radon nei luoghi di lavoro e nelle abitazioni)*

**Interconfronto in progress: 2019-2020**  
*(III interconfronto internazionale radon in campo per sistemi di misura passivi in differenti ambienti lavorativi e abitativi )*

(Laboratorio non ancora accreditato *UNI CEI EN ISO/IEC 17025* da ACCREDIA)

# Prima indagine conoscitiva sulle concentrazioni medie di Radon indoor nelle scuole della Basilicata

2014 - il CRR avvia una campagna di misure volontarie nelle scuole della Basilicata. (Conclusione 2018)

## OBIETTIVI:

- ❖ avere un primo quadro conoscitivo della distribuzione livelli medi delle *concentrazioni di radon* nelle scuole lucane
  
- ❖ individuare le scuole in cui viene superato il *Livello di Azione (500 Bq/m<sup>3</sup>)*
  - fornire supporto/indicazioni per le azioni di risanamento/mitigazione
  - dare modalità operative di corretta aerazione dei locali in attesa del risanamento
  
- ❖ creare un primo set di dati georeferenziati “rappresentativi”
  - con almeno un dato in ogni territorio comunale
  - sufficientemente dettagliato da utilizzare come base di partenza per una eventuale campagna di misure intensiva finalizzata alla mappatura delle *Radon Prone Areas*

# Prima indagine conoscitiva sulle concentrazioni medie di Radon indoor nelle scuole della Basilicata

2014 - il CRR avvia una campagna di misure volontarie nelle scuole della Basilicata. (Conclusione 2018)

## METODOLOGIA:

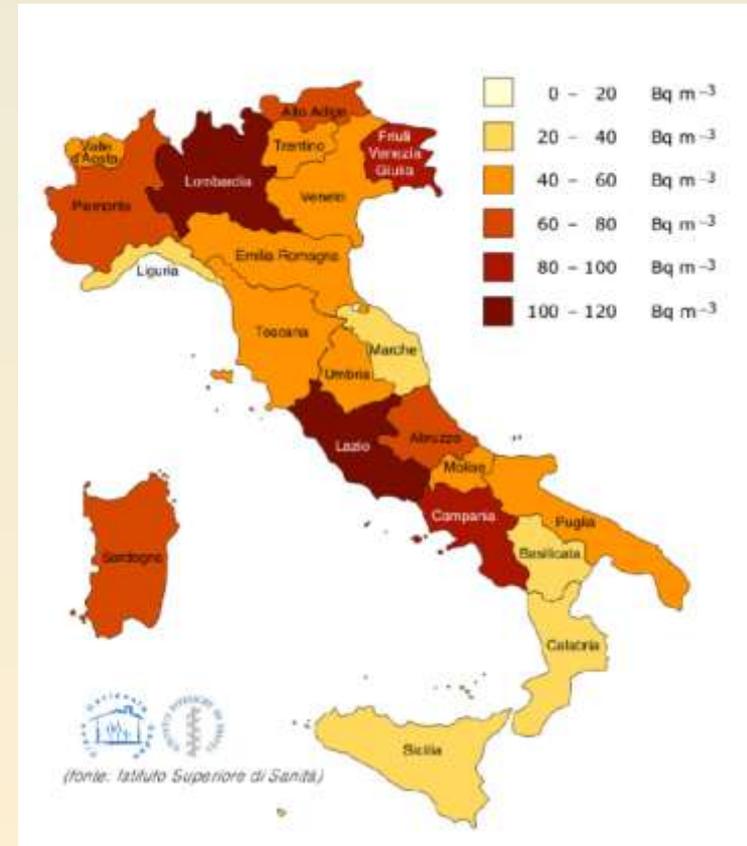
- ❖ misure effettuate con dosimetri passivi *CR-39*
- ❖ privilegiate le scuole: *infanzia, primaria, secondaria di I grado*
- ❖ in ogni edificio: scelti 1 o 2 locali (abitati) più a rischio a *p. terra o seminterrato*
- ❖ esposizioni limitate, in prima istanza, a circa 3-6 mesi : *screening*  
(nessuna esposizioni nel solo periodo estivo, nessuna estrapolazione a media annuale)
- ❖ esposizioni estese ad un anno nei locali con *valori di screening  $\geq 300 \text{ Bq/m}^3$*   
(misure estese anche gli altri locali a piano terra dell'edificio)

# Prima indagine conoscitiva sulle concentrazioni medie di Radon indoor nelle scuole della Basilicata

## DATI ISTITUZIONALI PREGRESSI IN BASILICATA

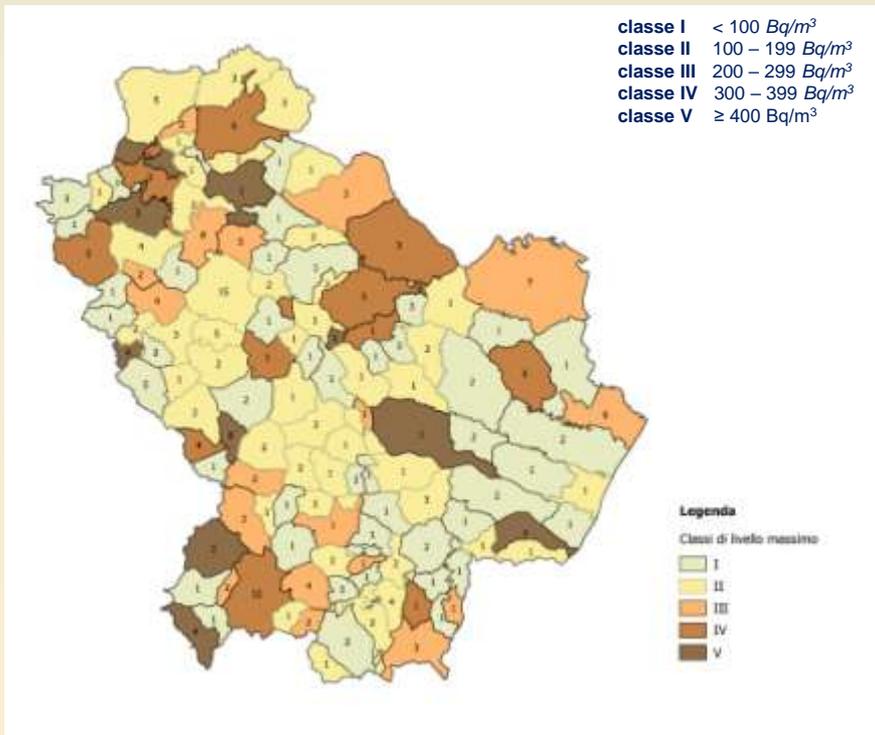
### Indagine nazionale ISS – ANPA : 1989-98

- Comuni interessati dalle misure: n.2
- misurazioni effettuate solo in abitazioni: n. 50
- valore medio regionale ricavato:  $30 \text{ Bq/m}^3$
- bassa rappresentatività del campione nazionale raccolto in Basilicata



# Prima indagine conoscitiva sulle concentrazioni medie di Radon indoor nelle scuole della Basilicata

**DATI ARPAB: 2014 - 2018**



**Mappa dei valori massimi riscontrati nei Comuni**

Nota: Non si tratta di una mappa delle *Radon Prone Areas*

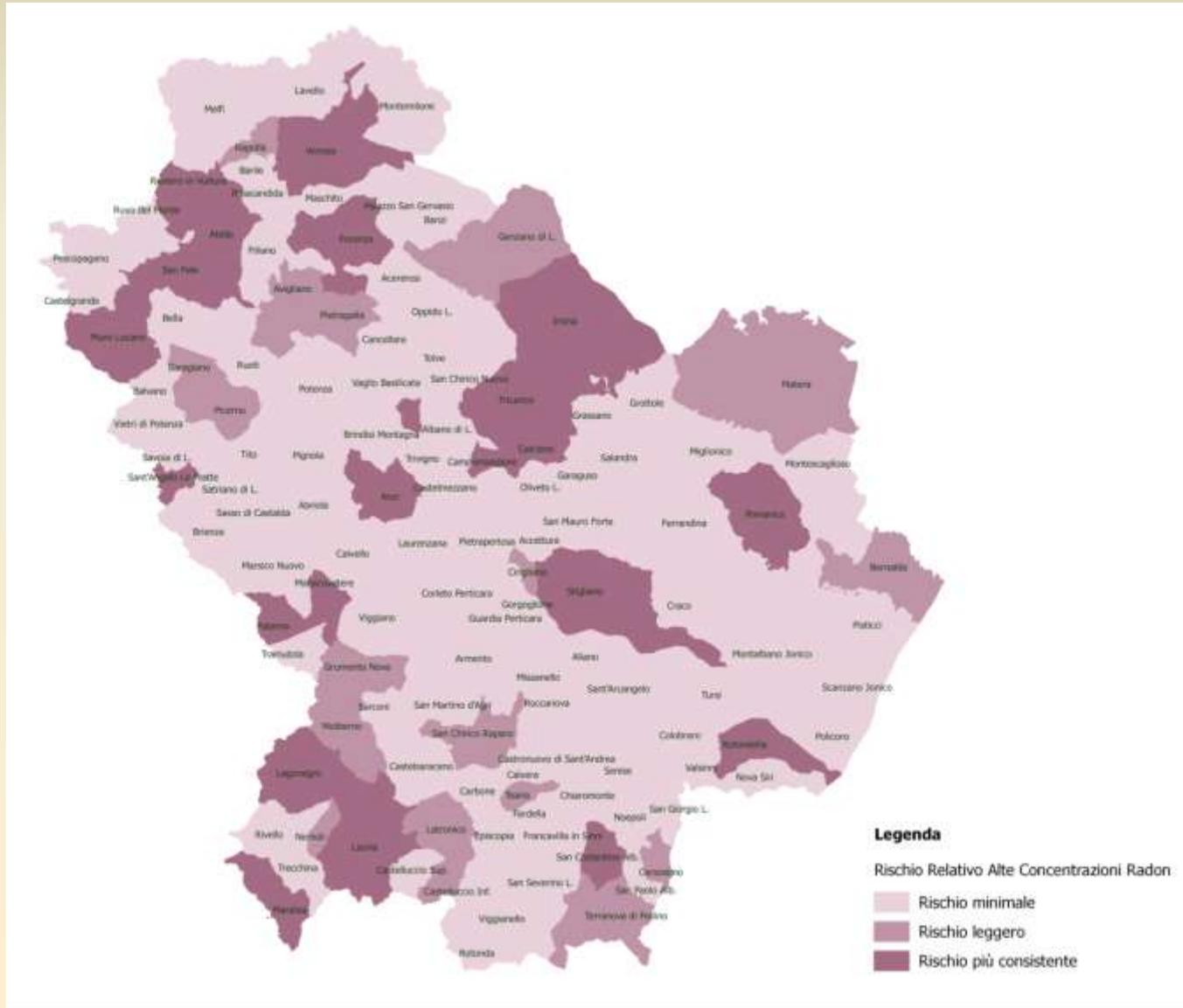
## Misurazioni effettuate

- **131 Comuni esaminati** (100%)
- **300 strutture esaminate**, di cui:
  - 268 plessi scolastici
  - 32 strutture/locali di diverso uso
- **550 rivelatori passivi installati.**
- **8 superamenti del *Livello di Azione* accertati** (500 Bq/m<sup>3</sup> di concentrazione media annua)

## Comuni di:

- Lagonegro
- Maratea
- Marsicovetere (fraz. Villa D'Agri)
- Rionero in Vulture
- Rotondella
- San Fele
- Sant'Angelo le Fratte
- Stigliano

# Elaborazioni: prima mappa indicativa del *rischio radon relativo* su scala comunale in Basilicata.



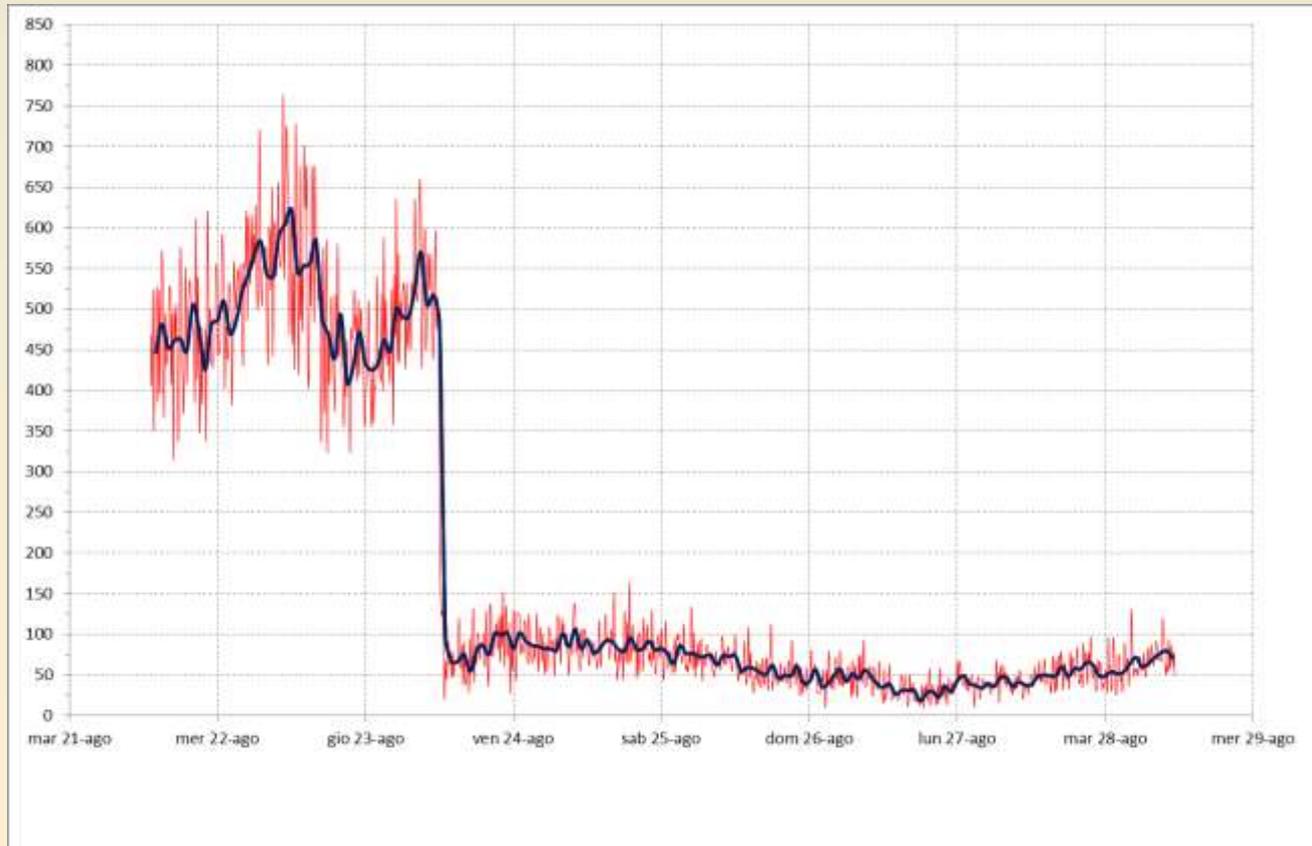
# Esempio opere di risanamento scuola con supporto tecnico (occasionale) del *CRR*

- ❖ indicazioni sulle tecniche di depressurizzazione del vespaio
- ❖ misure *real-time* di concentrazione radon con monitore attivo, in itinere



# Esempio di riduzione della concentrazione Radon post risanamento

Monitoraggio settimanale nella Sala Giochi – infanzia Villa D'agri:  
**passaggio da impianto spento a impianto acceso**

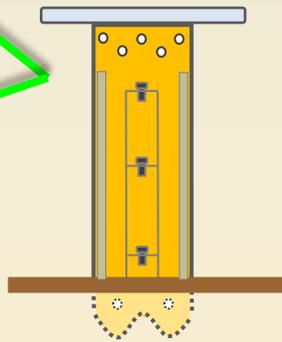


# Esalazioni radon nella discarica fosfogessi di Tito Scalo (SIN - D.M. 468 del 18 settembre 2001)



Valutazione del rapporto del *rateo di esalazione medio long-term* tra discarica e terreno non inquinato.

Sistema di misura con *CR-39*, realizzato ad 'hoc



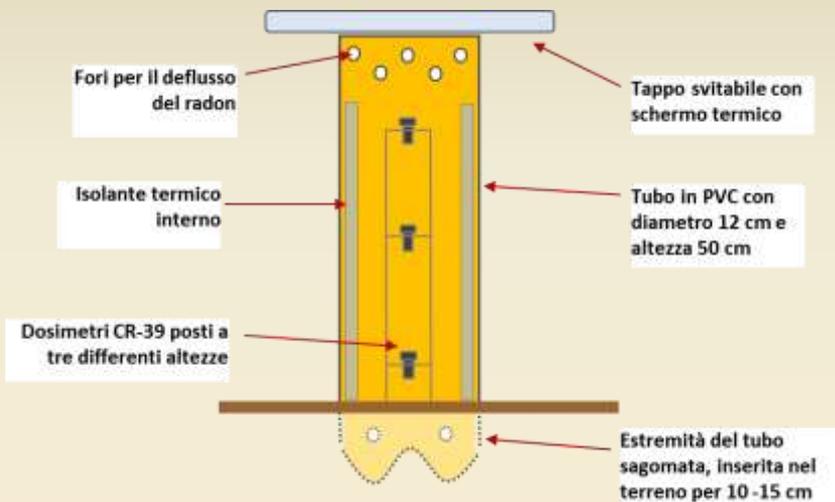
Periodo di misura	31-Ott-13 06-Mar-14	06-Mar-14 24-Lug-14	24-Lug-14 17-Dic-14	17-Dic-14 02-Apr-15
Rapporto delle concentrazioni di attività a 7,5 cm dal suolo	3,8	3,5	3,5	3,4

**Rate di esalazione radon al disopra della discarica circa 3,6 volte superiore al fondo della zona.**

# Il sistema sperimentale CRR-Arpab per la misura del flusso di Radon esalato dai terreni

**2013-2016: Utilizzato solo per misure comparative delle esalazioni *long-term* tra differenti terreni**

**2017: Ottimizzazione calibrazione per misure assolute di flusso**



## Metodologia:

le misure sono effettuate per mezzo di 3 o 4 dosimetri passivi CR-39 (o di elettretti) posti verticalmente all'interno del microambiente protettivo (*tubo*).

Nel *tubo* si stabilisce un profilo di concentrazione radon per **diffusione pura** del tipo

$$C(z) = C_0 e^{-\frac{z}{L}}$$

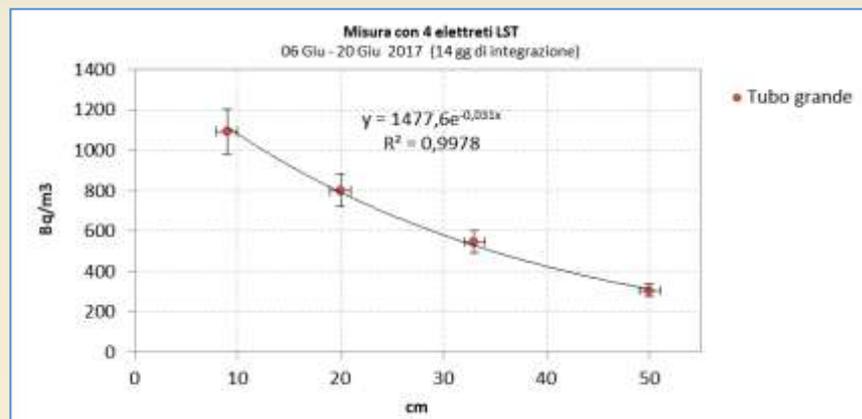
dove  $C_0$  e  $1/L$  possono essere determinati da *un best-fit* esponenziale sui valori misurati dai dosimetri.

Il flusso di radon uscente dal terreno viene poi determinato dalla relazione

$$J_0 = \lambda_{Rn} \cdot L \cdot C_0$$

## Calibrazione

$$L_{norm} = \alpha \cdot L_{mis}$$



**Attualmente utile per misure assolute di esalazione media di Radon *long-term*, da confrontare con:**

**Esalazioni da suoli non contaminati:**  
flusso di radon dell'ordine del  $mBq/m^2s$   
(20  $mBq/m^2s$  valore medio continentale)

**Esalazioni da aree inquinate da fosfogessi**  
(utile il confronto col limite di 740  $mBq/m^2s$  della EPA-61.202 per le aree industriali).

# Sviluppi futuri (Conclusioni)

**Attualmente è operativo presso il CRR-Arpab un *laboratorio Radon* in grado di eseguire le seguenti misurazioni:**

- misure di **concentrazione di Radon indoor** con affidabilità testata in interconfronti internazionali
- misure real-time indoor/outdoor con monitore attivo
- misure di concentrazione radon in acqua
- misure di concentrazione radon nel suolo
- misure di flusso di esalazione di radon dal terreno

**Conclusa la «*Prima indagine conoscitiva sulla concentrazione media di Radon indoor nelle scuole della Basilicata*»:**

**estensione a tutte le scuole? Occorre progetto specifico da concordare ...**

**il *laboratorio radon* del CRR ha maturato il *know-how* per effettuare**

**una campagna misure intensive finalizzate alla mappatura delle RPA sul territorio lucano da concordare e stabilire con la Regione Basilicata.**



Focus tematico:

## ATTIVITÀ DELL' ARPAB PER LE MISURE DI RADON IN BASILICATA



**Grazie per l'attenzione**



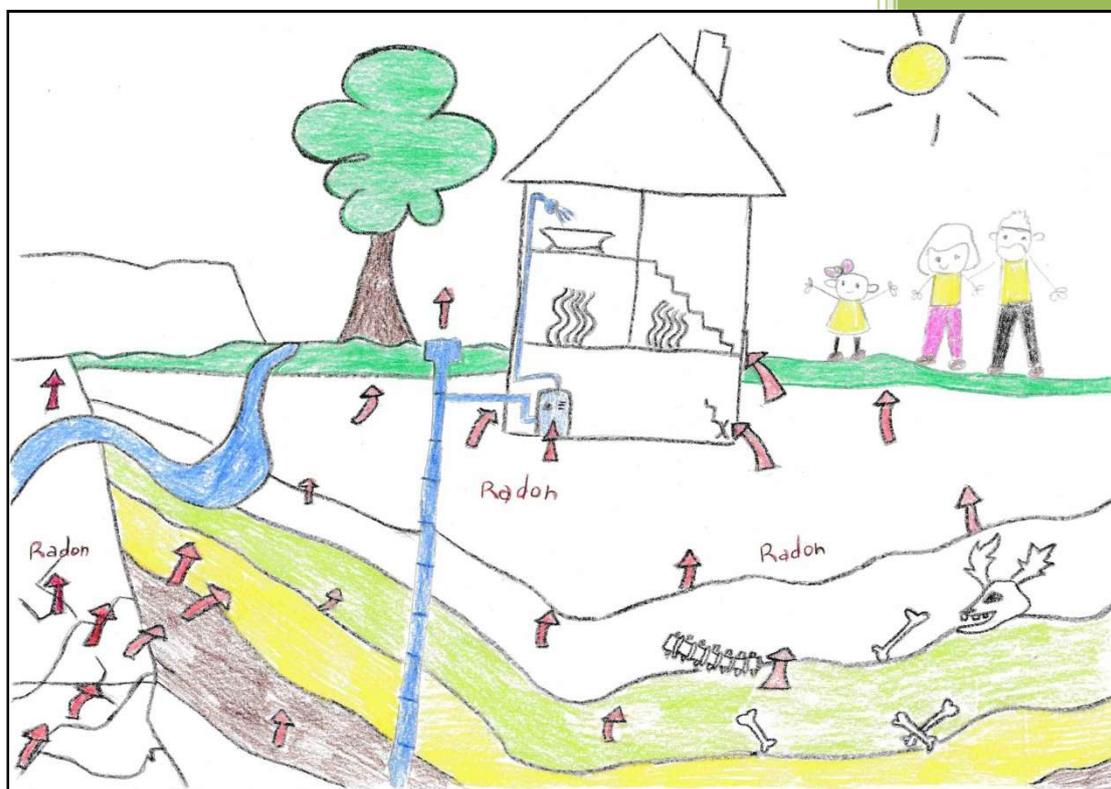
REGIONE BASILICATA



**FARBAS**  
Fondazione Ambiente Ricerca Basilicata



## ***RADON: Linee Guida regionali per risanamento e prevenzione***



### *Gruppo di Lavoro*

Prof. Antonio D'Angola (Università della Basilicata, CTS FARBAS)  
Dott.ssa Carmela Fortunato (ARPAB)  
Dott. Rocco Marchese (ARPAB)  
Ing. Leonardo Lovallo (FARBAS)  
Ing. Pasquale Luigi Ponzo (FARBAS)

2019

## 1. INTRODUZIONE

Le attività umane sono caratterizzate dall'interazione con sorgenti e nuclidi radioattivi di origine naturale e artificiale. La presenza di sorgenti radioattive naturali nel terreno, nelle rocce, nell'acqua e nell'aria determina una dose assorbita dalla popolazione che secondo studi effettuati dal National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP Report 93) incide per circa l'80% sulla dose assorbita totale mediamente in un anno da un uomo. Di questa, circa il 70% è dovuta al Radon ( ${}_{86}\text{Rn}$ ), gas radioattivo naturale, osservato da Curie e identificato da Dorn all'inizio del secolo scorso, e presente nelle catene di decadimento delle famiglie di Uranio e Torio, ampiamente diffusi nella crosta terrestre.

Il Radon è un *gas nobile* (il più pesante di essi) e come tale è "chimicamente inerte", inodore e incolore. Il suo isotopo maggiormente presente in natura (quello cui ci si riferisce quando si parla di Radon) è il Rn-222 che è anche l'isotopo più stabile, con un tempo di dimezzamento di 3,8 giorni. Si forma dal decadimento del Radio che è a sua volta un elemento radioattivo presente nella catena dei discendenti dell'uranio naturale. Il Radon ha una vita media sufficientemente lunga che lo porta ad accumularsi negli ambienti chiusi fino a raggiungere valori di concentrazione talvolta anche molto elevati, rappresentando così, come accertato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità, la seconda causa di tumore al polmone dopo il fumo di sigaretta, aumentando il rischio di insorgenza di neoplasie quando fumo di sigaretta e radon si associano.

### LA MISURA DEL RADON

La misura del radon può avvenire secondo tre differenti metodologie: istantanea, continua e integrata utilizzando, a seconda dei casi, strumentazione attiva (che necessita di alimentazione elettrica) o passiva. La misurazione istantanea consente di ottenere la concentrazione di radon in tempo reale ed è utile per una valutazione immediata dei livelli di esposizione. La misurazione in continuo consente di verificare la variabilità della concentrazione di radon, anche sul medio e lungo periodo, fornendo dati con cadenza oraria o giornaliera poiché i livelli di radon sono estremamente variabili rispetto alle diverse condizioni ambientali (temperatura, pressione e umidità) e quindi rispetto alle stagioni e al ciclo giorno-notte. Entrambe queste misurazioni sono effettuate con monitori attivi. Infine la misura integrata consente di ottenere il valore medio della concentrazione di radon su intervalli temporali di settimane o mesi ed è adatta per valutare l'esposizione complessiva al radon negli ambienti indoor. Diversamente dai monitori attivi, i rivelatori di tipo passivo (dosimetri) sono economici e facili da utilizzare, anche se la

determinazione del valore medio misurato deve essere effettuata presso un laboratorio attrezzato e qualificato.

## IL RADON IN BASILICATA

**Indagine conoscitiva dei livelli di concentrazione radon indoor negli edifici scolastici e prima mappa indicativa del *rischio radon relativo* per i comuni.**

Nel 2013 l'Ufficio Centro Regionale di Radioattività (CRR) dell'ARPA Basilicata ha allestito un laboratorio per effettuare misure intensive di concentrazione Radon indoor sul territorio lucano, effettuando i primi test di interconfronto e di calibrazione. Consecutivamente ha avviato una campagna di misure negli edifici scolastici della Basilicata, per avere un quadro conoscitivo dei livelli di radon riscontrabili nelle scuole e per individuare eventuali superamenti della concentrazione media annua rispetto al *Livello di Azione* di 500 Bq/m<sup>3</sup> di cui al D.Lgs. 241/2000. Questa indagine si è conclusa a luglio 2018 e ha consentito di raggiungere anche l'obiettivo di creare un primo set di dati georeferenziati da utilizzare come base di partenza per la pianificazione di una seconda campagna di misure più intensiva, finalizzata alla mappatura delle *Radon Prone Areas (RPA)* in Basilicata, ovvero delle aree ad alto rischio di alte concentrazioni radon. La mappatura effettiva delle *RPA* richiederà però un piano specifico da concordare e istituire con la Regione Basilicata.

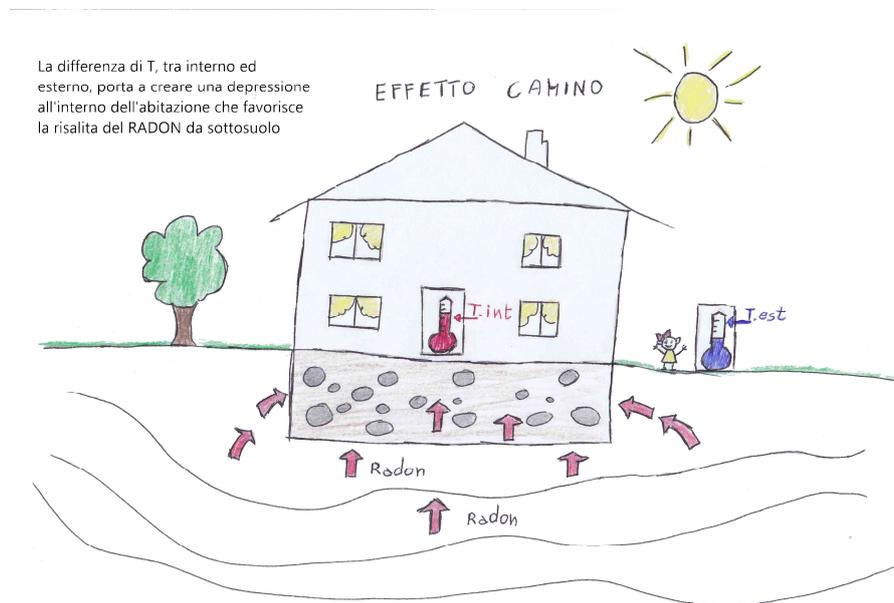
Prima del 2014 gli unici dati istituzionali disponibili per il territorio lucano erano quelli relativi all'indagine nazionale effettuata negli anni '89-'98 dall'Istituto superiore della Sanità (ISS) e dall'ex ANPA, ora ISPRA. In tale occasione in Basilicata furono effettuate in totale cinquanta misure in altrettante abitazioni dislocate in due comuni. Da questo numero limitato di dati è stato estrapolato un valore medio di concentrazione radon indoor per il territorio lucano pari a 30 Bq/m<sup>3</sup> che, tuttavia, è scaturito da un campione poco rappresentativo.

## 2. IL RADON NEGLI EDIFICI

*I meccanismi di ingresso.*

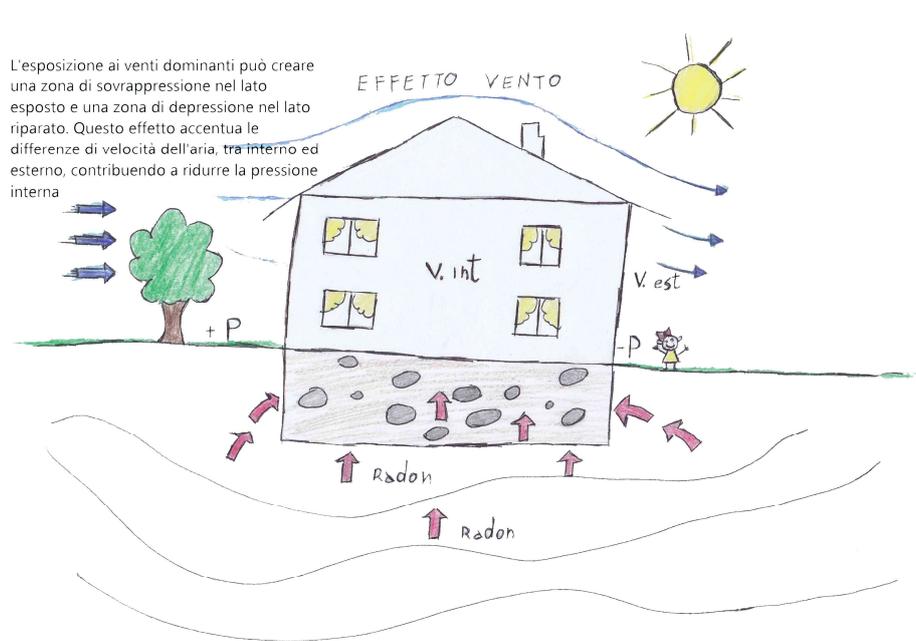
I principali meccanismi d'ingresso del radon negli edifici sono rappresentati dalla convezione termica che nasce dalla differenza di temperatura tra edificio e suolo e dall'emanazione dai materiali di costruzione. Anche se lo strato superiore del terreno è scarsamente permeabile e costituisce una barriera per la risalita del radon nell'edificio, si possono creare canali privilegiati di ingresso del gas all'interno degli edifici. Il radon, trasportato dal suolo all'interno per depressione, entra negli ambienti in corrispondenza di crepe e giunti in pavimenti e pareti, fori di passaggio di

cavi, tubazioni e fognature, ma anche direttamente attraverso materiali permeabili come solai in legno e pavimenti porosi. La lieve depressione è causata essenzialmente dalla differenza di temperatura tra interno ed esterno dell'edificio, ingenerando fenomeni quali l'“effetto camino” (Figura 3) e l'“effetto vento” (Figura 4). L'effetto camino è più significativo quanto maggiore è la differenza di temperatura tra interno ed esterno dell'edificio e la differenza di pressione può essere amplificata dalla presenza di venti forti e persistenti, i quali, investendo l'edificio, possono creare forti pressioni sulle pareti investite e depressioni su quelle non investite, accentuando la risalita di aria dal suolo verso l'interno dell'edificio (“effetto vento”). Questi fenomeni fanno sì che la concentrazione di radon indoor sia variabile a seconda delle condizioni meteorologiche e può presentare sensibili variazioni sia giornaliere che stagionali.



**Fig.3 Effetto camino di ingresso del radon negli edifici.**



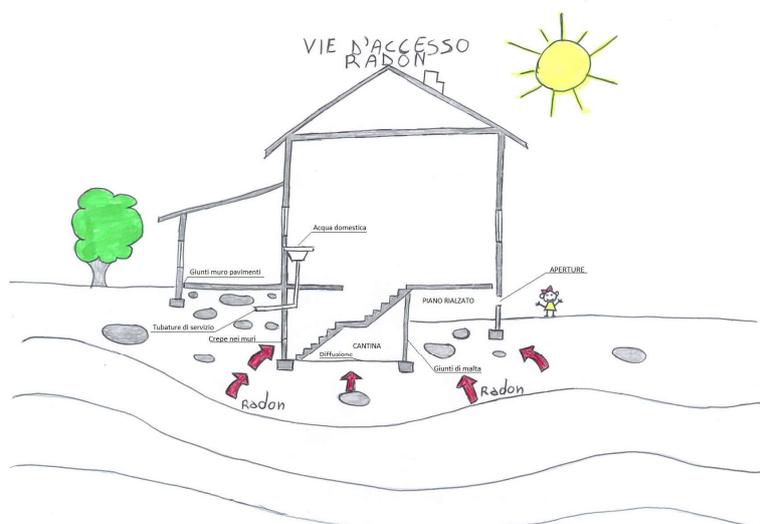


**Fig.4 Effetto vento di ingresso del radon negli edifici.**

Il radon tende a diminuire rapidamente con l'aumento della distanza degli ambienti abitati dal suolo; si avranno quindi normalmente concentrazioni di gas radon più elevati nei locali interrati o seminterrati rispetto locali posti a piani rialzati.

La differenza di pressione può essere inoltre accentuata da fattori quali:

- impianti di aspirazione (cappe delle cucine, aspiratori nei bagni, etc.) senza un sufficiente approvvigionamento di aria dall'esterno;
- presenza di canne fumarie senza prese d'aria esterna;
- mancanza di sigillatura delle tubazioni di servizio.



**Fig.5 Canali d'accesso per il radon**



Fondazione  
Osservatorio Ambientale  
Regionale



## Scheda Tecnica Radon

Il Radon (elemento chimico di simbolo Rn e numero atomico 86) è un gas nobile radioattivo naturale, incolore e inodore. È generato dal decadimento del Radio, cioè dal processo per cui una sostanza radioattiva si trasforma spontaneamente in un'altra sostanza, emettendo radiazioni. Il Radio è, a sua volta, prodotto dalla trasformazione dell'Uranio, presente nelle rocce, nel suolo nelle acque e nei materiali da costruzione. Prima di decadere il Radon rimane in vita per un tempo sufficientemente lungo (ha un tempo di dimezzamento di 3,8 giorni) che gli consente di essere trasportato, in quanto gas, dai flussi di aria presenti nei suoli, anche a distanze notevoli, fino anche ad alcune centinaia di metri. Anche i prodotti figli del decadimento sono radioattivi ossia decadono a loro volta emettendo radiazioni.

La principale sorgente di Radon è il suolo. Altra importante sorgente è costituita dai materiali da costruzione: essi rivestono solitamente un ruolo di secondaria importanza rispetto al suolo, tuttavia, in alcuni casi, possono esserne la causa principale di elevate concentrazioni di Radon. Una terza sorgente di Radon può essere rappresentata dall'acqua, in quanto il gas radioattivo è moderatamente solubile in essa, tuttavia il fenomeno riguarda essenzialmente le acque termali e quelle attinte direttamente da pozzi artesiani, mentre l'acqua potabile distribuita ne è virtualmente esente grazie ai processi di rimescolamento che favoriscono l'allontanamento del radon per scambio con l'aria.

Il Radon si accumula facilmente negli ambienti chiusi, penetrando nelle abitazioni dal suolo attraverso fessure, giunti di connessione, canalizzazioni degli impianti idraulici, elettrici e di scarico, oppure può essere presente in alcuni materiali da costruzione, come cementi, laterizi, graniti o tufi. Proprio per le caratteristiche sopra descritte, il Radon in un ambiente chiuso è presente maggiormente nei locali interrati o seminterrati e al piano terra.

Il Radon ha anche effetti sulla salute umana, e gli studi epidemiologici compiuti negli ultimi decenni hanno dimostrato che l'esposizione a concentrazioni elevate di radon aumenta il rischio di tumori polmonari; dopo il fumo di sigaretta, che rimane di gran lunga la più importante causa di tumore al polmone, il Radon è considerato la seconda causa di questa malattia. Per questo motivo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO-OMS) ha inserito radon nell'elenco delle 75 sostanze ritenute cancerogene per l'uomo, assieme al benzene, amianto, fumo di tabacco, ecc.

La concentrazione nell'aria si esprime in Bq/metro cubo (Bq/m<sup>3</sup>), indicando così il numero di trasformazioni al secondo che avvengono in un metro cubo d'aria.

Per quanto attiene la problematica del Radon, in Italia esiste una normativa, il D.lgs. 230/95 e s.m.i. (D.lgs.241/00), che è riferita solo ai luoghi di lavoro (incluse le scuole); tale normativa prevede l'obbligo della determinazione dell'esposizione al gas Radon in particolari luoghi di lavoro quali tunnel, sottovie, catacombe, grotte e, comunque, in tutti i luoghi di lavoro sotto il livello del suolo. Il limite, definito "livello di azione", per gli ambienti di lavoro di cui sopra è di 500 Bq/m<sup>3</sup>, superato il quale "l'esercente pone in essere azioni di rimedio idonee a ridurre le grandezze misurate al disotto del predetto livello".

Nella nuova Direttiva europea in materia di radioprotezione, 2013/59/Euratom, che dovrà essere recepita dagli Stati Membri dell'Unione Europea compresa l'Italia, il livello di riferimento per le concentrazioni di Radon nei luoghi di lavoro e nelle abitazioni è stato stabilito pari a 300 Bq/m<sup>3</sup>.