

# Come misurare il radon e come ridurre i problemi



Enrico Chiaberto ARPAPiemonte  
Cuneo 16 febbraio 2013

1

## TIPOLOGIA DI MISURA

### Misura integrata

Si misura la media della concentrazione radon in un certo periodo di tempo.

È utile per valutazioni dell'esposizione complessiva al radon e per caratterizzazioni territoriali

### Misura istantanea

Fornisce il valore in un dato istante.

È utile per cercare i punti precisi in cui il radon entra nell'edificio

### Misura in continuo

Fornisce l'andamento nel tempo della concentrazione

Utile per studio emanazione da materiali, studio azioni di rimedio e verifica dell'efficacia. Spesso si abbinano misure di temperatura umidità e pressione atmosferica interna ed esterna.

2

## TIPOLOGIA DI STRUMENTAZIONE

### Strumentazione passiva

Il radon diffonde naturalmente all'interno dello strumento di misura  
Non necessitano di alimentazione elettrica

### Strumentazione attiva

Il radon diffonde o è forzato (flusso d'aria), all'interno dello strumento di misura.

Necessitano di alimentazione elettrica

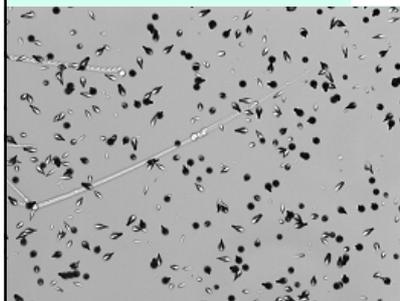
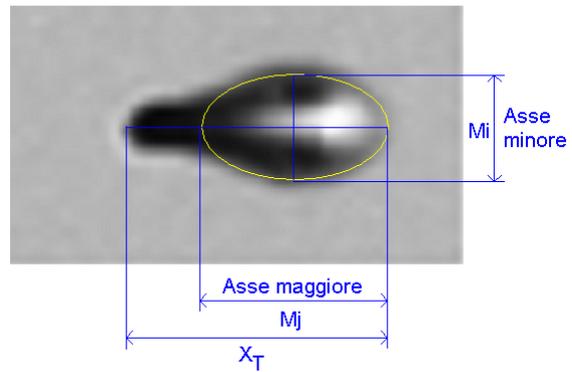
3

**I più noti strumenti passivi per la misura del radon sono i dosimetri**

Restano esposti nel luogo scelto  
per periodi lunghi  
tipicamente un anno  
per mediare sulle fluttuazioni  
giornaliere e stagionali

4

# Rivelatori a tracce



## elettreti



camera a ionizzazione di materiale  
plastico conduttore più un elettrete  
costituito da un disco di teflon carico  
elettrostaticamente

Il gas radon diffonde all'interno della camera a ionizzazione al cui ingresso è posto un filtro che impedisce l'entrata ai figli del radon.

Le particelle  $\alpha$  prodotte dal decadimento del radon e dei suoi figli, ionizzano l'aria.

Gli ioni positivi vengono raccolti e neutralizzati dalla parete della camera

Gli ioni negativi sono raccolti dall'elettrete e ne provocano una diminuzione della carica elettrostatica.

7

I dosimetri forniscono la  
concentrazione media di attività in un  
dato periodo di misura

Per misurare la media annuale in  
genere si divide il periodo in due  
semestri utilizzando 2 dosimetri

Il risultato  
della misura si esprime in  
 $\text{Bq/m}^3$

8

## Posizionamento dosimetri

- **ad una altezza dal pavimento di circa 1,5 m eventualmente appeso alle pareti o posato su un mobile o scrivania;**
- **lontano dalle finestre e dalle porte;**
- **lontano da fonti di calore e dalla luce diretta;**
- **non al chiuso dentro armadi o cassette;**
- **prediligendo i locali maggiormente frequentati ed evitando se possibile bagni, corridoi, sottoscala dove la misura è meno significativa.**

9

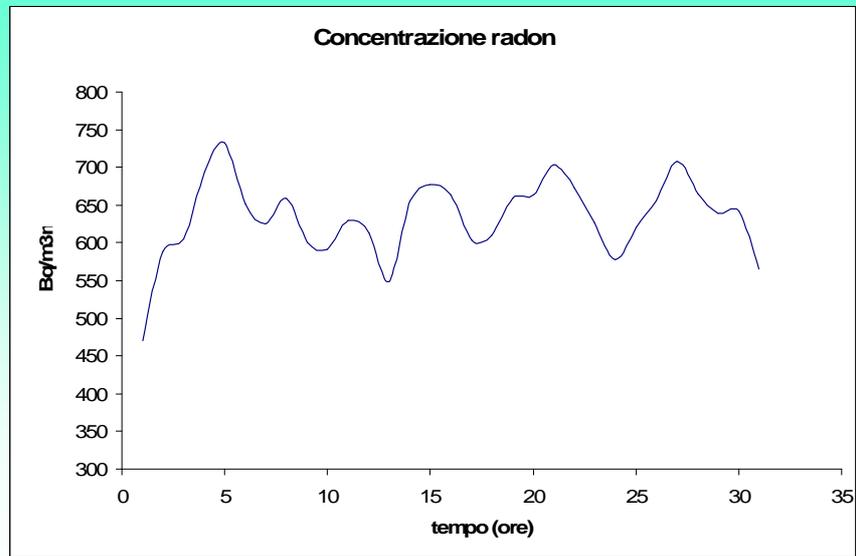
## Strumentazione attiva

Camere a ionizzazione

Camere a scintillazione celle  
di Lucas

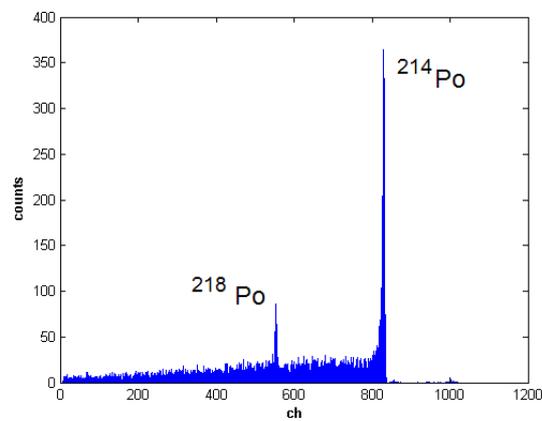
barriera di superficie di  
silicio





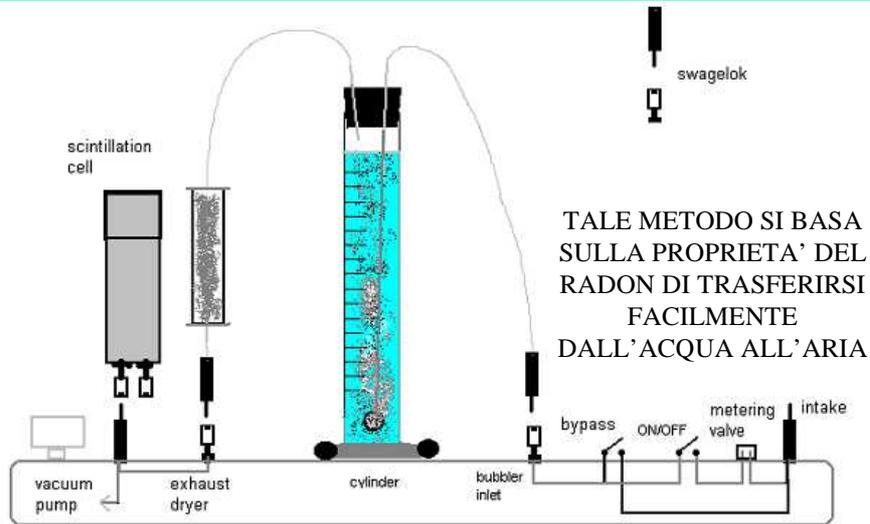
11

I rivelatori a barriera superficiale di silicio sono spesso impiegati come spettrometri:  
 fattore di equilibrio e dose



12

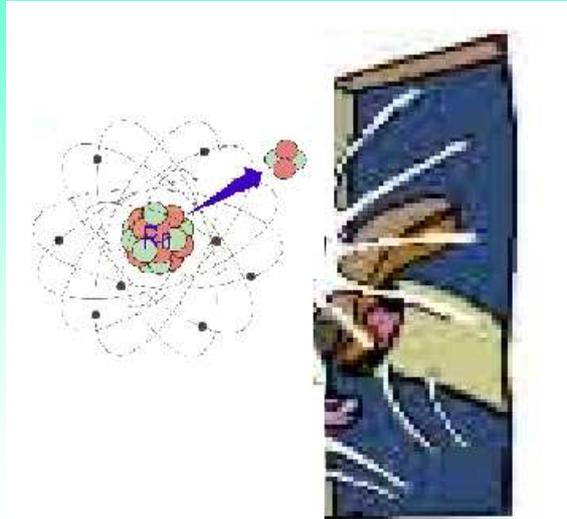
## La misura del radon in acqua



- Il metodo è basato sul degassamento di un certo quantitativo di acqua
- Il degassamento avviene facendo gorgogliare aria nella colonna contenente l'acqua tramite una pietra porosa.
- L'aria passando attraverso l'acqua preleva il radon disciolto in essa (efficienza 90%)
- Per richiamo l'aria è poi trasferita nella cella di Lucas dove è stato preventivamente creato il vuoto (cella a scintillazione).
- Al termine del degassamento la cella viene accoppiata ad un fotomoltiplicatore per il conteggio.
- Dal conteggio si ottiene successivamente la concentrazione di radon.



## Azioni di rimedio



15



*Se elimino il radon di conseguenza  
scompaiono anche i figli*

*Il radon non produce una  
contaminazione permanente*

16

**In linea generale tutti i metodi più efficaci di bonifica sono basati su due principi:**

**1. Evitare l'accumulo del radon**

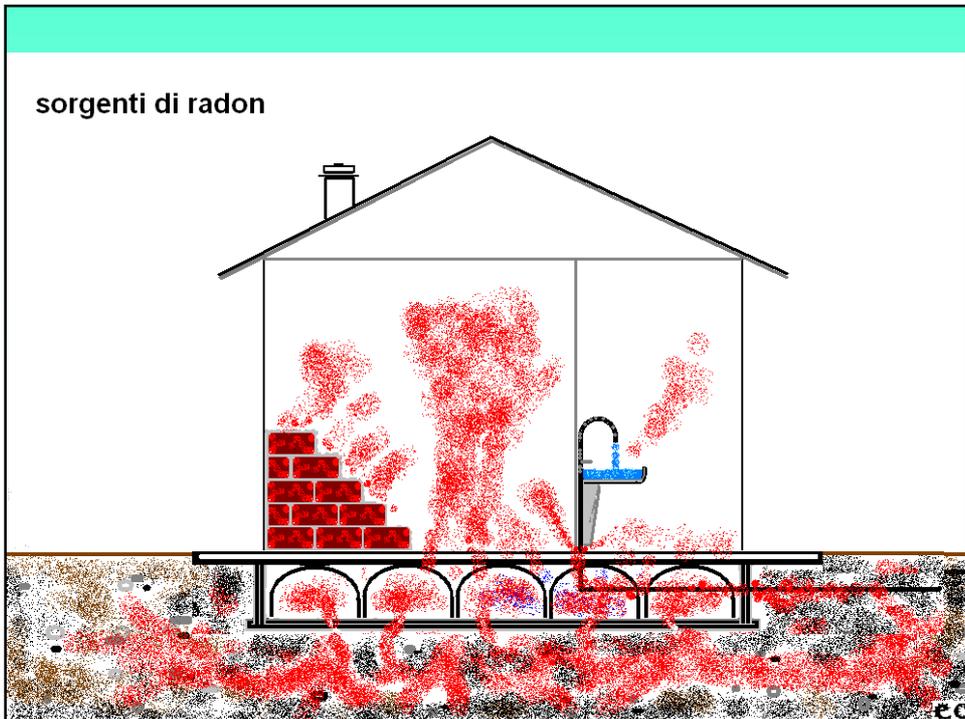
**2. Impedirne l'ingresso**

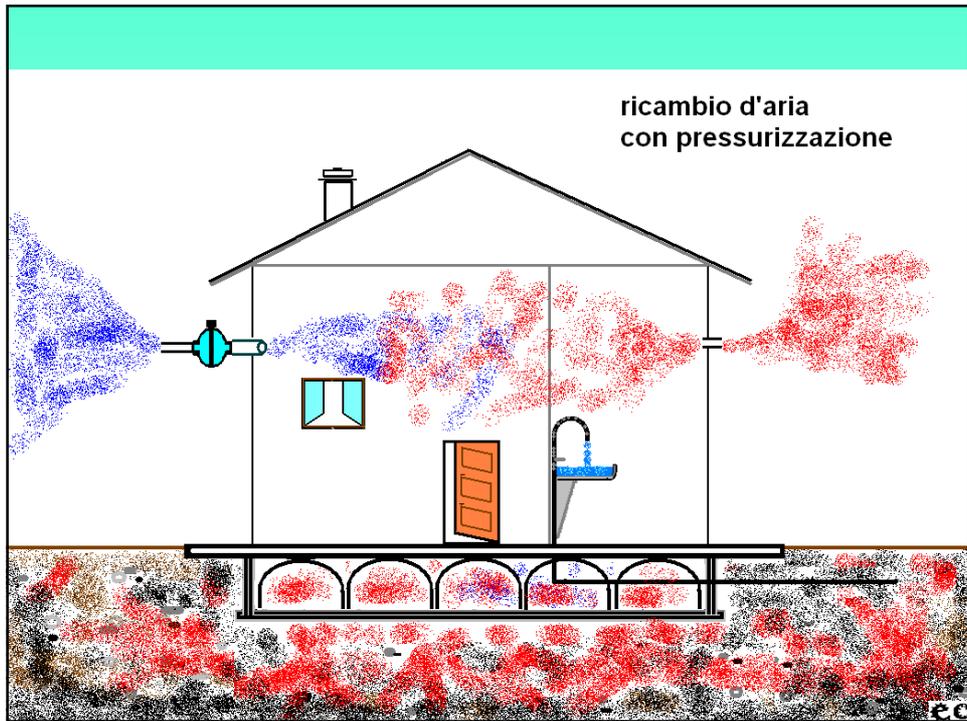
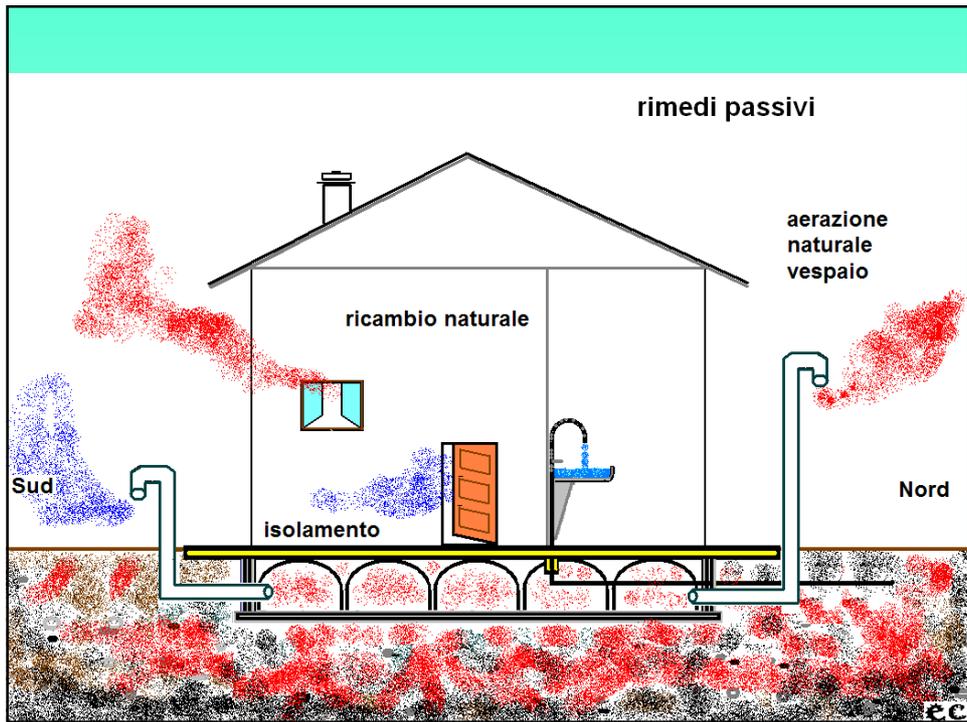
17

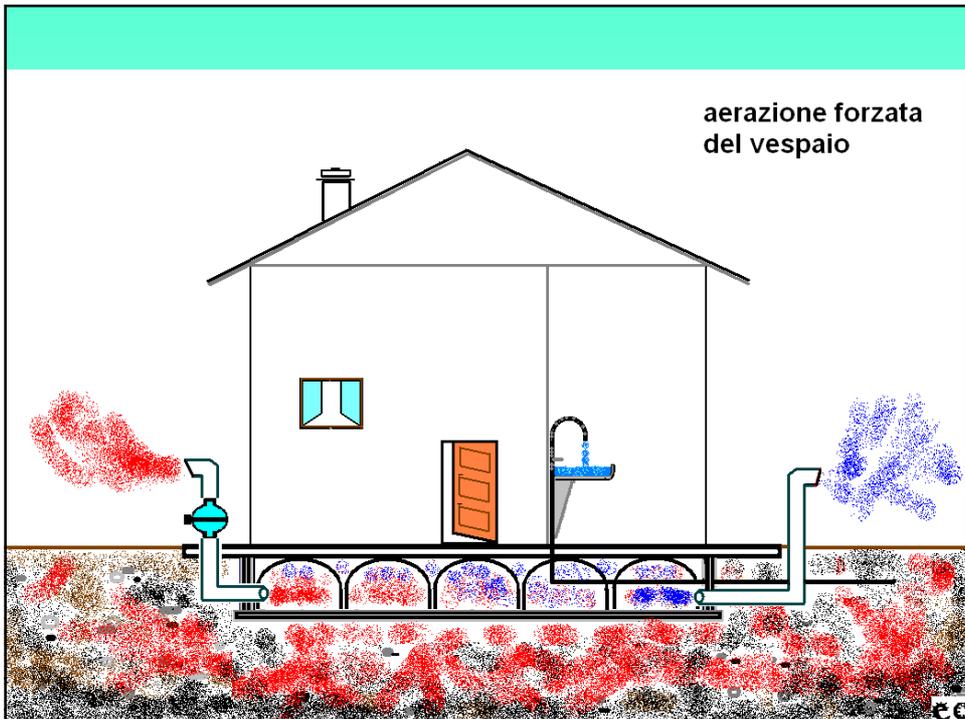
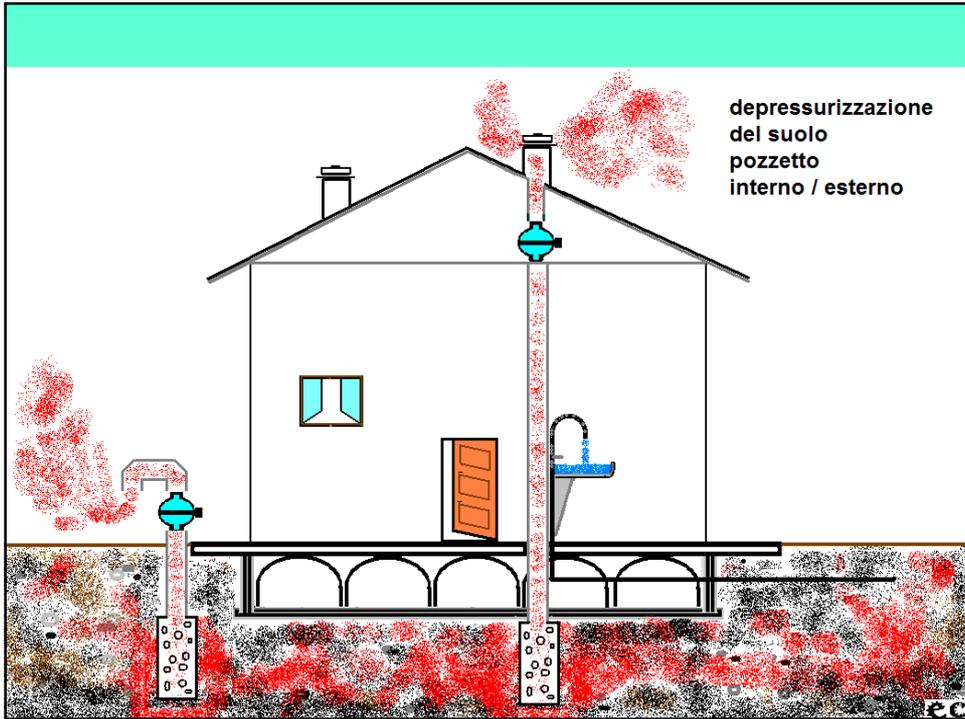
**Si distinguono in**

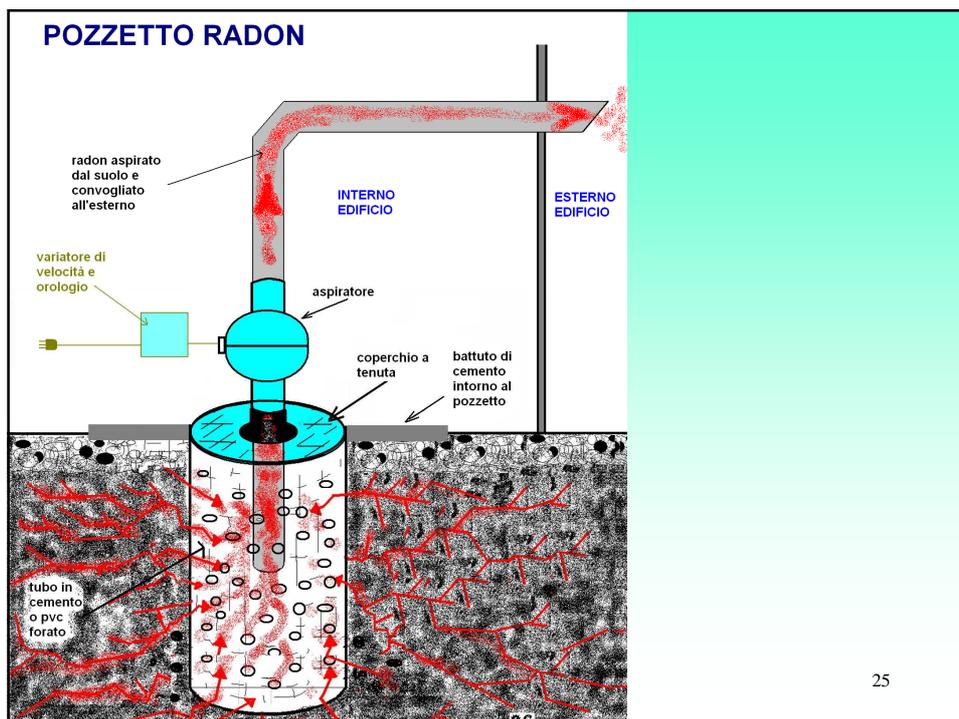
- naturali – passivi (no dispositivi elettrici)
- artificiali – attive (ventilatori...)

18









## *Esempio 1*

### IL RADON IN UN'ABITAZIONE

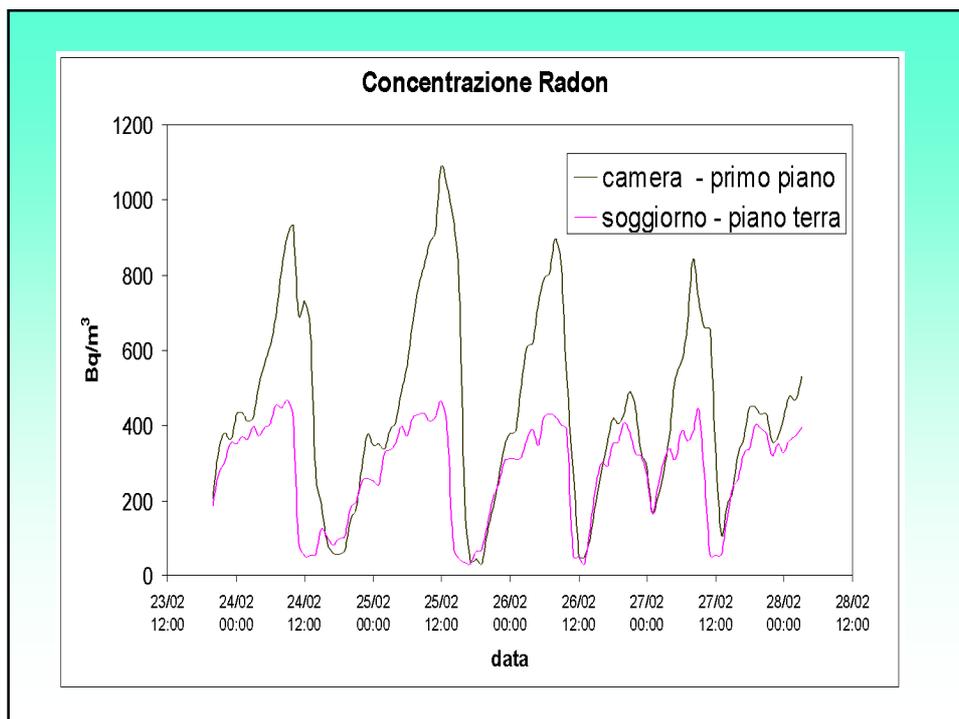
#### Concentrazioni radon

**1126** Bq/m<sup>3</sup> (inverno)

**289** Bq/m<sup>3</sup>

(estate)

Dimensione dell'abitazione  
elevata



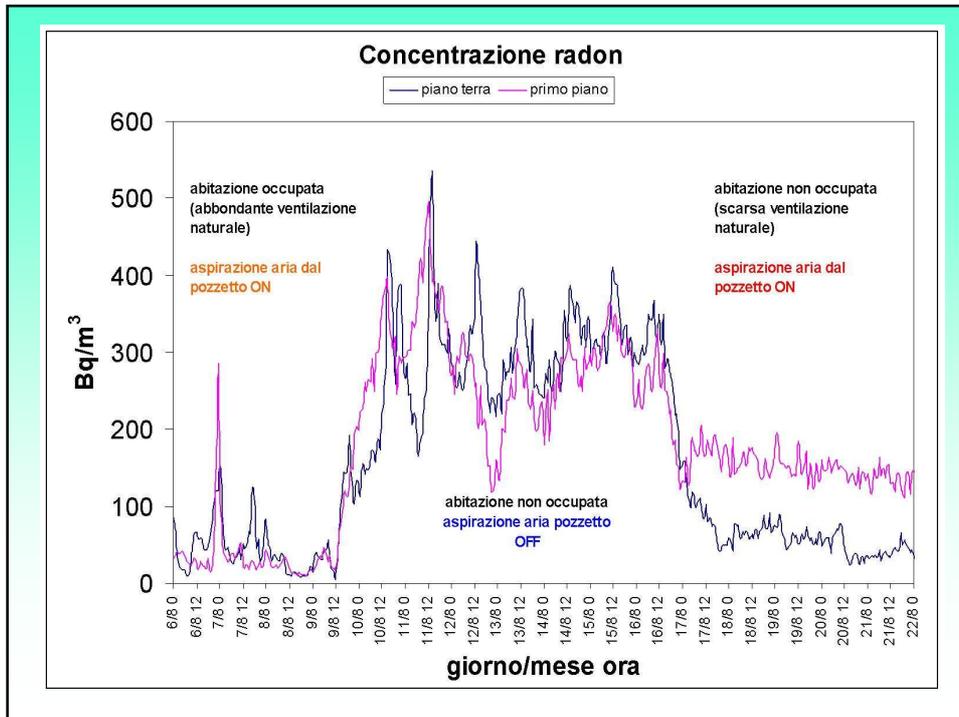
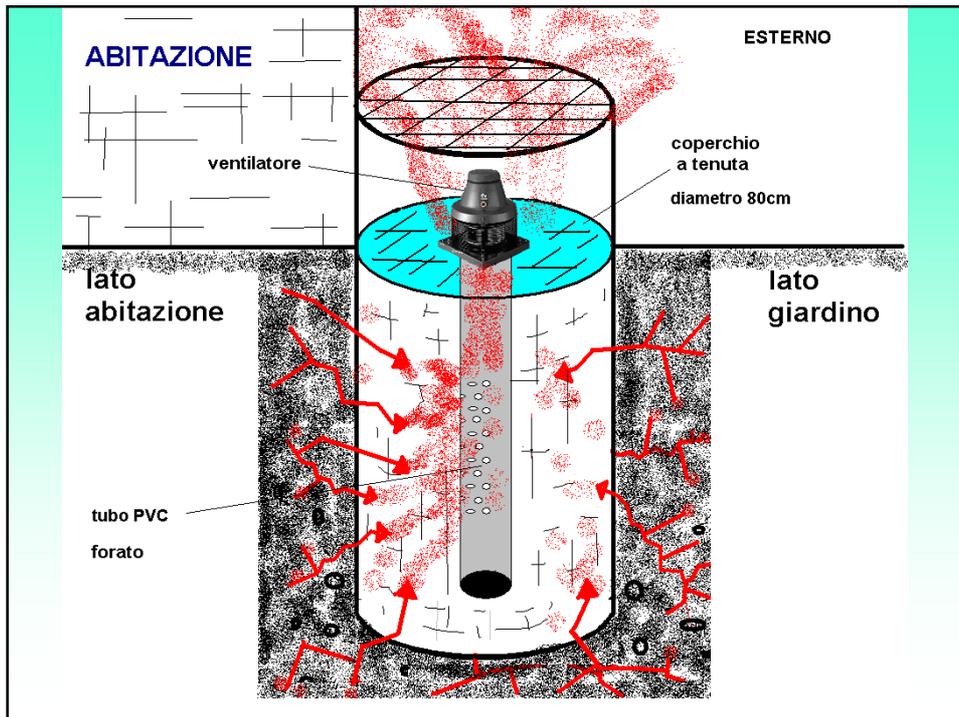
## Azione di rimedio

**“pozzetto radon”**

## Risultati

**82% al piano terra**

**47% al primo piano**



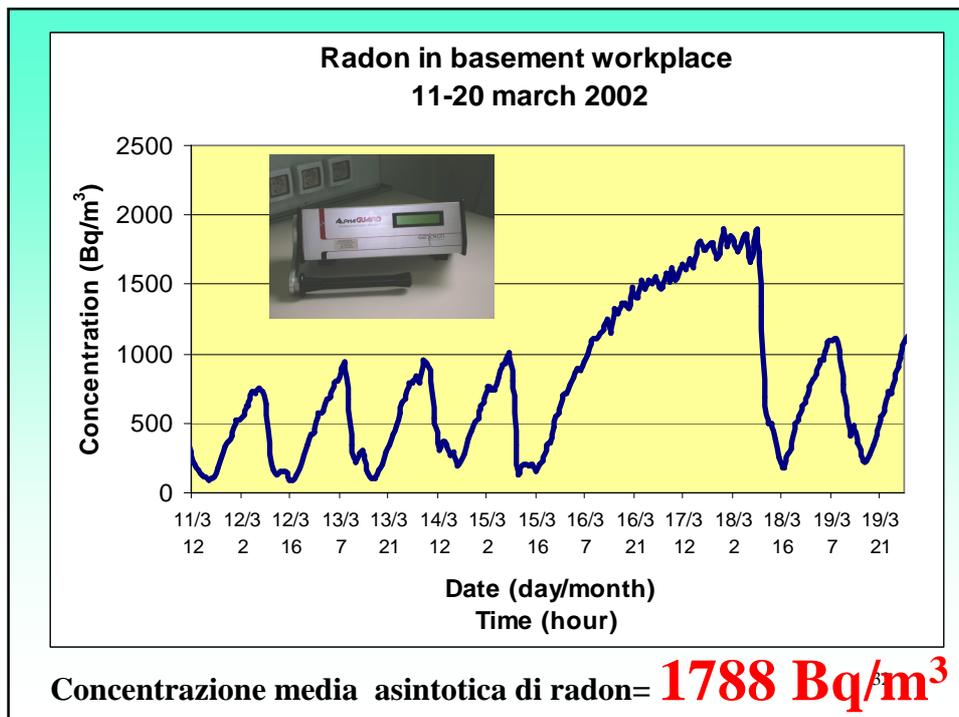
## *esempio 2*

**Luogo di lavoro**  
**seminterrato (per l'80%)**

**Concentrazione radon**

**>> 500 Bq/m<sup>3</sup>**

31



## L'azione di rimedio

**Ventilatore:**

250 W

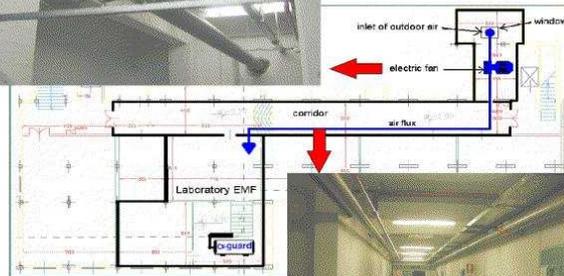
220 V 50 Hz

**Flusso di aria  
immessa:**

0.152 m<sup>3</sup>/s

**Ricambio  
d'aria:**

1.08 h<sup>-1</sup>



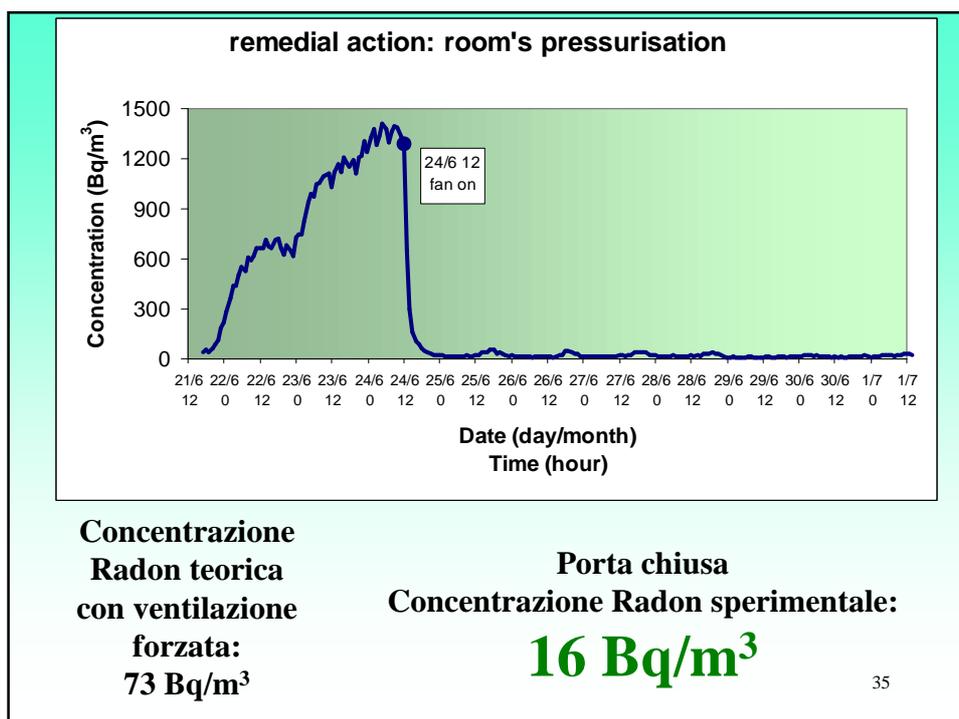
equazioni utili per il  
dimensionamento dell'azione di rimedio

$$\frac{dN}{dt} = -(\lambda + \lambda^*)N + \frac{E}{V} \quad (1) \quad \text{ventilazione naturale}$$

$$C(t) = \frac{\lambda}{\lambda + \lambda^*} \frac{E}{V} \left( 1 - e^{-(\lambda + \lambda^*)t} \right) \quad (2)$$

$$\left( \frac{dC}{dt} \right)_0 = \lambda \frac{E}{V} \quad (3)$$

$$\frac{dN}{dt} = -(\lambda + \lambda_{forced}^*)N + \frac{e_{total}}{\lambda V} \quad (4) \quad \text{ventilazione forzata}$$



**Risultato**

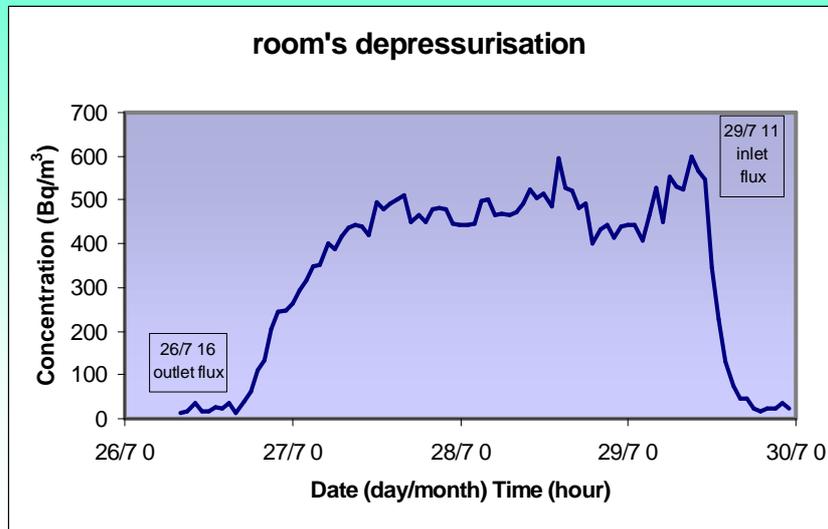
valore teorico (73 Bq/m<sup>3</sup>)  
>  
valore sperimentale (16.5 Bq/m<sup>3</sup>)

↓

Il sistema adottato  
non agisce soltanto mediante ricambio d'aria  
ma limita l'ingresso del radon dal suolo nel locale

36

Stesse condizioni di ventilazione  
invertendo il flusso d'aria



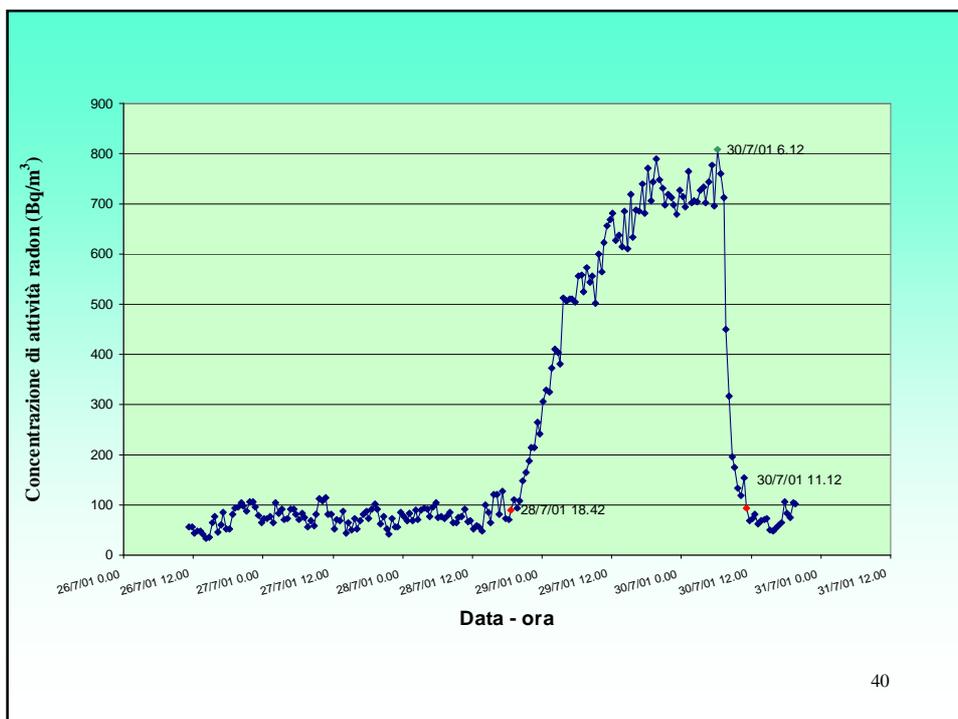
## *Esempio 3*

**Miniera  
dotata di impianto di aerazione  
non attivo nel fine settimana**

- Nussun dubbio sul fatto che una miniera è un luogo di lavoro interrato obbligo della misura: Radon 800 Bq/m<sup>3</sup>)

- È già presente un sistema di ventilazione per scopi diversi dalla mitigazione del radon

39

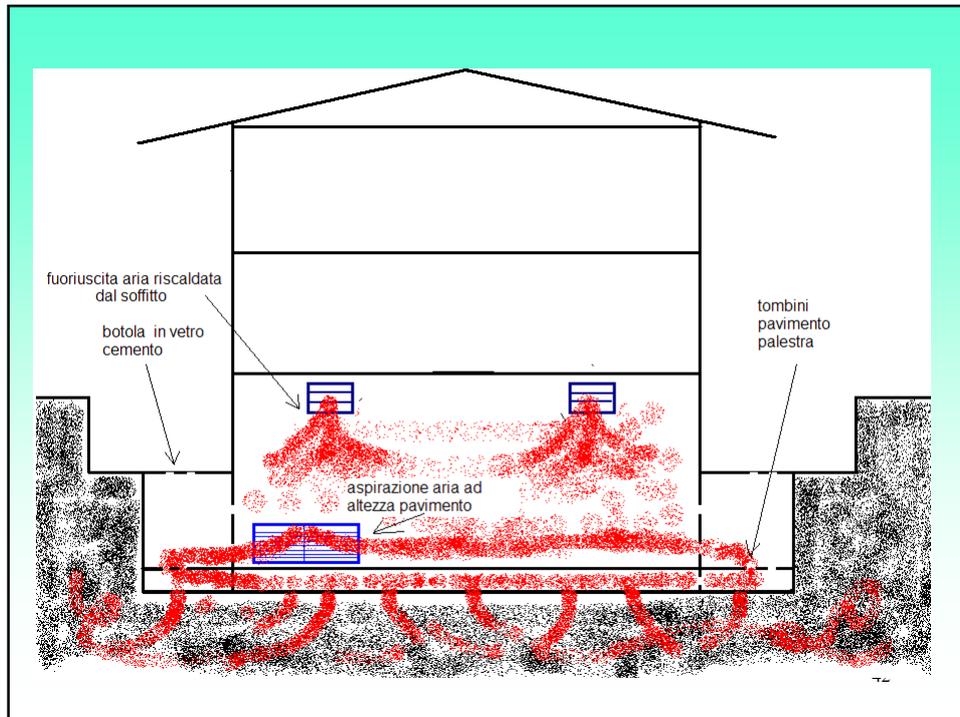


40

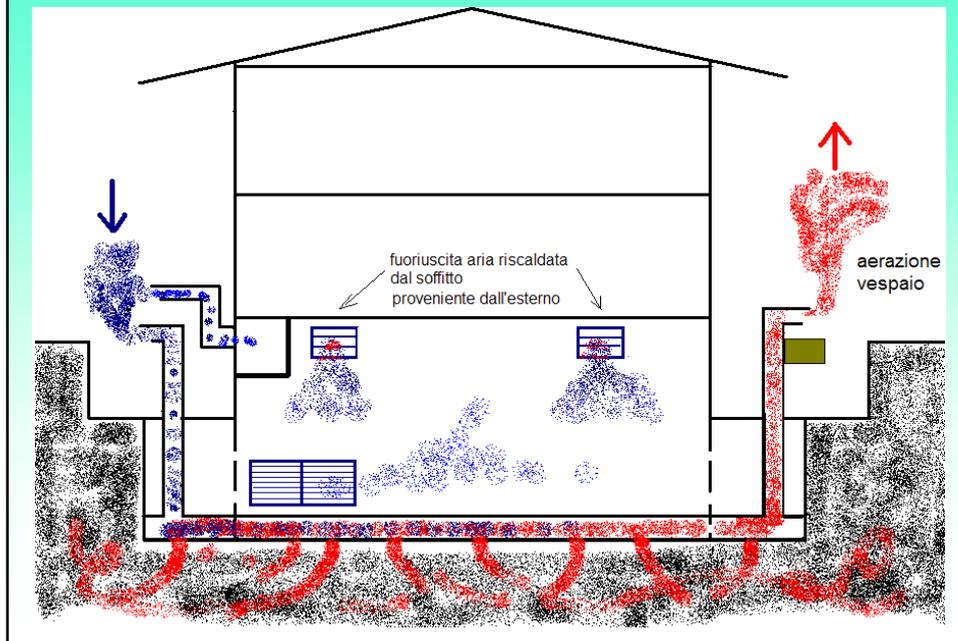
## *Esempio 3*

Palestra di una scuola con un singolare  
impianto di aerazione

41



## Intervento proposto



## *Esempio 4*

Palestra di una scuola

Rimedio installazione aspiratore per  
immissione aria esterna :  
ricambio e pressurizzazione



Azione di rimedio: utile  
combinazione di:

- ventola
- timer
- variatore di velocità

45

PUNTO DI MISURA	DATA INIZIO	DATA FINE	CRn (Bq/m <sup>3</sup> )	DATA INIZIO	DATA FINE	CRn (Bq/m <sup>3</sup> )
	<b>PRIMA DELL'INTERVENTO DI BONIFICA</b>			<b>DOPO L'INTERVENTO DI BONIFICA</b>		
Palestra seminterrato	05/02/09	23/04/09	<b>1383 ± 95</b>	23/04/09	19/05/09	<b>318 ± 31</b>
rampa scale	05/02/09	23/04/09	<b>958 ± 61</b>	23/04/09	19/05/09	<b>368 ± 33</b>
Atrio PT	05/02/09	23/04/09	<b>158 ± 12</b>	23/04/09	19/05/09	<b>142 ± 23</b>
aula PT	05/02/09	23/04/09	<b>196 ± 14</b>	23/04/09	19/05/09	<b>189 ± 27</b>
aula PT	05/02/09	23/04/09	<b>101 ± 8</b>	23/04/09	19/05/09	<b>110 ± 21</b>
Aula PT	05/02/09	23/04/09	<b>86 ± 8</b>	23/04/09	19/05/09	<b>172 ± 34</b>
Aula PT	05/02/09	23/04/09	<b>423 ± 33</b>	23/04/09	19/05/09	<b>184 ± 38</b>
Dormitorio PT	05/02/09	23/04/09	<b>376 ± 25</b>	23/04/09	19/05/09	<b>167 ± 24</b>

46

## *Esempio 5*

Scuola:

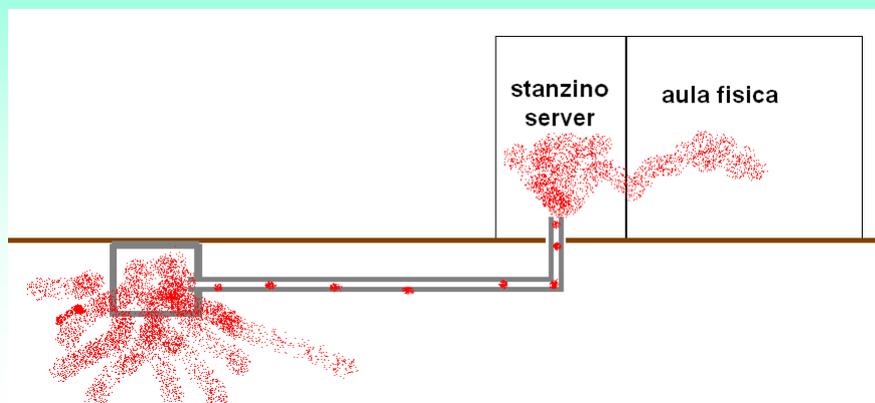
edificio nuovo e interamente al piano terra

Nell'aula di fisica media radon  $800 \text{ Bq/m}^3$

Rimedio: sigillatura canaline porta cavi

47

## Ricerca delle sorgenti di radon



## Intervenendo con schiuma di poliuretano

Locale	Concentrazione media di attività Rn (Bq/m <sup>3</sup> )	Concentrazione media di attività Rn (Bq/m <sup>3</sup> )
	Vie d'accesso radon libere	Vie d'accesso radon sigillate
stanzino server	931	222
aula fisica adiacente	478	33

49

## *Esempio 6*

Stanzino magazzino con alte concentrazioni  
Poco frequentato

50

## rimedio



51

## Più in generale

Strategia con miglior rapporto costi e benefici:  
occorrerebbe inserire negli strumenti  
urbanistici (piani regolatori, regolamenti  
edilizi...) la prescrizione di adottare  
semplici e economici accorgimenti  
preventivi (vedi Raccomandazione Piano  
Nazionale Radon)

52