

# Radon: caratteristiche, distribuzione sul territorio ed azioni di prevenzione e risanamento

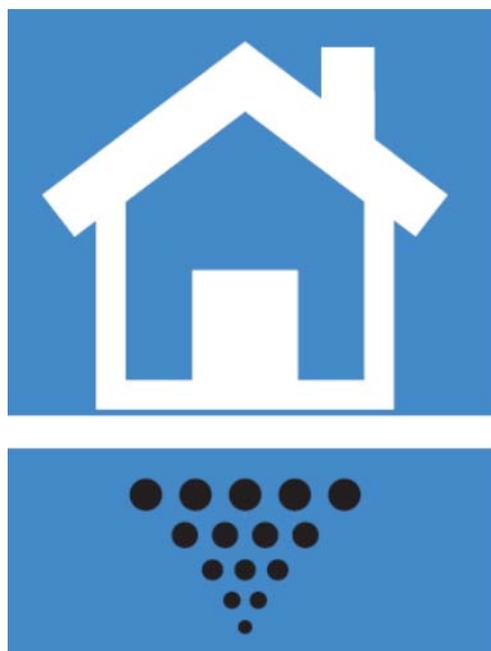
## (corso avanzato)

Giovedì 22 ottobre 2020 ore 10:00



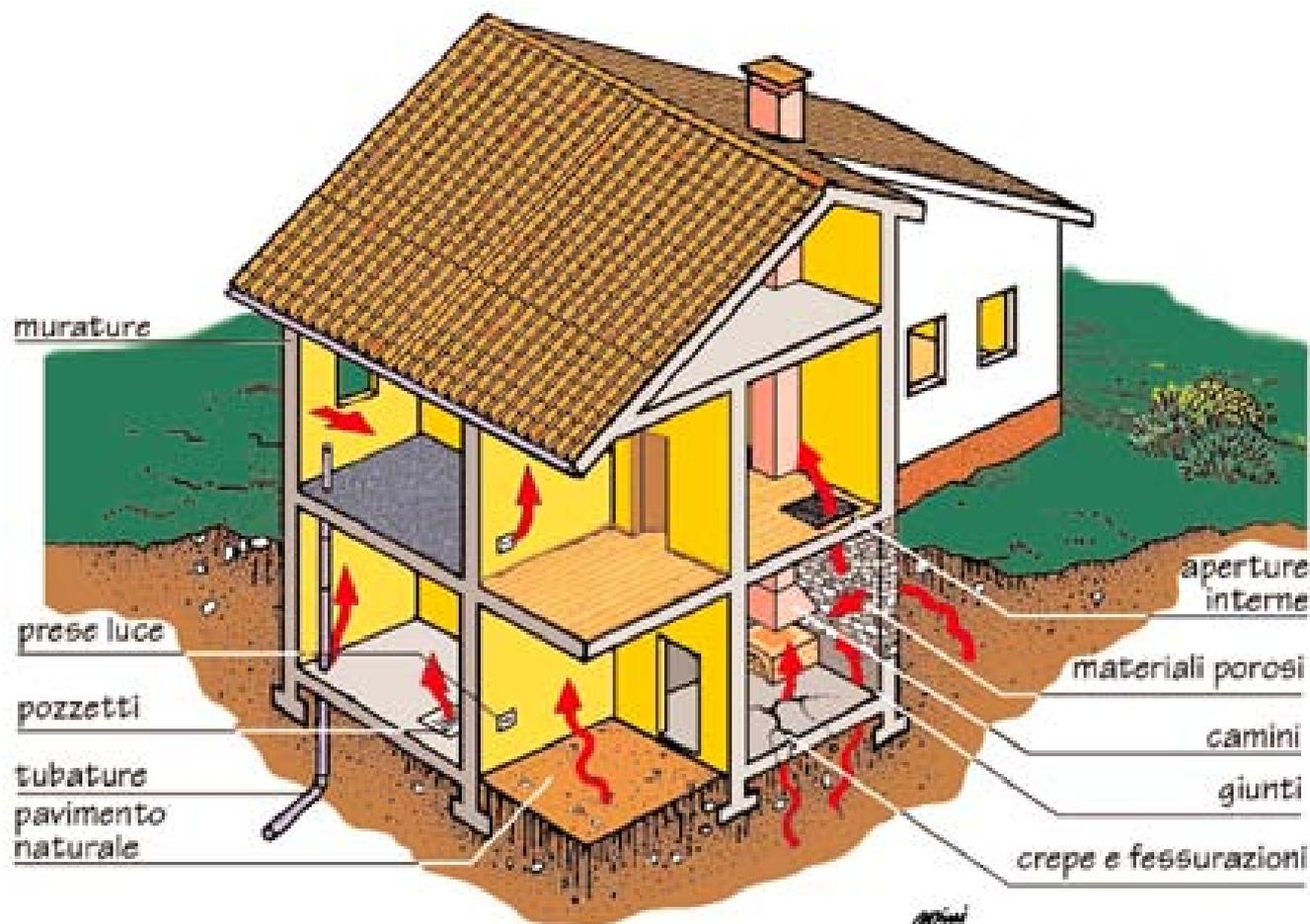
REALIZZATO DA:

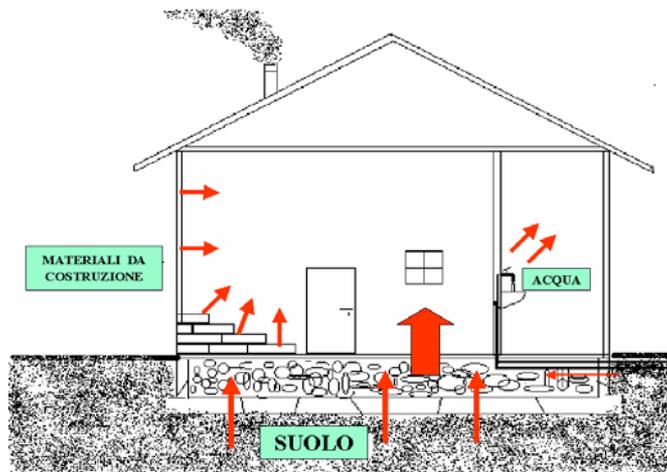




**Radon: caratteristiche,  
distribuzione sul territorio ed  
azioni di prevenzione e  
risanamento, approfondimenti  
e aggiornamenti  
(corso avanzato)**

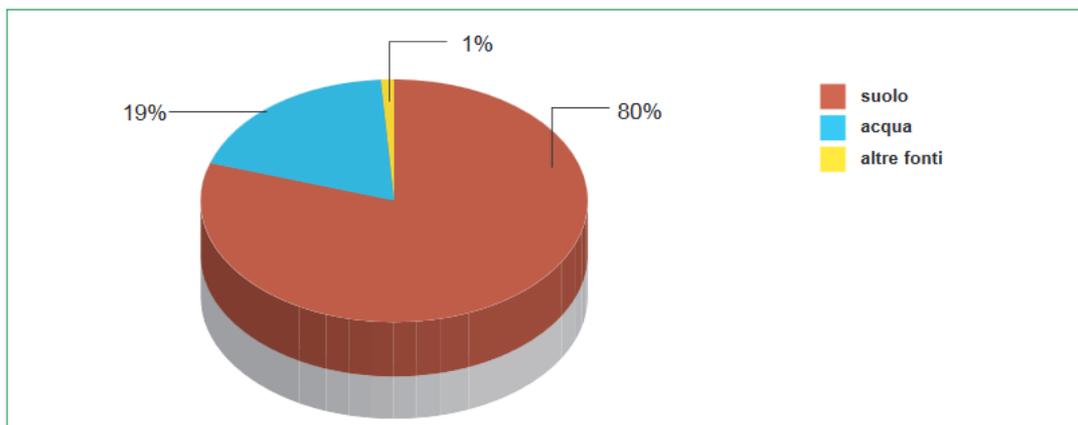
## Modalità di ingresso e diffusione negli edifici



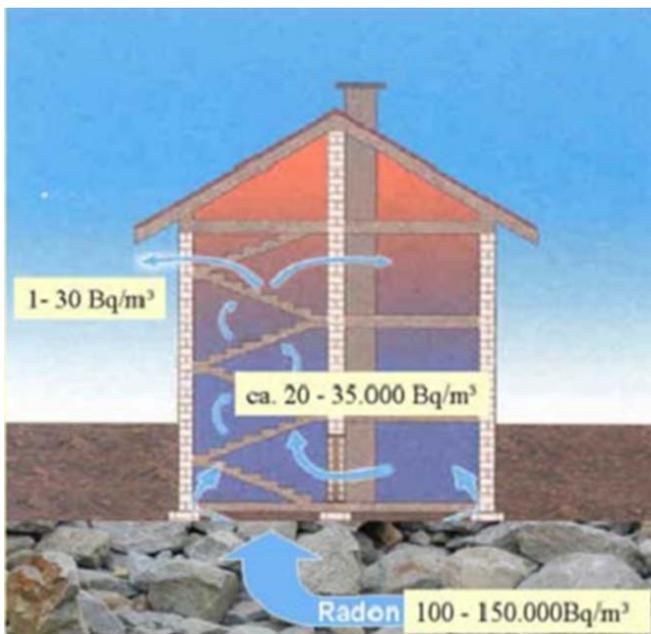


Fonte: ARPA Piemonte

- Il radon nel terreno e nelle rocce si mescola all'aria e risale in superficie
- Le concentrazioni all'aria aperta sono molto basse
- Negli ambienti chiusi può raggiungere concentrazioni molto elevate
- Sebbene alcuni materiali contengano radio, generalmente la concentrazione di radon è trascurabile
- Valori elevati di radon sono solitamente dovuti al terreno

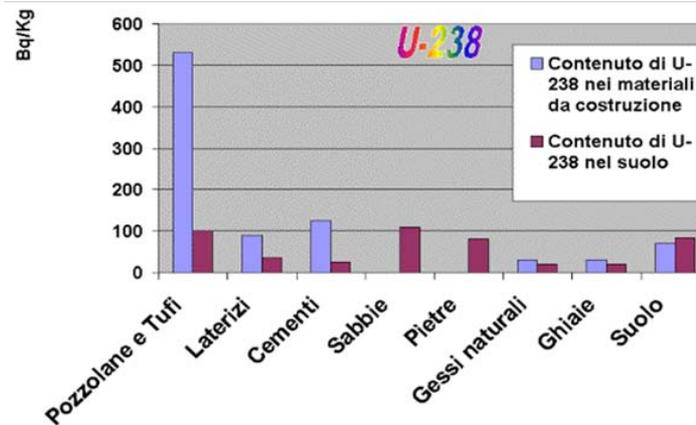
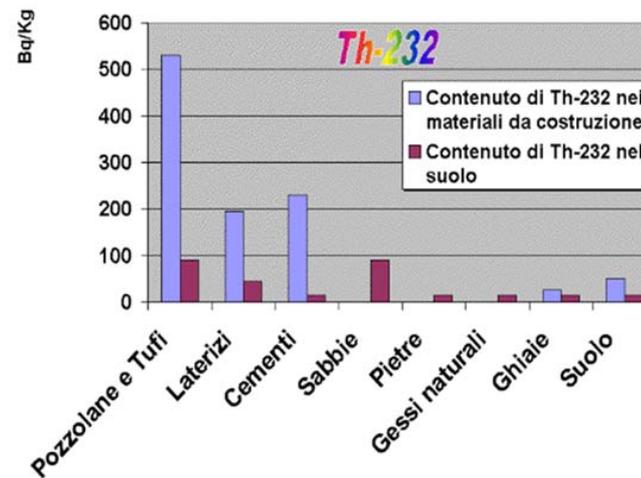


Fonte:  
[https://www.salute.gov.it/imgs/C\\_17\\_opuscoliPoster\\_160\\_allegato.pdf](https://www.salute.gov.it/imgs/C_17_opuscoliPoster_160_allegato.pdf)

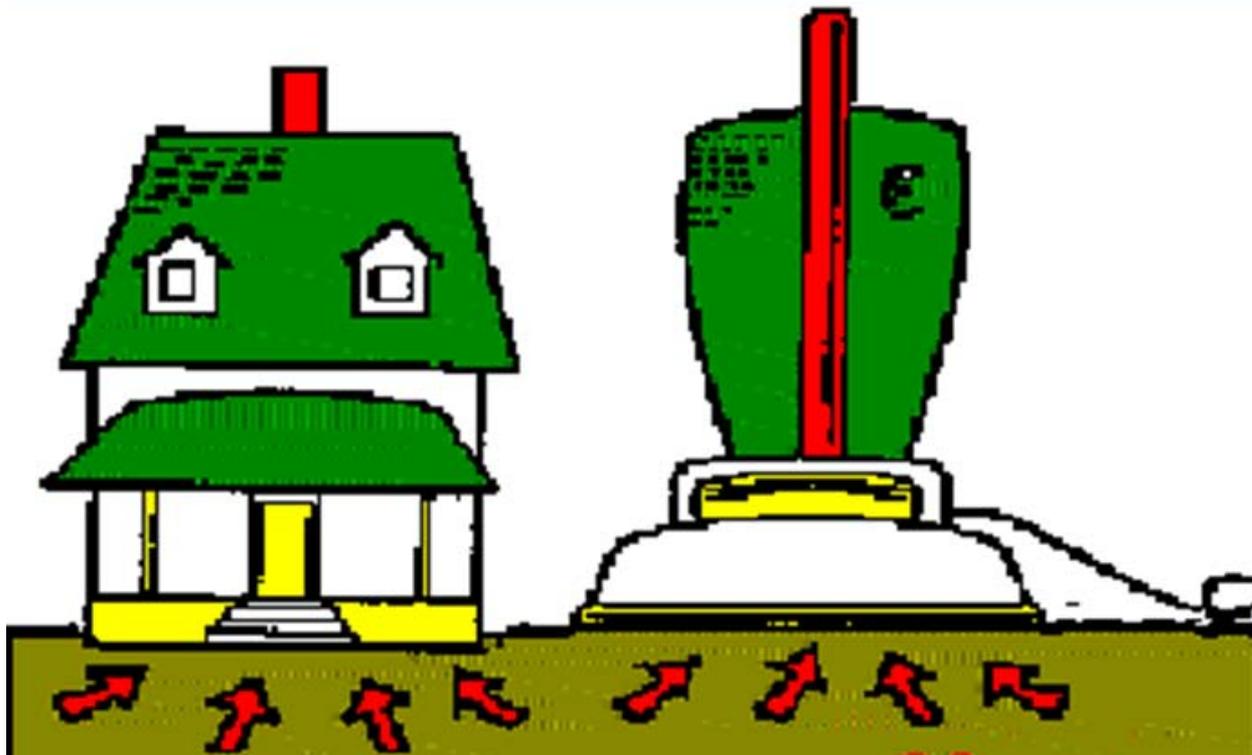


Fonte: APPA Alto Adige

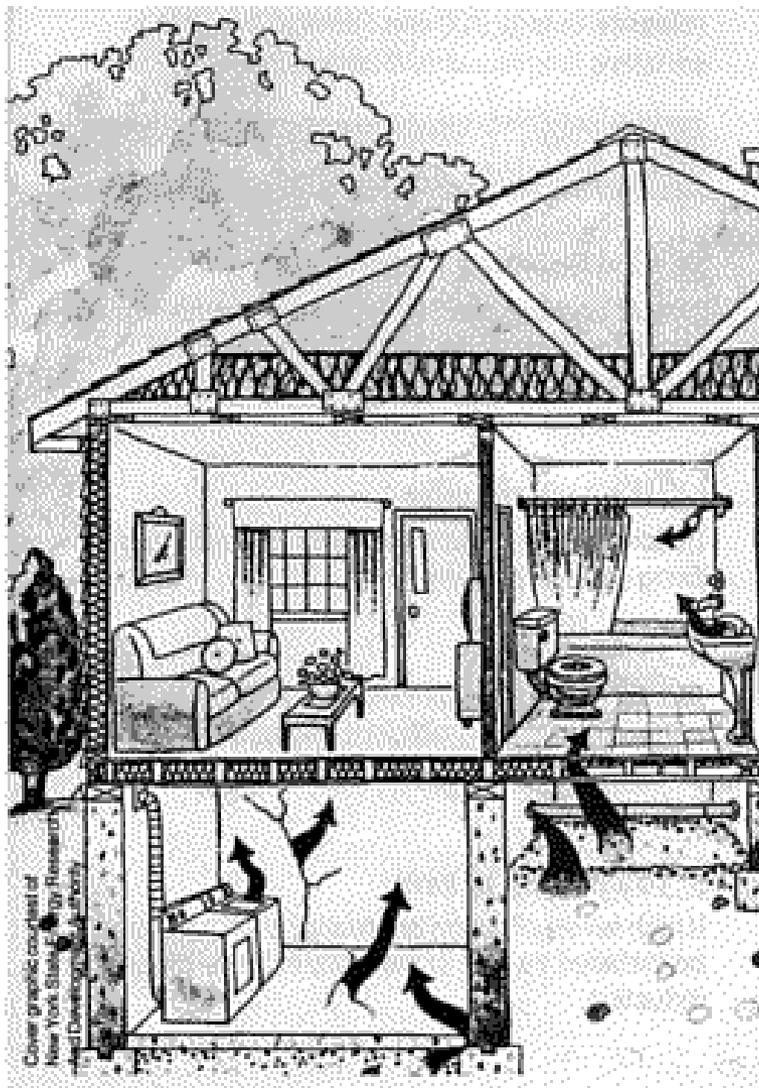
- Nel suolo le concentrazioni di radon possono essere molto elevate
- All'aperto il radon si volatilizza rapidamente (normalmente circa 10 Bq/m<sup>3</sup>, UNSCEAR 2000)
- Negli ambienti chiusi (edifici) esso può concentrarsi raggiungendo concentrazioni elevate



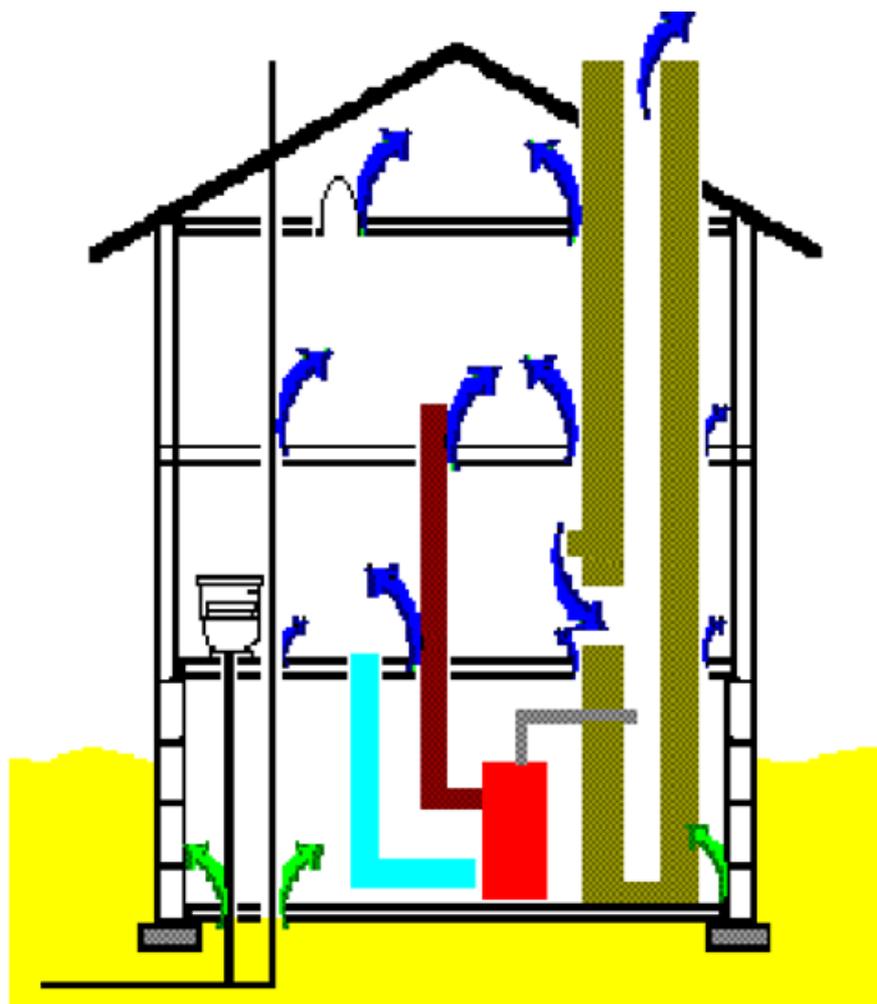
*La depressione sostiene l'ingresso del gas*



- La costruzione si comporta in modo da creare una depressione che induce l'ingresso del gas all'interno.
- Tale depressione è minima ed è indotta dalla differente pressione esistente dentro e fuori del fabbricato

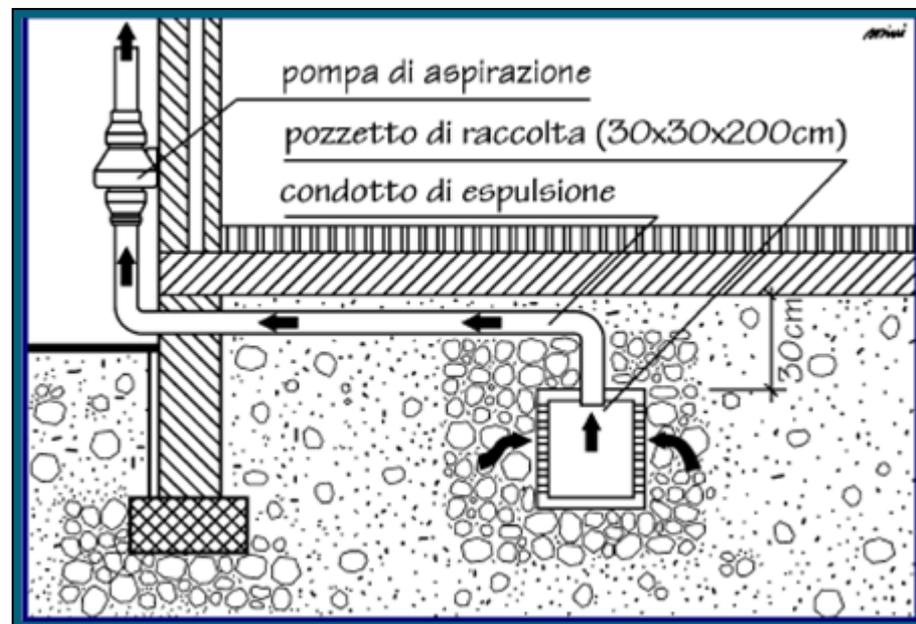
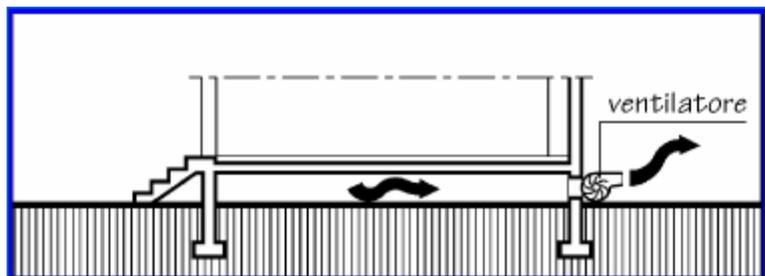
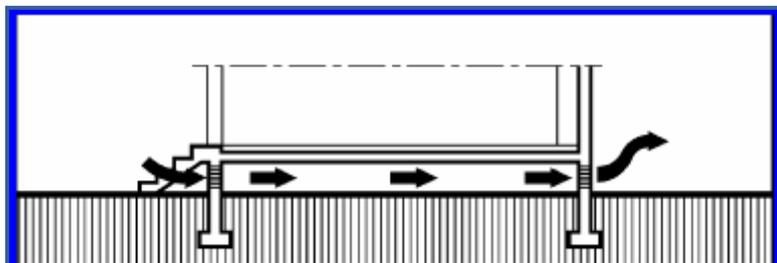


- Piccole differenze di pressione tra terreno ed interno dell'edificio sono responsabili dell'ingresso di radon dal sottosuolo
- Fessure nei pavimenti
- Fessure nei muri sotterranei
- Fessure nelle pareti
- Cavità nei muri
- Giunzioni nella costruzione
- Vani sotto pavimenti sospesi
- Spazi lasciati attorno alle tubature

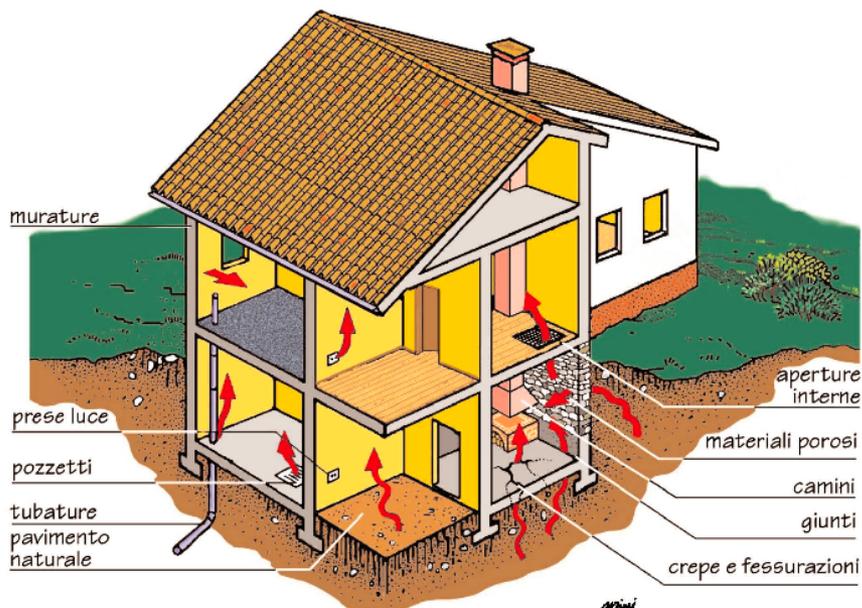


- Le aperture attraverso i piani favoriscono la distribuzione del gas ad opera delle correnti d'aria calda che, più leggera tende a risalire verso l'alto.

# RADON: Azioni di prevenzione e risanamento in Friuli Venezia Giulia



### Tipiche vie di ingresso del radon negli edifici



### Strategie di Intervento

#### Impedire l'ingresso del radon:

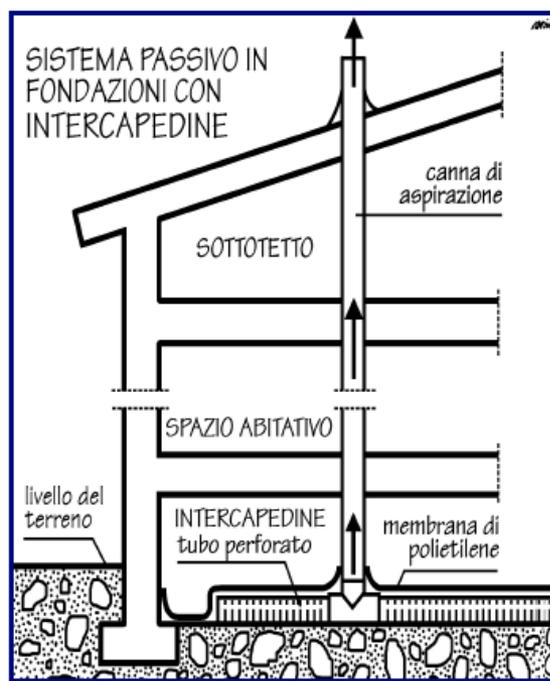
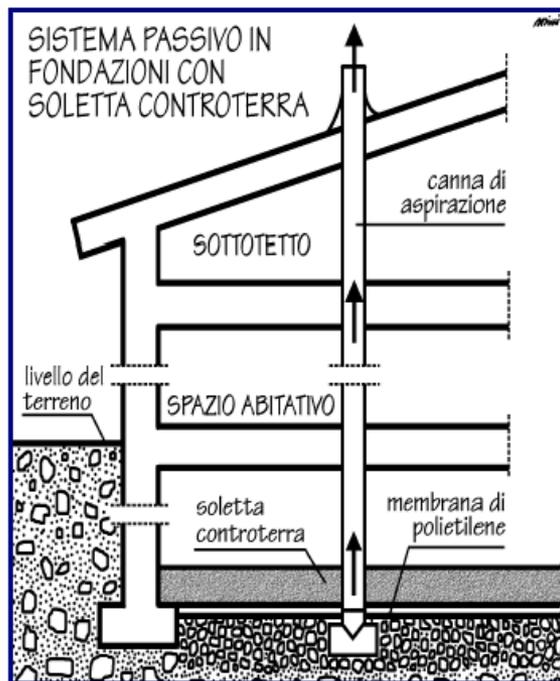
- Depressurizzazione del suolo
- Ventilazione del vespaio
- Sigillatura delle vie di ingresso
- Pressurizzazione dell'edificio

#### Ridurre la concentrazione dopo il suo ingresso:

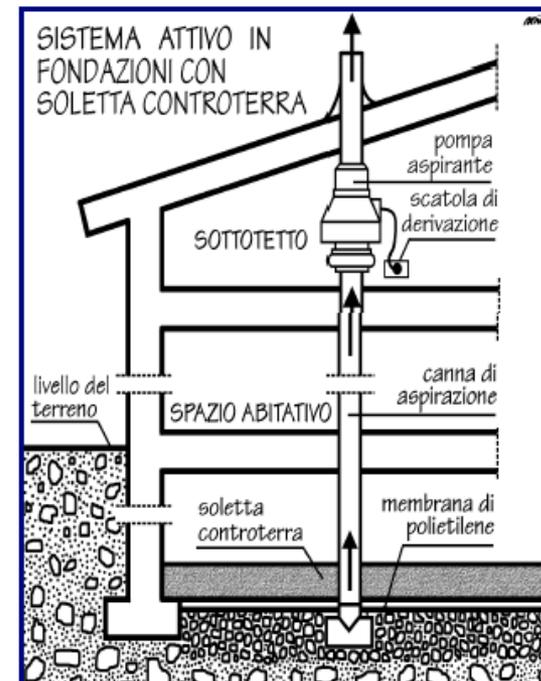
- Diluizione con ventilazione forzata
- Filtrazione dell'aria

I sistemi principali per la riduzione dell'ingresso del radon nei nuovi edifici si possono dividere in:

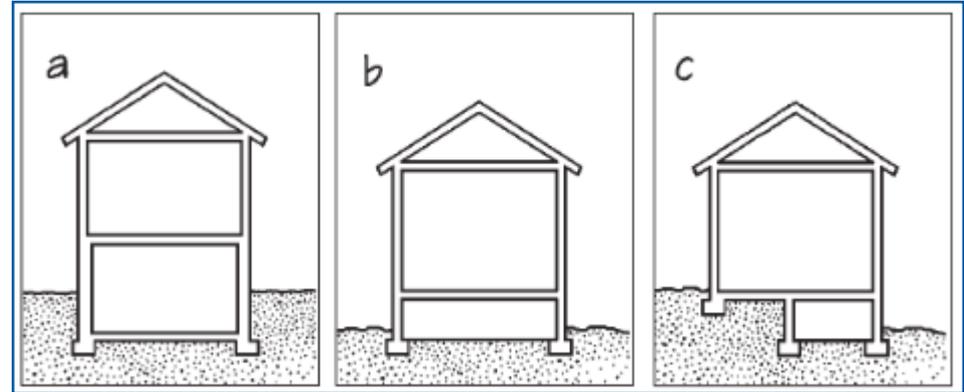
## Sistemi passivi



## Sistemi attivi



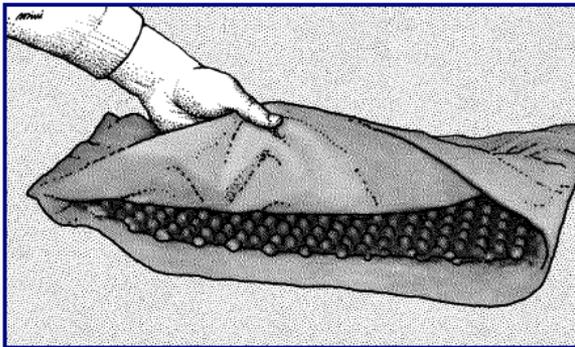
In funzione della tipologia edilizia (a,b,c,) vengono fornite indicazioni tecniche su come realizzare i sistemi riduzione



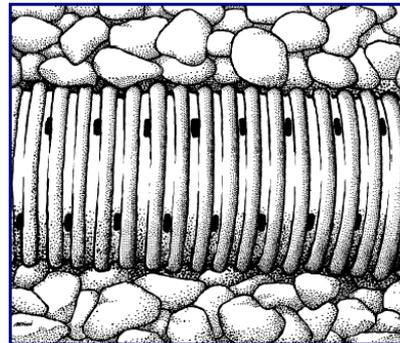
- a) Fondazione con solaio controterra
- b) Fondazione con intercapedine
- c) Fondazione mista

Alcuni esempi di particolari tecnici:

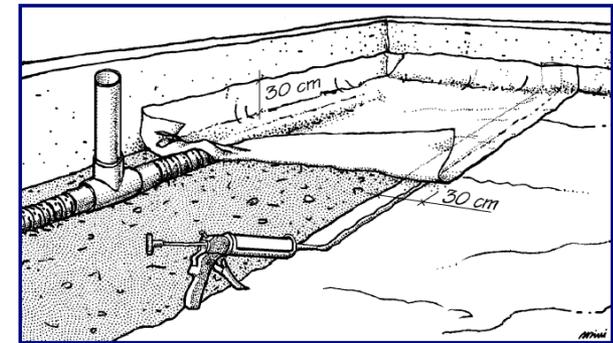
Stuoia "drenante"



Tubo corrugato e perforato

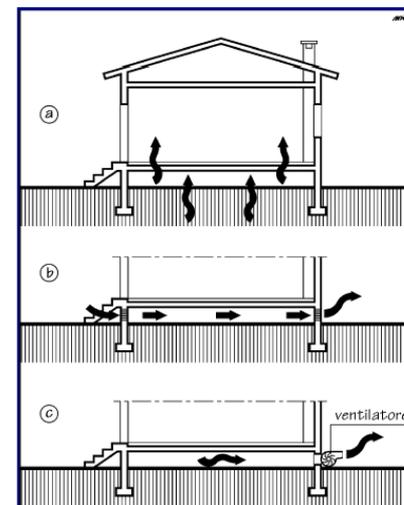


Posa e fissaggio teli polietilene



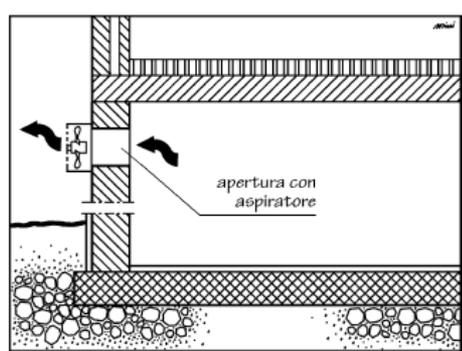
**Gli interventi che vengono descritti nel fascicolo si possono suddividere in:**

- 1) eliminazione dei fattori che generano depressione nei locali abitativi
- 2) depressurizzazione dell'area sottostante l'edificio
- 3) generazione di una sovrappressione artificiale nell'edificio
- 4) espulsione mediante ventilazione dell'aria ricca di radon dalla cantina
- 5) Espulsione mediante ventilazione dell'aria ricca di radon dai locali abitativi e/o filtrazione dell'aria
- 6) Isolamenti e sigillature

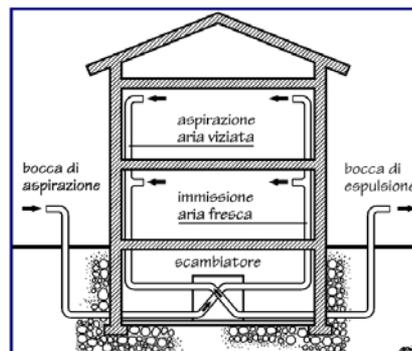


**Ventilazione forzata o naturale dell'intercapedine**

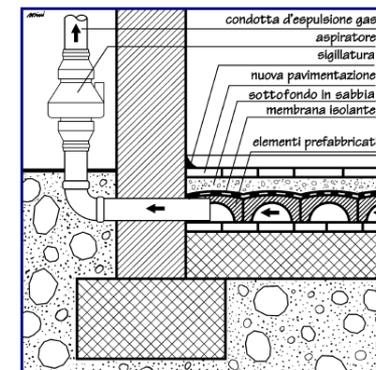
**Aspirazione dell'aria dalla cantina**



**Ricambio d'aria con scambiatore di calore**



**Aspirazione forzata dal vuoto sanitario (p.e. igloo)**



## *Criteria di progetto*

- Utili ai fini di una reale diminuzione della concentrazione
- Non distruttivi e silenziosi
- Affidabili, durevoli ed in grado di segnalare malfunzionamenti
- Economici da installare e mantenere

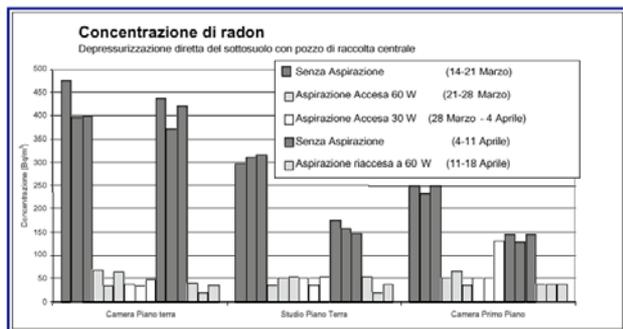
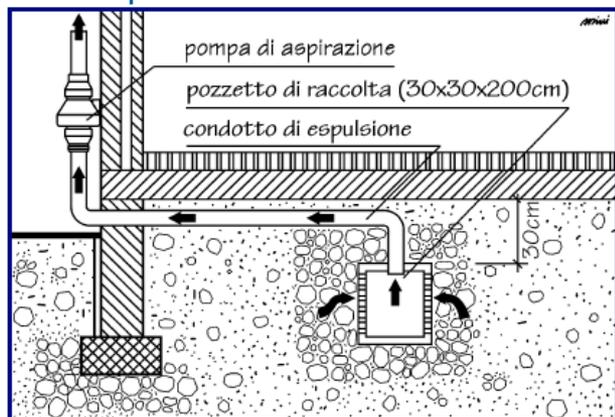
*N.B.: La scelta del metodo più adatto per il singolo edificio dipende da molti fattori e deve essere oggetto di discussione e di accordo tra tutti i soggetti interessati. L'intervento sull'edificio è un compromesso tra efficienza di abbattimento del radon, costi di installazione ed esercizio, accettabilità da parte degli occupanti, facilità di manutenzione, incidenza sulle abitudini di vita, durata nel tempo.*

### *Procedura per la verifica dell'efficacia*

- Periodo minimo di misura: tre settimane contigue con azione di rimedio alternativamente disattivata e attivata
- Strumentazione attiva e strumentazione passiva (elettreti)
- Allungamento del periodo di misura per interventi a step o dimensionamento degli stessi (ventilazione del vespaio naturale o forzata, numero di bocchette di aerazione, potenza e temporizzazione degli aspiratori, ecc.)
- Periodo di misura: possibilmente invernale e con riscaldamento acceso
- Misure effettuate nelle normali condizioni di utilizzo della struttura
- Misure di lungo periodo (2 semestri) con rivelatori passivi

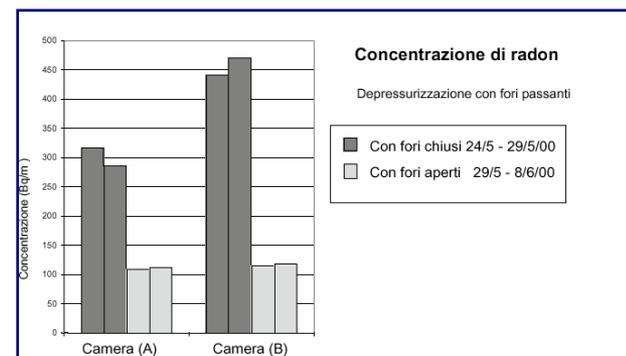
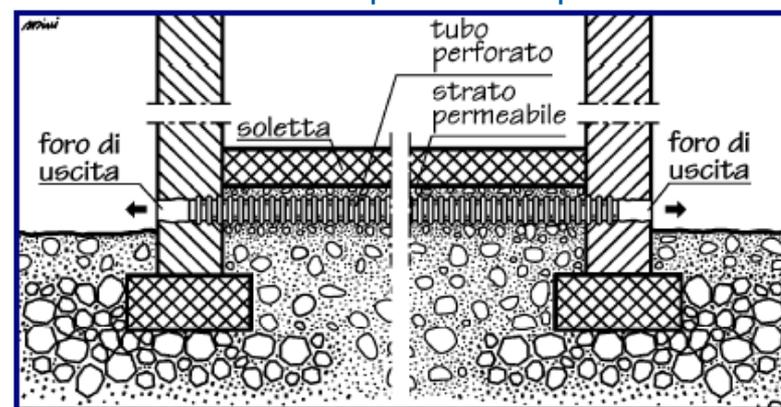
### ATTIVA

con pozzo di raccolta centrale

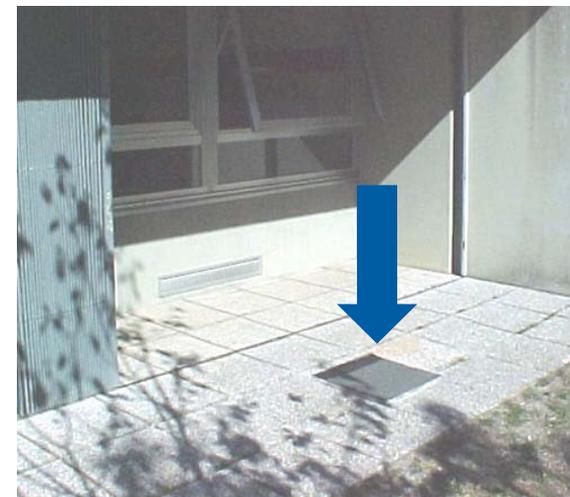
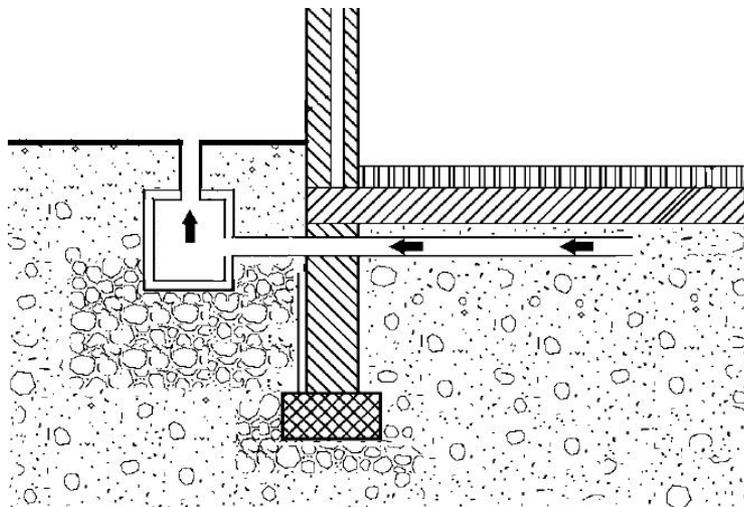


### PASSIVA

con fori e tubo perforato passante



## Scuola Materna



Locale	Concentrazione di radon (Bq/m <sup>3</sup> )		Efficacia (%)
	Rimedio off	Rimedio on	
Classe 1	511	90	82
Salone	556	118	79
Mensa	602	111	81
Classe 2	395	40	90

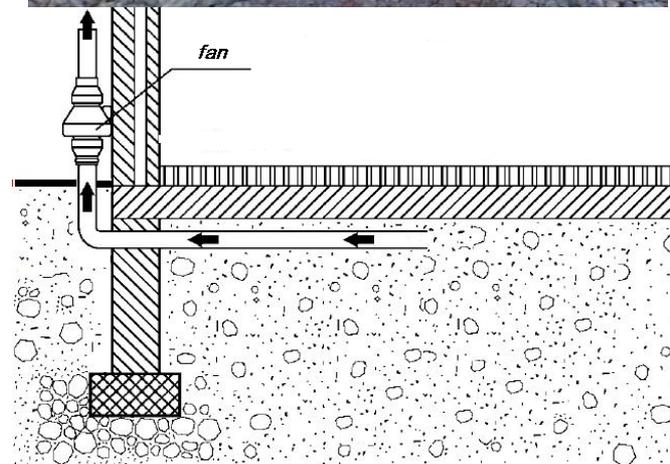
### Scuola materna 3

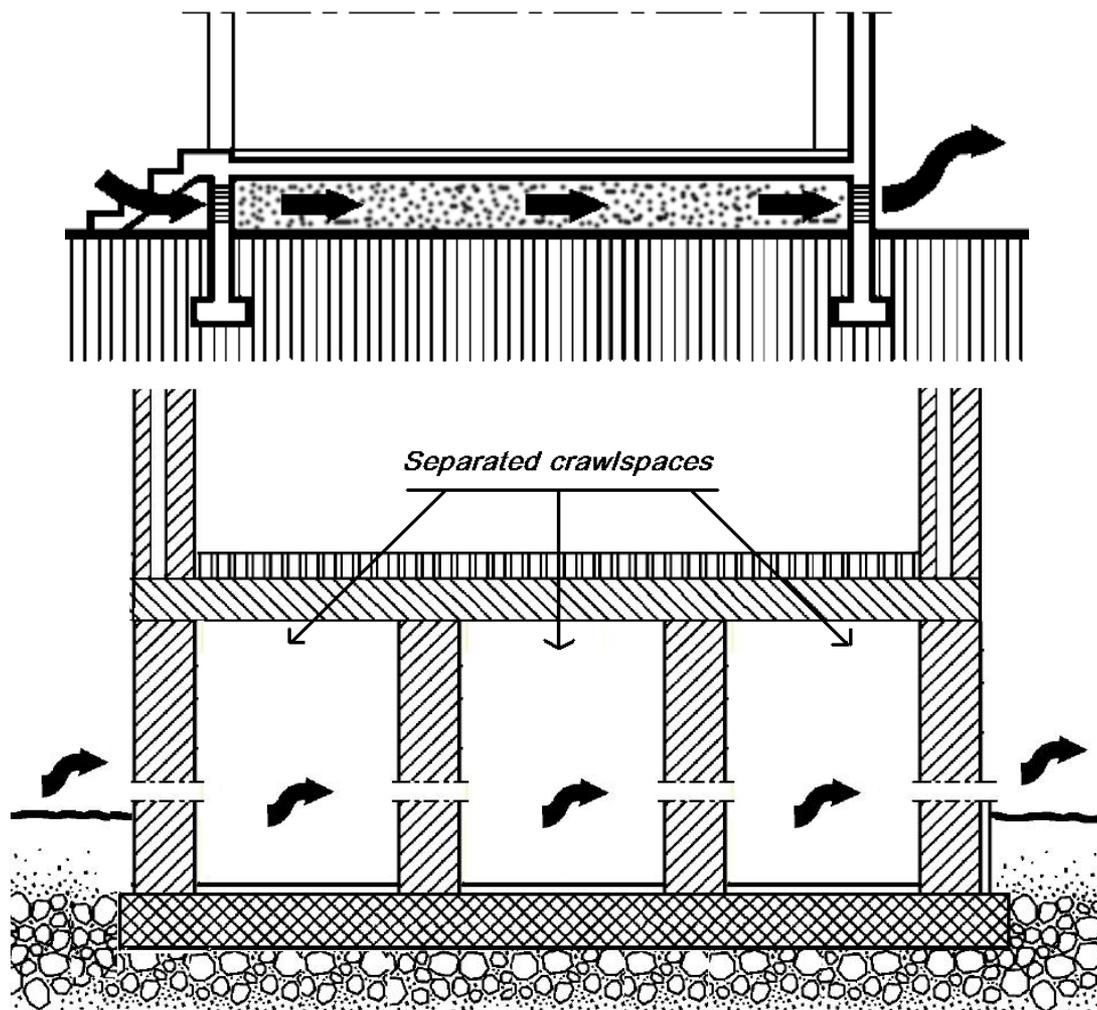
Locale	Primo periodo (Bq/m <sup>3</sup> ) aspiratori spenti	Secondo periodo (Bq/m <sup>3</sup> ) aspiratori sempre accesi	Terzo periodo (Bq/m <sup>3</sup> ) aspiratori accesi 4 - 16	Quarto periodo (Bq/m <sup>3</sup> ) aspiratori spenti	Quinto periodo (Bq/m <sup>3</sup> ) aspiratori accesi 16 - 4	Sesto periodo (Bq/m <sup>3</sup> ) aspiratori accesi 3-15 e 21-24
Aula nido	1077	99	60	861	677	414
Aula apine	568	75	59	441	319	289
Aula orsetti	553	107	134	609	267	353
Aula farfalle	537	75	99	404	290	318
Aula coccinelle	301	119	151	193	241	296
Salone	294	104	100	312	281	288



Esito misure effettuate dal 08/01/04 al 06/02/04

### Intervento realizzato





## Scuola elementare

### Esito misure effettuate dal 21/01/02 al 07/06/02

Classe 2<sup>a</sup> (T): 221 Bq/m<sup>3</sup>

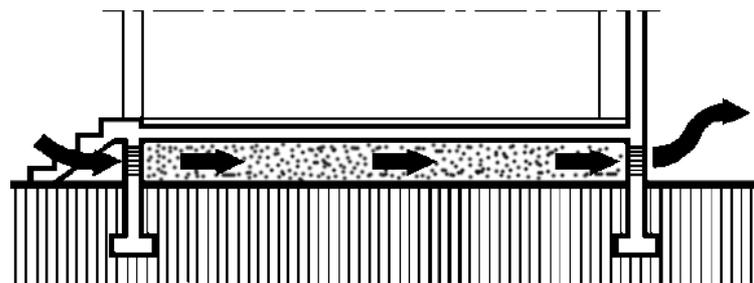
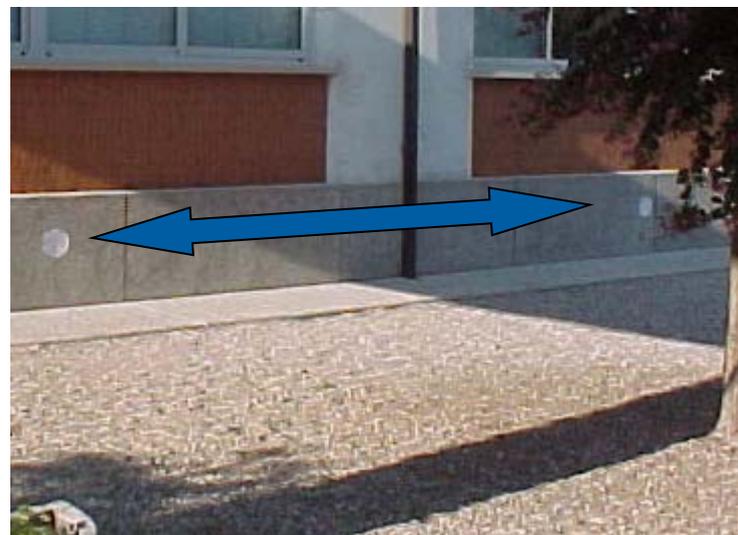
Classe 3<sup>a</sup> B (T): 795 Bq/m<sup>3</sup>

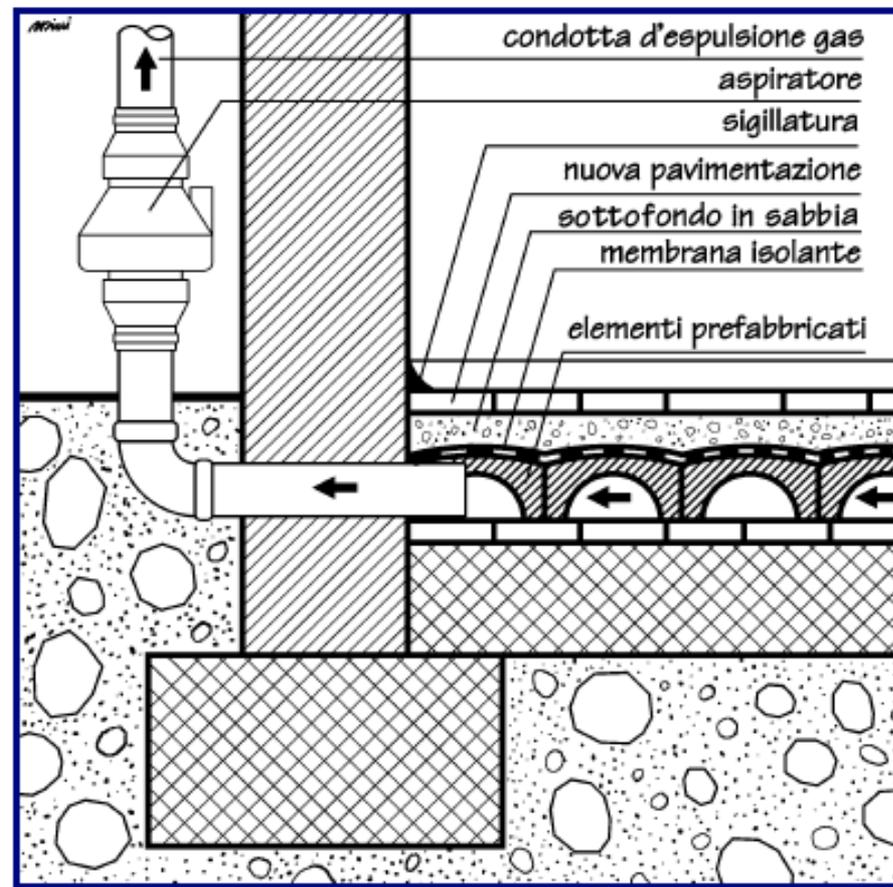
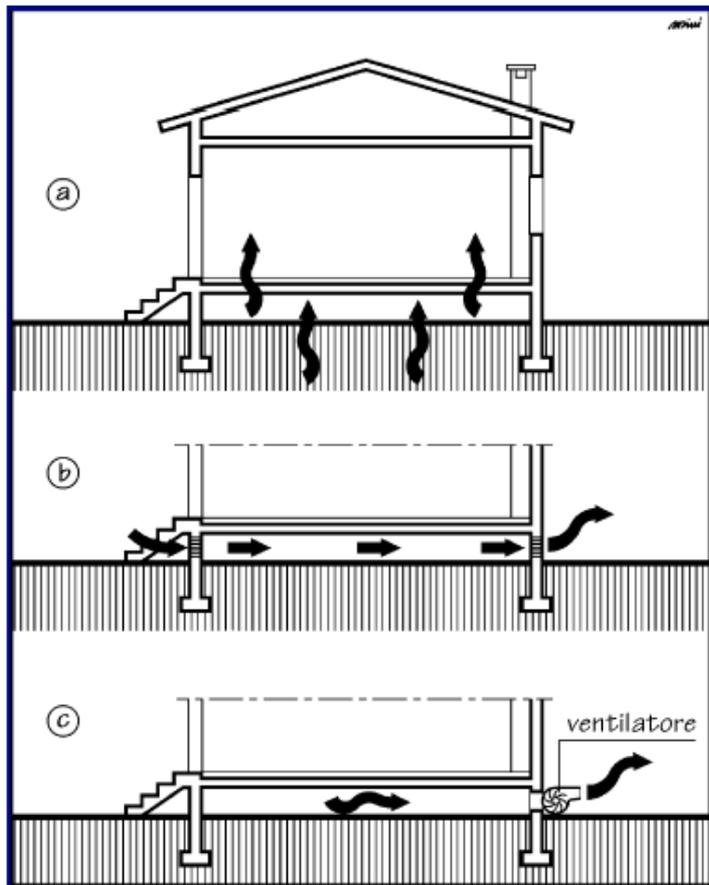
Classe 3<sup>a</sup> A (1): 54 Bq/m<sup>3</sup>

### Intervento consigliato

Depressurizzazione, eventualmente  
forzata, del vespaio

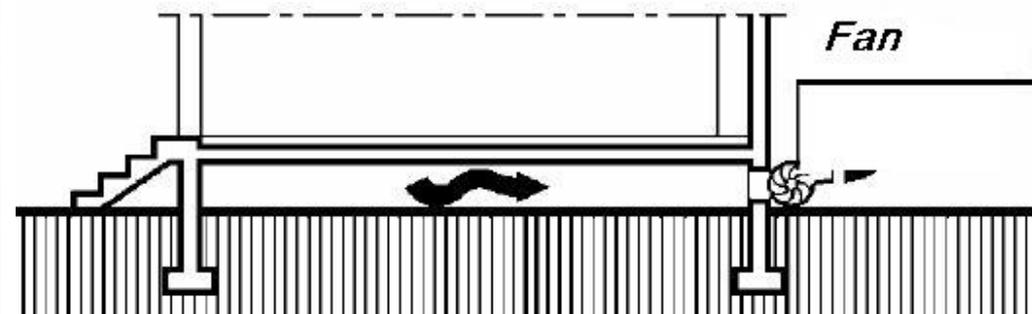
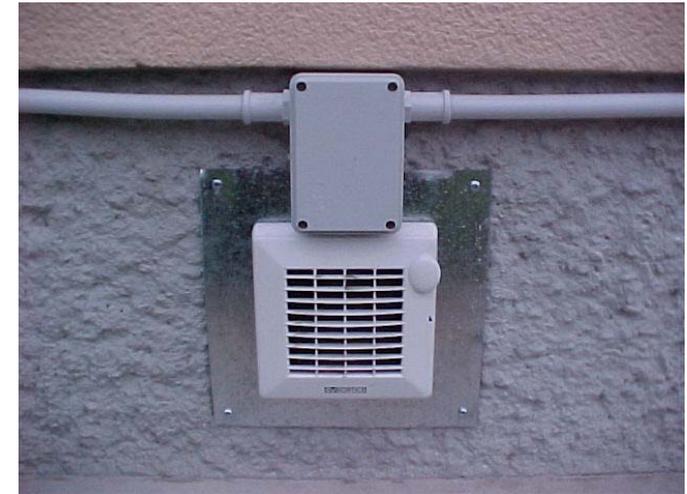
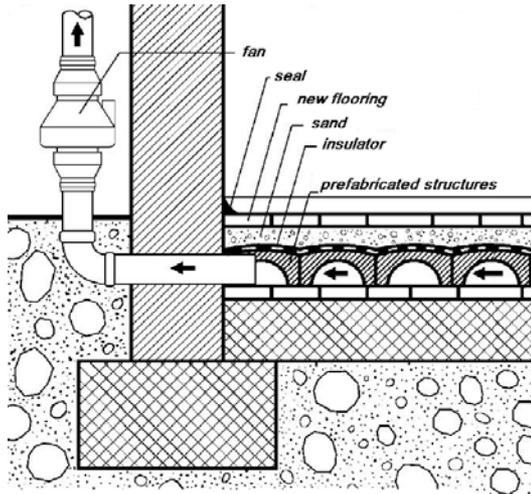
### Intervento realizzato





# Risanamento degli edifici

## Ventilazione forzata del vespaio o del vuoto sanitario (2)



Esito misure effettuate : 26/02-20/06/02

Aula sostegno: 755 Bq/m<sup>3</sup>

Aula 3<sup>a</sup> B: 491 Bq/m<sup>3</sup>

Aula 2<sup>a</sup> B: 668 Bq/m<sup>3</sup>

### Intervento consigliato:

Ventilazione, eventualmente forzata, del vespaio

### Intervento realizzato:

Ventilazione naturale del vespaio

Esito misure effettuate: 19/05-10/06/03

I dati ottenuti indicano solo un parziale miglioramento della situazione

### Intervento consigliato:

Ventilazione forzata del vespaio

### Ulteriore intervento realizzato



Locale	Prima settimana (Bq/m <sup>3</sup> )	Seconda settimana (Bq/m <sup>3</sup> )	Terza settimana (Bq/m <sup>3</sup> )	Riduzione percentuale
Aula 1	1777	191	2152	90%
Aula 2	1204	115	1432	91%
Aula 3	1231	94	1338	93%
Aula 4	1462	139	1729	91%
Aula 5	1351	117	1481	92%
Aula 6	-	152	1249	88%

La **riduzione media** registrata è stata del **91%**

Concentrazioni medie di radon in diversi edifici, ad azione di rimedio attivata e disattivata (media sui locali del piano terra) e percentuale dell'efficacia dell'azione di rimedio per diverse tipologie di intervento

Azione di rimedio	Edificio	Concentrazione media di radon (Bq/m <sup>3</sup> )		Efficacia media (%)	Efficacia media per tipologia di azione di rimedio (%)
		Azione di rimedio disattivata	Azione di rimedio attivata		
<i>Ventilazione naturale del sottosuolo</i>	Scuola 1	516	90	83	83
<i>Ventilazione naturale del vespaio</i>	Scuola 1	1713	192	89	77
	Scuola 2	518	136	72	
	Abitazione	378	113	69	
<i>Depressurizzazione del sottosuolo</i>	Scuola 1	613	97	81	86
	Scuola 2	566	23	96	
	Scuola 3*	603	119	80	
	Abitazione	325	42	86	
<i>Depressurizzazione del vespaio</i>	Scuola 1	1270	213	83	87
	Scuola 2	1472	135	91	
	Scuola 3	198	39	80	
	Scuola 4*	636	83	87	
	Scuola 5	1136	64	94	

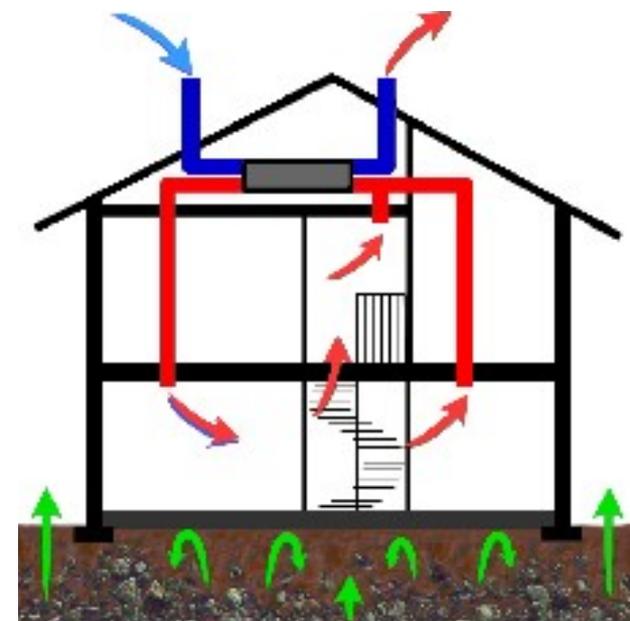
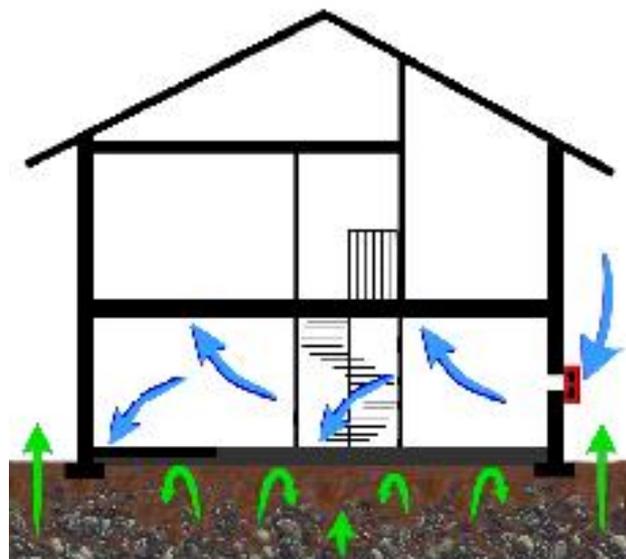
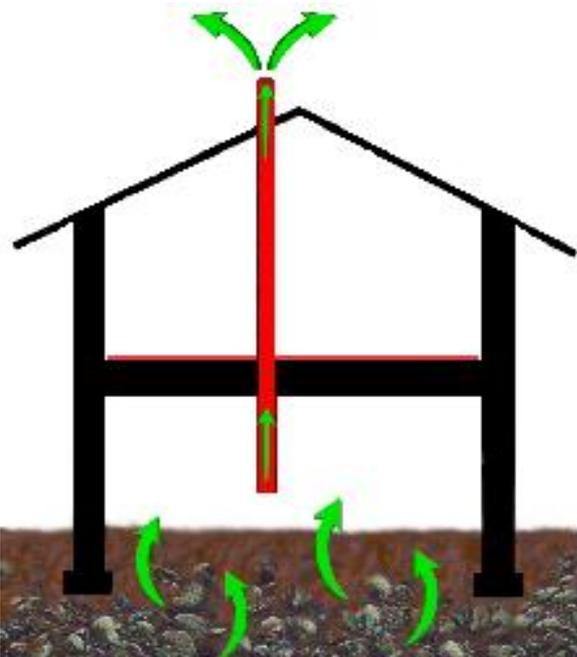
\*Gli aspiratori funzionano ad intermittenza

Azione di rimedio	n. di edifici	Efficacia media (%)	Efficacia massima (%)
<i>Ventilazione naturale del sottosuolo</i>	1	83	83
<i>Ventilazione naturale del vespaio</i>	5	79	89
<i>Ventilazione naturale vano/locale interrato</i>	3	87	92
<i>Depressurizzazione del sottosuolo</i>	12	79	96
<i>Depressurizzazione del vespaio</i>	14	89	94
<i>Ricambio d'aria</i>	4	69	95



## Check list - Controlli in campo e documentale

1	MISURE DI CONCENTRAZIONE DI RADON: PERIODO DI MISURA, MODALITA', DISTRIBUZIONE	12	TIPOLOGIA DI RISCALDAMENTO/RAFFRESCAMENTO
2	PLANIMETRIA/SEZIONI DELL'EDIFICIO	13	PRESENZA DI CANNE FUMARIE/CAPPE D'ASPIRAZIONE
3	TIPOLOGIA DI ATTACCO AL SUOLO (ISPEZIONE ANCHE VISIVA)	14	PRESE D'ARIA DEI CAMINI VERIFICARE CHE SIANO ESTERNE!
4	PRESENZA DI CONTROTERRA LATERALE	15	PRESENZA DI FIAMME LIBERE
5	VALUTARE PRESENZA DI SETTI DIVISORI NEL CASO DI INTERCAPEDINE	16	PRESENZA DI ASCENSORE/MONTACARICHI
6	PRESENZA DI MACROFESSURE	17	VALUTARE PRESENZA DI VENTOLE CHE METTONO IN DEPRESSIONE I LOCALI
7	CARATTERISTICHE DEL SUOLO	18	PRESENZA DI COLLEGAMENTI DIRETTI CON IL SOTTOSUOLO
8	DESTINAZIONE D'USO DEI LOCALI	19	PRESENZA DI CRITICITA' NEL PERIMETRO ESTERNO DELL'EDIFICIO
9	MODALITA' D'USO DEI LOCALI	20	TRACCE DI UMIDITA'
10	COMPARTIMENTAZIONE TRA I LOCALI/PIANI	21	
11	PREVISIONE DI LAVORI DI RISTRUTTURAZIONE/ISOLAMENTO	22	



## Scuola materna

**Esito misure effettuate:** 09/02/01-05/06/01

Aula pitture sezione B: 493 Bq/m<sup>3</sup>

Mensa medi e piccoli: 536 Bq/m<sup>3</sup>

Dormitorio: 515 Bq/m<sup>3</sup>

**Intervento consigliato:**

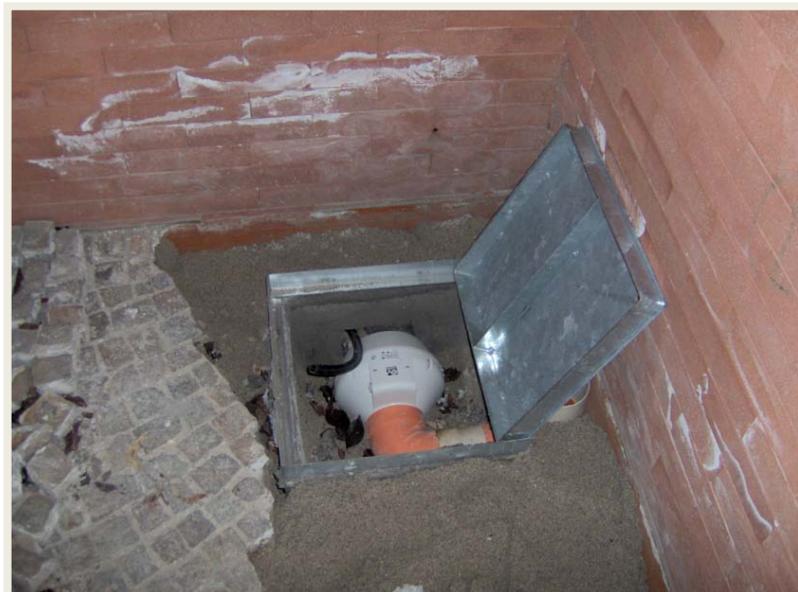
depressurizzazione forzata del sottosuolo

**Esito misure effettuate:** 30/10/03-20/11/03

Locale	Prima settimana (Bq/m <sup>3</sup> )	Seconda settimana (Bq/m <sup>3</sup> )	Terza settimana (Bq/m <sup>3</sup> )	Riduzione percentuale
Mensa medi e piccoli	468	23	444	95%
Aula piccoli	493	27	472	94%
Laboratorio bricolage	523	28	487	95%
Aula medi	497	27	474	94%
Mensa grandi	690	20	524	97%
Laboratorio scientifico	948	27	981	97%
Dormitorio	596	14	571	98%
Salone	455	21	427	95%

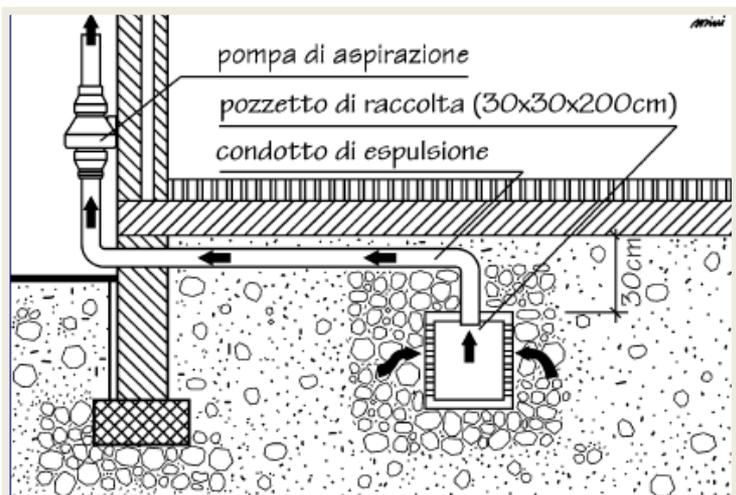
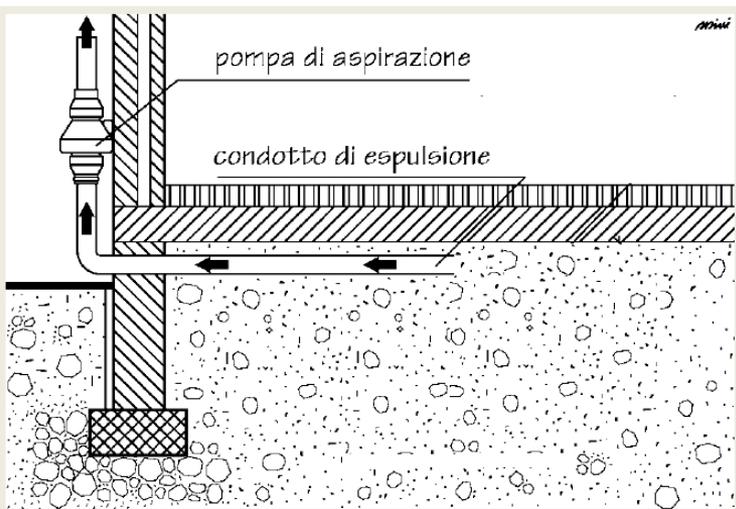
La riduzione media registrata è stata del **96%**



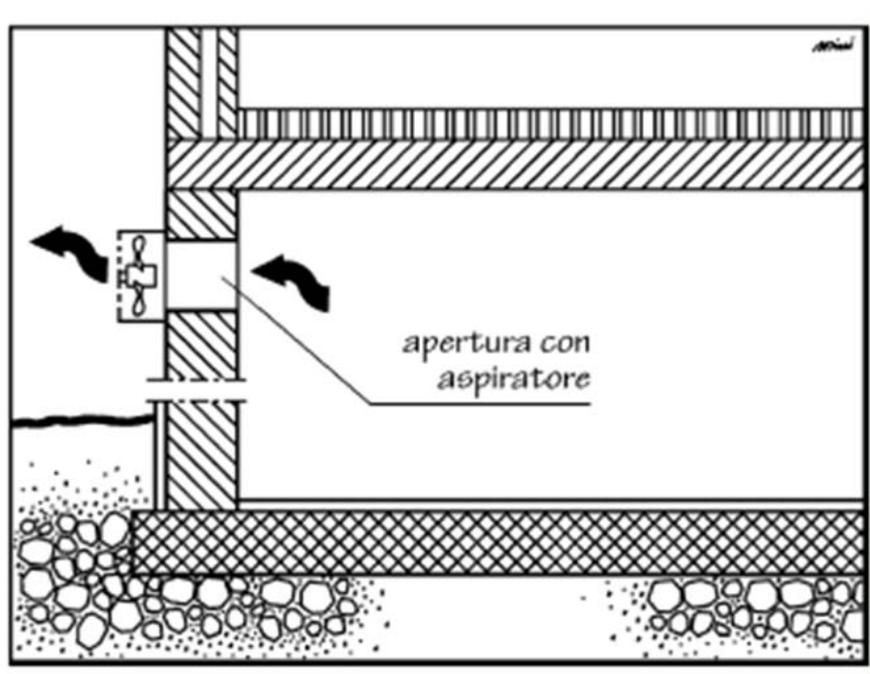


Locale	Prima settimana (Bq/m <sup>3</sup> )	Seconda settimana (Bq/m <sup>3</sup> )	Terza settimana (Bq/m <sup>3</sup> )	Riduzione percentuale
Salone	860	58	468	91%
Aula 1	887	69	453	89%
Aula 2	898	56	480	92%
Aula 3	772	90	411	84%
Dormitorio	692	68	375	87%
Refettorio	896	75	491	89%

Riduzione  
media  
**89%**



## Scuola media



**Esito misure effettuate**  
 dal 04/02/02 al 13/06/02

Segreteria (1): 126 Bq/m<sup>3</sup>

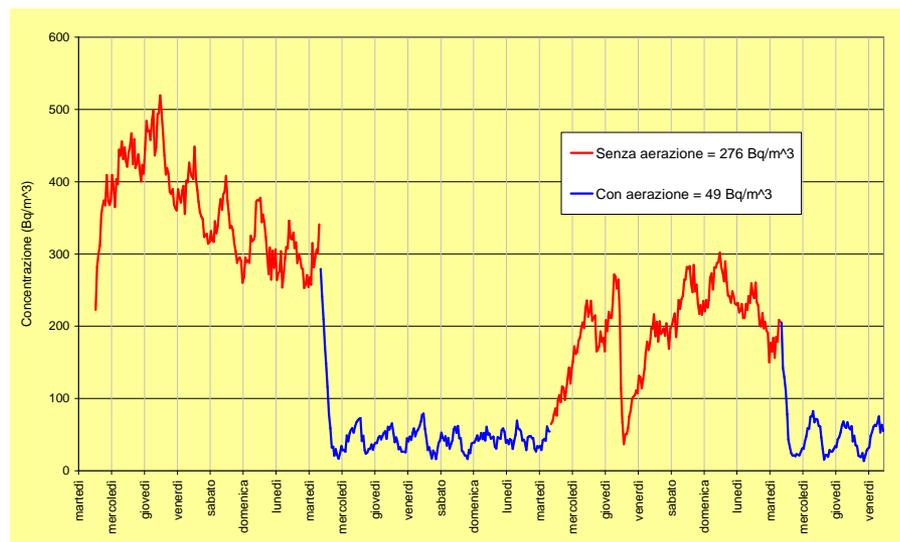
Archivio (S): 592 Bq/m<sup>3</sup>

Laboratorio scientifico(1): 149 Bq/m<sup>3</sup>

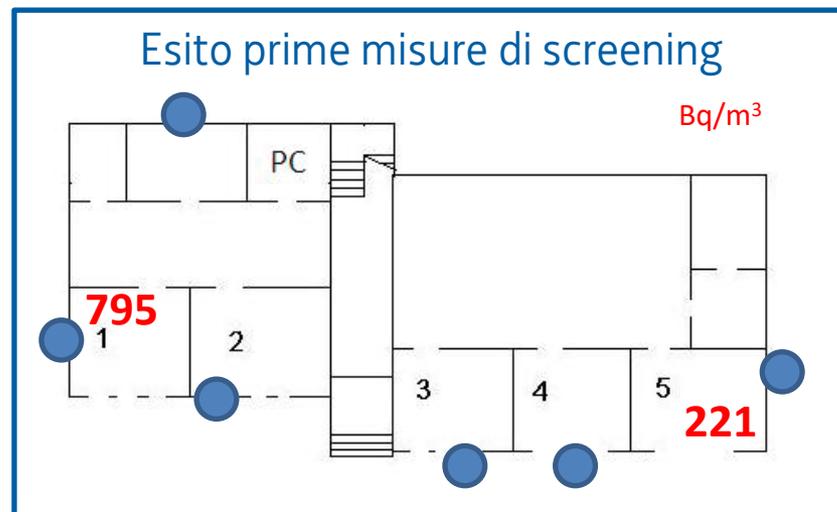
**Intervento realizzato**

Realizzazione di 2 aperture nell'archivio per  
 permettere un'aerazione continua  
 dall'ambiente

**Esito misure effettuate**  
 dal 20/05/03 al 13/06/03



La riduzione percentuale registrata è stata  
 del 82%



## Intervento realizzato:

esecuzione di 6 fori  
 dal diametro di 20 cm



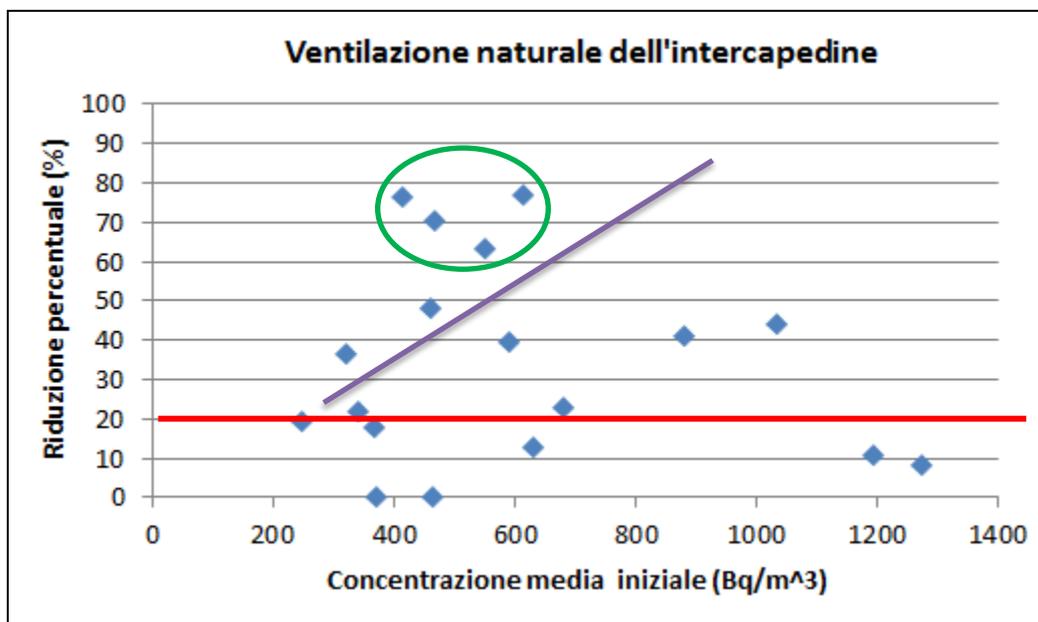
## Risultati verifica a breve termine

Locale	Piano	1° periodo OFF (Bq/m <sup>3</sup> )	2° periodo ON (Bq/m <sup>3</sup> )	3° periodo OFF (Bq/m <sup>3</sup> )	% variazione
Aula 1	PR	695	182	997	-78%
Aula 2	PR	278	110	374	-66%
Aula 3	PR	445	138	600	-74%
Aula 4	PR	416	140	481	-69%
Aula 5	PR	488	112	407	-75%

## Risultati verifiche di lungo periodo

Locale	Piano	2002 (S) (Bq/m <sup>3</sup> )	2004-2005 (A) (Bq/m <sup>3</sup> )	2011 (S) (Bq/m <sup>3</sup> )
Aula 1	PR	<b>795</b>	225	165
Aula 2	PR		165	86
Aula 3	PR		149	104
Aula 4	PR		153	138
Aula 5	PR	221	115	136
Aula PC	PR			157

- In 4 edifici su 18, la riduzione è stata superiore al 60%



- In 6 casi su 18, la ventilazione naturale ha comportato una riduzione dei valori di concentrazione di radon al di sotto di 300 Bq/m<sup>3</sup>

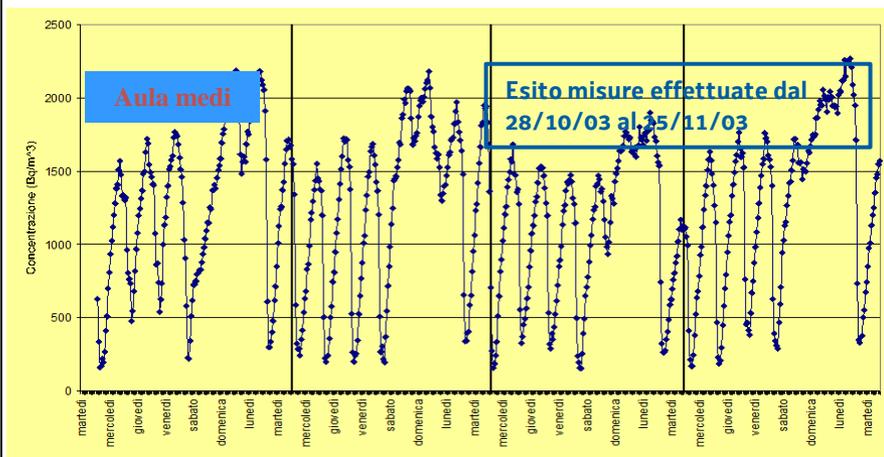
### Esito misure effettuate

dal 07/02/02 al 07/06/02

Sala giochi: 876 Bq/m<sup>3</sup>

Aula medi: 972 Bq/m<sup>3</sup>

**Intervento consigliato:** ventilazione, eventualmente forzata, del vespaio



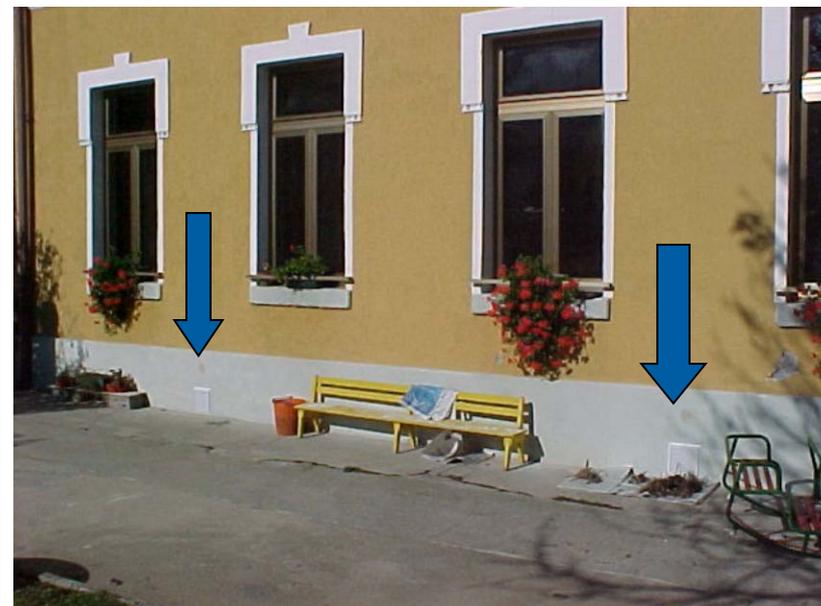
Azione non sufficiente a ridurre significativamente la concentrazione di radon



**Intervento consigliato:**  
Depressurizzazione forzata del vespaio

### Intervento realizzato

Ventilazione naturale del vespaio



Locale	Prima e Seconda settimana (Bq/m <sup>3</sup> )	Terza settimana (Bq/m <sup>3</sup> )	Quarta settimana (Bq/m <sup>3</sup> )	Variazione percentuale
Aula medi	1372 1394	1165	1435	-17%
Sala giochi	1140 1081	1086	1341	-11%
Refettorio	1286 1338	1073	1325	-19%
Dormitorio	1292 1293	1344	1238	+6%

Esito misure effettuate dal 28/10/03 al 25/11/03

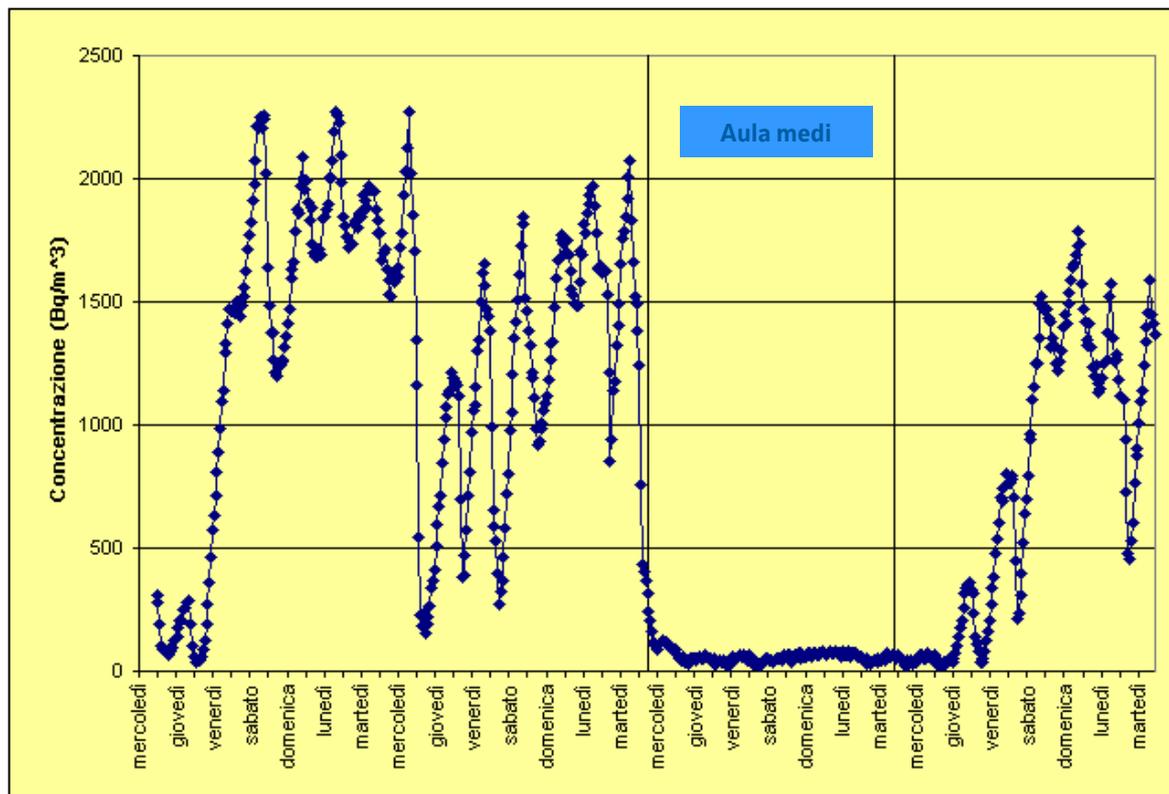
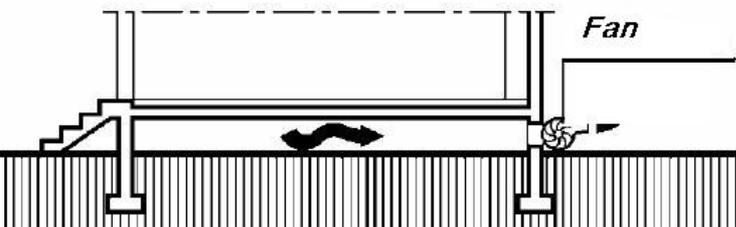
## Risultati

Intervento eseguito

Depressurizzazione forzata del  
 vespaio

Esito misure effettuate

dal 07/04/04 al 04/05/04



**Esito misure effettuate**

dal 07/02/02 al 10/06/02

Sala computer (1°): 239 Bq/m<sup>3</sup>

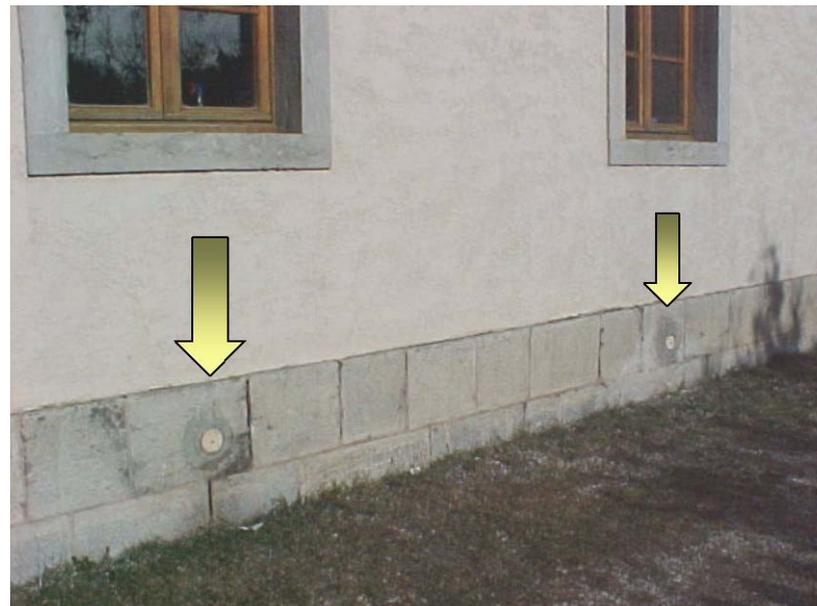
Classe matematica (T): 320 Bq/m<sup>3</sup>

Classe (T): 678 Bq/m<sup>3</sup>

**Intervento consigliato**

Ventilazione, eventualmente forzata, del  
sottosuolo

**Intervento realizzato**



### Ulteriore intervento realizzato

Realizzazione ulteriori fori in corrispondenza della palestra



Le misurazioni effettuate mostrano come l'intervento effettuato non produca una significativa diminuzione della concentrazione di radon indoor. In particolare, all'interno della palestra, il valore della concentrazione del gas si mantiene elevato anche ad azione di rimedio attivata (1176 Bq/m<sup>3</sup>)

### Esito misure effettuate dal 26/03/04 al 15/04/04

Locale	Piano	Primo periodo (Bq/m <sup>3</sup> )	Secondo periodo (Bq/m <sup>3</sup> )
Palestra	T	462	539
Aula di musica	T	139	128
Aula di matematica	T	184	203

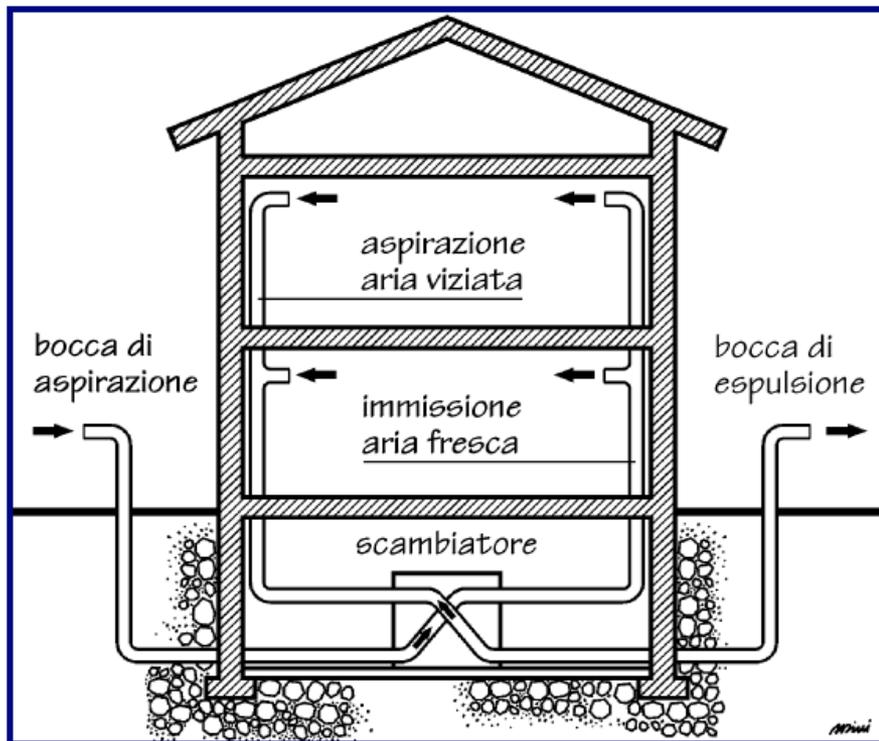
### Esito misure effettuate dal 25/11/03 al 16/12/03

Locale	Piano	Prima settimana (Bq/m <sup>3</sup> )	Seconda settimana (Bq/m <sup>3</sup> )	Terza settimana (Bq/m <sup>3</sup> )	Riduzione percentuale
Aula di musica	T	611	141	318	70%
Aula di matematica	T	242	150	216	34%
Palestra	T	1997	1176	1961	41%
Aula computer	1	186	146	149	13%

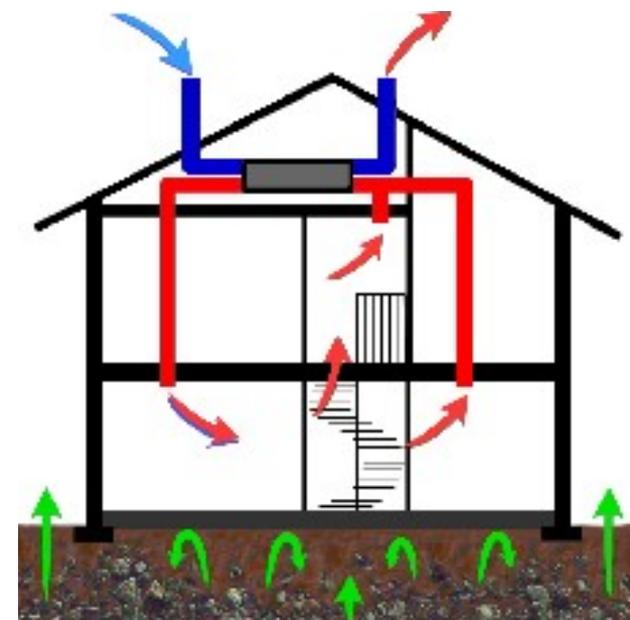
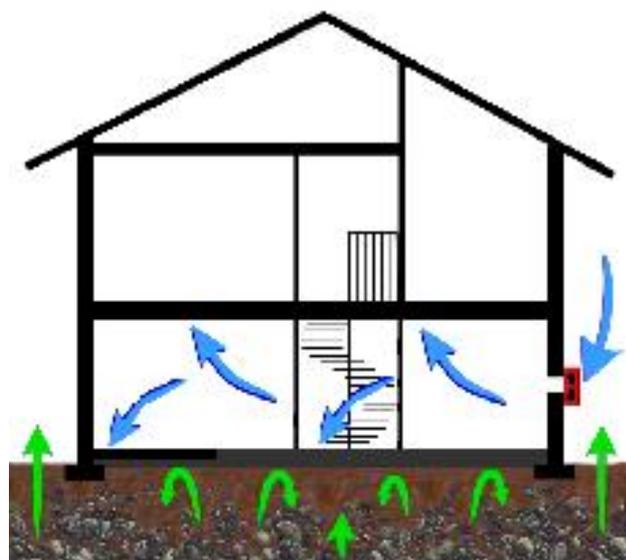
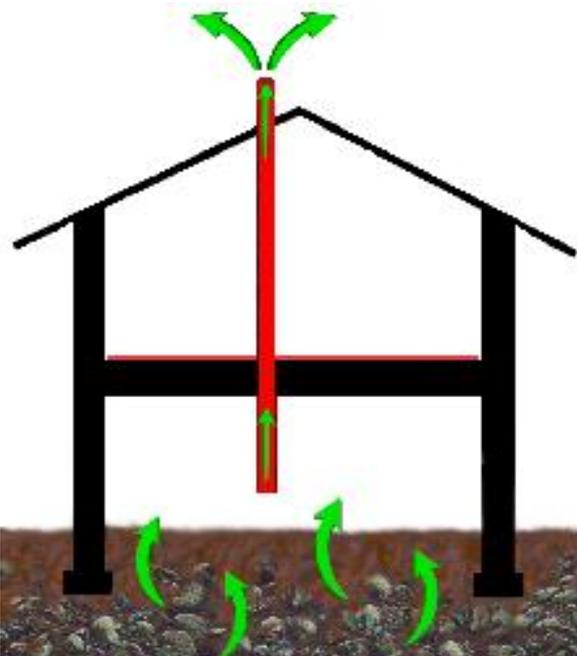
### Intervento consigliato

Depressurizzazione forzata del vespaio sottostante l'edificio

Se nell'edificio è presente un impianto per il trattamento dell'aria, la tecnica più semplice per ridurre il radon è la **pressurizzazione dell'edificio oppure la diluizione le radon mediante aumento del numero di ricambi / ora**



Ricambio d'aria con scambio di calore



**Esito misure effettuate**

dal 16/01/01 al 24/05/01

Aula 15 (1): 91 Bq/m<sup>3</sup>

Aula 19 (1): 78 Bq/m<sup>3</sup>

Aula 24 (1): 123 Bq/m<sup>3</sup>

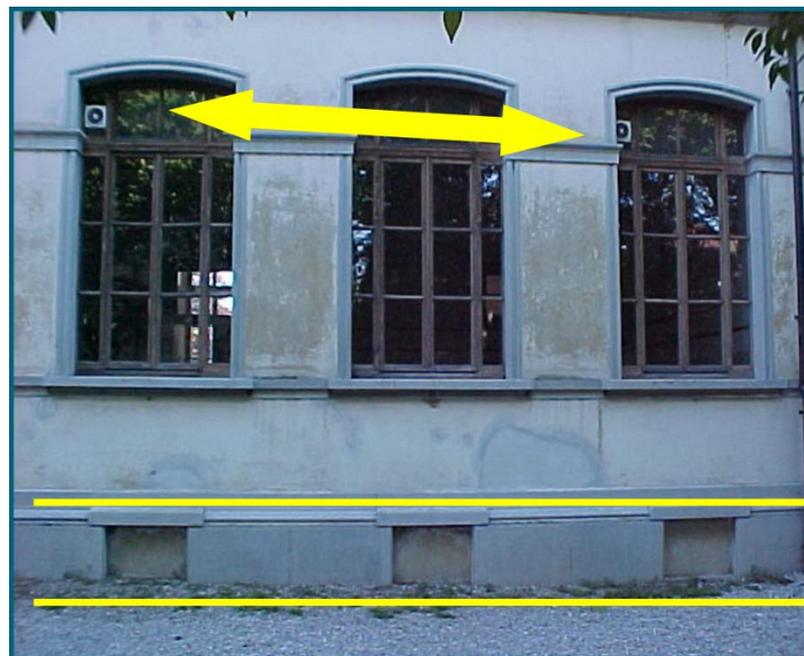
Aula 11 (R): 162 Bq/m<sup>3</sup>

Aula 10 (R): 505 Bq/m<sup>3</sup>

**Intervento consigliato**

Depressurizzazione, eventualmente  
forzata, del vespaio

**Intervento realizzato**



### Intervento realizzato

Applicazione di aspiratori sulle finestre e su una delle sei bocchette di aerazione esterne



### Esito misure effettuate

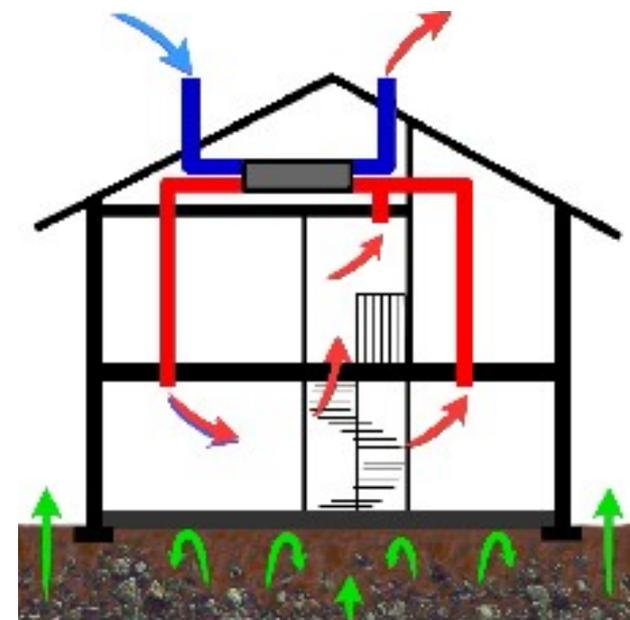
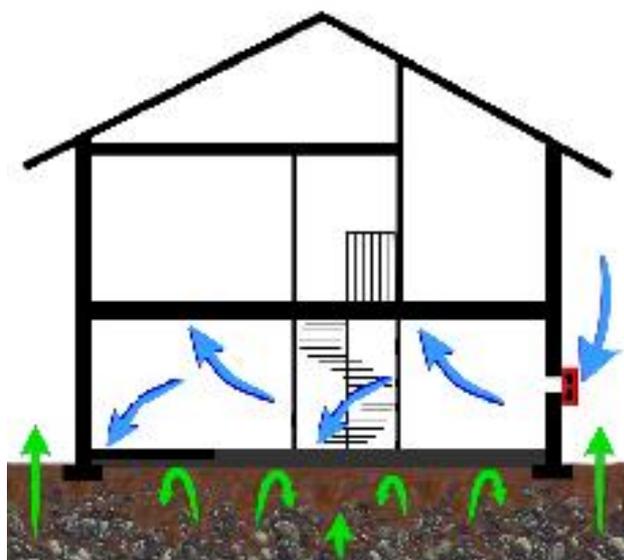
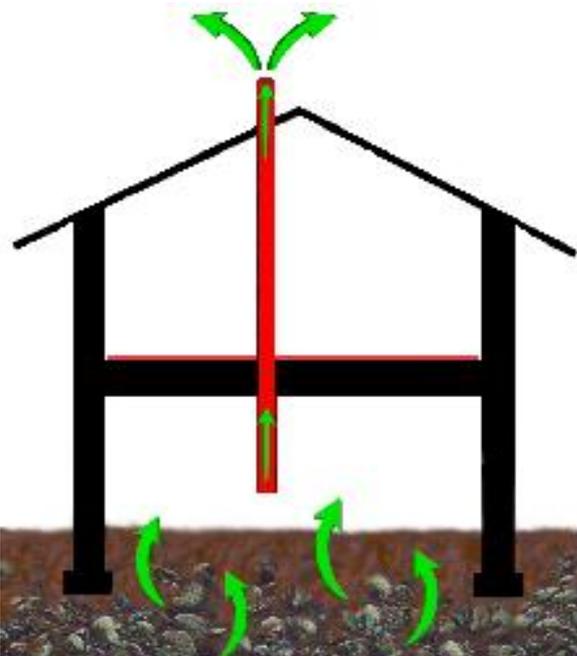
dal 07/10/03 al 28/10/03

Locale	Prima settimana (Bq/m <sup>3</sup> )	Seconda settimana (Bq/m <sup>3</sup> )	Terza settimana (Bq/m <sup>3</sup> )	Riduzione percentuale
Salone	421	253	547	48%
Aula 1	490	283	589	48%
Aula 2	578	365	700	43%
Aula 3	621	596	870	20%
Refettorio	539	361	632	38%

### Intervento consigliato

Depressurizzazione forzata del sottosuolo mediante ulteriori aspiratori

Eliminazione degli aspiratori sulle finestre



- Non tutti i suoli sono idonei all'aspirazione (ex: roccia compatta)





## Esito prime misure di screening

Tipo di Locale	Piano	Inizio Misura	Fine Misura	Concentrazione (Bq/m <sup>3</sup> )
DORMITORIO	PT	21/01/2015	12/06/2015	266
STANZA MUSICA	PT	21/01/2015	12/06/2015	260
MENSA	PT	21/01/2015	12/06/2015	154
SEZIONE D	PT	21/01/2015	12/06/2015	141
SEZIONE A	PT	21/01/2015	12/06/2015	96
PALESTRA	PT	21/01/2015	12/06/2015	161
SEZIONE B	PT	21/01/2015	12/06/2015	114
SEZIONE C	PT	21/01/2015	12/06/2015	192
AULA INSEGNANTI	PT	21/01/2015	12/06/2015	<b>1255</b>

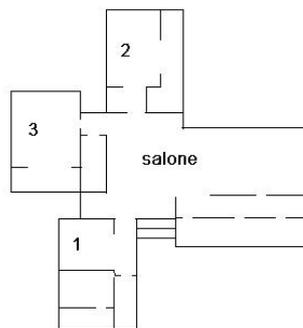


Struttura di nuova realizzazione con intercapedine aerata e impianto di ricambio d'aria

**Edifici con attacco a terra omogeneo...ma non l'impianto di ricambio d'aria!**



**Intervento realizzato:**  
depressurizzazione intercapedine

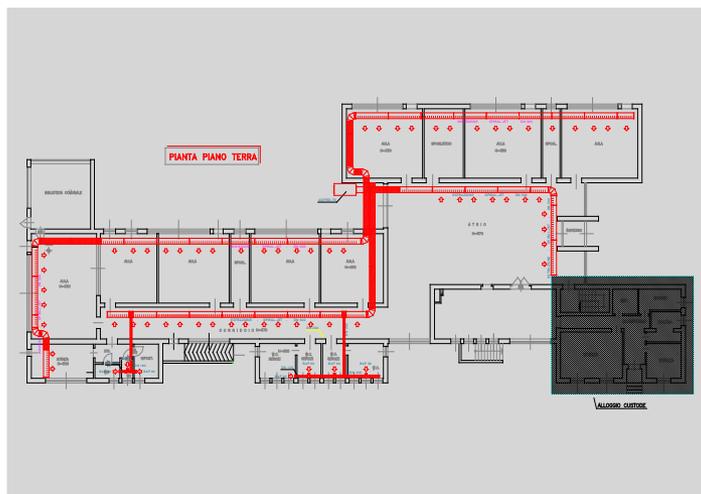


**Esito misure effettuate:** 16/09/03 - 07/10/03

Le misurazioni effettuate mostrano come l'intervento effettuato produca una debole diminuzione della concentrazione di radon indoor

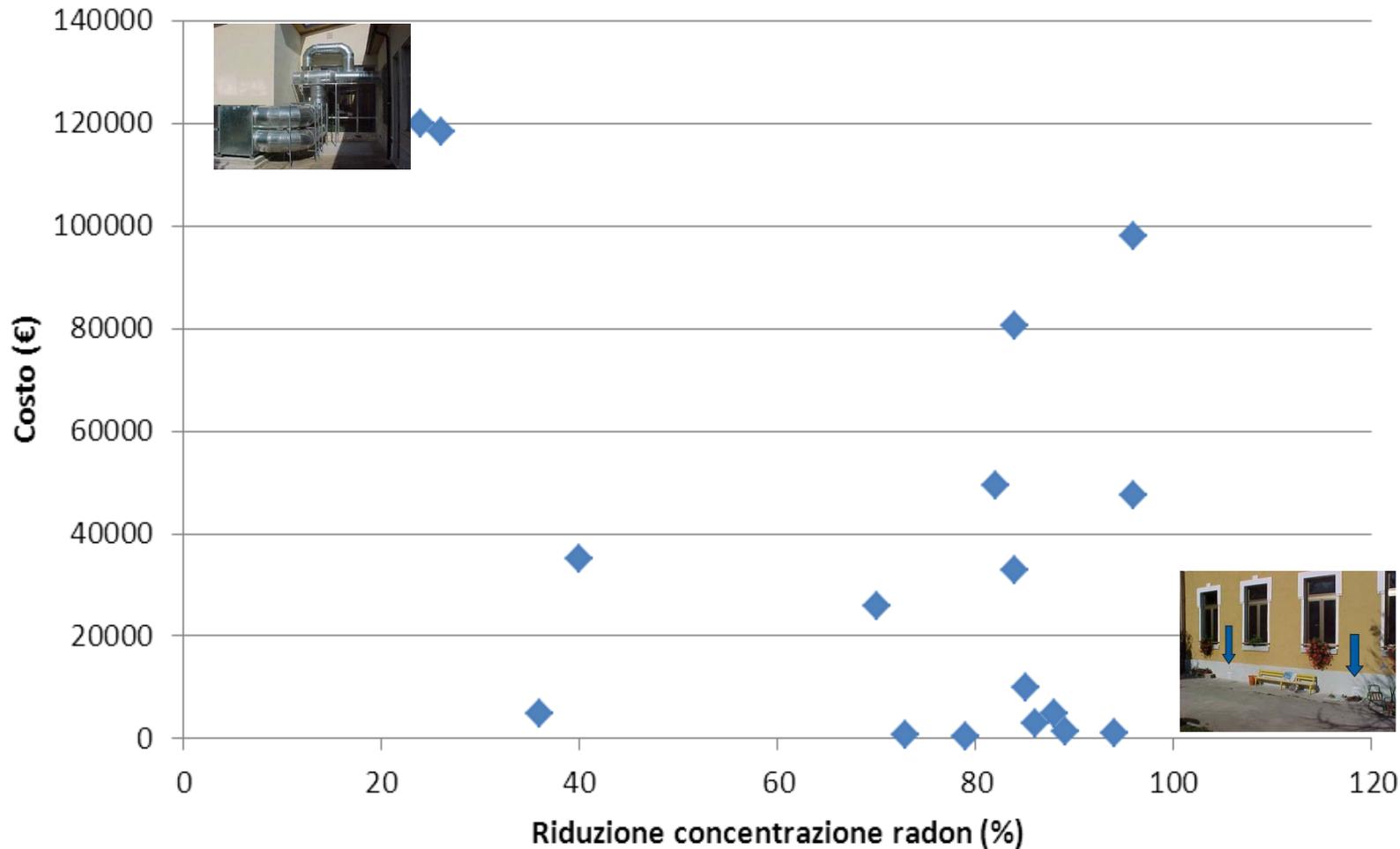
Locale	Prima settimana (Bq/m <sup>3</sup> )	Seconda settimana (Bq/m <sup>3</sup> )	Terza settimana (Bq/m <sup>3</sup> )	Riduzione percentuale
Aula 1	356	282	395	25%
Aula 2	382	307	339	15%
Aula 3	365	328	474	22%
Salone	357	283	357	21%

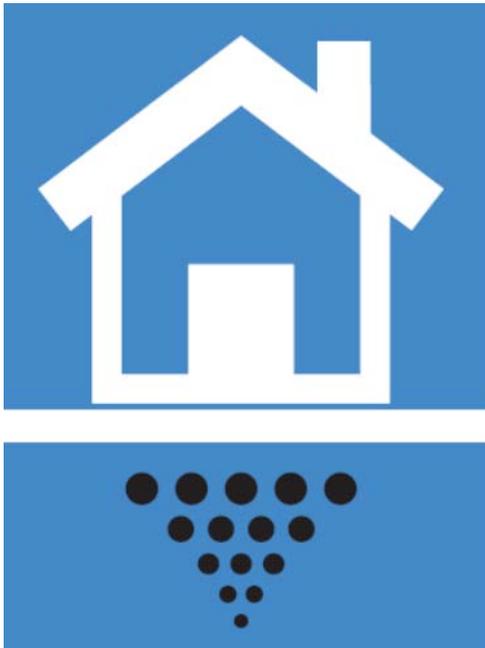
*Si ritiene che l'azione intrapresa possa essere in parte invalidata dai fori di aerazione presenti sulle pareti delle aule*



Locale	Piano	2002 (S) (Bq/m <sup>3</sup> )	2003 (S) (Bq/m <sup>3</sup> )	2004 (S) (Bq/m <sup>3</sup> )	2005- 06 (A) (Bq/m <sup>3</sup> )	2006- 07 (A) (Bq/m <sup>3</sup> )	2007 (S) (Bq/m <sup>3</sup> )	2008 (S) (Bq/m <sup>3</sup> )	2009- 10 (A) (Bq/m <sup>3</sup> )	2010 (S) (Bq/m <sup>3</sup> )	2011 (S) (Bq/m <sup>3</sup> )
Atrio	PT		188	233	145	119	117	412	145	23	146
Aula 1	PT	523	227	219	119	118	111	425	133	20	125
Aula 2	PT		312	325	151	137	145	616	169	23	128
Aula 3	PT		336	319	165	141	146	668	180	22	173
Aula 4 informatica	PT	705	209	294		125	134	549	147	28	192
Aula 5	PT		372	279	170	157	150	641	182	23	141
Aula 6	PT		284	356	148	139	151	682	166	28	187
Aula 7 aula magna	PT	1120	538	559	233	220	170	986	300	31	236
Bibl. comunale	PT		113	217	167	112	140	280	114	31	146
Bibl. scolastica	PT		369	484	172	123	158	656	193	24	persi
Infermeria	PT		269	392	304	239	351	1105	281	40	250
Refettorio	PT		130	91	90	66	113	232	71	25	79
Aula musica	PT									37	

### Analisi efficacia-costi





Grazie per la vostra  
attenzione