



**Analisi dell'esperienza maturata nella bonifica dal radon in alcuni edifici scolastici situati nella provincia di Lecce: approfondimento degli aspetti tecnici, metodologici e considerazioni economiche**



**UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO**



**VNIVERSITÀ  
DEGLI·STVDI  
DI·FERRARA**

# Attori coinvolti Area di intervento: Lecce e provincia

**INAIL**  
**Dipartimento di**  
Federico  
Sabrina  
Rosalia  
Miriam



**Università di Ferrara**  
nto di  
tura  
annoni

**Università del Salento**  
**Dipartimento di Fisica**  
Anna Paola Caricato  
Manuel Fernández  
Tiziana Tunno

# Storico

1. Il Dipartimento di Prevenzione ASL Lecce (SPESAL) sollecita il Dipartimento di Igiene del Lavoro dell'ISPESL (oggi INAIL): gli studi epidemiologici relativi alla provincia di Lecce evidenziano un aumento di incidenza tumorale superiore al valore atteso, RMB compreso tra 120-140;
2. avvio di una campagna di monitoraggio (2005-2006)-Dipartimento di Fisica dell'Università del Salento come referente in materia di radiazioni ionizzanti.



## **Monitoraggio annuale**

### **Mappatura fine del territorio**

**506 scuole di ogni ordine e grado**

Indagine su **popolazione sensibile**: bambini e ragazzi

## Risultati della prima campagna di monitoraggio

Concentrazione stimata sulla Regione Puglia:  
 **$52 \pm 2 \text{ Bq/m}^3$**  (Bochicchio et al, 2005)

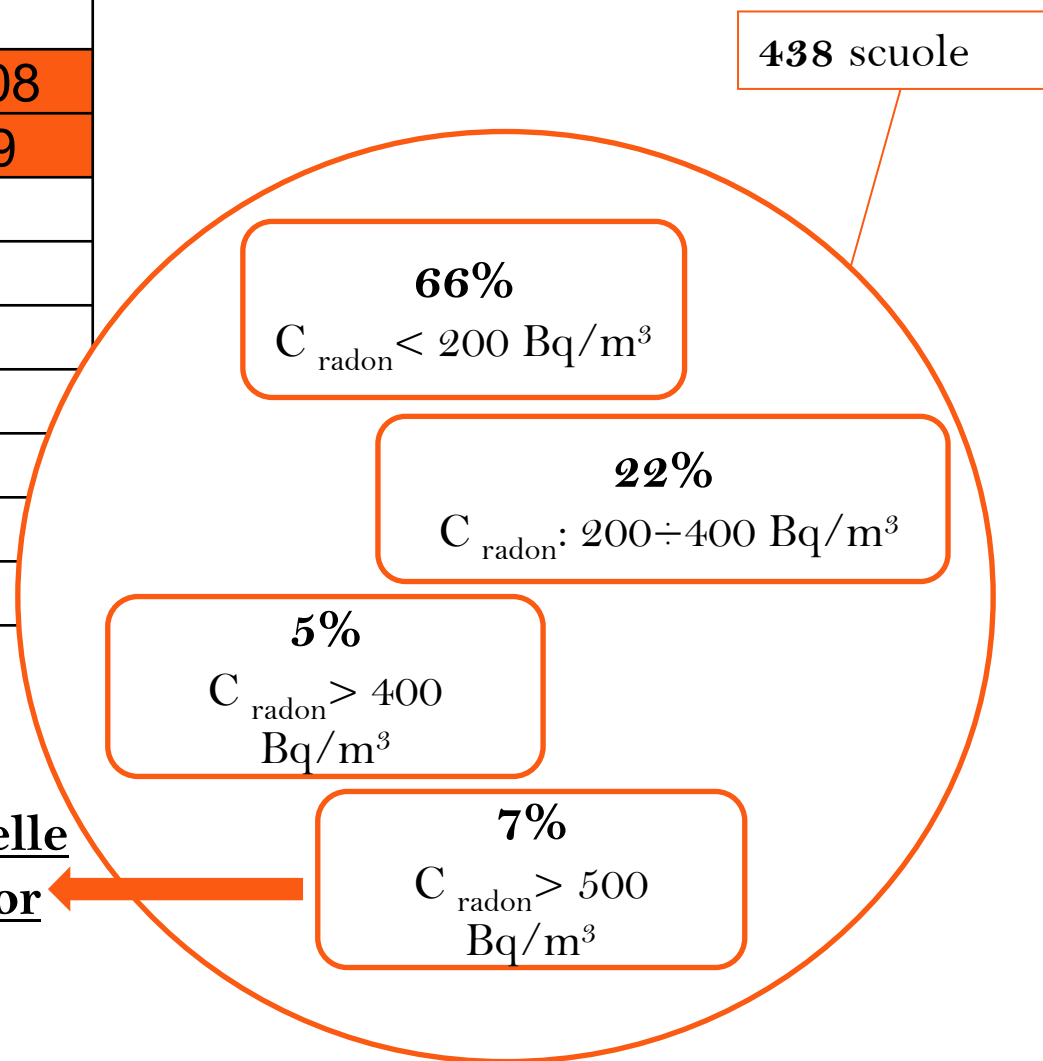
Concentrazione media stimata su 438 edifici della  
Provincia di Lecce:  **$209 \pm 9 \text{ Bq/m}^3$**

Uno studio recente, (*Carelli, Bochicchio et al, 2009*)  
conferma la presenza di valori medi di  
concentrazione radon superiori alle precedenti  
stime in Regione Puglia.

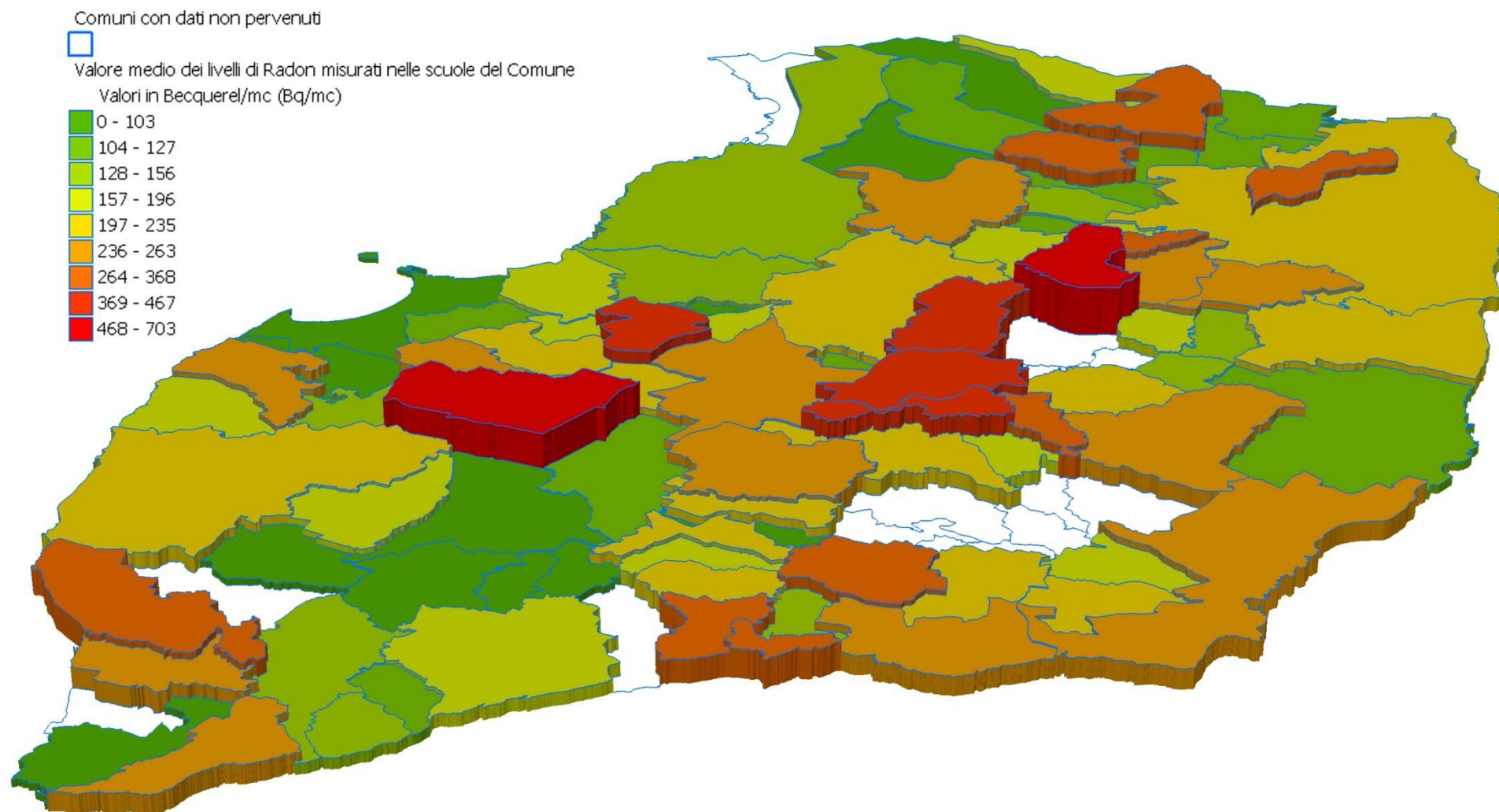
# Mappatura

N. Scuole	438
N. Paesi	122
Range (Bq/m <sup>3</sup> )	<b>21-1608</b>
Media±ES (Bq/m <sup>3</sup> )	<b>209±9</b>
Mediana (Bq/m <sup>3</sup> )	146
Media Geom. (Bq/m <sup>3</sup> )	157
Dev. Std. (Bq/m <sup>3</sup> )	190
200 Bq/m <sup>3</sup>	66%
200-400 Bq/m <sup>3</sup>	22%
401-500 Bq/m <sup>3</sup>	5%
>500 Bq/m <sup>3</sup>	7%

**Avvio delle azioni di rimedio nelle scuole con concentrazioni indoor di radon superiori a 500 Bq/m<sup>3</sup>**



## MONITORAGGIO DELLE CONCENTRAZIONI DI RADON NELLE SCUOLE DELLA PROVINCIA DI LECCE



Dr.ssa Tiziana Tunno –Novara 7 giugno  
2012

## 9 Scuole sottoposte ad azioni di bonifica

<b>Tipo di scuola – Comune</b>	<b>ID scuola</b>	<b>Attacco a terra</b>	<b>Anno di costruzione</b>
Scuola dell'infanzia– Ugento	1	A platea	1981
Scuola dell'infanzia – Matino	2	A platea	1980
Scuola dell'infanzia – Surbo	3	Vespaio	1985
Scuola dell'infanzia – Giorgilorio	4	Vespaio	2004
Scuola dell'infanzia – Poggiardo	5	Vespaio	1980
Scuola dell'infanzia - Galugnano	6	Vespaio	1980
Scuola dell'infanzia – Castro	7	Vespaio	1970
Scuola Primaria - Lecce	8	Vespaio	1920
Scuola dell'infanzia - San Donato	9	Vespaio	1980

## Protocollo di intervento: *misure*

*Fase 1:* monitoraggio integrato di durata semestrale con dosimetri passivi a tracce in tutti i locali della scuola;

*Fase 2:* dosimetri ad elettrete nei 15 gg precedenti l'intervento di bonifica in tutti i locali della scuola;

*Fase 3:* dosimetri ad elettrete nei 15 gg successivi l'intervento di bonifica;

*Fase 4:* monitoraggio in continuo con camera di ionizzazione in un ambiente “di riferimento”;

*Fase 5:* ripetizione della misura annua con dosimetri a tracce

Il protocollo sperimentale ha tenuto conto dell'esperienza maturata da Bertolo e Bigliotto, 2007; Vaupotic e Kobal, 2005, LLerena et al., 2010



# Metodologia di intervento



# Accordo prima campagna di misure e pre-bonifica

3 locali monitorati

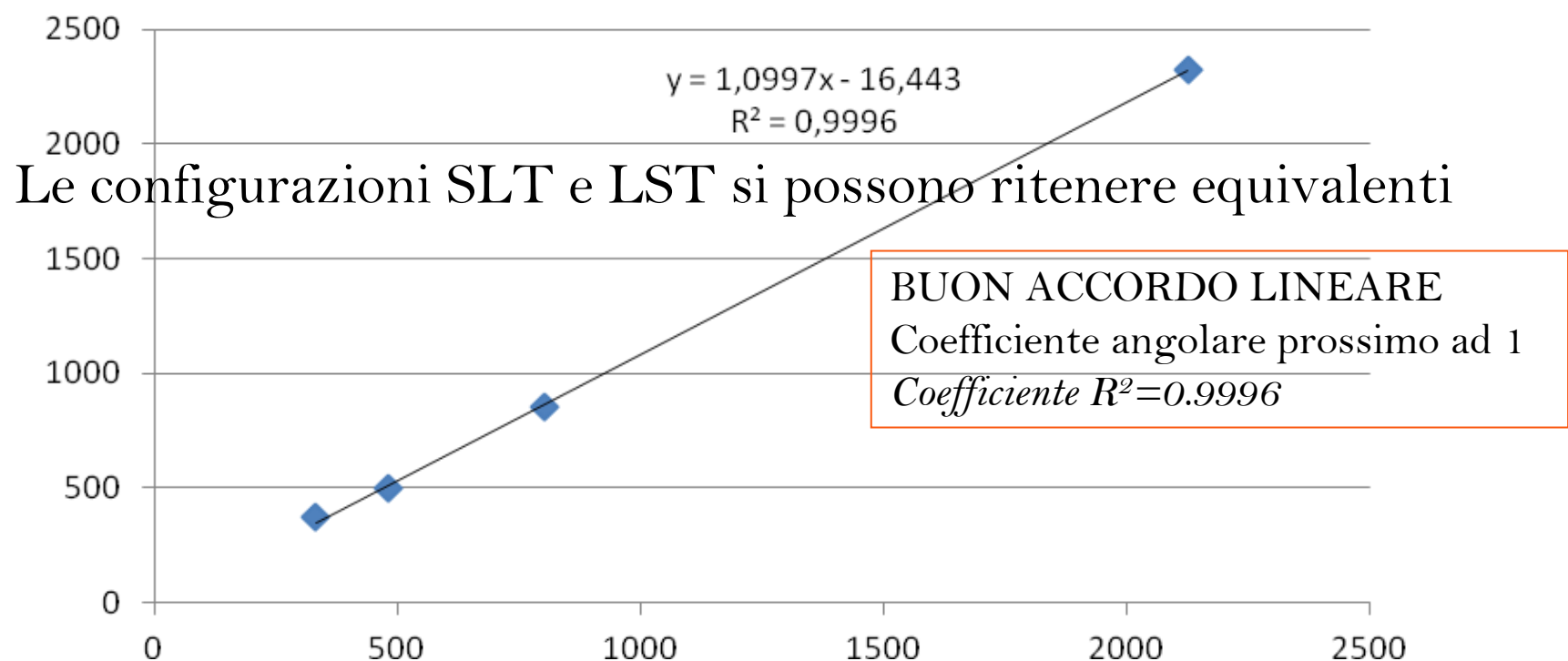
Misurazioni su tutti i  
locali del piano terra

ID Scuola	Concentrazione media annua Prima campagna di misure (Bq/m <sup>3</sup> )	Concentrazione semestrale pre-bonifica (Bq/m <sup>3</sup> )	Range (Bq/m <sup>3</sup> )
1	653 ± 70	651 ± 67	473 - 881
2	→ 648 ± 19	938 ± 96 ←	875 - 1040
3	576 ± 31	541 ± 56	458 - 708
4	625 ± 60	622 ± 64	459 - 976
5	→ 595 ± 103	906 ± 93 ←	880 - 956
6	979 ± 100	1067 ± 109	774 - 1426
7	→ 635 ± 114	1639 ± 166 ←	1361 - 2031
8	522 ± 71	538 ± 56	220 - 962
9	→ 719 ± 10	578 ± 60 ←	523 - 625

Ottimo accordo tra i dati della prima campagna e l'estensione della misurazione  
semestrale propedeutica alla bonifica

## Controllo di qualità delle misure di radon a breve termine: *accordo elettreti configurazione SLT ed LST*

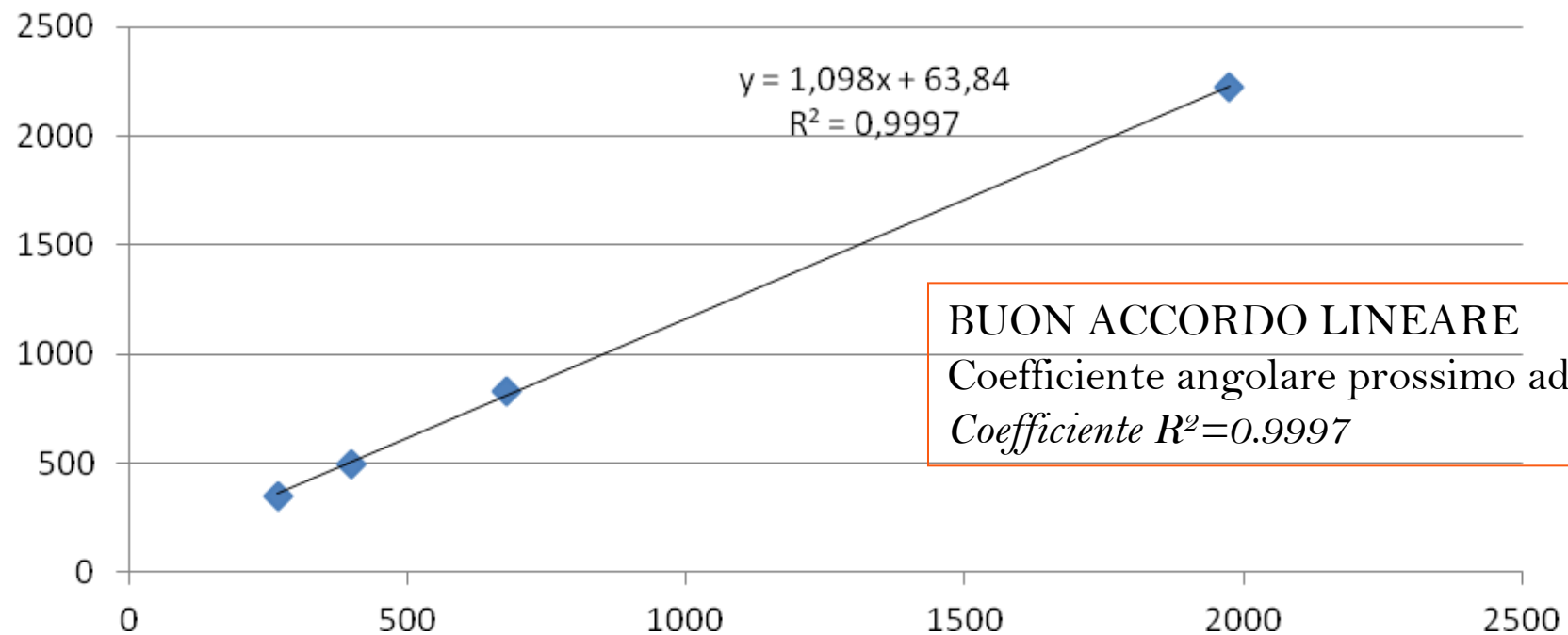
Ogni locale è stato monitorato con elettreti sia in configurazione SLT che LST al fine di valutare la bontà dei dati conseguiti nelle due modalità



Correlazione dei dati acquisiti con elettreti SLT, LST – Scuola ID2

## Accordo dosimetri ad elettrete e monitore attivo

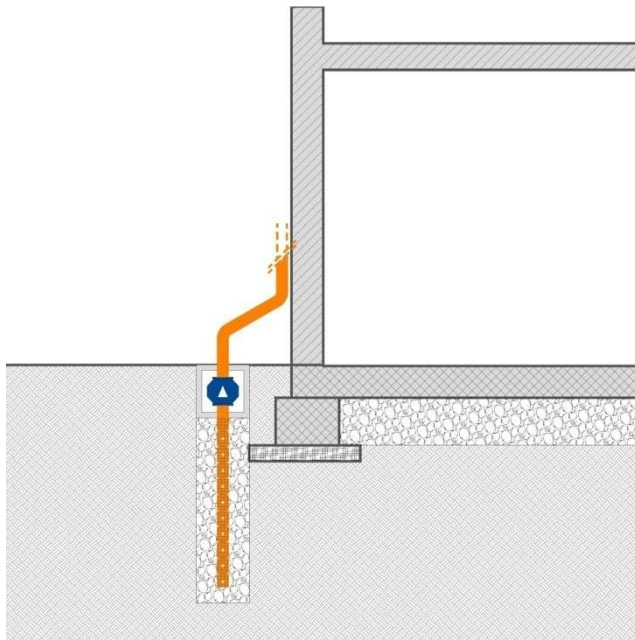
- L'impiego dei dosimetri ad elettrete si può ritenere un ottimo “alleato” per misure contemporanee di molti locali nello stesso edificio.
- I dati in ordinata provengono dalla media aritmetica dei valori acquisiti in ciascun punto dai dosimetri LST e SLT



Correlazione tra i dati acquisti con dosimetri ad elettrete e il monitore di riferimento - Scuola ID2

# Protocollo di intervento: *bonifica*

- ✓ Progettazione dell'intervento sull'edificio (EQ, Ufficio tecnico)
- ✓ depressurizzazione del suolo o del vespaio;
- ✓ posizionamento di ventole di aspirazione in opportuni pozzetti con raggio di azione 6-8 m circa;





✓ installazione di temporizzatori per ottimizzare l'impianto;

✓ analisi dei dati e valutazioni tecniche sulla bontà dell'intervento (eventuali ottimizzazioni).

# Analisi dei risultati dei monitoraggi settimanali

*dosimetri ad elettrete*

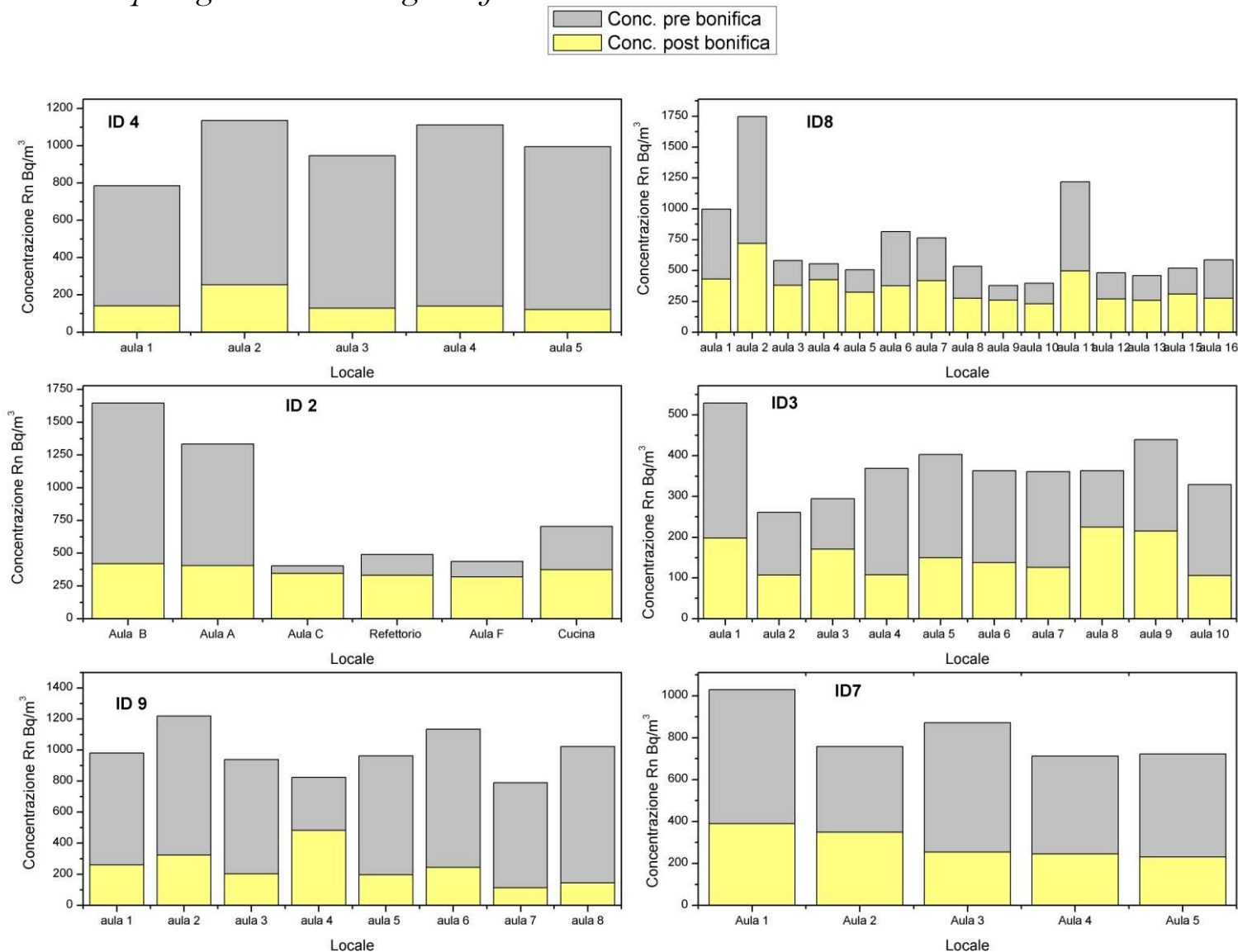
$$\% \text{ abbattimento} = \frac{C_{pre} - C_{post}}{C_{pre}}$$

ID	Misura pre-bonifica	Misura post-bonifica	Abbattimento
	Concentrazione media $\pm$ DS (Bq/m <sup>3</sup> )	Concentrazione media $\pm$ DS (Bq/m <sup>3</sup> )	%
1	646 $\pm$ 160	97 $\pm$ 24 	85%
2	836 $\pm$ 526	366 $\pm$ 41	56%
3	337 $\pm$ 75	140 $\pm$ 105	61%
4	995 $\pm$ 141	157 $\pm$ 55	84%
5	1163 $\pm$ 55	348 $\pm$ 16	70%
6	628 $\pm$ 194	203 $\pm$ 62	68%
7	819 $\pm$ 134	294 $\pm$ 71	64%
8	703 $\pm$ 371	362 $\pm$ 122 	48%
9	984 $\pm$ 144	246 $\pm$ 116	75%

Confronti risultati della concentrazione di radon prima e dopo l'intervento di bonifica

# Analisi dei risultati dei monitoraggi settimanali

*Elettretti per ogni ambiente degli edifici*

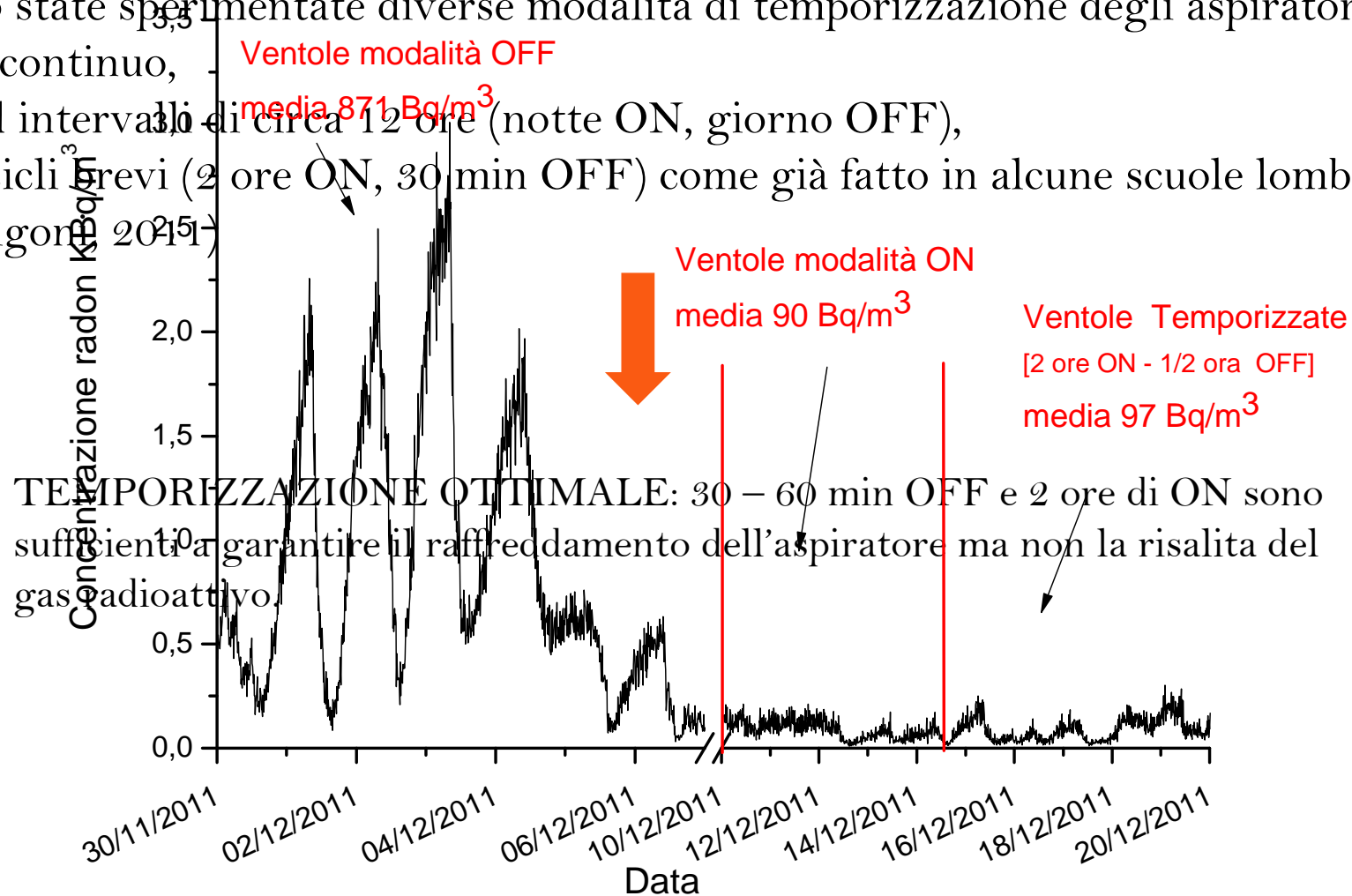


**Nella maggior parte dei casi le percentuali di abbattimento sono dell'ordine del 60-80%**

# Ottimizzazione dell'intervento

Sono state sperimentate diverse modalità di temporizzazione degli aspiratori:

- ❖ in continuo,
- ❖ ad intervalli di circa 12 ore (notte ON, giorno OFF),
- ❖ a cicli brevi (2 ore ON, 30 min OFF) come già fatto in alcune scuole lombarde (Arrigoni 2011)





# Considerazioni economiche

- ✓ Accordo tra gli enti locali partecipanti per offrire il servizio ad un prezzo particolarmente favorevole;
- ✓ tra 1600 e 1800 euro è la stima dell'intervento per la realizzazione di un pozzetto;
- ✓ aggravio di spesa in bolletta di circa 100 euro/annui per ogni punto di aspirazione.

# Approfondimento

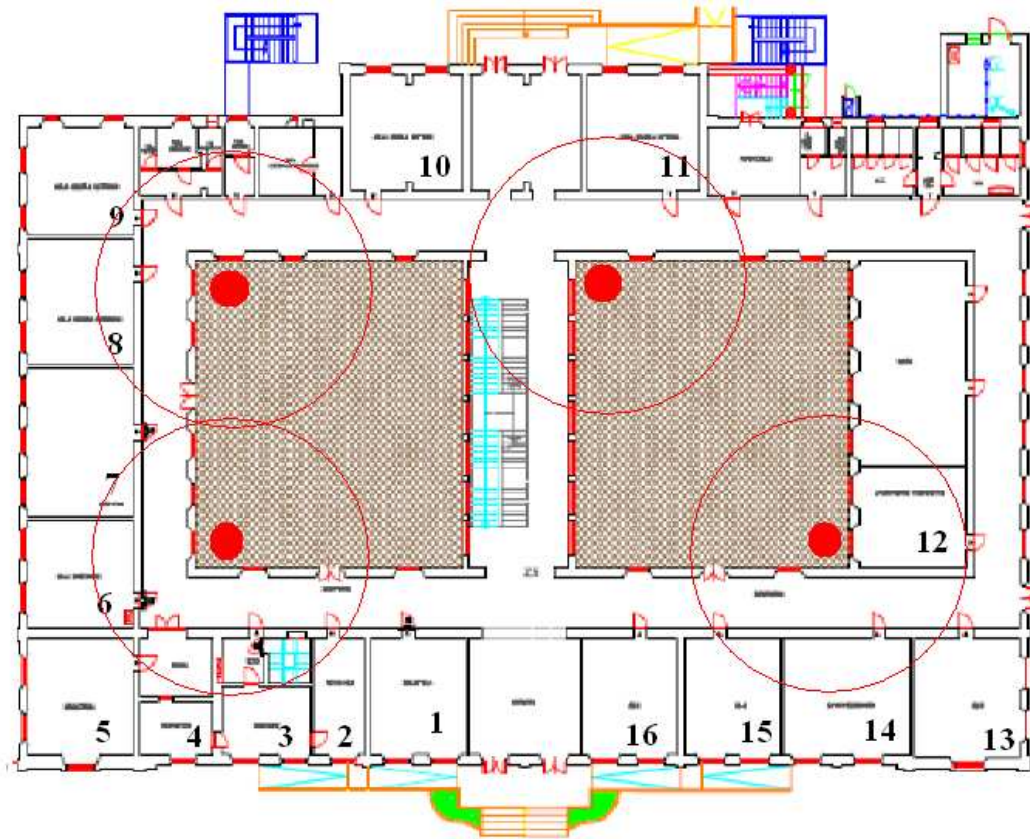
## Edifici scolastici ID 1 e ID 8

## Edificio ID 8: la bonifica



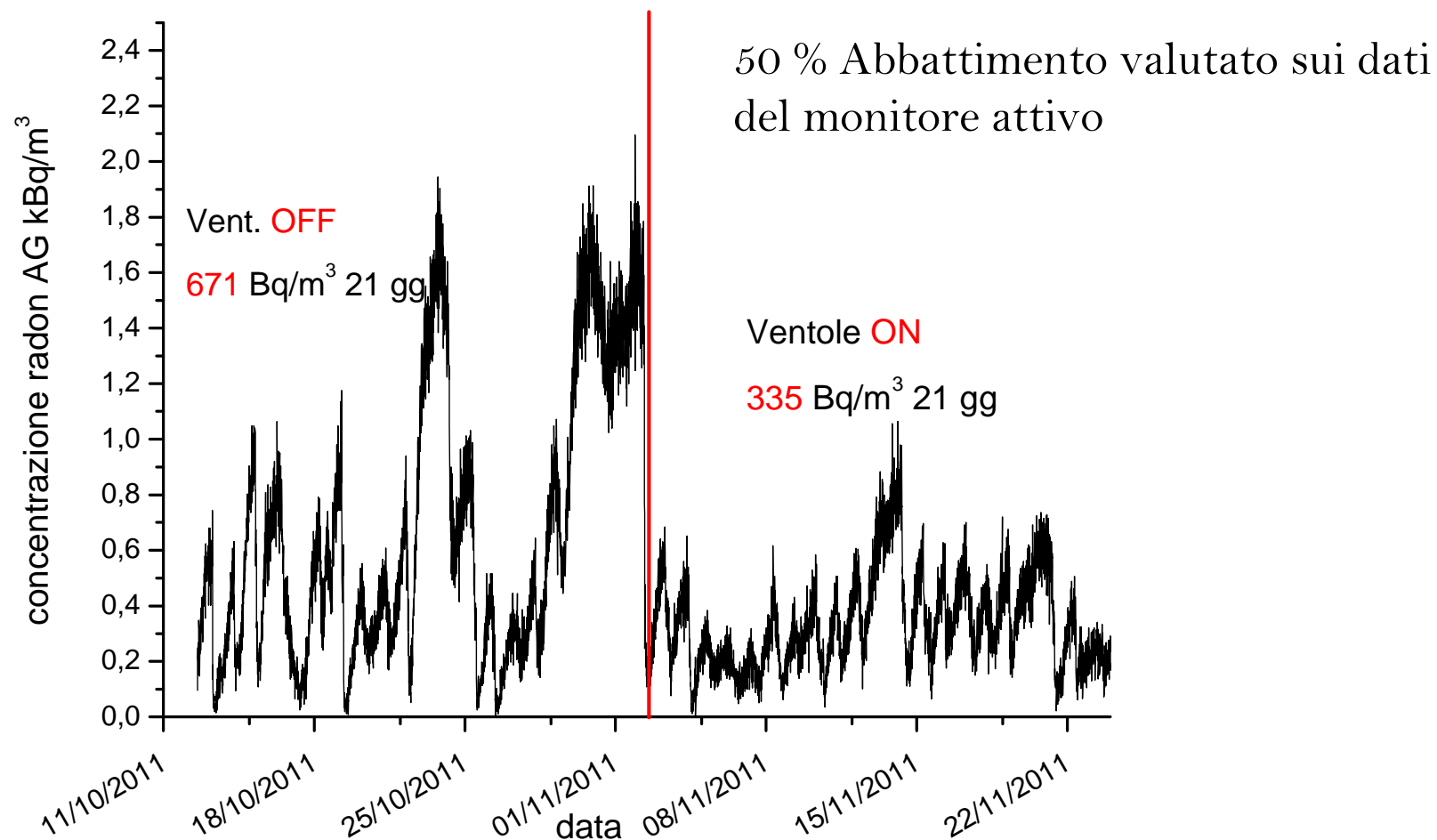
- Edificio di pregio storico
- Vincoli di intervento sulla facciata

- Ogni punto di aspirazione ha un raggio di azione di 6 - 8 metri



## Edificio ID 8: monitore attivo

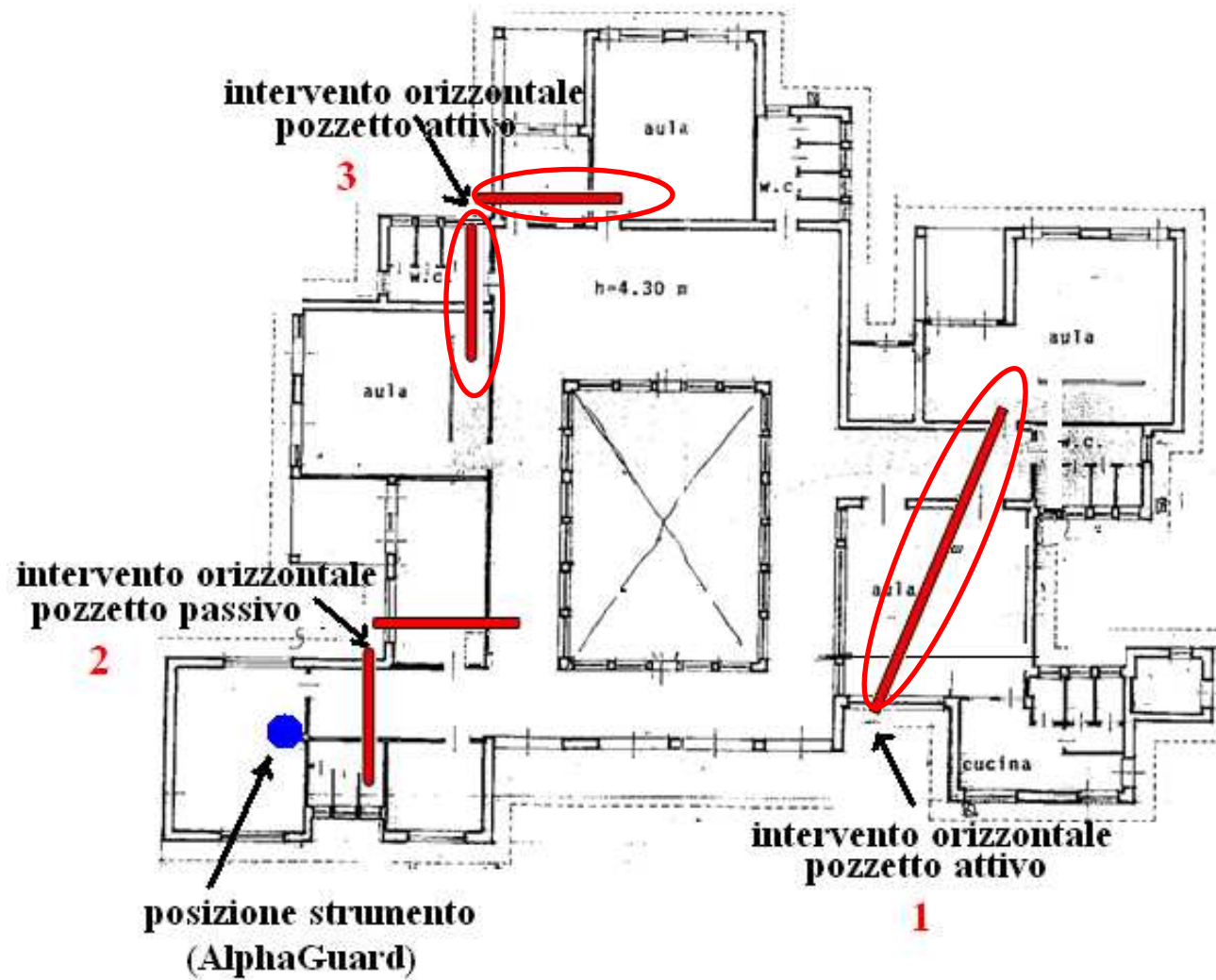
48 % Abbattimento valutata con i dati  
dei dosimetri ad elettrete



## Edificio ID 8: fattori di criticità

- fattore “salvaguardia” con scelta di tubazioni verticali in posizione non baricentrica;
- permeabilità del terreno nella zona interessata (argilla);
- "trivellazione" anziché uno scavo; come di consueto.

## Edificio ID 1: la bonifica



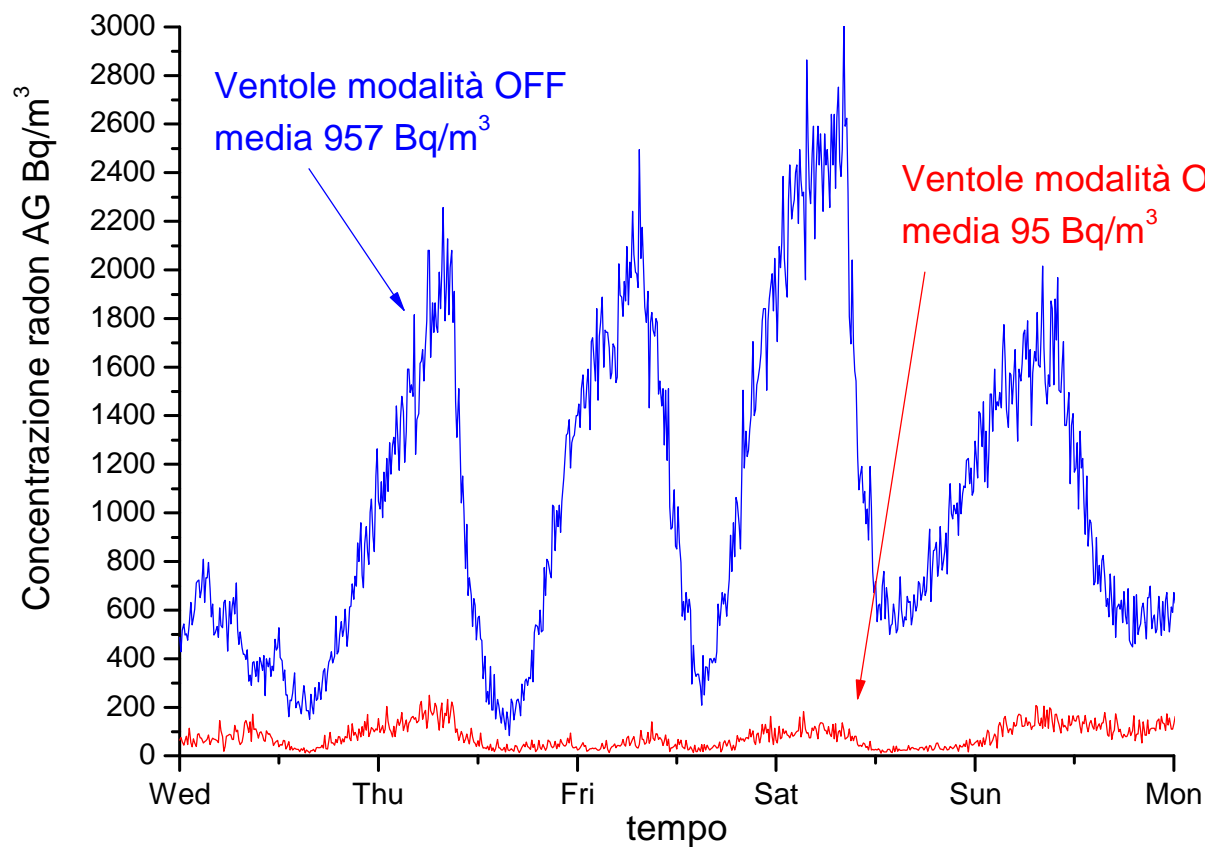
## Edificio ID 1: la bonifica



## Edificio ID 1: monitore attivo

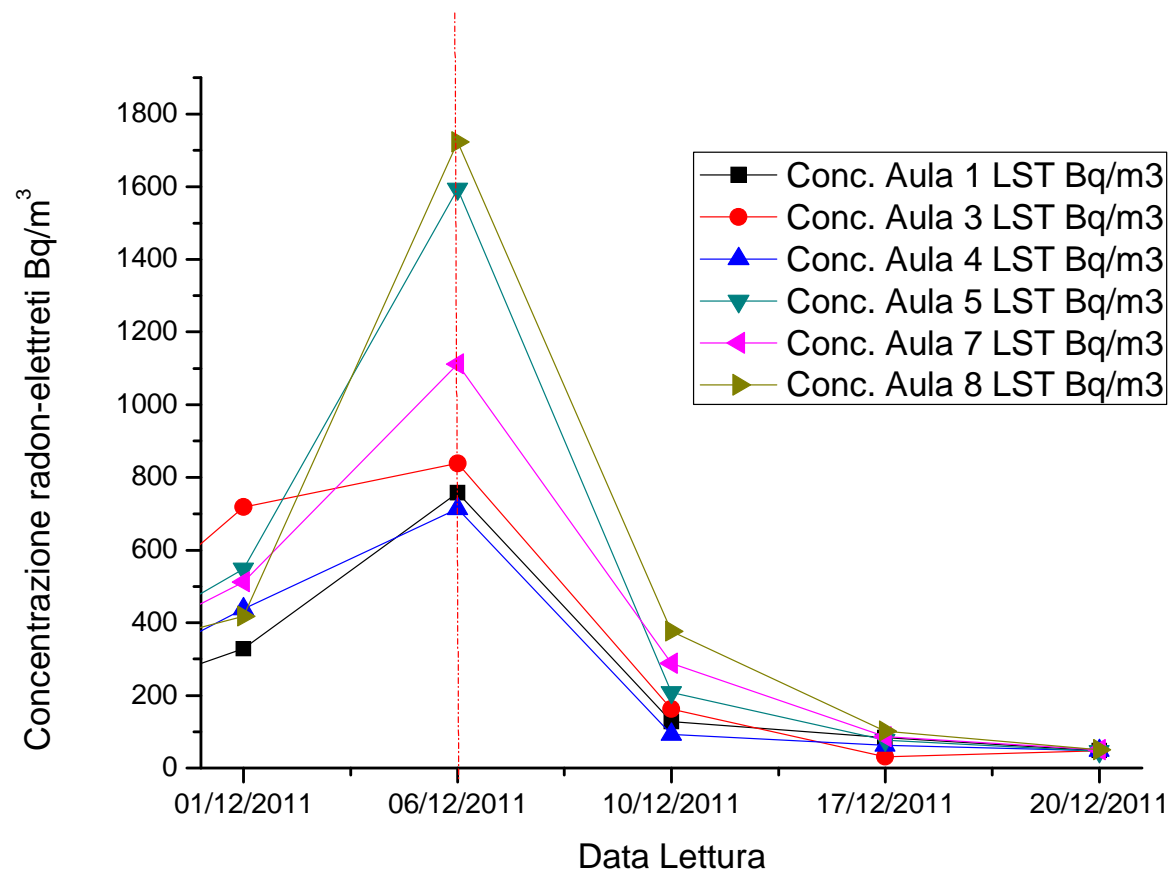
85 % Abbattimento valutata con i dati  
dei dosimetri ad elettrete

90 % Abbattimento valutato sui dati  
del monitore attivo





## Edificio ID 1: *andamento dosimetri ad elettrete in ogni aula*



## Edificio ID 1: fattori di successo

- l'inserimento di tubazioni in orizzontale rispetto al piano di campagna;
- presenza di un vespaio riempito con materiale di risulta;
- posizione baricentrica delle tubazioni rispetto alle aule;

# Conclusioni

- accordo tra prima campagna di misure e rilevazioni puntuali pre-bonifica;
- controllo di qualità con dosimetri ad elettrodi in due diverse configurazioni e monitore di riferimento;
- depressurizzazione del suolo, tecnica di intervento;
- le percentuali di abbattimento ottenute variano dal 48 al 85% come media nella scuola, mentre al livello del singolo locale variano tra il 24% e il 96%;
- punto di forza: intervento in posizione baricentrica rispetto all'edificio.

# Conclusioni

- adozione di protocolli standard di intervento e misurazione;
- la valutazione puntuale della concentrazione al piano più basso dell'edificio è un elemento fondamentale nella progettazione dell'intervento;
- il progetto è stato affiancato da un'intensa attività formativa, dell'Università del Salento;
- controlli periodici post bonifica .....

Grazie per l'attenzione!

*Tiziana Tunno*  
*Università del Salento*  
*tiziana.tunno@le.infn.it*