

RISANAMENTI DA RADON IN EDIFICI SCOLASTICI IN PROVINCIA DI BERGAMO

S. Arrigoni¹, L. Antonioli², C. Capetta³, A. Cugini¹, G. D'Aloja², M. Di Toro¹, D. de Bartolo⁴,
P. Imbrogno², G. Pezzerà¹, A. Ratti⁵, M. Romanelli¹, G. Zannoni⁶

¹ARPA della Lombardia, Dipartimento provinciale di Bergamo

²ASL della provincia di Bergamo – Dipartimento di Prevenzione

³Regione Lombardia – DG Sanità

⁴ARPA della Lombardia, Settore Aria e Agenti Fisici, Milano

⁵Politecnico di Milano – Facoltà di design

⁶Università IUAV di Venezia, Dipartimento di Costruzione

Abstract

La provincia di Bergamo è stata individuata come una delle aree in Lombardia dove è necessario approfondire le tematiche connesse alla presenza di Radon indoor.

Nell'ambito del Piano Nazionale Radon, coordinato dall'ISS, la Regione Lombardia ha affidato all'ASL di Bergamo un progetto finalizzato alla realizzazione di azioni di risanamento per la riduzione dell'inquinamento da Radon in alcuni edifici scolastici.

Tali edifici sono stati scelti fra quelli che in campagne di misura precedenti avevano evidenziato concentrazioni di gas Radon superiori a 400 Bq/m³.

Nei casi considerati, si trattava di valori compresi tra 800 e 1800 Bq/m³.

Il lavoro è stato svolto nel biennio 2009-2010; il Laboratorio radiometrico di ARPA Lombardia, dipartimento provinciale di Bergamo, ha fornito i dati iniziali, le misure di verifica in corso d'opera e al termine dei lavori.

Specialisti del Politecnico di Milano e dell'Università IUAV di Venezia hanno progettato le opere di risanamento, che sono state realizzate da ditte locali in più fasi, fino al conseguimento degli obiettivi.

Nei 5 casi considerati sono state applicate tecniche che hanno consentito di mettere in depressione il terreno sottostante gli edifici, montando, su tubi di drenaggio, aspiratori meccanici collegati a pozzetti in calcestruzzo.

A seconda delle dimensioni degli edifici sono stati realizzati 3-4 pozzetti con aspiratori, collocati all'interno degli edifici, all'esterno o in vani accessori degli edifici stessi, ottenendo così riduzioni delle concentrazioni di radon mediamente intorno all'80%.

LE FASI DEL PROGETTO:

Il progetto si è svolto sostanzialmente nel corso del biennio 2009-2010, anche se alcune attività di monitoraggio e di miglioramento sono continuate nel 2011.

Si è articolato nelle seguenti fasi:

1) Scelta degli edifici da risanare:

il Dipartimento ARPA di Bergamo ha esaminato le misure pregresse, eseguite in edifici scolastici della provincia di Bergamo, anche con tecniche differenti, ed evidenziato quelle particolarmente elevate.

Sono stati considerati inizialmente 12 edifici scolastici, tutti caratterizzati da valori di concentrazione superiori a 500 Bq/m³ in più locali; in base all'estensione e alla gravità del problema si è deciso di sottoporre 6 all'attenzione dei progettisti.

2) Esecuzione di misure preliminari a lungo termine:

sono state eseguite misure di radon con rivelatori a tracce CR-39, della durata di almeno 3 mesi in alcuni degli edifici da risanare, quelli per i quali erano disponibili solo i risultati di misure a breve termine oppure i

risultati di misure long-term risalivano a molti anni fa; era necessario avere valori poi confrontabili con quelli delle misure successive al risanamento.

3) Progettazione degli interventi:

i risanamenti di 6 edifici sono stati affidati in parte al Politecnico di Milano, in parte all'Università di Venezia. Sono stati eseguiti i sopralluoghi preliminari, acquisiti i risultati delle misure di radon disponibili e predisposti i 6 progetti.

4) Esecuzione degli interventi:

dopo la predisposizione dei progetti e la valutazione dei preventivi relativi agli interventi da essi previsti, si è deciso di avviare, almeno in prima battuta, le bonifiche di 4 edifici. Il quinto edificio è stato preso in considerazione solo dopo la conclusione degli altri 4 interventi, e con il budget residuo è stato possibile realizzare solo parzialmente il progetto iniziale.

Il sesto edificio è stato accantonato poiché nel frattempo destinato a una ristrutturazione radicale.

5) Monitoraggio in corso d'opera:

poiché in tutti i casi sono stati installati sistemi di aspirazione temporizzati, al termine delle installazioni sono state eseguite misure in continuo con sistema Alphaguard nei locali di maggiore interesse, in modo da avere una prima verifica dell'efficacia dei sistemi: in diversi casi è stata evidenziata la necessità di modificare la temporizzazione o addirittura di potenziare i ventilatori.

6) Esecuzione di misure finali a lungo termine:

in tutti gli edifici sottoposti a bonifica, sono state eseguite misure di radon con rivelatori a tracce (tipo CR-39, con sistema di lettura Radosys), da confrontare con quelle preliminari per verificare e quantificare l'efficacia dei risanamenti.

In tutti e 4 gli edifici considerati, dopo i primi interventi è stato necessario apportare modifiche o integrazioni per migliorarne l'efficacia. Al momento della stesura del presente articolo, in uno degli edifici è rimasto ancora un locale da bonificare.

7) Restituzione dei risultati:

I risultati dei risanamenti, quantificati mediante le misure di verifica, sono stati comunicati alla Regione Lombardia e alle scuole interessate. Inoltre il 28 gennaio 2010 è stato organizzato presso l'ASL di Bergamo un convegno di presentazione del lavoro, principalmente indirizzato a dirigenti scolastici, sindaci, tecnici comunali e operatori ASL: nonostante la provincia di Bergamo sia uno dei territori più interessati dal problema, il tema del risanamento da radon è poco conosciuto.

SCELTA DEGLI EDIFICI E MISURE PRELIMINARI:

	Comune	Edificio scolastico	Tipo di misure pregresse	Periodo	risultati
1	Endine R.	Scuola elementare	long term (CR39)	ott-apr 07	1100 e 1200 Bq/m ³ solo a piano interrato
2	Bossico	Scuola materna	long term (CR39)	ott-apr 07	760 e 980 Bq/m ³ solo a piano interrato
3	Clusone	Istituto Superiore	long term (CR39)	mar-giu 07	tra 500 e 800 Bq/m ³ a piano terra
4	Lefte	Scuola materna	short term (Picorad)	feb 98	tra 1000 e 4000 Bq/m ³ a seminterrato e piano rialzato
5	Lefte	Scuola media	short term (Picorad)	mag 99	tra 1000 e 2000 Bq/m ³ a 1° e 2° piano
6	Clusone	Scuola materna	long term (LR115)	mag-giu 98	tra 500 e 1000 Bq/m ³ a piano terra

Come si può notare per le ultime tre scuole erano disponibili solo misure a breve termine, (eseguite con rivelatori a carboni attivi per 48 ore) o risalenti a molto tempo fa.

Sono state pertanto eseguite nuove misure a lungo termine, con rivelatori a tracce di tipo CR-39, per il periodo dicembre 2008-maggio-2009, misure che hanno fornito i seguenti risultati:

4	Lefte	Scuola materna	900 Bq/m ³ a piano rialzato, fino a 1700 a piano seminterrato
5	Lefte	Scuola media	Diversi valori tra 600 e 1400 Bq/m ³ a 1° e 2° piano
6	Clusone	Scuola materna	tra 900 e 1800 Bq/m ³ a piano terra

Pur essendo ottenuti con tecniche diverse e in periodi diversi i valori riscontrati hanno confermato i dati pregressi e la necessità di intervento negli edifici considerati.

Come già detto, sono stati predisposti progetti per i 6 edifici sopra elencati, ma per ora sono stati eseguiti integralmente solo i lavori previsti per i primi 4, che verranno in seguito descritti.

TECNICHE D'INTERVENTO:

Dopo aver scelto gli edifici sui quali intervenire, analizzato i risultati delle misure pregresse e le caratteristiche costruttive e di conservazione degli edifici, sono state valutate alcune possibili alternative di intervento.

Tenendo in considerazione gli obiettivi (riduzione dei valori di concentrazione almeno al di sotto di 400 Bq/m³), il budget di spesa a disposizione per l'esecuzione dei lavori, i tempi entro i quali ci si prefiggeva di ottenere almeno i primi effetti positivi (entro il 2010), e il livello di invasività consentito nei vari edifici, (dato che i lavori sarebbero stati svolti durante l'attività didattica), sono stati scelti gli interventi da mettere in atto.

Ci si è prevalentemente indirizzati verso l'adozione di misure di depressurizzazione attiva del suolo attraverso l'esecuzione di pozzetti di suzione da posizionare all'interno del perimetro o, in qualche caso, nell'intorno dell'edificio.

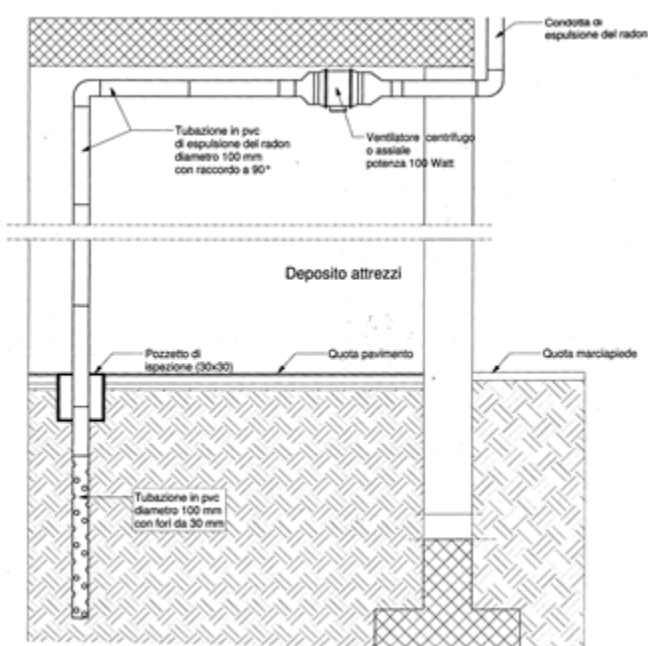


Fig. 1: Schema di pozzetto d'aspirazione interno

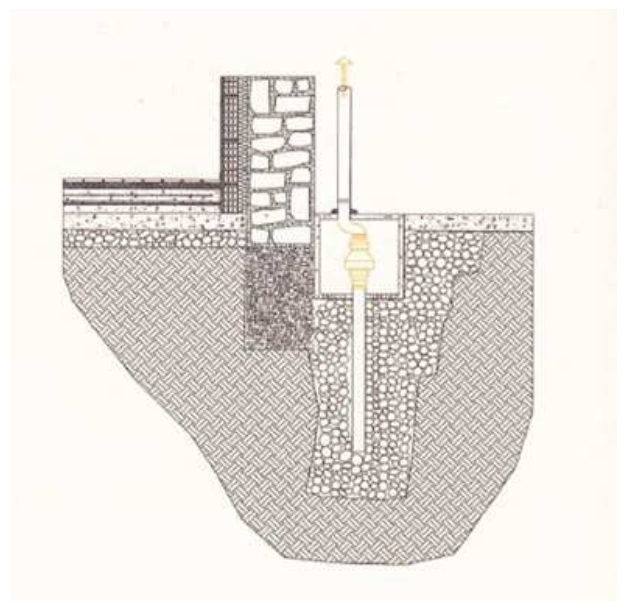


Fig. 2: Schema di pozzetto d'aspirazione esterno, adiacente al perimetro dell'edificio

Di seguito vengono descritti sinteticamente i 4 interventi eseguiti.

EDIFICIO 1 - Scuola elementare di Endine Rova

Progetto Politecnico di Milano

In questa scuola si è deciso di intervenire al piano seminterrato poiché tutti i valori registrati al piano superiore sono risultati abbondantemente entro i limiti.

Il piano seminterrato è composto da due aule, una palestra con una quota di pavimento inferiore di circa 1 m rispetto alla quota degli altri locali, un bagno, due locali magazzino fra loro comunicanti e “al rustico” sin dalla costruzione del fabbricato.

Si è ritenuto pertanto opportuno mettere in atto una depressurizzazione del terreno sottostante e nell’intorno dell’edificio in modo che, da un lato si potessero limitare le cause del problema alla sua origine e, dall’altro, si riuscisse ad agire prevalentemente all’esterno dell’edificio o in spazi non interessati dallo svolgimento delle attività scolastiche.

L’intervento ha previsto la realizzazione di 3 pozzetti ospitanti al loro interno tubi di drenaggio verticali (ca. 1,5 mt. di profondità) collegati a un estrattore meccanico della potenza nell’ordine dei 100 Watt.

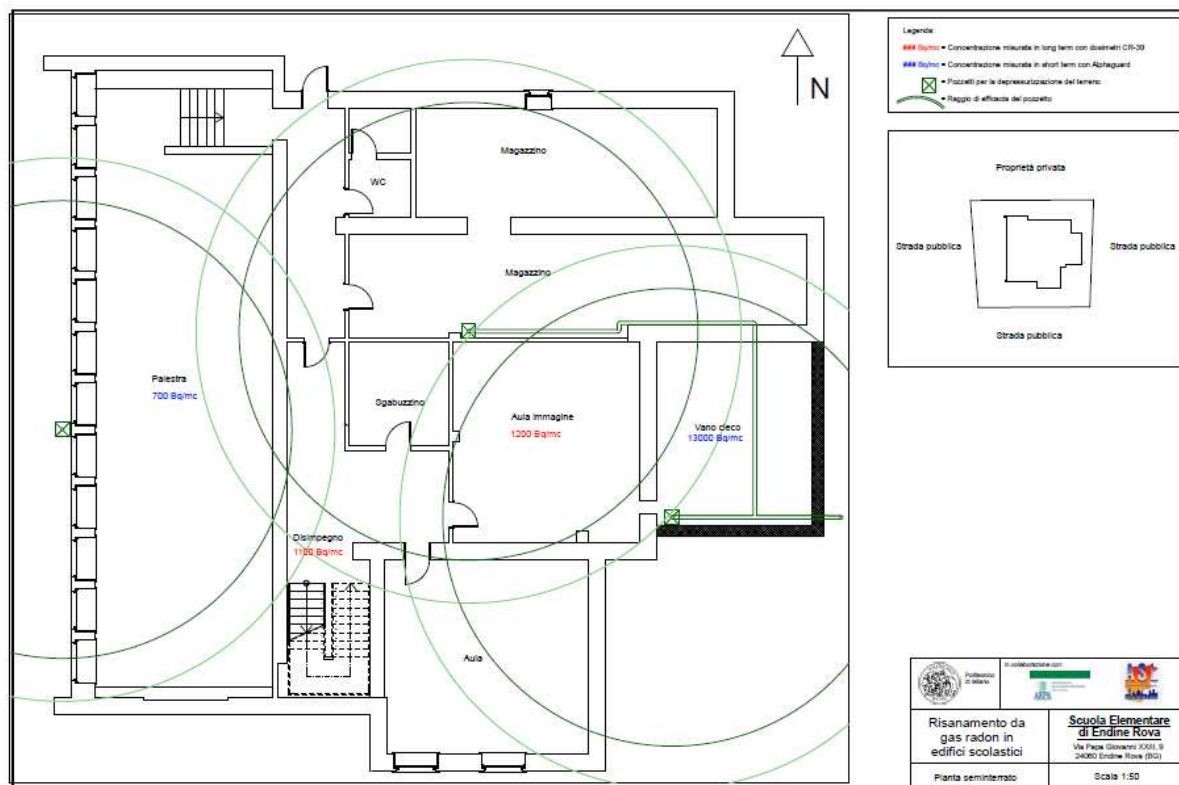
Per ottenere un’omogeneità di copertura del terreno al di sotto dell’edificio (come desumibile dalla planimetria riportata) sono stati individuati per il posizionamento dei pozzetti il vano cieco e il magazzino adiacenti all’aula immagine nel piano seminterrato e una posizione esterna adiacente al locale palestra.

I primi riscontri strumentali hanno evidenziato una apprezzabile riduzione delle concentrazioni di radon nei locali abitativi riconducibile all’effetto della depressione generata dal funzionamento dei pozzetti di estrazione.

A ulteriore supporto di questo dato vi era la differenza di concentrazioni riscontrate variando la durata di funzionamento dei ventilatori da alternato a continuo.

Nonostante tale riscontro i valori risultavano ancora leggermente superiori al limite dei 400 Bq/m^3 : per questo motivo, nel mese di maggio 2010 sono stati eseguiti dei lavori integrativi, in particolare la messa in depressione del vano cieco adiacente all’aula immagine che è stato messo in comunicazione con l’esterno sfruttando le canalizzazioni già installate e collegando a una di queste un estrattore ambientale.

Fig. 3: posizione degli estrattori nell’edificio 1



EDIFICIO 2 – Scuola materna di Bossico

Progetto Politecnico di Milano

Anche in questo caso la parte interessata dal problema era il piano inferiore dell'edificio, composto da una sala riunioni, un'aula di arte, una dispensa, una zona bagni, una cucina, una cantina, il refettorio e un locale impianti.

È stata pertanto prevista la realizzazione di 3 pozzetti ospitanti al loro interno tubi di drenaggio verticali (ca. 1,5 mt. di profondità) collegati a un estrattore meccanico della potenza nell'ordine dei 100 Watt.

Per ottenere un'omogeneità di copertura del terreno al di sotto dell'edificio sono stati individuati, per il posizionamento dei pozzetti, un punto in prossimità della facciata dell'edificio e due punti mediani rispetto alle facciate laterali.

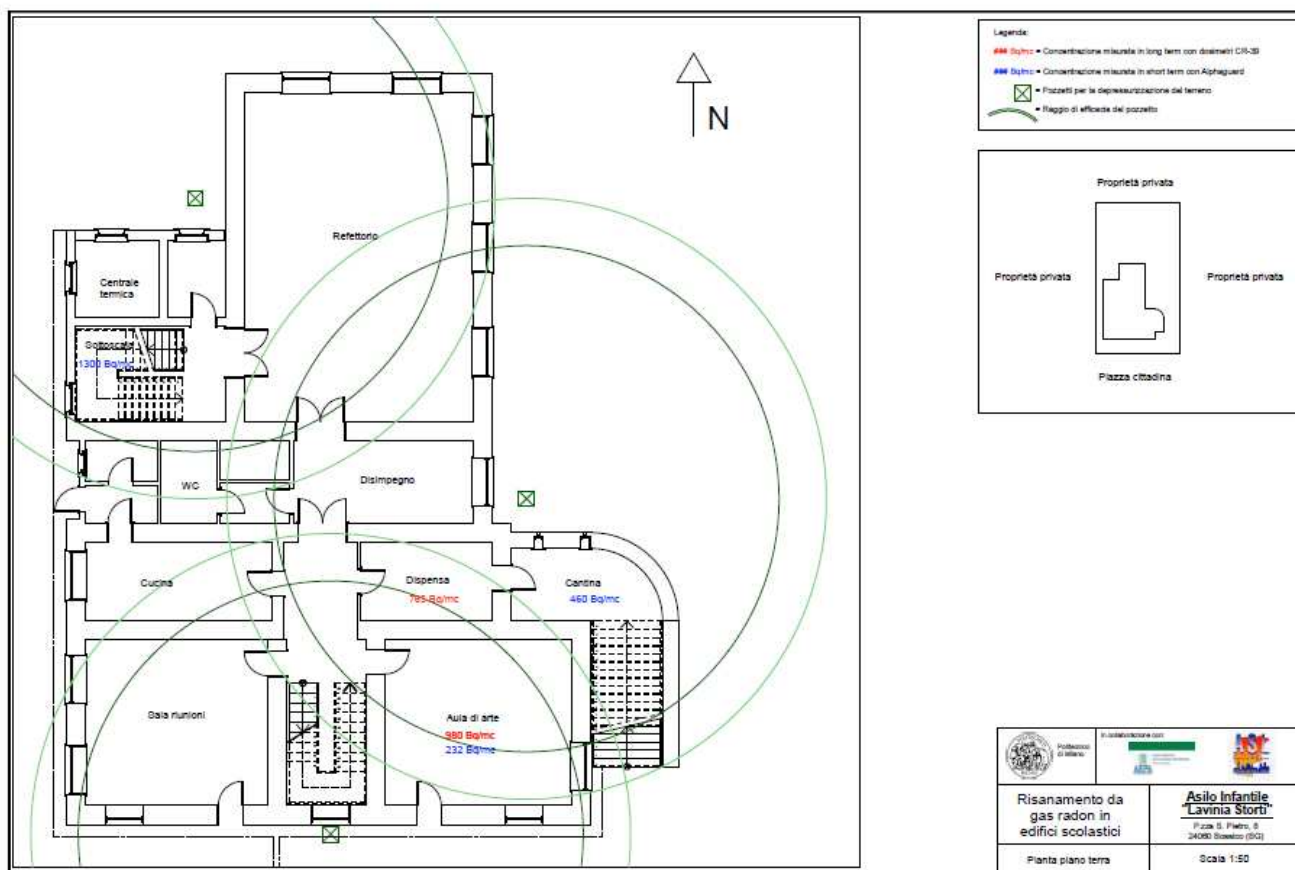
I primi riscontri strumentali effettuati non hanno evidenziato un effetto apprezzabile della depressione generata dai pozzetti di estrazione, anche in configurazione di funzionamento continuo nelle 24 ore.

Tale risultato ha richiesto un ulteriore approfondimento di indagine ispettiva attraverso alcuni sopralluoghi che hanno evidenziato la presenza di intercapedini murarie in connessione diretta con il vespaio oltre che con gli spazi abitativi. In particolare questo è stato verificato nella nicchia posta tra la dispensa e l'aula immagine, mentre nel sottoscala è stata rinvenuta la presenza di un pozzetto di ispezione di un cavedio contenente vecchie canalizzazioni impiantistiche non più in uso in cui sono state registrate concentrazioni nell'ordine dei 3.000 Bq/m^3 .

A seguito delle operazioni di sigillatura della nicchia sono state effettuate ulteriori misurazioni che hanno evidenziato un miglioramento che tuttavia non ha portato i valori al di sotto della soglia dei 400 Bq/m^3 .

Nel mese di maggio 2010 si è quindi ritenuto opportuno integrare ulteriormente i lavori con la messa in depressione di un cavedio impiantistico dismesso che si estende longitudinalmente sotto una porzione significativa dell'edificio, e la sua connessione con un estrattore posizionato in un pozzetto a ridosso della facciata principale a sud dell'edificio.

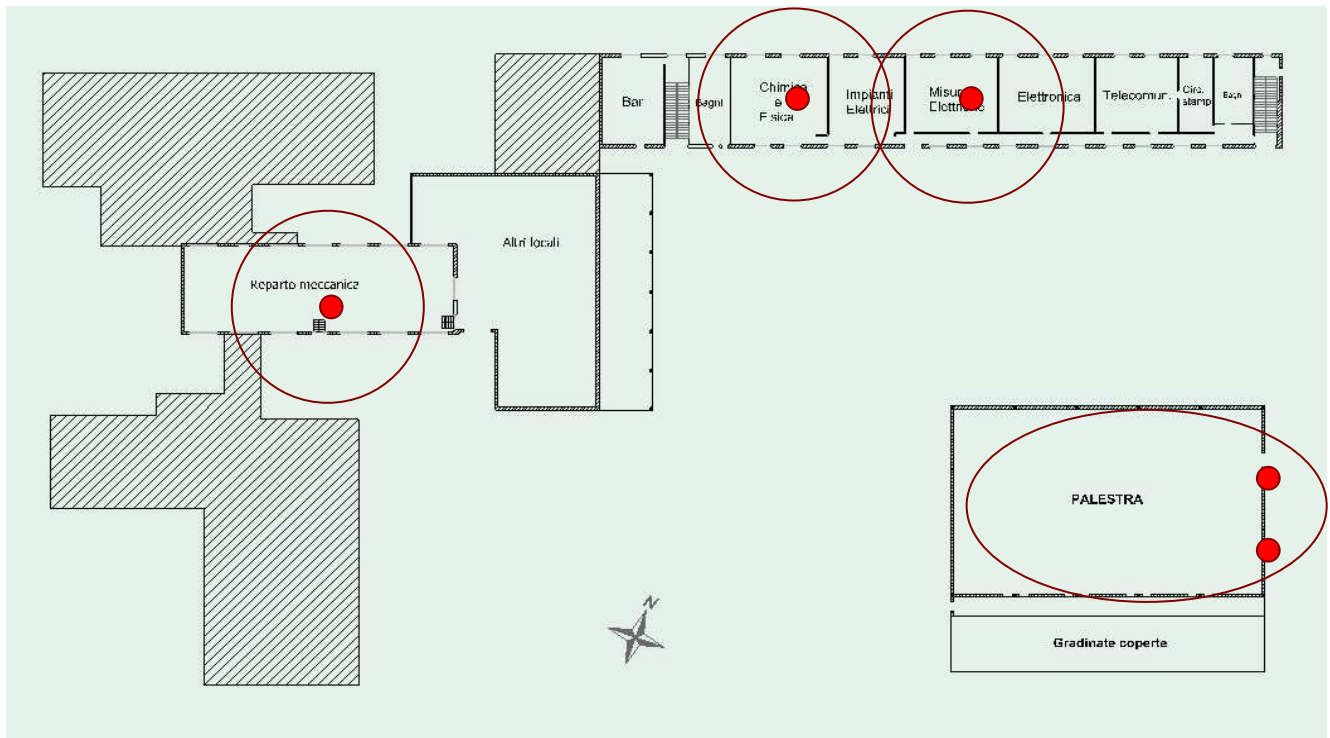
Fig. 4: posizione degli estrattori nell'edificio 2



EDIFICIO 3 – Istituto superiore di Clusone Progetto Università IUAV di Venezia

Data l'articolazione della scuola, organizzata in più edifici, si è deciso di intervenire con pozzetti aspiranti in ogni padiglione collocati all'interno delle singole aule e al perimetro della palestra.

Fig. 5: posizione degli estrattori nell'edificio 3



In particolare nella palestra sono state utilizzate delle canalizzazioni drenanti già esistenti, passanti longitudinalmente per l'intera lunghezza dell'edificio, collegando un aspiratore a due linee di drenaggio. L'individuazione di questo impianto esistente ha semplificato molto le operazioni riducendone anche i costi ed evidenziando la necessità di un sopralluogo accurato in fase di progetto.

Nei laboratori sono stati realizzati dei pozzetti aspiranti collocati al centro delle aule con una tubazione di evacuazione del radon parzialmente in traccia, nel percorso a pavimento, ed esternamente a vista all'interno della muratura perimetrale fino al punto di uscita in atmosfera.

Particolarmente complesso è risultato l'intervento nella stecca delle aule/laboratorio data l'estensione fortemente longitudinale del complesso e l'impossibilità di collocare un ventilatore in ogni locale per complessi problemi tecnici e di costo, visto anche il probabile cambiamento della destinazione d'uso dei locali nel futuro prossimo. Con i due ventilatori messi in funzione e di potenza abbastanza elevata (80 Watt – 600 m³/h) si è cercato di ottenere un raggio di azione del sistema sufficientemente ampio da coprire anche gli altri locali della scuola.

Il risultato è stato soddisfacente per l'intero complesso ad esclusione di un'aula/laboratorio nella quale il tortuoso percorso della tubazioni di uscita e la presenza di altri aspiratori/ambiente, provvisoriamente collocati ante bonifica, ha inizialmente reso complessa la lettura e l'interpretazione dei risultati per cui saranno possibili ulteriori aggiustamenti, eventualmente ponendo in pressurizzazione il sistema attualmente aspirante.

Gli altri aspiratori sono poi stati temporizzati con protocollo 120 minuti on – 30 minuti off per le 24 ore.

EDIFICIO 4 – Scuola materna di Leffe Progetto Università IUAV di Venezia

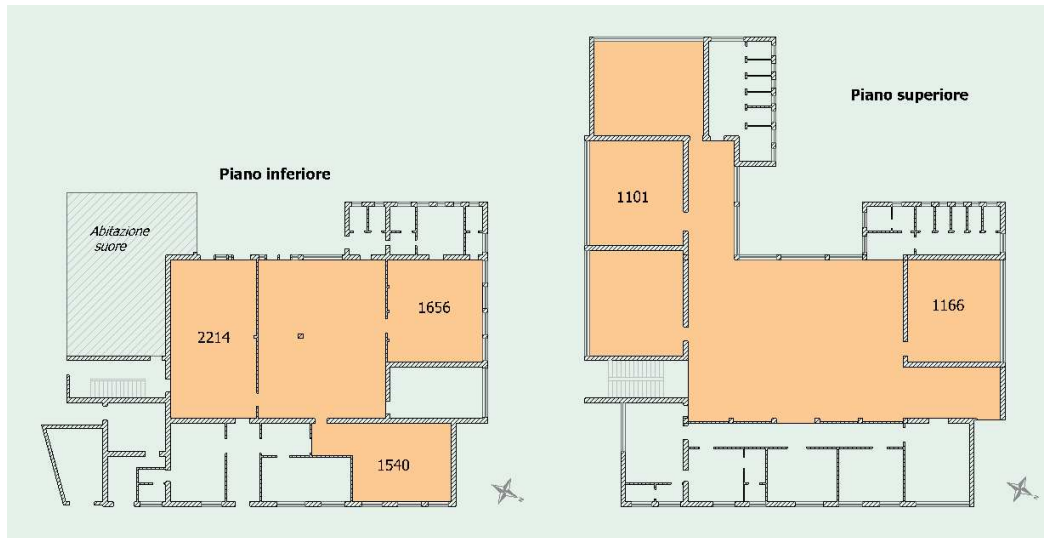


Fig. 6: *planimetria dell'edificio 4 e concentrazioni riscontrate prima della bonifica*

La scuola si presentava articolata su due livelli con tutto il prospetto est seminterrato, in parte controterra e in parte confinante con un' autorimessa interrata. I locali dell' autorimessa, trovandosi sotto quota rispetto al piano di fondazione della scuola, potevano costituire un efficace punto di intercettazione del gas tramite delle tubazioni orizzontali inserite, dalla zona comune dell' autorimessa, sotto il solaio a terra della scuola.

Rapporti problematici di condominio hanno però suggerito di abbandonare questa ipotesi di progetto per cui sono stati individuati due punti all'interno dell' edificio in posizione poco invasiva del punto di vista estetico in quanto la proprietà non gradiva alterazioni invadenti dell' ambientazione interna.

Sono stati collocati due aspiratori simmetricamente lungo l' asse longitudinale della scuola a piano terra: in un locale deposito e in un sottoscala con una tubazione verticale di aspirazione nel terreno costituita da un tubo in pvc forato al perimetro e inserito in uno scavo di due metri di profondità, riempito successivamente con ghiaia di grossa pezzatura. La canalizzazione di uscita corre interrata sotto al pavimento degli ambienti trovando sfogo sul prospetto immediatamente esterno ai locali interessati.

In seguito, visto il livello di inquinamento anche dell' abitazione delle suore (inizialmente non previsto nel progetto di bonifica dall' ASL in quanto abitazione privata) si è deciso di intervenire anche su questo edificio e per l' occasione incrementare con un terzo ventilatore la bonifica della scuola per diminuire maggiormente la concentrazione di radon, data anche la presenza di bambini in età prescolare per l' intera giornata.

A seguito di verifica con strumentazione attiva si è poi deciso di temporizzare gli aspiratori con protocollo 60 minuti on – 15 minuti off e spegnimento nelle ore notturne.

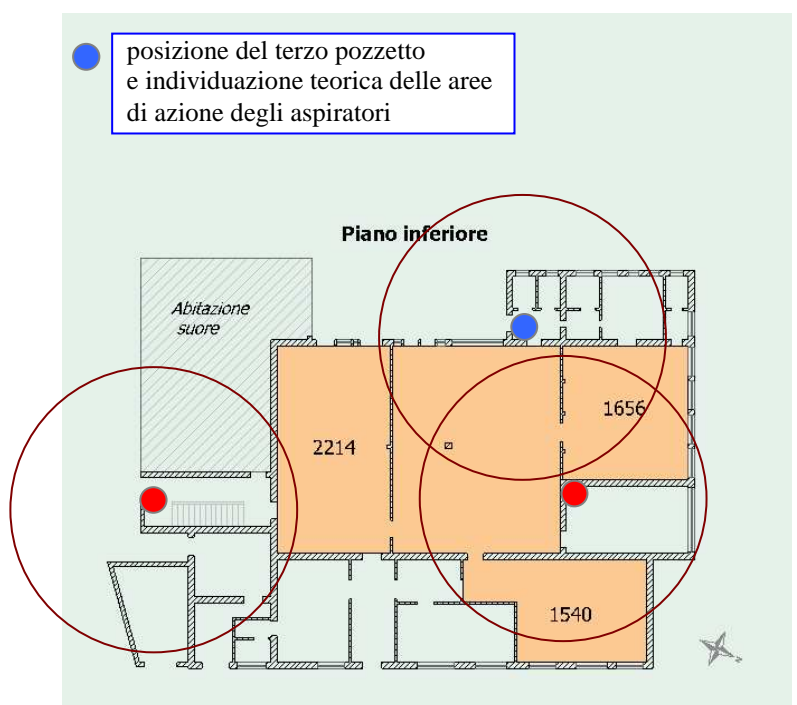


Fig. 7: *posizione degli estrattori nell'edificio 4*

Fig. 8: *andamento della concentrazione di radon in un locale dell'edificio 4 dopo la prima fase della bonifica: a ventilatore spento si notano l'effetto dell'apertura delle finestre dopo l'uscita dei bambini e la risalita notturna del valore di concentrazione; a ventilatore acceso le oscillazioni sono smorzate, ma il valore medio rimane superiore a 400 Bq/m³*

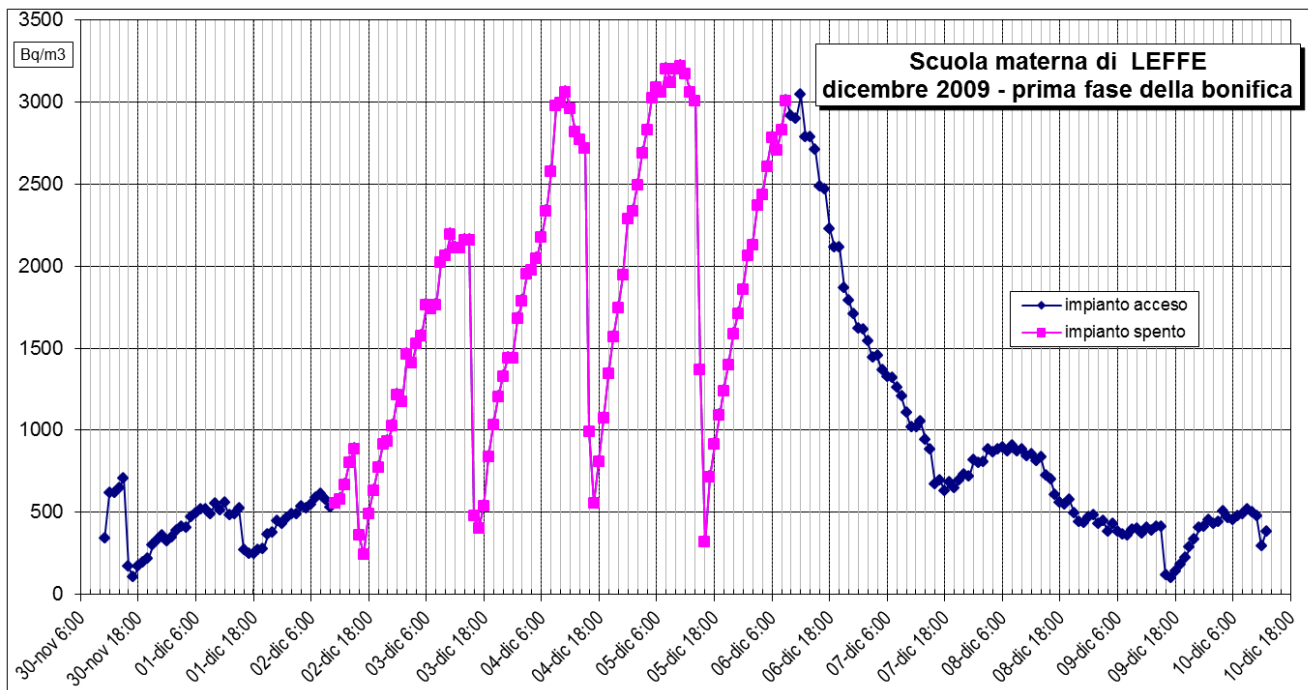
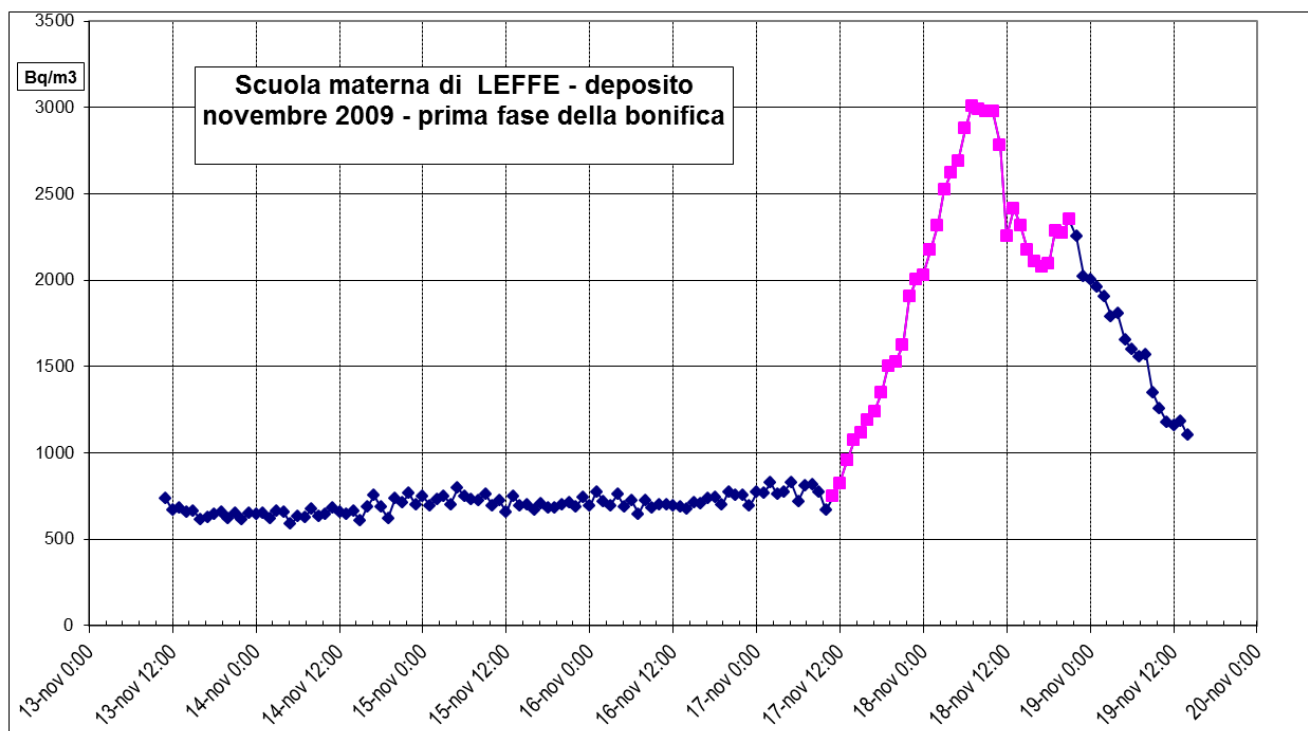


Fig. 9:

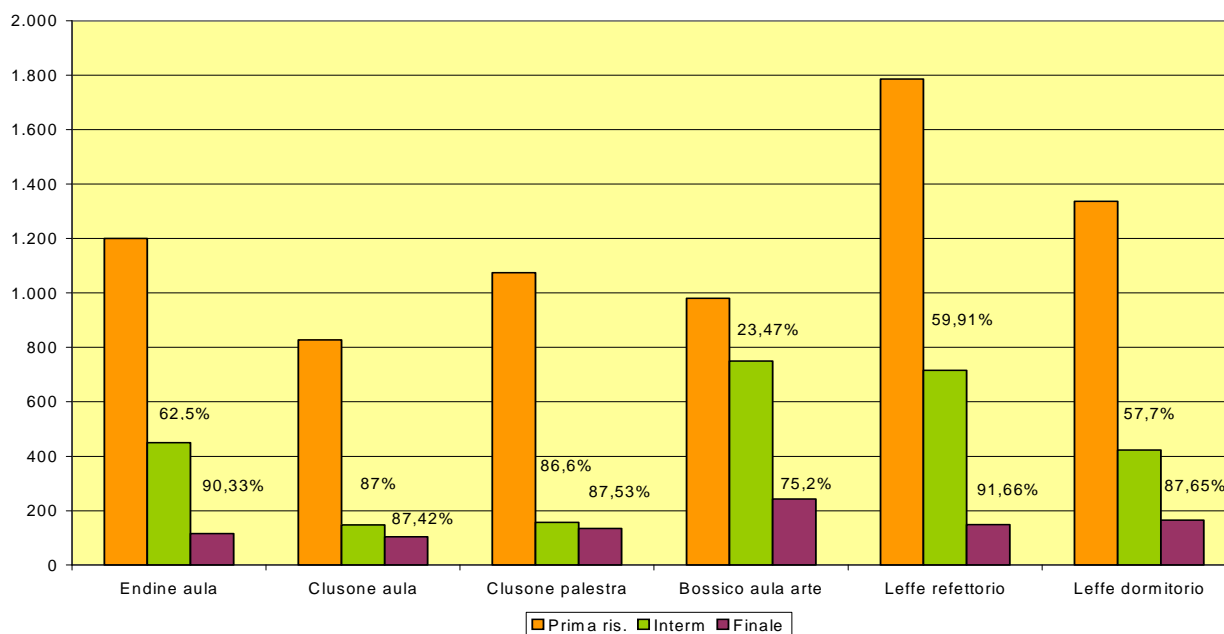
andamento della concentrazione di radon in un altro locale dell'edificio 4: trattandosi di un locale adibito a deposito, quindi poco utilizzato, è caratterizzato da concentrazioni di radon abbastanza stabili nel tempo; dopo la prima fase della bonifica, comunque, a ventilatore acceso il valore medio rimane superiore a 400 Bq/m³



I RISULTATI:

E' possibile riassumere e visualizzare i risultati dei risanamenti considerando i locali più critici di ciascun edificio; nell'istogramma sottostante sono riportate le concentrazioni rilevate con misure long-term nelle varie fasi della bonifica.

Fig. 10: Percentuali di riduzione delle concentrazioni di radon, fase intermedia e finale della bonifica



Nella tabella sottostante sono riportati i risultati delle misure long – term eseguite prima e dopo i risanamenti in diversi locali dei 4 edifici; confrontandoli si ottiene una percentuale di riduzione che varia tra il 44% e il 91% al variare della concentrazione di radon iniziale.

EDIFICIO	LOCALE	conc. Iniziale	conc. Finale	% di riduzione
1 - Endine	Sottoscala	1108	112	90
	Aula immagine	1200	116	90
	Palestra	497	103	79
2 - Bossico	Dispensa	763	431	44
	Aula arte	980	243	75
3 - Clusone	Palestra	718	157	78
	Laboratorio chimica-fisica (F003)	794	101	87
	Laboratorio impianti elettrici (F004)	575	105	82
	Laboratorio misure elettriche (F005)	1080	147	86
	Laboratorio telecomunicazioni (F007)	659	232	65
	Laboratorio meccanica	368	188	49
4 - Leffe	aula sopra dormitorio	1166	136	88
	aula sopra refettorio grande	1101	100	91
	dormitorio	1656	165	90
	refettorio	1540	194	87
	refettorio grande	2214	149	93
	camera suore	7500	141	98

I COSTI:

Il costo del risanamento per ogni edificio può essere così quantificabile:

circa 4000 euro per la progettazione e la direzione lavori;

da 6500 a 10500 euro (a seconda del numero e della posizione dei pozzetti installati) per la realizzazione degli interventi,

da 1500 a 2000 euro per edificio per le misure e i sopralluoghi eseguiti da ARPA.

In funzione della potenza e della temporizzazione prevista (funzionamento in continuo oppure alternato), il costo annuo per l'esercizio per ciascun aspiratore varia tra 18 e 52 euro.

ALCUNE CONSIDERAZIONI:

Alcuni degli interventi descritti nel presente lavoro hanno evidenziato l'importanza della fase diagnostica, che in un intervento di risanamento richiede sempre attenzione, competenza ed esperienza: è necessario cogliere dettagli importanti per capire quali siano le caratteristiche dell'edificio che favoriscono la risalita del gas e quali quelle che si possono sfruttare per espellerlo.

Altrettanto importante è avere informazioni complete sulla struttura dell'edificio e degli impianti, informazioni che a volte non sono disponibili o lo sono solo grazie alla memoria storica degli occupanti: gli edifici più vecchi possono aver subito nel tempo diversi rimaneggiamenti dei quali non si ha riscontro.

Durante lo svolgimento di questa esperienza, si è notato come la conoscenza della problematica legata al radon indoor e la percezione del rischio fossero piuttosto diverse, da caso a caso, tra i dirigenti e gli insegnanti delle diverse scuole coinvolte: in alcuni casi il personale non era assolutamente cosciente del problema.

Il fatto di avere già a disposizione delle soluzioni tecniche (e una copertura finanziaria) per affrontarlo e risolverlo ha favorito tuttavia un approccio positivo, una crescente sensibilizzazione e collaborazione attiva da parte del personale delle scuole.

Questo ancora una volta evidenzia la necessità di fornire alla popolazione adeguate e autorevoli informazioni sull'inquinamento da radon indoor e corrette indicazioni su come prevenirlo o ridurlo.

Con questo intento, la Regione Lombardia sta predisponendo una Circolare destinata ai Comuni e alle AASSLL, finalizzata a sollecitare l'adozione di interventi per la prevenzione del rischio di esposizione al radon indoor, integrando i Regolamenti edilizi comunali: si proseguirà così il percorso iniziato con questo progetto.